

La evolución del radar Rasit y el nacimiento del radar *Güemes*: una mirada histórica y situada

The Evolution of the Rasit Radar and the Birth of the Güemes Radar: a Historical and Situated Overview

CLAUDIO KARNER Y ANABEL ABELAIRA

Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Argentina, y Ejército Argentino
ckarner@ejercito.mil.ar

“Los conceptos operativos -la forma en la que se emplean las capacidades- deben posibilitar el empleo militar de la tecnología y orientar su desarrollo, lo que supone un cambio de cultura institucional”.

Desarrollos tecnológicos militares frente a nuevos conceptos operativos.
Enrique Fojón

Resumen

El presente trabajo tiene como objeto plasmar el derrotero del proceso de I+D (Investigación y Desarrollo) del radar *Güemes*, inscripto en la evolución del radar Rasit en el Ejército Argentino (EA). En este sentido, esta producción abordará el

concepto de ciencia posnormal y la colaboración e innovación, fundamentales en este trayecto transitado.

Introducción

Según el espíritu de estos tiempos, se abordará este artículo de manera bimodal. En la primera sección habrá un breve abordaje a la historia del Rasit en Argentina, y posteriormente, como proceso concatenado, se recuperará la experiencia del primer radar desarrollado y producido en el Ejército Argentino. Mientras el primer pasaje tendrá una perspectiva informativa, el segundo se presentará como un estudio de caso, planteando un problema e ilustrando el abordaje adoptado para resolverlo. En este marco, se complejizará sobre las etapas, contextos, vínculos tecnológicos, avances, colaboraciones y disrupciones.

Breve historia

El radar Rasit (Radar of Surveillance for Intermediate Terrain) es un radar de vigilancia terrestre fabricado por la empresa Thales (ex Thomson), a mediados de la década del 1970 en Francia (Figura 4). Este dispositivo sensor es un radar portátil de fácil emplazamiento; opera en una frecuencia de 9.4 a 10 Ghz (Banda X), siendo del tipo pulsado con una potencia de 2.2KW y un alcance máximo de 40 km. Originalmente, este tipo de radar utilizaba una consola de operación analógica que representaba el blanco en modo B, es decir, se visualizaba de manera rectangular como si fuera una carta.

Este radar fue utilizado en la guerra de Vietnam y en la gesta de Malvinas para dañar al HMS Glamorgan –un destructor de la clase County de la Marina Real británica de 5.440 toneladas de desplazamiento–, siendo utilizado como un director de tiro casero para guiar a un misil Exocet MM-38 hacia el buque (Fi-

Figura 2



Consola de operación robustecida, utilizada en la versión M1.

Figura 3A y Figura 3B



Radar digital rastreador M2/ M3 y Güemes.

En esta primera modernización, el *hardware* de la consola quedó constituido por una computadora robustecida para la adquisición del audio doppler, su procesamiento y comando de las señales de entrada y salida de la electrónica del radar (Figura 2); y una computadora de operación robustecida donde se visualizan los datos y se observan los blancos:

- Sistema de Preclasificación de Blancos.
- Sistema de Cartografía.
- Simbología militar.
- Posibilidad de exportar datos.

Esta actualización fue utilizada desde el año 2007 al 2015 en diferentes operaciones, a saber; Escudo Norte, Fronteras, Fortín, etc.

Durante este periodo donde el radar tuvo un uso intensivo, comenzaron a diagramarse mejoras que fueron expuestas durante el empleo, pero los desgastes en los componentes de RF (Radiofrecuencia), como el magnetrón (transmisor del radar), el cual tiene una duración en horas entre 10.000 y 30.000 hs., evidenciaban problemas en diferentes módulos de la parte de RF, como ser, receptores, moduladores y osciladores. Al no disponer de instrumentos para poder repararlos, se debía tercerizar su reparación.

El problema de logística conculcaba contra la operatividad; cuando se compraba un magnetrón este tenía un costo de orden de 12.000 USD por unidad, y tardaba aproximadamente un año en llegar al país. Por otro lado, la institución se encontraba adquiriendo radares a la compañía francesa Thales, del tipo G80, con un costo aproximado de 1.000.000 USD por unidad, los cuales son complicados de amortizar y mantener por su logística y costo de repuestos.

En este contexto, el equipo compuesto por miembros de la DIGID y del Batallón de Mantenimiento de Comunicaciones 601 (B Mant Com 601) comenzaron a realizar cambios en el desarrollo de la consola de operación, reemplazando las com-

putadoras por otras de tipo industrial *fanless* de menor tamaño, y rediseñando el gabinete sensor original (GOR, Gabinete Operacional Robusto). Esto reduce drásticamente el tamaño del radar y el consumo energético.

Figura 4



Rasit original.

Figura 5



Rasit M1 con consola V1.

Entre 2007 y 2013, INVAP S. E. actualizó 50 radares (Figura 5). Sin embargo, aquellas limitaciones serían el prolegómeno de un proceso de I+D en ciernes.

Se pergeña el *Güemes*

Un proceso tecnológico puede estar definido como una serie de tareas ordenadas para obtener las herramientas, objetos o tecnologías que necesitamos para solucionar problemas, necesidades o situaciones. Por lo tanto, el proceso tecnológico no se improvisa, sino que emerge de la necesidad de solucionar un problema, incorporando un análisis y un diseño donde finalmente se obtengan las diferentes etapas que desembocan en el resultado.⁹¹

Cuando pensamos en cómo solucionar un problema, utilizamos la planificación estratégica, que es el proceso de desarrollo de planes para conseguir un determinado fin. La estrategia es el método elegido para lograr ese fin. En tecnología, la estrategia se define en un proyecto, y la planificación la realizamos siguiendo un método que se denomina “método de proyectos”.

91 Ver Equipo de Expertos en Ciencia y Tecnología (21 de marzo de 2018). ¿Qué es el proceso tecnológico y cuáles son sus fases? Universidad Internacional de Valencia. Recuperado de <https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/que-es-el-proceso-tecnologico-y-cuales-son-sus-fases>.

El siguiente gráfico (Figura 6) recupera las distintas instancias en el proceso de I+D del radar *Güemes*:

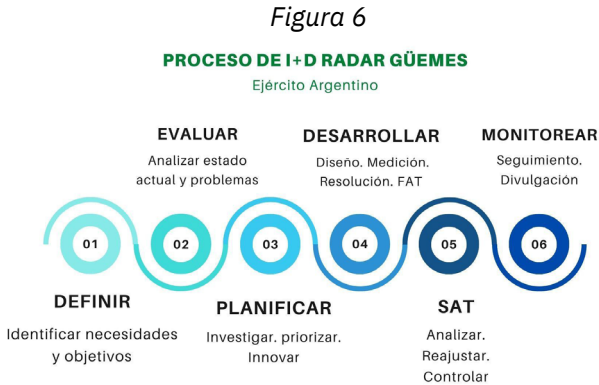


Gráfico del Ciclo de I+D del Güemes de elaboración propia.

Hacia el 2013, se instauró la etapa primigenia: definir. No solo se delinearon las necesidades, entre ellas, lograr un mantenimiento integral, sino también un objetivo que comenzó a perfilarse irreductible: pergeñar un radar propio. Por aquella época, se iniciaba el trabajo con un diseño mecánico (gabinete GOR) y se cambiaba el equipo informático para reducir sensiblemente el tamaño (Figura 8). Este interregno duró hasta el 2016.

Figura 7



Computadora en Rack Industrial del M 1.

Figura 8



Computadora Advantech Fanless.

En este sentido, ese mismo año se sumó a las filas del EA el ST Claudio Karner –ex INVAP S. E.–, personal especializado en radares. En esta instancia, el equipo que estaba bajo la órbita del jefe de proyectos de la DIGID tomó la decisión de realizar mediciones y encarar un nuevo procedimiento de testeo y puesta en marcha de diferentes módulos.

Esta etapa evaluativa, de análisis del estado actual y detección de problemas, se propició con una reunión que la DGCI (Dirección General de Comunicaciones Informáticas) organizó con el jefe de Batallón CR Gabriel Arriaga y personal de la empresa INVAP S. E. para poder realizar procedimientos y mediciones, dado que el Ejército no contaba con el instrumental requerido.

El momento de planificación se inauguró con los resultados de dicho encuentro: quedaba de manifiesto que el Ejército debería contar con instrumental idóneo para realizar estas mediciones y para llevar a cabo una correcta reparación del radar, así como para solventar futuras mediciones que permitieran

validar nuevos reemplazos.

Parte de identificar los problemas en la etapa evaluativa fue observar que cuando los módulos –oscilador de los radares– en haber se rompían, la empresa encargada de repararlos cobraba un monto muy oneroso. La planificación no solo consistió en investigación y *brainstorming* –“tormenta de ideas”–, sino también en incursionar en la innovación necesaria para reducir este costo.

Es así que el ST Karner, como personal del B Mant Com 601, siendo el CT Mariano Villegas jefe de Compañía, formuló un diagrama en bloques y un esquema del oscilador de reemplazo. La empresa Microroe –especialista en desarrollos tecnológicos de RF– dio terminación a este. Entre estas tareas, se encontraba la ingeniería de detalle, el diseño del PCB (Layout del circuito electrónico) y la programación del CPLD (Complex Programmable Logic Device).

Esta vinculación coadyuvó a descubrir que por el monto que costaba reparar un solo módulo, en este esquema de colaboración se montaban 10 nuevos y con mejores prestaciones.

La etapa de desarrollo se instauró con algunas vicisitudes: los instrumentos, que finalmente fueron adquiridos a la empresa Coasin S. A. –dedicada al campo de las mediciones–, se encontraban en proceso de licitación y compra, demorando así la posibilidad de comenzar con las mediciones de una manera expedita. Este set de instrumentos comprendía un analizador de espectro y un generador RF, el cual permite medir y ensayar el oscilador, receptor y transmisor una vez construidos.

A instancias del TC Pablo Reggazzoni de la DIGID, el equipo desarrollador se puso en contacto con Microroe para evaluar la alternativa de medir en el IAR (Instituto Argentino de Radioastronomía), realizando las primeras mediciones de módulos originales del radar (receptor y oscilador).

Las prestaciones del nuevo oscilador (Figura 10) contrastaban con las del original (Figura 9) que tenía 10 frecuencias controladas por 10 cristales, mientras que, en el nuevo, con un PLL (Phase Locked Loop) programable, permitía elegir cual-

quier frecuencia en el rango de operación, sin ser necesariamente las frecuencias originales del fabricante. Este aspecto es ideal para incorporar luego en sistemas de guerra electrónica.

Para fines de 2016, Microroe presentó el primer prototipo de oscilador, validado en los laboratorios del EA. En este punto, es importante aclarar que en un proceso de I+D cuando hablamos de validación, incluimos medir, corroborar que las señales sean correctas y colocar el módulo en el equipo para verificar que cumple su función.

A principios de 2017, este prototipo ya se encontraba operativo en el Norte.

Figura 9



Oscilador local original.

Figura 10



Oscilador local nuevo.

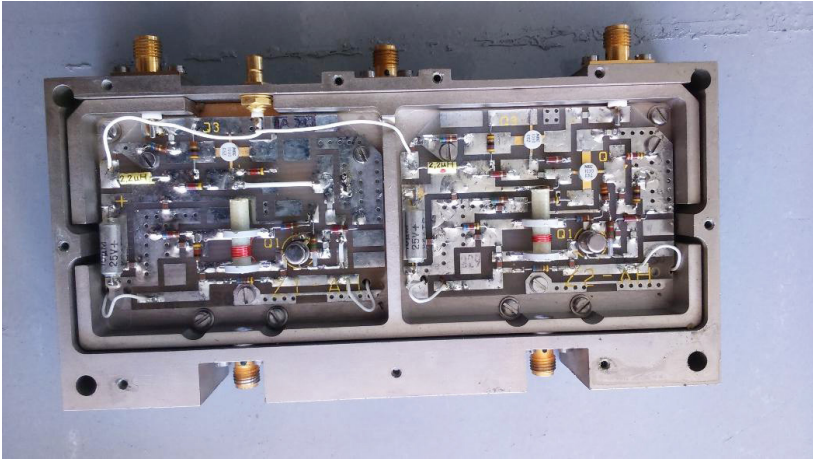
Con un diseño probado y funcional de los módulos osciladores, se dio comienzo al reemplazo del módulo receptor (Figura 11), iniciando la ingeniería de detalle de su reemplazo, cuyas mediciones se llevaron a cabo también en el IAR junto con las anteriores.

Cabe resaltar que, como muchos componentes, los módulos osciladores tienen una obsolescencia tecnológica importante, entre ellos, unos diodos marca HP sumamente difíciles de adquirir en el país.

El diseño y desarrollo de este módulo fue de aproximadamente 8 meses hasta tener una versión funcional. Al terminar

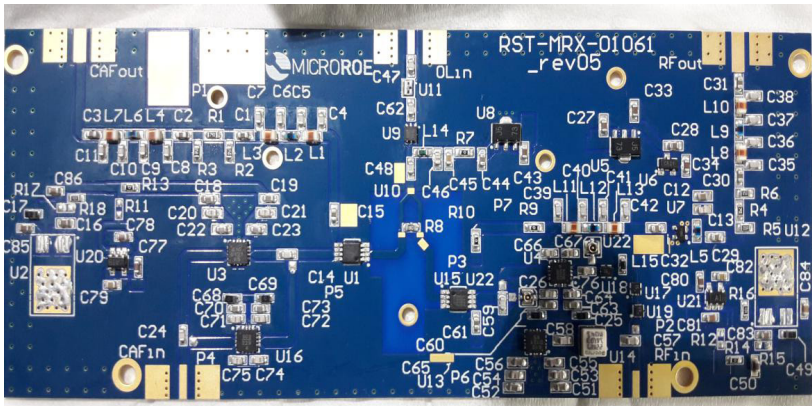
de diseñar el receptor, se mejoraron los parámetros de sensibilidad y piso de ruido, (Figura 12) pues se utilizaron componentes más fáciles de conseguir, que cuestan una fracción del costo y tienen mayores prestaciones. Hacia fines del 2017, se finalizó dicho receptor.

Figura 11



Receptor doble original.

Figura 12



Receptor doble rediseñado.

Una vez rediseñados dos de los módulos más importantes del radar por la empresa Microroe, y refrendados por el EA, el CR Armando Di Chiara, jefe de proyectos de la DIGID, tomó la decisión de dar un paso más allá, y comenzar con el ambicioso plan de desarrollo de un transmisor nacional que reemplazara la válvula magnetrón (Figura 13). En 2018 se hicieron las primeras pruebas de un mini amplificador para reemplazar este magnetrón, diseñado y fabricado por la empresa Microroe y validado por el EA (Figura 14).

En este punto, y dato no menor, podemos decir que el EA comenzó a vislumbrar su propio radar. Los esfuerzos aunados y el trabajo colaborativo, junto con la solvencia para resolver los escollos que se presentaban, hicieron que aquella pretensión primaria de lograr cierto nivel y cadencia de mantenimiento pudiera instituir el *Güemes*, proceso que, si bien inopinado, no fue *ex nihilo*.

Figura 13



Válvula magnetrón.

*Figura 14*

Transmisor de estado sólido.

Dada la ganancia de sensibilidad del nuevo receptor, se pudo lograr que el transmisor que reemplazaba la válvula magnetrón pudiera irradiar una menor potencia, de 2.2KW de pico a 500W, lo que da mayor tiempo de operación con baterías, ya que hay un menor consumo, además de tener una duración aproximada teórica de 1.000.000 de horas, contra las 12.000 promedio que duraba el magnetrón. Como resultado, al bajar la potencia de emisión se dificultaba hacer detección de la señal de RF del radar. Eso lo mejoraba de forma significativa contra alguna medida de guerra electrónica, porque al emitir menos potencia se volvía más imperceptible. Por otro lado, al reemplazar el transmisor se forzó el diseño de una nueva fuente de alimentación que funcionaría como UPS (Uninterruptible Power Supply, “sistema de alimentación ininterrumpido”), ya que, al haber tensiones de alimentación en desuso, estas dejan de ser requeridas. Vale la pena destacar que todos los módulos tienen un WebServer incorporado, lo cual facilita el mantenimiento, ya que cada módulo tiene su propio BIT (Build in Test).

Durante este periodo, la Dirección de Comunicaciones, bajo el mando del CR Marcelo Perfetti, autorizó a la empresa INVAP S. E. el desarrollo de la placa de control del radar, denominada “EL-1619” (Figura 16). Esta placa reemplazaría las dos que fueron introducidas en la versión M1 (Figura 15), que tenían una comunicación de alta velocidad, a través de un puerto

paralelo bidireccional que había quedado obsoleto, ya que no se disponía de material informático. Se implementó una interfaz Ethernet, y el nuevo diseño mejorado permitió unificar las etapas de potencia y control en un solo *layout* (placa), lo cual ahorró espacio y evitó problemas de falsos contactos. Además de esto, se agregaron protecciones eléctricas a las señales de potencia.

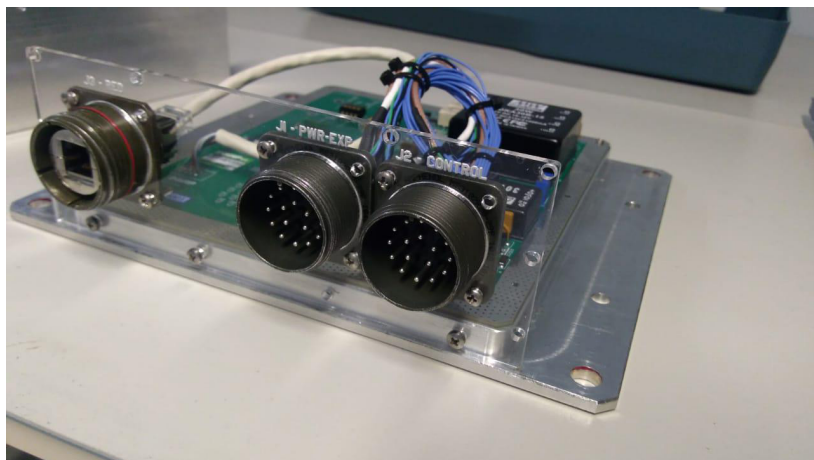
Con este derrotero de modificaciones, podemos comenzar a hablar de que nace el radar Güemes. Si bien este desarrollo mantiene la JR (junta rotativa), el reflector, las patas y la guía de onda, toda la electrónica fue reemplazada por otra nueva diseñada y montada en el país, permitiendo contar con un radar de las mismas prestaciones que uno actual, pero por una fracción del costo. Además, este trayecto habilitó el aprendizaje del conocimiento necesario para mantenerlo operativo.

Figura 15



Interfaz de Control y Potencia Rasit M1.

Figura 16



Interfaz de Control Rasit M2/M3 y Güemes.

La consola de operación del radar *Güemes* (Figura 5) tuvo como objetivo poseer una interfaz estable que además fuera intuitiva, y que pudiera ser integrada con diferentes subsistemas, permitiendo integrar datos con los radares de la FAA (Fuerza Aérea Argentina) en tiempo real, utilizando protocolos específicos para el intercambio de información radar. La consola del rasit M1 utilizaba el sistema operativo Windows, programado en DELPHI permitiendo exportar los datos de los blancos, utilizando archivos del tipo *shape* que luego podían ser integrados en otros sistemas, pero no en tiempo real y tampoco usaba un protocolo estándar.

Una de las desventajas de utilizar Windows es que los usuarios instalan aplicaciones adicionales, corrompiendo de esa manera el *software*, sin contar además con los costos de licencias. En este momento, se optó por seguir la experiencia transitada por la FAA con los radares RSMA y RPA, utilizando el sistema operativo Linux. En 2019 se logró desarrollar la Consola Táctica Multi Sensor (CTMS), la cual corre bajo Linux, dando estabilidad y garantía de cierta seguridad informática.

Esta consola no solo integra los radares del EA, sino que

también lo hace con radios, radares meteorológicos de la FAA, sistemas de guerra electrónica y cámaras. De esta manera, queda abierta a nuevos *plug-in* para integrar otros sensores. Para este, se tomaron ciertas características de la consola técnica de la FAA y de sus consolas de operación. La suma de estos avances tecnológicos permitió obtener una consola que pudiera visualizar varios sensores, a saber, radares, aviones no tripulados (UAV), cámaras, radios y dispositivos de guerra electrónica. De esta manera, el desarrollo habilitó contar con un panorama completo en el teatro de operaciones. Asimismo, esta consola permitió integrar diferentes subsistemas que facilitarían el entrenamiento del personal, ya que solo es necesario enseñar el uso de un único *software*.

Cada una de las instancias que se iban inscribiendo en la etapa de desarrollo, pasaron por el FAT (Factory Acceptance Test o “*test* de aceptación de fábrica”), un momento donde se realizan pruebas de funcionamiento de los subsistemas para constatar el cumplimiento de las especificaciones técnicas trabajadas en la etapa de planificación. Es importante recalcar que las etapas no fueron transitadas como un bloque estanco ni una mónada atemporal, sino que fueron un proceso de I+D que iban yuxtaponiendo las instancias de manera sincopada y situada.

Por tanto, el 2019 traería la etapa SAT (Site Acceptance Test o “*test* de aceptación del sitio”), analizando, reajustando y controlando. En ese mismo año, se contó con la primera serie de 10 gabinetes diseñados para el radar, basado en la modernización que inició en 2014 con simulaciones de la empresa Pronello Ingeniería.

En el último trimestre de 2019 se integró el radar turco ACAR-K de la empresa Aselsan a la CTMS, permitiendo observar ambos radares en la misma consola. Ello sucede porque estos radares tienen protocolo ASTERIX,⁹² al igual que los

92 El protocolo ASTERIX es un estándar de aplicación, diseñado por EUROCONTROL para el intercambio de información entre sensores radar y centros de control. Es un acrónimo que significa “All Purpose Structure Eurocontrol Surveillance Information Exchange”. Se puede consultar el siguiente enlace para más información al respecto:

del EA y la FAA. Cabe destacar que el ACAR-K es un radar terrestre, de bajo costo, que permite la detección de aeronaves lentas y helicópteros a baja altura. La CTMS y el gabinete GOR fueron financiados por la DIGID y la DGCI (Dirección General de Comunicaciones e Informática), a cargo del CY Armando Di Chiara y el GB Marcelo Perfetti, respectivamente.

La CTMS, además, permite integrar equipos de comunicaciones, radiogoniometría y sensores ópticos como cámaras. Toda la información está representada en cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN) utilizando cartografía ráster y archivos GeoJson.

En 2020 se probó el prototipo del transmisor completo. Este momento del proceso de I+D es crucial y constituyente, dado que, en agosto del corriente año (2022), salió el primer prototipo con transmisor viejo a realizar pruebas de campo. La contemporaneidad de este artículo limita la capacidad de brindar mayor actualidad. No obstante, se espera estar finalizando la etapa de SAT hacia fines del presente año, cuando el primer radar nuevo se dirija a encarar las pruebas *in situ*.

Finalmente, la producción del siguiente trabajo inaugurará el momento de divulgación en la etapa de monitoreo, periodo que también pretende generar una suerte de caja de herramientas que sean insumo de transferencia tecnológica y nuevas instancias formativas en las filas del EA, entre ellas, la memoria técnica del desarrollo, la divulgación institucional correspondiente y publicaciones como la presente.

Conclusiones

El derrotero del *Güemes* (Figura 17), desde sus antecedentes tecnológicos hasta su actualidad, nos convoca a pensar cómo

SURVEILLANCE DATA EXCHANGE Part 1 All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange (ASTERIX). <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-specification-surveillance-data-exchange-part-i>

las herramientas y conocimientos situados, transversales a un proceso de I+D, logran definir su devenir. Si bien en otros esquemas incidencias como ausencia, *a priori*, de un laboratorio de vanguardia, vasto personal especializado, recursos disponibles con premura, entre otros, pueden ser deletéreas, en el caso del *Güemes*, fortalecieron redes de colaboración, creatividad para la resolución de problemas y solvencia en la concreción de los objetivos. En este sentido, el trabajo colaborativo en el EA y la adopción de un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), sumando intervenciones como las de universidades, un instituto, empresas nacionales e internacionales y otros agentes, nos instituyen un EA que dialoga con otros actores sociales y científicos, ya que, siguiendo a Peters, “la idea de la colaboración, es crear condiciones favorables para la realización de proyectos complejos, frente a una realidad donde el Estado deja de ser actor único, y se asume en procesos de negociación” (2004: 87). Este momento de latencia, donde se resolvían las disrupciones que emergían desde la práctica, fueron sedimentando importantes concreciones estructurales y económicas, como un laboratorio con tecnología de punta y especializado, y la posibilidad de construir 10 módulos oscilador nuevos por el mismo costo que se conseguiría uno en un proveedor externo.

El conocimiento situado que demuestra el desarrollo del *Güemes* también supo reinventarse cuando las condiciones coyunturales cambiaron a principios del 2020. Fuimos testigos de un momento epocal, en palabras de De Sousa Santos (2020), “por un virus que se muestra como un gran pedagogo intentando mostrarnos algo”. El trabajo en el *Güemes* se vio intermediado por la plataforma Zoom, las burbujas, los protocolos, las dilaciones de otras unidades de trabajo, pero nunca detuvo su marcha. Por ello, este proceso de I+D habita la llamada ciencia posnormal (CPN), caracterizada por un conocimiento práctico y artesanal, una urgencia de las decisiones, hechos que se presentan inciertos, y un foco puesto en la calidad, entendida esta como la relación entre la producción de conocimiento y un propósito (Funtowicz *et al.*, 2001). La

calidad, además, se operacionaliza a través de una comunidad alargada de pares, que descubren la importancia de saber cómo y no solo el *qué*.

El fin de predecir en un contexto complejo y posnormal tiene que llevarnos a reconocer la irreductibilidad de la incertidumbre y el error.⁹³ Teniendo en cuenta esto, los desafíos, lejos de agotarse, se redoblan, ya que en un futuro se pretende no solo producir más de este desarrollo sino perfeccionar un transmisor Chirp con compresión de pulso, para bajar la potencia del transmisor y ahorrar así recursos económicos.

Recuperando las reflexiones de Von Clausewitz (2016), los ejércitos deben prestar especial atención a la estrategia, analizar tácticas, fortalecer el *esprit de corps*, nunca dejar de aprender y dominar nuevas técnicas.

Figura 17



Gráfico de elaboración propia del proyecto radar Güemes.

93 Ver Funtowicz, S. y Wagner, L. (23 de junio de 2021). Ciencia posnormal como fundamento epistemológico y práctico de los estudios de futuros, conferencia organizada por el Centro de Estudios Prospectivos de Cuyo (CEP). Disponible en: Ciencia posnormal como fundamento epistemológico y práctico de los estudios de futuros. <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/gestion-conocimiento/ciencia-posnormal-como-fundamento-epistemologico-y-practico-de-los>

- De Sousa Santos, B. (2020). *La cruel pedagogía del virus*. Madrid, España: Akal.
- Fojón, E. (25 de julio de 2019). Desarrollos tecnológicos militares frente a nuevos conceptos operativos. *Real Instituto Elcano*.
- Funtowicz, S. y Ravetz, J. (2001). Post-Normal Science. Science and Governance under Conditions of Complexity. En M. Decker y F. Wütscher (Eds.), *Interdisciplinarity in Technology Assessment* (pp. 15-24). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Funtowicz, S. e Hidalgo, C. (2021). Pandemia posnormal: las múltiples voces del conocimiento. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 154: 109-122.
- Peters, G. (2004). Cambios en la naturaleza de la administración pública: de las preguntas sencillas a las respuestas difíciles. En M. C. Pardo (Comp.), *De la administración pública a la gobernanza* (pp. 69-100). México: El Colegio de México, Centro de Estudios Internacionales.
- Von Clausewitz, K. (2016). *De la guerra*. Italia: Greenbooks Editore.

Palabras clave & abstract

Palabras clave: *Rasit – radar Güemes – ejército – tecnología militar – ciencia posnormal*

Keywords: *Rasit – Güemes radar – army – military technology – post-normal science*

Abstract:

The purpose of this paper is to capture the course of the R&D (Research and Development) process of the *Güemes* radar, inscribed in the evolution of the Rasit radar in the Argentine Army (EA). In this sense, this paper will cover the concept of post-normal science and collaboration and innovation, all of which were a fundamental part of this journey.