

## **EL SISTEMA ESPACIAL NACIONAL DEL PERÚ: ANÁLISIS, COMPARACIONES Y NECESIDADES FUTURAS**

Comandante FAP Luis Gonzalo Saldarriaga Reyes

Mayor FAP Armando Martínez Del Rio

Mayor FAP Salvador Martín Delgado Orjeda

Mayor FAP Alberto Rivera Zúñiga

Mayor FAP Javier Chirinos Vereau

### **RESUMEN**

El presente trabajo explica algunos conceptos básicos sobre sistemas espaciales, analiza la importancia del sistema satelital peruano en el desarrollo y Seguridad Nacional; y plantea, desde un enfoque académico, un nuevo concepto: “Sistema Espacial Nacional” cuya finalidad sería institucionalizar las tecnologías espaciales como un eje importante en el logro de beneficios para el país desde una perspectiva holística; también se definen necesidades futuras de nuevos sistemas y la previsión de reemplazos para los actuales; concluyéndose que actualmente contamos con el satélite de mayor performance de la región sudamericana, pero que aún queda pendiente la consolidación de un sistema integral que resuelva problemas como la distribución de productos satelitales y la reducción de la brecha digital del territorio, para lo cual es necesario la adquisición de un satélite de comunicaciones que integre la totalidad del Territorio Nacional.

**Palabras clave:** PerúSAT-1, Sistema Satelital, Sistema Espacial Nacional, aplicaciones satelitales, Agencia Espacial del Perú.

## **ABSTRACT**

This work explains some basic topics about space systems, analyzing the Peruvian Satellite System importance on the Development and National Security; and raising, since an academic approach, a new concept: "National Space System" which purpose is the institutionalizing of space technologies as an important axis for the achievement of benefits on our country since a holistic point of view; the future needs of new systems and the forecast of replacements for the current ones are also defined; our conclusions are that we currently have the highest performance satellite in the South American region, but the integral consolidation of one system that can solve problems such as the distribution of current satellite products and the reduction of the digital divide of the Territory is still pending, for which it is necessary to acquire a communications satellite that integrates the entire national Territory.

**Keywords:** PerúSAT-1, Satellite System, National Space System, satellite applications, Peruvian Space Agency.

## **INTRODUCCIÓN**

En el año 2016 nuestro país inició formalmente la carrera espacial con el lanzamiento del primer satélite de Observación de la Tierra del Estado Peruano: PerúSAT-1; algunas conjeturas se han dado al respecto, independientemente de ellas, es importante no perder de vista el horizonte hacia el cual nuestro país enrumbo cuando se decidió implementar el Proyecto de Inversión Pública N° 21918 “Implementación y Desarrollo del Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales”, para ello debemos entender qué es el sistema satelital del Perú y qué es PerúSAT-1, los beneficios que aportan al país, comparación con sistemas extranjeros, proyección futura, y que necesidades de tecnología espacial aún hay pendientes de implementar como parte del Sistema Espacial Nacional que académicamente nos atrevemos a esbozar con miras a un futuro en el que esta tecnología será una herramienta fundamental para el Desarrollo, Seguridad y Defensa Nacional.

## CONCEPTOS BÁSICOS

Unos de los errores comunes que cometemos es confundir al satélite PerúSAT-1 con el Sistema Satelital Peruano; siendo importante aclarar que un sistema satelital es un conjunto de elementos tecnológicos conformado básicamente por 3 partes:

- *Segmento Espacial*: satélites en el Espacio a los cuales se tiene acceso;
- *Estación Terrena*: esencialmente una antena de comunicaciones receptora-emisora; y
- *Segmento Terrestre*: sistemas que controlan al Segmento Espacial; asimismo decodifican, interpretan, y registran la información recibida a través de la Estación Terrena.

Desde un enfoque holístico, un Sistema Espacial Nacional no debería considerar solamente la infraestructura y medios tecnológicos (sistemas satelitales), sino también la Capacidad de Empleo, acceso, competencias del país en Investigación, Ciencia y Tecnología (ICyT), interconexión digital del territorio, entre otras (Fig. 1), este enfoque teórico es la base sobre la cual el presente trabajo postulará argumentos.



Figura 1: Concepción de un Sistema Espacial Nacional. Diseño propio.

*La capacidad de empleo por el Estado y la sociedad* implica contar, en los organismos públicos, con personal especializado, así como con software y hardware, cuya sofisticación dependerá del tipo de aplicación a implementar, se requiere formación y entrenamiento continuo hasta institucionalizar el empleo de la información satelital como parte de las labores comunes. El empleo no está a cargo de los organismos administradores u operadores de los satélites sino del usuario en si, la trascendencia de este componente radica en el valor que genera la información satelital ya que no resultaría útil si no se llega a emplear adecuadamente; la posesión de tecnología e información no es un factor definitivo, sino el cómo se aprovecha en beneficio del país.

La ICyT multidisciplinaria en lo general y espacial en lo particular, se refiere a la generación de una cultura de empleo de los datos satelitales no solo como una fotografía estática de un área, sino también para explotar sus capacidades de medición derivando variables como el estado de salud de vegetación, composición de estructuras, etc. las cuales sirven de base en investigación; para ello se requiere incentivar proyectos científicos que exploten estas ventajas y no solo se considere el análisis de las formas en las escenas.

*La interconexión digital del Territorio Nacional* es una de las mayores necesidades para el Sistema Espacial Nacional; la información que se produce es del tipo digital y normalmente se envía por internet, sin embargo, en nuestro país la brecha es crítica, existiendo zonas donde es casi imposible descargar datos pesados. La red dorsal nacional de fibra óptica está instalada para servicios en la costa , hasta llegar a las principales ciudades de la sierra y algunas de la Amazonía no obstante por el costo los operadores no la emplean en ciudades pequeñas y en algunos pueblos no existe; lo que significa que es necesario mejorar la interconexión digital para la distribución y eficiente explotación de datos, además de muchas otras ventajas que se lograrán para los ciudadanos, dicha interconexión se puede hacer de modo óptimo mediante sistemas espaciales, es decir que el Sistema Espacial Nacional también tendría la capacidad de resolver el problema que se presenta en redes terrestres.

*El acceso a la información satelital de los Órganos Públicos y la sociedad se enmarca en el concepto del valor público que significa contar con un sistema espacial, con miras no solo a los productos que se pueden generar sino también al impacto positivo que éstos resultan para el Desarrollo y la Seguridad Nacional, así como a la legitimidad que generan los resultados de un efectivo y profesional servicio al usuario peruano (García, 2015), se entrelaza especialmente con la interconexión digital pero se refiere básicamente a la definición objetiva de quienes deberán contar con acceso ya sea a productos del sistema -responsabilidad de la Agencia Espacial del Perú-, o a productos derivados -responsabilidad de todos los órganos del Estado que produzcan información- de esa manera se asegura también el empleo óptimo.*

El elemento central del Sistema Espacial Nacional está constituido por los *medios y la infraestructura física y tecnológica*, incluye al personal profesional capacitado, certificado y entrenado en sistemas espaciales que los opera y desarrolla; constituye el corazón del sistema y el elemento crítico que coadyuva al logro de los demás componentes.

Desde el enfoque planteado resulta fácil entender que el lanzamiento y actual operación del satélite PerúSAT-1, así como la implementación del Sistema Satelital Peruano, sólo es la primera fase en la implementación de un Sistema Espacial Nacional; pero en definitiva constituye uno de los aciertos tecnológicos mas importantes de las últimas décadas y el paso trascendental.

## **El sistema satelital peruano**

La Agencia Espacial del Perú – CONIDA desde el Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales – CNOIS, opera y controla el Sistema Satelital Peruano, cuyo principal satélite es PerúSAT-1. Este Sistema Satelital cuenta también con acceso a los satélites SPOT 6, Pleiades 1A y 1B, TerraSAR-X y TanDEM-X, todos ellos son satélites de observación cuya finalidad es generar imágenes. Los satélites TerraSAR-X y TanDEM-X producen imágenes de radar

y pueden operar en condiciones de nubosidad, así como de día o de noche, pues no requieren de iluminación externa. Los otros satélites, incluyendo PerúSAT-1, son del tipo óptico, es decir que requieren de iluminación solar para poder generar imágenes, y si hay presencia de nubes, aparecerán en las escenas; los satélites del segmento espacial del Sistema Satelital Peruano se complementan entre sí para contar con distintas fuentes de datos que varían en nivel de detalle, y área abarcada (Tabla 1). El registro físico de las adquisiciones permite, a modo de negativos de una fotografía, reproducir a demanda las imágenes; actualmente existe gran cantidad de información disponible y cada día aumenta, lo cual constituye el activo más importante del sistema, ya que los satélites tienen un período de vida útil y la herencia que dejan es la información que obtuvieron mientras estaban en operación. Toda esta información se convierte en un patrimonio importante para el país; PerúSAT-1 tiene un período de vida útil de diseño de 10 años (finaliza en setiembre 2026)

*Tabla 1: Satélites a los que tiene acceso el sistema satelital peruano.*

<b>Satélite</b>	<b>Banda / modo</b>	<b>Resolución Espacial</b>	<b>Barrido</b>
PerúSAT-1	PAN	0.7 m	14.5 km
	MS	2.8 m	
Spot 6/7	PAN	1.5 m	60 km
	MS	6 m	
Pleiades 1A/1B	PAN	0.5 m	20 km
	MS	2 m	
TerraSAR-X &	Scan SAR	18 m	100 km x 150 km
TanDEM-X	Strip Map	3 m	30 km x 50 km
	Spot Light	1 m	10 km x 5 km

*Fuente: CNOIS*

Es importante notar que las imágenes de radar vs las ópticas tienen ventajas y desventajas entre sí, su empleo óptimo está condicionado al tipo de uso o aplicación que se les dará; las imágenes ópticas multiespectrales como las de PerúSAT-1 permiten identificar fácilmente elementos porque se asemejan a lo que el ojo humano

percibe además de ello cuentan con una banda infrarroja (no térmica) que permite explotar otras características de los elementos observados; las imágenes de radar requieren de métodos mas elaborados para su procesamiento e interpretación.



*Figura 2: Diferencias entre imágenes de radar vs ópticas. Fuente: diseño propio empleando imágenes de libre uso en internet.*

En la Fig. 2 podemos ver las diferencias entre imágenes de radar y ópticas cuando queremos identificar elementos, encerrados en color rojo se encuentran poblados, amarillo áreas deforestadas, y en magenta cuerpos de agua. Asimismo, mientras que en las ópticas se observan nubes en las de radar no, también se observa que las imágenes de radar delimitan perfectamente los cuerpos de agua mientras que en las ópticas se genera confusión requiriendo un mayor proceso; en compensación, las imágenes ópticas son mas versátiles, pudiendo derivarse una mayor variedad de productos simples y sofisticados a partir de ellas.

## **PerúSAT-1**

Lanzado al espacio el 15 de setiembre del 2016, el satélite peruano PerúSAT-1 es actualmente el sistema de observación de mayor performance en cuanto a resolución espacial (nivel de detalle) de la región sudamericana, otorgándole una categoría de nivel mundial en la teledetección por satélite y generando altas expectativas respecto a su empleo en aplicaciones con fines de Seguridad, Defensa y Desarrollo Nacional (Vargas, 2018) . (Fig. 3)

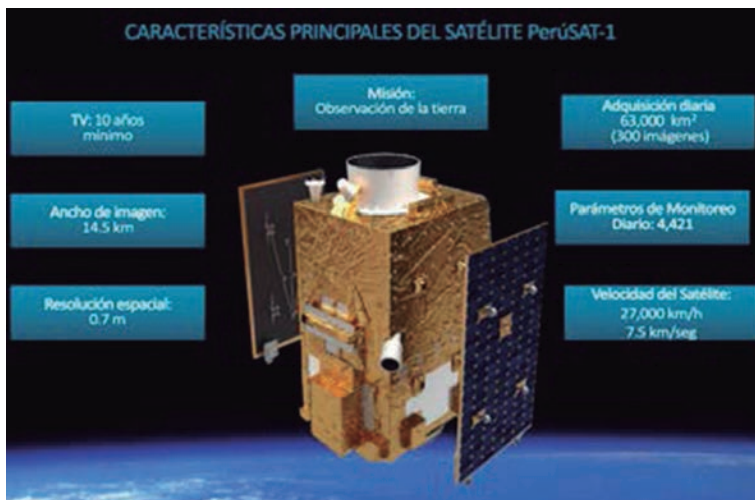


Figura 3: Características principales de PerúSAT-1, fuente CNOIS

La Agencia Espacial del Perú – CONIDA, desarrolla varias actividades de difusión y capacitación para las entidades públicas, tanto en Lima como en el interior del país, cuyos objetivos es acercar la información de interés nacional a más personas y masificar el empleo de las imágenes de PerúSAT-1 para capitalizar su capacidad de generar impacto en el Desarrollo Nacional.

### Empleo de las imágenes PerúSAT-1

PerúSAT-1 proporciona información de cualquier parte del planeta con alto grado de precisión y a través de imágenes de la superficie terrestre que incluyen zonas cuyo acceso es casi imposible de estudiar in situ; su perspectiva de observación permite cubrir grandes áreas ahorrando tiempo en la generación de información que por otros medios sería mas costoso.

Una de sus ventajas principales, además de su muy alta resolución espacial, es captar información en el visible (lo ven nuestros ojos) e infrarrojo cercano (no lo ven nuestros ojos); en cuanto a la resolución espacial de 70 cm debemos remarcar que no significa



discriminar objetos de 70 cm de longitud, sino que es la unidad mínima de información (pixel) que se capta, cuya aglomeración permite distinguir desde vehículos, hasta estructuras artificiales y naturales. Las aplicaciones de las imágenes de PerúSat-1 se pueden agrupar como: de Desarrollo y de Seguridad Nacional. Algunos ejemplos son:

## **APLICACIONES EN DESARROLLO NACIONAL**

- **Análisis de ocupación del suelo**  
Empleando imágenes de PerúSAT-1 es posible definir los elementos presentes en una escena y caracterizar su distribución espacial, fuente básica para la zonificación ecológica y económica del Territorio con fines de planificación.<sup>1</sup>
- **Uso del agua**  
A través del cálculo de índices como el NDWI (Índice Diferencial de Agua Normalizado) podemos localizar masas de agua y áreas de alta saturación hídrica; así como también, mediante modelos de elevación digital, delimitar cuencas y calcular volúmenes; éstos y otros productos mas, pueden emplearse en proyectos de irrigación, represas, y monitorear lagos o embalses.
- **Agricultura**  
A través de índices de vegetación, se puede caracterizar y evaluar la condición de cultivos, esto permite determinar su condición de salud y estrés hídrico, permitiendo tomar acciones correctivas; también es posible conocer la cantidad, calidad y desarrollo de las plantas (Fig. 4); algunas aplicaciones mas sofisticadas permiten proyectar los volúmenes de cosechas previsibles.

---

1 Obj. Específico N° 2 del Eje Estratégico N° 5 - Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2021 (Plan Bicentenario)



Figura 4: Empleo de PerúSAT-1 en Agricultura, fuente CONIDA

- **Ordenamiento urbano**

Mediante detección de cambios se puede observar el crecimiento de ciudades y su tendencia, esto permite a los gobiernos locales orientar esfuerzos y planificar la implementación de servicios básicos, proyecciones de vías primarias y/o secundarias, así como también llevar control de las inversiones en infraestructura pública y privada (Quispe, 2018), así como evaluar riesgos que pueden generarse si las zonas de crecimiento no son las idóneas para habilitación urbana.



Figura 5: Análisis de áreas para la visita del Papa el 2018 empleando imágenes de satélite. Fuente CONIDA

## APLICACIONES EN SEGURIDAD NACIONAL

Relacionadas con la Seguridad, Defensa Nacional y Defensa Civil, pudiendo ser:

### - Control de incendios

Mediante combinaciones de bandas empleando la banda infrarroja cercana de PerúSAT-1, es posible detectar incendios forestales, conocer su tamaño dirección y avance, evaluar daños, opciones para extinguirlo, socorro a afectados, y diseño de planes de evacuación. (Fig. 6)

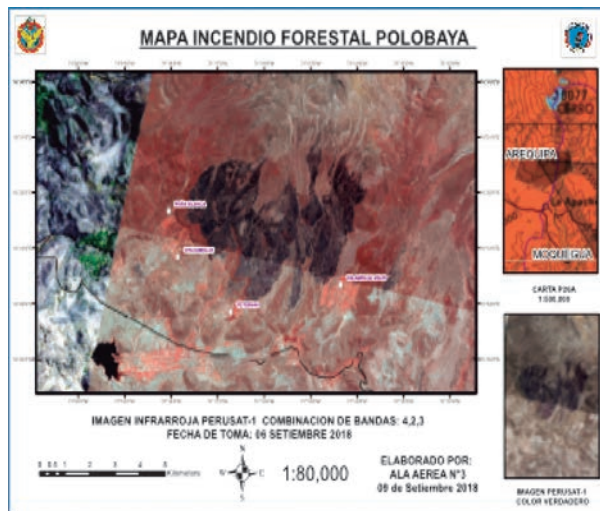


Figura 6: Mapa del incendio forestal en Polobaya – Arequipa año 2018 generado con imágenes PerúSAT-1 (Hancco, 2018). Fuente de imagen: Ala Aérea N°3

### - Prevención de desastres naturales

Se pueden hacer análisis especializados para prevención y mitigación de desastres naturales: terremotos, maremotos, deslizamientos, etc.; determinar zonas vulnerables, prever desembalses de cuerpos de agua, así como detectar poblaciones en riesgo de ser afectadas. (Fig. 7 y 8)

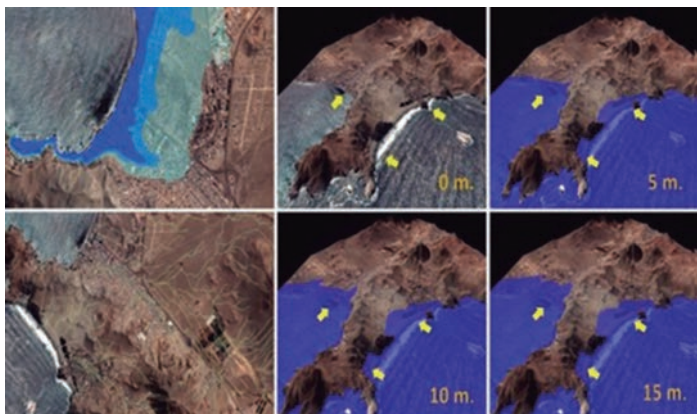


Figura 7: Ejemplo sin validación, de como puede emplearse información satelital para la prevención de desastres. Diseño: Saldarriaga L. empleando imágenes de PerúSAT-1

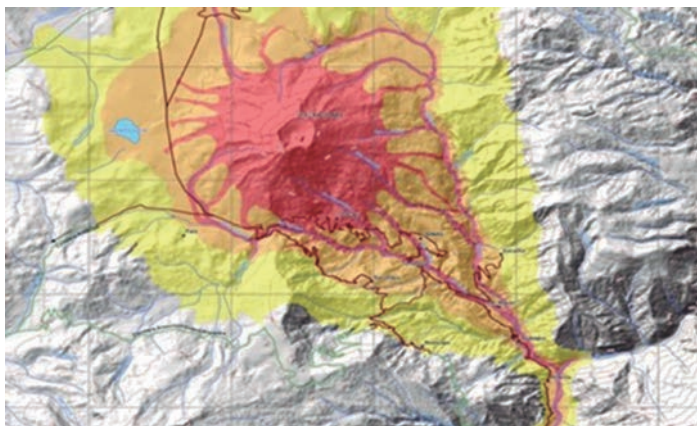


Figura 8: Mapa de INGEMMET de evaluación de poblaciones en riesgo cercanas al volcán Ubinas. Fuente Andina Edición (2019)

- **Minería ilegal**

Las combinaciones de bandas permiten, de manera sencilla, ver contaminación en las aguas de ríos cercanos a zonas de minería ilegal, medir áreas deforestadas, delimitar zonas afectadas y planificar medidas correctivas. (Fig. 9)

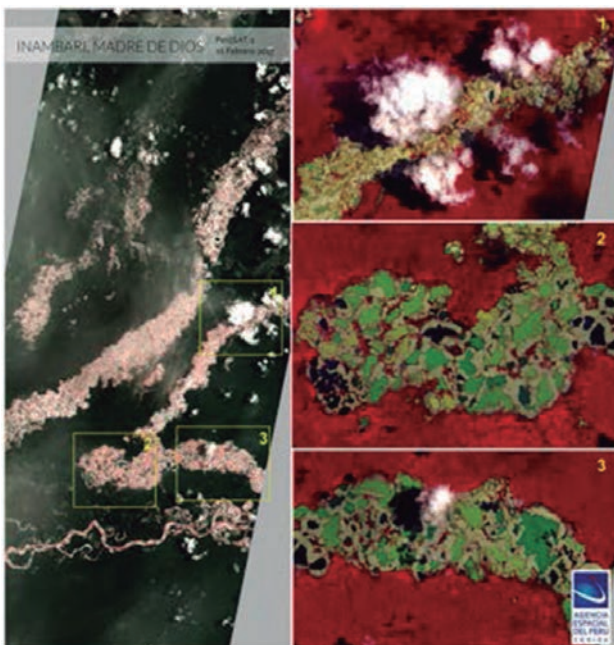


Figura 9: Combinación de bandas PerúSAT-1 en zonas de minería ilegal. Fuente: CONIDA

- **Combate al narcotráfico**

Empleando firmas espectrales en combinación con técnicas sofisticadas e información auxiliar, es posible detectar cultivos ilícitos y localizar pistas clandestinas utilizadas por las aeronaves que realizan el transporte de droga.

- **Combate al narco terrorismo**

A través de diferentes técnicas es posible ubicar campamentos, siempre que se encuentren las condiciones necesarias; también determinar rutas de ingreso y salida de zonas inhóspitas para ser empleadas por las FF.AA. durante control territorial.

- **Control de fronteras y contrabando**

Empleando diferentes técnicas es posible determinar posición y monitorear hitos en las fronteras, también detectar rutas clandestinas de acceso al país.

## IMPORTANCIA DEL SISTEMA SATELITAL

El desarrollo de la carrera satelital permite obtener beneficios para el país gracias al carácter multidisciplinario del empleo de las imágenes de PerúSAT-1; por otro lado también es una capacidad nacional efectiva para lograr acuerdos y proyectos con otros países que poseen similares tecnologías y/o requieren complementar sus sistemas, de ese modo se pueden obtener logros importantes en las relaciones internacionales y cubrimiento de necesidades propias; dando posibilidad al surgimiento de nuevos vínculos y acuerdos; actualmente la Agencia Espacial del Perú - CONIDA gracias a PerúSAT-1 ha celebrado convenios de cooperación espacial con Corea del Sur y Kazakstán, estando en proceso 5 más. (Fig. 10) Tomando un ejemplo en este tema: las imágenes de radar actualmente son empleadas por algunas instituciones públicas; no existiendo aún una alta demanda, el acceso a los datos de TerraSAR-X y TanDEM-X permite suplir estas necesidades por ahora; sin embargo, de incrementarse la demanda, será posible satisfacerlas mediante intercambios de información con agencias espaciales amigas como Argentina y su satélite SAOCOM (Satélite Argentino de Observación Con Microondas); lo cual es posible gracias a la capacidad de negociación que nos permite el contar con PerúSAT-1; asimismo nuestro país es miembro de APSCO (Organización de Cooperación Espacial Asia Pacífico) gracias a lo cual se realizan diversas actividades académico-científicas, y se forman profesionales en maestrías y doctorados sobre temas del Espacio, el contar con PerúSAT-1 refuerza nuestra posición como país en dicha organización; así como en otros organismos internacionales como “The International Charter Space and Major Disasters”<sup>2</sup>.

---

2 <https://disasterscharter.org/web/guest/home>, organismo internacional de apoyo en caso de desastres.





Figura 10: Actuales y futuros convenios internacionales del Perú en temas espaciales, fuente: CONIDA

## EL SISTEMA SATELITAL PERUANO EN LA REGIÓN

En definitiva, PerúSAT-1 es el satélite de mayor performance en Latinoamérica por su resolución espacial, el Estado Peruano posee un lugar privilegiado al respecto por ser uno de los pocos que cuenta con satélite óptico de observación en América y junto con EE. UU. ser los únicos Estados que cuentan con satélites submétricos, aquí no se incluye los satélites de empresas privadas.



Figura 11: Satélites de Observación en América, fuente CONIDA

A pesar de ello, tratar de comparar objetivamente sistemas satelitales resulta difícil, debido a que cada cual se produce para una misión específica, y tiene sus propias fortalezas relativas; por ejemplo, los satélites de observación del tipo óptico pueden ser multiespectrales (4-6 bandas), superespectrales (20 a más) e hiperespectrales (> 50 bandas)<sup>3</sup> pero a mayor cantidad de bandas se disminuye nivel de detalle y área abarcada. Lo ideal sería entonces contar con sistemas variados, pero resulta oneroso; por lo tanto se requiere optimizar, siendo una de las maneras el celebrar convenios como los que viene haciendo CONIDA; sin embargo para lograr una mayor eficiencia es necesario contar también con infraestructuras de interconexión digital que permitan distribuir la información recibida; por otro lado las capacidades científico-tecnológicas y experiencia son componentes importantes a la hora de definir un sistema espacial; es decir que la sola evaluación de un satélite no es un claro indicador para comparar; por lo cual, considerando el enfoque holístico que habíamos iniciado, es necesario hacer una evaluación general de los logros obtenidos por los países sudamericanos en materia satelital hasta el período en que PerúSAT-1 fue lanzado lo que nos dará una mejor percepción de nuestra situación en la región.(Tabla 2)

---

3 Cantidad de bandas no exacta, solo uso referencial.



Tabla 2: Satélites sudamericanos entre el 2000 – 2016, fuente: <http://latamsatelital.com/sector-satelital-latinoamericano/>

PAIS	NOMBRE	TIPO	EMPRESA	ORIGEN	AÑO
ARGENTINA	SAC-C	Observación	INVAP	Argentina	2000
	SAC-D	Observación	INVAP	Argentina	2011
	ARSAT-1	Comunicaciones	INVAP	Argentina	2014
	ARSAT-2	Comunicaciones	INVAP	Argentina	2015
BOLIVIA	Túpac Katari	Comunicaciones	Corp.Ind.Gran Muralla	China	2003
	CBERS-2	Observación	CAST	China	2003
	Telstar 14	Comunicaciones	Space System/Loral	EE.UU	2004
	CBERS-2B	Observación	CAST	China	2007
	CBERS-3	Observación	CAST	China	2013
	CBERS-4	Observación	CAST	China	2014
	Hispasat 84W	Comunicaciones	Thales Alenia Space	Francia/Italia	2000
	Brazilsat B4	Comunicaciones	Boeing (Hughes)	EE.UU	2000
	Hispasat :30W-4	Comunicaciones	Alcatel	Francia	2002
	Amazonas 1	Comunicaciones	EADS-Astrium	Francia	2004
BRASIL	Star One C12	Comunicaciones	Thales Alenia Space	Francia/Italia	2005
	Star One C1	Comunicaciones	Thales Alenia Space	Francia/Italia	2007
	Star One C2	Comunicaciones	Thales Alenia Space	Francia/Italia	2008
	Amazonas 2	Comunicaciones	EADS Astrium	Francia	2009
	Hispasat 30W-5	Comunicaciones	Space System/Loral	EE.UU	2010
	Telstar 14R	Comunicaciones	Space System/Loral	EE.UU	2011
	Star One C3	Comunicaciones	Orbital Sc. Corp.	EE.UU	2012
	Amazonas 3	Comunicaciones	Space System/Loral	EE.UU	2013
	Amazonas 4	Comunicaciones	Orbital Sc. Corp.	EE.UU	2014
	Star One C4	Comunicaciones	Space Syst./Loral	EE.UU	2015
CHILE	SSOT (FASAT-C)	Observación	EADS Astrium	Francia	2011
	SATMEX 6	Comunicaciones	Space Syst./Loral	EE.UU	2006
	SATMEX 7	Comunicaciones	Boeing	EE.UU	2015
	SATMEX 8	Comunicaciones	Space Syst./Loral	EE.UU	2013
	SATMEX 9	Comunicaciones	Boeing	EE.UU	2016
	Quetz Sat 1	Comunicaciones	Space Syst./Loral	EE.UU	2011
MEXICO	Messat 3	Comunicaciones	Orbital Sci. Corp.	EE.UU	2012
	Messat 1	Comunicaciones	Boeing	EE.UU	2015
	Messat 2	Comunicaciones	Boeing	EE.UU	2015
VENEZUELA	VENESAT-1	Comunicaciones	CNSA	China	2008
	Miranda VRSS 1	Observación	CAST	China	2012

Como puede observarse en la Tabla 2, Brasil es el país que más desarrollo tiene de proyectos espaciales estatales y privados destacando en satélites de comunicaciones, le sigue México cuyos esfuerzos se orientaron al mismo rubro, y en tercer lugar Argentina, la cual destaca en la particularidad que sus satélites han sido fabricados/integrados en su propio país; Venezuela cuenta con dos satélites: uno de comunicaciones y otro de observación; Bolivia posee un satélite de comunicaciones y Chile un satélite óptico de observación, al igual que Perú; resalta la preferencia dada a los satélites de comunicaciones por parte de los países con mayor experiencia en la era espacial, lo que pone de manifiesto la importancia que tienen éstos en su desarrollo.

Una simple comparación es suficiente para determinar que, si bien estamos a la vanguardia por la tecnología de PerúSAT-1, desde un enfoque integral aún no tenemos un lugar preponderante en la región latinoamericana, ya que es necesario considerar a los sistemas lanzados, la experiencia operacional, así como conocimientos y desarrollos propios independientemente de las misiones de los sistemas que se operan(ron); como parte de los desarrollos propios conseguidos, queremos destacar logros importantes de la Universidad Peruana como por ejemplo el PUCP-SAT de la Pontificia Universidad Católica del Perú, quien fuera la primera institución peruana en poner en órbita un objeto en el Espacio (Espinoza, 2018); el Chasqui-I de la Universidad Nacional de Ingeniería y el UAP-SAT de la Universidad Alas Peruanas; todos éstos proyectos son pico-satélites con fines académicos que resultan en hitos importantes para la carrera espacial del país, pues permiten formar recursos humanos en tecnología, diseño, fabricación y validación de componentes y subsistemas satelitales, así como su puesta en funcionamiento y control en órbita a muy reducido costo y tiempo de desarrollo constituyéndose en un medio de acceso al espacio al alcance de centros de investigación y comunidad académica en general; además del conocimiento generado en las elaboraciones de tesis, publicaciones y artículos necesarios para fortalecer el Sistema Espacial Nacional.

## **NECESIDAD FUTURA DE CONTINUAR CON SATÉLITES DE OBSERVACIÓN**

PerúSAT-1 tiene un periodo de vida útil de diseño de 10 años, lo que significa que al 2026 dejará de estar en fase operacional, según la

experiencia de otros países los satélites de observación duran períodos mayores; sin embargo, es necesario prever el reemplazo para continuar generando aplicaciones en proyectos de Desarrollo, y Seguridad Nacional; así como mantener el estatus de país espacial que a la fecha poseemos y que nos da preeminencias en las relaciones internacionales; además de su colaboración con la investigación, ciencia y tecnología. (Espinoza, 2018)

Las especificaciones técnicas del futuro reemplazo de PerúSAT-1 requieren de un análisis altamente especializado, no siendo motivo del presente artículo; la recomendación es que se tengan en cuenta las lecciones aprendidas actuales y próximas a cargo de la Agencia Espacial del Perú - CONIDA con participación de todos los usuarios ya que, como se menciona, es difícil definir detalles técnicos para este tipo de sistemas sin tener en cuenta su empleo; las lecciones aprendidas derivarán las necesidades del futuro reemplazo y la evaluación especializada, las características tecnológicas; lo importante es entender que PerúSAT-2 (o como se le denomine) debe significar la continuidad de la carrera espacial no solo en la adquisición del instrumento en si, sino también en los valores añadidos: aprendizaje de nuevas y/o fortalecimiento de las actuales tecnologías, desarrollos propios, optimización del empleo, etc.;

Resulta necesario comentar también el consecuente efecto que tiene la adquisición de sistemas como estos en el fortalecimiento de vínculos y alianzas con los países fabricantes de satélites: EE.UU., China, Francia, Reino Unido, Rusia, entre otros; aunque, si bien por un lado no todos ellos autorizan a sus empresas la exportación de tecnologías espaciales por considerarlas estratégicas; por otro lado, la política exterior define qué alianza conviene o no al país otorgando a la decisión un carácter excluyente en un mundo multipolar como el actual, siendo delicado entonces el resolver sin analizar el impacto en la política exterior; por ello, la decisión acerca del origen tecnológico del futuro satélite deberá ser consensuada entre las necesidades futuras, las características técnicas, los factores políticos y las leyes referidas a los procesos de adquisiciones del Estado.

## **NECESIDAD FUTURA DE UN SATÉLITE DE COMUNICACIONES**

Durante todo el presente trabajo, se ha explicado acerca de las dificultades de masificar el empleo de la información que genera el

sistema satelital peruano, siendo la brecha de interconexión digital el factor desfavorable que resalta. Contar con un satélite de comunicaciones permite la solución a esta problemática, integrando todos los rincones del país con servicios de Internet, telefonía, televisión, etc; lo que deriva en importantes aportes al Desarrollo y Seguridad Nacional, no solo en temas espaciales sino en otros aspectos trascendentales para el país como por ejemplo la implementación del gobierno electrónico que es parte de la política de modernización del Estado; el satélite de comunicaciones permitirá la reducción de la brecha digital actual complementando o reemplazando, en algunos casos, a la red dorsal de fibra óptica.

Tal como se mencionó, el intento de extensión de la fibra óptica hacia las ciudades más importantes de la sierra no resultó del todo atractiva para las empresas privadas porque no es rentable dados los costos. Por tanto, es una necesidad actual del Estado lograr la integración y el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones para dichas poblaciones, y también para las mas alejadas cuyo numero aproximado era de 2.5 millones al año 2017. (Chee, 2017)

La inversión mayor en sistemas de comunicaciones satelital es el segmento usuario, es decir que se requiere importantes cantidades iniciales para implementar el sistema, antenas y servidumbre técnica, pudiendo haber concesiones a empresas privadas peruanas en caso sea necesario, esto dependerá en gran medida al diseño; al respecto Chee (2017) presenta un análisis en el cual concluye que, a pesar del costo de inversión inicial, la interconexión de telecomunicaciones por satélite resulta más barata mientras más área sea la que se interconecta resultando al final ser conveniente para nuestro país frente a opciones de soluciones terrestres considerando, por ejemplo, la extensión y características de la Amazonía Peruana donde es casi imposible implementar infraestructuras de interconexión físicas terrestres, o de radio enlace; lo que es similar en localidades alejadas de la costa y sierra. (Herrera, 2018; Noa, 2018)

El contar con un satélite de comunicaciones permitirá la independencia de infraestructuras tecnológicas extranjeras a las que se les paga por servicios de banda ancha, con el riesgo que se interrumpan en casos de crisis; también es posible vender servicios a países vecinos lo que le otorga sostenibilidad; constituye una capacidad tecnológica

de alto valor para el Desarrollo Nacional per se y en lo particular complementa al sistema satelital para masificar el empleo de imágenes de PerúSAT-1.

Los sistemas de armas modernos requieren de banda ancha dedicada para sus comunicaciones y transferencia de datos en banda X, la eficacia y eficiencia de los puestos de comando depende de la velocidad y confiabilidad de dichas conexiones; por tanto, es también una necesidad militar natural en estos tiempos de modernidad y tecnificación (Hernández, 2016).

Resulta necesario mencionar la importante capacidad que significaría para nuestro país el contar con un satélite de comunicaciones independiente cuya banda ancha dedicada permita mantener operativas y activas las redes de comunicaciones durante emergencias y desastres en los cuales la comunicación es esencial para búsqueda, rescate y salvamento, enlazando los centros de monitoreo y control con los de ejecución que en lo particular lo realiza las Fuerzas Armadas y Policía Nacional, junto con otros organismos del Estado y de la sociedad civil, requiriéndose para ello interoperabilidad y comunicación fluida.

También para este caso resulta difícil, debido al carácter altamente especializado, definir las especificaciones técnicas que deba cumplir el futuro satélite de comunicaciones de nuestro país, a decir de los expertos consultados básicamente se requiere que sea multibanda es decir que tenga capacidad de operar en bandas C, X, Ka y/o Ku; para cubrir las necesidades civiles y militares sin interposición, optimizando su rol en el Desarrollo y Seguridad Nacional y garantizando además de la interconexión, la interoperabilidad entre sistemas; de la misma manera que el caso anterior los valores añadidos a la adquisición deben ser tomados en cuenta para la definición final del sistema.

## **CONCLUSIONES**

Nuestro país actualmente cuenta con una herramienta tecnológica de vanguardia que es PerúSAT-1, sus imágenes permiten desarrollar una amplia variedad de aplicaciones; representa el inicio de la carrera espacial del Perú siendo necesario prever su futuro reemplazo a fin de continuar realizando proyectos de Desarrollo y Seguridad Nacional; su importancia no solo radica en las imágenes que produce

y/o en el impacto de sus aplicaciones, sino también en el otorgamiento al Perú de un estatus o categoría de *país espacial* que coadyuva a lograr relaciones internacionales de colaboración que pueden capitalizarse obteniendo mas convenios; sin embargo aun son necesarias otras acciones para lograr objetivos como la masificación del empleo de sus imágenes lo que requiere de especialistas en todas las instituciones públicas y acceso digital a lo largo del Territorio, para ello es necesario implementar tecnologías de interconexión digital cuya mejor opción es un satélite de comunicaciones; el que a su vez, complementa la concepción de un Sistema Espacial Nacional que debe ser parte de una Política Nacional Espacial cuya definición está pendiente de desarrollar en un futuro próximo.

## **NOTA FINAL**

La definición académica que en el presente trabajo se da al “Sistema Espacial Nacional” se enfoca en el tema satelital desde un punto de vista operativo, basa en las capacidades de PerúSAT-1, la experiencia a la fecha y de cara a las necesidades de información de la superficie y la interconexión digital del Territorio Nacional; existen muchas más ramas científicas y tecnológicas referidas al Espacio: cohetes espaciales, astrofísica, astronomía, “cubesats”, etc. todas estas ciencias y actividades son elementos vitales del Sistema y deben ser incorporados al concepto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecemos las opiniones y aportes en el desarrollo del presente trabajo a los ingenieros del Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales de CONIDA: Coronel FAP Edgar Guevara Contreras, Mayor FAP Edwin Choque Ríos, Fredy Arturo Calle Bustinza y Mario Aranzaes Orrillo.

## REFERENCIAS

- Andina Edición. (13 de Abril de 2019). Identifican poblaciones en riesgo por volcán Ubinas. *Diario Oficial El Peruano*.
- Chee, C. (2017). Satélite peruano de comunicaciones para cerrar las brechas de telecomunicaciones en el país.
- Espinoza, M. (2018). *Los cinco tratados del Espacio Ultraterrestre y su implementación en el Perú a la luz de las obligaciones derivadas de ellos*. Tesis de Maestría, Academia Diplomática del Perú Javier Pérez de Cuellar, Lima.
- García, J. (2015). Gestión pública y valor público. *Actualidad Gubernamental* (78).
- Hanco, N. (12 de Setiembre de 2018). Incendio forestal dañó 2 mil hectáreas entre Arequipa y Moquegua. *Correo/Arequipa*, pág. 7.
- Hernández, L. (2016). *Arquitectura de comunicaciones de datos inalámbricas para sistemas C4ISR*. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València, València - España.
- Herrera, R. (2018). *Diseño de una Red Satelital de Banda Ancha para las Comunidades de los Distritos de la Provincia de Morropón-Piura*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad de Piura.
- Noa, A. (2018). *Modelo de enlace satelital para la cobertura móvil en la localidad de Telapaccha - Acobambilla - Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Quispe, M. (2018). *Sistemas de información como mecanismo de transparencia y participación ciudadana en la ejecución de obras públicas por la Contraloría General de la República del Perú (2012 - 2016)*. Tesis de Licenciatura en Administración, Universidad Continental, Huancayo.
- Vargas, J. (2018). *Preparación Especializada del Personal Militar y su Relación con el Empleo Adecuado de Imágenes Satelitales de PerúSAT-1 por las Brigadas Especiales del Ejército del Perú en el Año 2016*. Tesis de Maestría, Instituto Científico y Tecnológico del Ejército, Escuela de Post Grado, Lima.