
VIGILANCIA TERRITORIAL

♦ R E S U M E N ♦

Diversas catástrofes y otros fenómenos emergentes están afectando nuestra seguridad. Vigilar el territorio y las fronteras no es una tarea fácil. Se formula una propuesta conceptual de una Vigilancia Territorial integrada que contribuiría al control de catástrofes, seguridad y a la defensa.

Palabras clave: Territorio, fronteras, seguridad, catástrofes, satélites.

TERRITORIAL SURVEILLANCE

♦ A B S T R A C T ♦

Various natural catastrophes and other emerging phenomena are affecting our security. The surveillance of our country's territory and borders is not an easy task. This work presents a conceptual proposal for an integrated Territorial Surveillance that would contribute to disaster control, security, and homeland defense.

Keywords: Territory, borders, security, catastrophe, satellite.



GUSTAVO JORDÁN ASTABURUAGA

Vicealmirante

Magíster en Ciencias Navales y Marítimas (AGN)

(gustavojordan1955@gmail.com)

Viña del Mar, Chile.

En este artículo se analizarán diferentes factores que están afectando a nuestra seguridad, proponiendo una solución conceptual que contribuya a neutralizar o minimizar esas amenazas mediante un sistema de vigilancia territorial integrado.

Chile es un país de catástrofes; en los últimos 15 años fuimos afectados por el octavo terremoto de mayor intensidad registrado a nivel mundial¹ (el 2010, con un tsunami y más de 500 muertos), han ocurrido 3 mega incendios forestales afectando a casi 1.000.000 de hectáreas (2017, 2023 y 2024 con más de 170 muertos) y se han producido erupciones volcánicas, inundaciones y recientemente un huracán con vientos nunca antes vistos. Por estas razones se potenció mediante una ley el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta de Desastres (SENAPRED) el año 2021.

Contamos con una de las conformaciones territoriales más difíciles de vigilar: 756.626 kms² de territorio continental, 1.250.000 kms² de territorio antártico y 3.150.739 km² de zona económica exclusiva marítima (ZEE), a lo que hay que agregar los casi 26.500.000 km² de responsabilidad de rescate y salvataje en el Pacífico Sur.

La vigilancia del territorio y las fronteras son temas de alta complejidad como se ha demostrado en diversos países a nivel mundial.

Nuestro país ha estado sometido a un aumento de la migración ilegal,² que ha generado un incremento del crimen organizado transnacional. Tanto la migración ilegal como el contrabando pueden efectuarse por aire, mar y tierra.

Perú y Bolivia son dos importantes países productores de cocaína.³ Con Bolivia tenemos una frontera de 861 kilómetros, con Perú de 169 kilómetros terrestres y las 200 millas de la ZEE.

**“La frontera norte
cuenta sólo con ocho
pasos habilitados y 100 no
habilitados”**

(Lizana, 2023)

El 2023 la ONU estableció que San Antonio era uno de los puertos de origen del tráfico mundial de drogas (UNODOC, 2023).

El contrabando de cigarrillos genera un perjuicio de \$ 1.150 millones de dólares anuales al Fisco (MIDE UC, 2023) y su volumen equivale a 700 contenedores que ingresan a nuestro territorio por vías terrestres o marítimas. En nuestros puertos solo se escanea el 3% de los contenedores que se transfieren (Fernández, 2024).

El 2011 se lanzó al espacio el primer satélite nacional de vigilancia óptico⁴ de alta resolución de órbita baja,⁵ se trataba del FASat Charlie, el cual cumplió con creces su vida útil y continúa prestando servicios. Desde el 2020 se está implementando el Sistema Nacional Satelital que considera tres nuevos satélites de vigilancia óptica; el primero, el FASat Delta, fue lanzado el 2023.

Desarrollo de los satélites de vigilancia

Los primeros satélites de vigilancia lanzados en los 60's contaban con sensores ópticos; en 1974 apareció el primer satélite operacional dotado de un radar⁶ (de origen ruso), y en 1978 el SEASAT (de origen norteamericano, con una resolución⁷ de 25 metros), demostrando su utilidad para vigilar

1. El mayor terremoto registrado de la historia mundial fue el de Valdivia en el año 1960.

2. El Registro Civil empadronó el 2023 a 182.000 migrantes ilegales existentes en Chile.

3. El 2023 Bolivia produjo 317.000 kilos de cocaína, Perú 869.000 kilos y Colombia 1.730.000 kilos, la mayor producción histórica de esta droga.

4. La vigilancia espacial se efectúa con cámaras ópticas u optrónicas de alta resolución.

5. Orbitan a alturas entre 500 y 1.400 kilómetros sobre la tierra.

6. Los satélites que tienen radares en la actualidad son de apertura sintética, emiten señales electromagnéticas, desde el espacio para mapear la superficie de la tierra obteniendo excelentes resoluciones.

7. Es la mínima distancia distinguible entre píxeles de una imagen satelital.

extensas áreas marítimas. A la fecha se han lanzado al espacio 30 diferentes modelos de satélites equipados con radares.

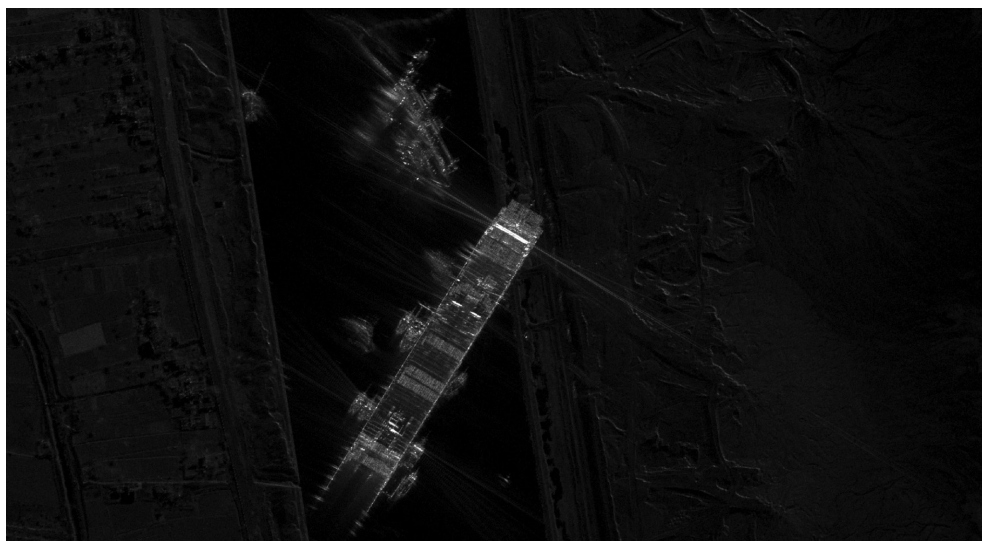
Por décadas los satélites de vigilancia fueron una capacidad de los países más poderosos. En los últimos años varias empresas privadas occidentales han desarrollado diferentes satélites de órbita baja a menores costos.

Los satélites de vigilancia ópticos y con radares (en su modo de alta resolución) tienen un ancho de barrido⁸ de hasta 10 kilómetros. Sin embargo, los satélites con radares alcanzan 100 kilómetros (con menor resolución) y nuevos diseños podrían lograr hasta 300 kilómetros.⁹

La mayor diferencia entre la vigilancia óptica y con radares es el tiempo de revisita¹⁰ para obtener imágenes de un mismo lugar; los radares pueden obtener imágenes en todo tiempo (de día o noche, nublado o cubierto con humo), lo que no es posible con los sensores ópticos.

Ambos tipos de satélites occidentales pueden ser adquiridos con una resolución de hasta 25 centímetros y tienen un costo referencial muy inferior a los de antaño.¹¹ Sin embargo, su vida útil podría ser menor por operar en órbitas bajas. Algunos satélites pueden estar equipados con varios sensores (ópticos, radares y AIS¹² u otros), pero al aumentar su carga útil se incrementan su peso y tamaño, lo que los hace más voluminosos y caros.

Los modernos radares satelitales (en su modo de alta resolución) son capaces de detectar e identificar vehículos terrestres, aeronaves posadas en tierra, instalaciones militares, buques y embarcaciones menores y también evidenciar movimientos milimétricos en la tierra (de puentes, volcanes, deslizamientos de tierras, etc.), evolución de inundaciones, derrames de petróleo, erupciones volcánicas, incendios forestales o efectos de terremotos y tsunamis, generando alertas para mitigar y controlar catástrofes y actuar ante incidentes de seguridad.



**Imagen de un radar satelital de alta resolución (25 centímetros) de un buque portacontenedores bloqueando el Canal de Suez.
(Fuente: Capella Space, Open Data Imagery, marzo 2021).**

8. El área que se puede vigilar en una sola pasada.

9. Proyecto de satélites con radares Noruego a ser lanzados el 2026.

10. Es la demora en obtener una imagen satelital del mismo lugar.

11. El satélite chileno FASat Charlie costó US \$ 73 millones de dólares.

12. AIS: Automatic Identification Systems, sistema utilizado para identificar a buques navegando.

Un aspecto relevante a considerar en cualquier análisis futuro de satélites son los tiempos totales involucrados en obtener informaciones útiles para tomar decisiones.

Empresas destacadas que poseen satélites con radares

Dos empresas comerciales occidentales sobresalen por sus capacidades de vigilancia de satélites con radares, una por su gran resolución, la norteamericana

UMBRA, y la otra la por el número de satélites de su constelación, la finlandesa ICEYE.

UMBRA posee 8 satélites en órbita y develó recientemente imágenes de radar satelital de la mayor resolución existente (de solo 16 centímetros), lograda con un radar bi-estático (dos satélites que sobrevuelan un mismo lugar, uno detrás del otro, el primero emite la señal del radar y el segundo la recibe, procesa y transmite al centro de control en la tierra). A corto plazo tiene previsto completar una constelación de 36 satélites. Sus principales clientes son las agencias de inteligencia norteamericanas,



Imagen satelital de un radar bi-estático de alta resolución (16 centímetros) de la empresa UMBRA, norteamericana.
(Fuente: Empresa UMBRA, U.S.A.).



Dron de vigilancia Israelí Hermes 650.
(Fuente: Elbit Systems).



Dron de vigilancia turco Bayraktar TB 3.
(Fuente: Wikimedia Commons).

países aliados de U.S.A. y cerca de un 25% de sus imágenes se comercializan al resto del mundo.

ICEYE opera una constelación de 18 satélites con radares que poseen la capacidad de mapear todo el mundo 15

veces al día. Pasan exactamente por los mismos lugares todo el tiempo, lo que les permite detectar cambios en la tierra que son imperceptibles para otros sensores.

Su mejor resolución es de 25 centímetros para un área de 5 x 5 kilómetros,

aumentando a 15 metros para un área de 100 x 100 kilómetros. Ofrece una cobertura mundial con una revisita a cada punto del planeta cada 6 horas. El año 2022 ICEYE firmó un contrato con Ucrania (en plena guerra con Rusia) para proveerle de sus servicios satelitales.

Nuevos proyectos de satélites equipados con radares

Existen varios proyectos en desarrollo de satélites equipados con radares. Gran Bretaña pondrá en órbita cuatro satélites con radares y sensores ópticos este año, y Corea del Sur lanzará 4 satélites con radar el 2025. Para el año 2026 Noruega colocará en órbita una constelación de satélites con radar, la UAE lanzará 3 satélites con radares e Italia 6 satélites con este sensor. Argentina, que ya posee dos satélites en órbita con radares, tiene planificado lanzar otros cuatro antes del 2030.

Drones de vigilancia modernos

Los distintos empleos de los drones en las guerras recientes han sido ampliamente difundidos y el desarrollo de nuevas capacidades en este ámbito es

permanente. Cuando se habla de "drones de vigilancia" nos referimos a aquellos con capacidades de operar más de 20 horas, de portar una combinación de sensores (optrónicos, radares u otros) y ser controlados por comunicaciones de línea de mira o satelitales. Los nuevos drones, al igual que los satélites, han aumentado sus capacidades junto con disminuir sus costos.

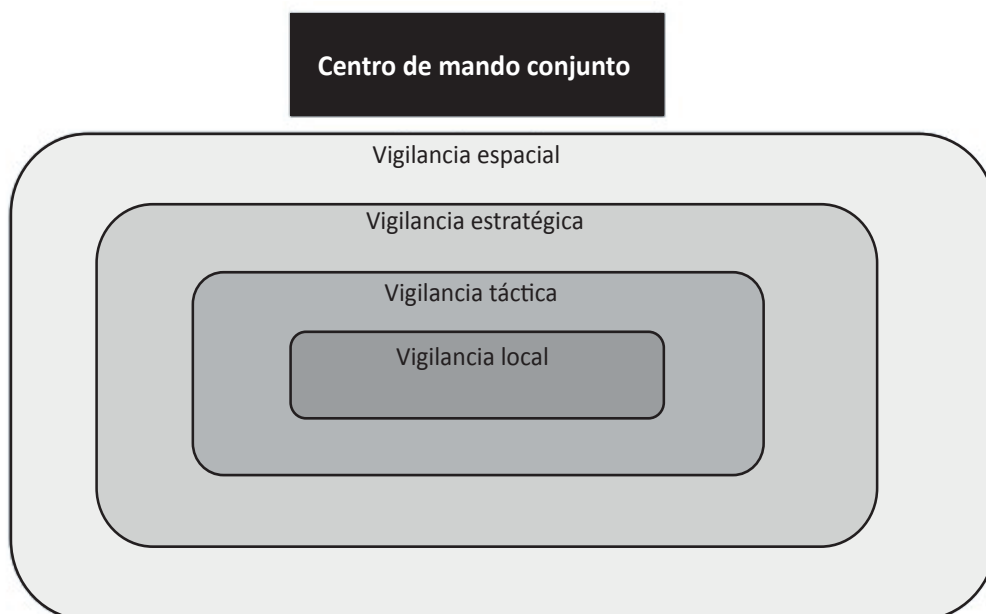
Se muestra un cuadro comparativo de dos drones de vigilancia puestos en servicio el 2024.

Propuesta de un sistema de Vigilancia Territorial

El sistema de Vigilancia Territorial es una propuesta conceptual integrando a un mando conjunto algunas capacidades de las FF.AA. en las áreas de interés para enfrentar amenazas multidimensionales. Requieren de comunicaciones seguras entre los medios involucrados.

El mando dispondría las tareas de vigilancia de los medios subordinados, fusionaría y evaluaría los datos (con las mejores tecnologías disponibles incluyendo inteligencia artificial), difundiendo la información útil para la toma de decisiones a las autoridades, SERNAPRED o policías, según corresponda. Su estructura se muestra a continuación.

	Dron Elbit 650 (Israel)	Dron Bayraktar TB3 (Turquía)
Peso máximo	650 kilos	1.450 kilos
Autonomía	+24 horas	+24 horas
Velocidad	120 nudos	125 nudos
Carga útil	120 kilos	280 kilos
Techo	22.000 pies	33.000 pies
Despegue	Pista corta	Pista corta
Comunicaciones	Satelitales	Satelitales



La vigilancia se debería efectuar en varios niveles superpuestos, a saber:

- Vigilancia espacial (satélites de vigilancia ópticos, con radares u otros sensores).¹³
- Vigilancia estratégica (aviones/drones navales y terrestres, inteligencia y otros medios de altas capacidades; vigilancia aérea con radares y aviones AWACS).¹⁴
- Vigilancia táctica (aeronaves/drones y otros medios de medianas capacidades).
- Vigilancia local (puestos de vigilancia costeros/terrestres, fijos o móviles, con radares/drones/vehículos/embarcaciones y otros medios de corto alcance).
- Un centro de mando conjunto.

El objetivo es contar con un sistema que cuente con los componentes descritos en un número suficiente, coordinados

e integrados, que sea flexible, logrando el control del espacio aéreo, terrestre y marítimo en las áreas de interés.

Adicionalmente, se debería efectuar el escaneo al 100% de los contenedores y vehículos que ingresen al país, por vía terrestre o marítima, para combatir el contrabando.

Consideraciones finales

Los 182.000 migrantes ilegales empadronados por el Registro Civil en nuestro país el año 2023 demostraron la permeabilidad y vulnerabilidad de nuestras fronteras.

El contrabando (de drogas, armas y cigarrillos, etc.) potencia a los grupos delictuales que lo ejercen, en perjuicio de la seguridad del Estado.

La migración ilegal, el crimen organizado, el contrabando y las catástrofes son los cuatro lados de un mismo cuadrado: la seguridad de los chilenos.

13. Podrían ser sensores de ELINT (*Electronic INTElligence*), capaces de detectar y radio localizar emisiones electromagnéticas de radares y comunicaciones con una precisión entre 0,3 a 5 kilómetros.

14. AWACS: *Air WArning Control System*.

Los grandes satélites de antaño pueden ser reemplazados hoy por pequeños, que poseen sorprendentes capacidades y son accesibles. Los satélites con radares son muy útiles para vigilar extensos espacios asegurando un tiempo de revisita menor que los satélites ópticos.

Es conveniente iniciar los estudios para incorporar nuevos satélites equipados con radares, drones de vigilancia, radares de vigilancia aéreos, aeronaves y puestos de vigilancia terrestres y costeros (fijos y móviles), en un número adecuado, para aumentar las capacidades de vigilancia del territorio de las FF.AA. (y de Aduanas).

Una mayor eficiencia en el combate al contrabando generará cuantiosos ingresos al Fisco; parte de ellos podrían financiar

un plan de aumento de capacidades de vigilancia territorial.

Un sistema de vigilancia territorial integrado y flexible permitirá obtener imágenes e informaciones de alta calidad ante catástrofes internas en cualquier parte del territorio, detectar vehículos, aeronaves, embarcaciones o personas que intenten ingresar ilegalmente a nuestras fronteras (o efectúen pesca ilegal en la ZEE), contribuyendo así a la toma de decisiones oportunas ante desastres o incidentes que afecten a nuestra soberanía o defensa.

A futuro se podrían integrar todo tipo de vehículos no tripulados, terrestres y navales a esta red de vigilancia integrada, mejorando aún más sus capacidades.



LISTA DE REFERENCIAS

1. Erwin, Sandra. (2024). *Capella Space sets sights on international market for radar satellites*, Spacenews, U.S.A., 20-marzo.
2. Fernández, Daniel. (2024). *Urge mejor fiscalización portuaria ante ingreso de drogas: «solo se escanea el 3% de la carga»*, Logística 360, mayo 15.
3. Galpern, Jon. (2024). *Umbra releases bistatic SAR data from its tandem pair of satellites*, PRNewswire, 7-marzo.
4. *Hermes 650 Spark Unveiled: Elbit Systems Launches a New State-of-the-Art UAS*, (2024). Israel, 21-febrero.
5. Lizana, Pilar. (2023). *Se necesita una estrategia de control de frontera*, AthenaLab, Chile, 4-marzo.
6. McDermott, J. y Dudley, S. (2024). *La cocaína entre el fogonazo y el estallido en 2024*, Insightcrime, 05-enero.
7. *Naval Technology*, (2024). *Bayraktar TB 3 Armed UAV, Turkey Baykar plans to commence trials for the UAV for ship-based operations in 2024*, 24-abril.
8. Pizarro, Francisco. (2023). *FASat-Delta: Un nuevo salto en la carrera espacial de Chile*, AthenaLab, 12-junio.
9. Puig, Mario. (2018). *De la protección de fronteras a la gestión de fronteras, experiencias de la Unión Europea aplicables al caso nacional*, ANEPE, Chile, 10-septiembre.
10. *Teletrece*, (2023). *Puerto de San Antonio es catalogado mundialmente por la ONU como el principal punto de traslado de drogas*, Chile, 19-marzo.
11. Toledo, Juan. (2023). *Estudio MIDE UC: contrabando de cigarrillos en Chile*, 8-abril.
12. *United Nations Office of Drugs And Crime (UNODOC)*, (2023). *Global Report on Cocaine*, marzo.
13. Uppal, Rajesh. (2024). *Advancements in earth observation: synthetic aperture radar (SAR) satellite constellations*, 1-enero.