



OF. CIRCULAR N° 106 /G N° 273

MAT.: Envía Estudios de Necesidades Satelitales,  
Áreas de Telecomunicaciones y Percepción  
Remota.

SANTIAGO, **03 SET. 2014**

A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN

DE : PEDRO HUICHALAF ROA, SECRETARIO EJECUTIVO  
CONSEJO DE MINISTROS PARA EL DESARROLLO DIGITAL Y ESPACIAL

En el marco de lo planteado por el Consejo de Ministros para el Desarrollo Digital y Espacial, en la pasada sesión del 26 de agosto, adjuntamos para su conocimiento y comentarios copia de los estudios de necesidades satelitales en el área de telecomunicaciones y percepción remota.

Saluda atentamente a Ud.,

  
  
REPUBLICA DE CHILE  
SUBSECRETARIO EJECUTIVO  
CONSEJO DE MINISTROS PARA EL DESARROLLO DIGITAL Y ESPACIAL

DISTRIBUCIÓN:

Destinatarios:

- Sr. Andrés Gómez-Lobo, Ministro de Transporte y Telecomunicaciones; Amunátegui 139, Santiago.
- Sr. Heraldito Muñoz Valenzuela, Ministro de Relaciones Exteriores; Teatinos 180, Santiago.
- Sr. Jorge Burgos Varela, Ministro de Defensa Nacional; Villavicencio 364, Santiago.
- Sr. Alberto Arenas de Mesa, Ministro de Hacienda; Teatinos 120, Santiago.
- Sra. Ximena Rincón González, Ministra Secretaria General de la Presidencia; Moneda 1160 Entrepiso.
- Sr. Luis Felipe Céspedes Cifuentes, Ministro de Economía Fomento y Turismo; Av. Libertador Bernardo O'Higgins N°1449, Santiago Downtown Torre II, Local 7.
- Sra. María Fernanda Villegas Acevedo, Ministro de Desarrollo Social; Ahumada N°48, Santiago.
- Sr. Nicolás Eyzaguirre Guzmán, Ministro de Educación; Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1371, Santiago.
- Sr. Víctor Osorio Reyes, Ministro de Bienes Nacionales; Av. Libertador Bernardo O'Higgins 720, Santiago
- Gabinete Subtel
- Oficina de Partes.



# **ESTUDIO NECESIDADES SATELITALES EN EL ÁREA DE PERCEPCIÓN REMOTA**

**MAYO 2013**

## INDICE

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | RESUMEN .....  | 2  |
| 2.   | INTRODUCCIÓN .....   | 9  |
| 3.   | LA TECNOLOGÍA SATELITAL DE PERCEPCIÓN REMOTA .....   | 11 |
| 3.1. | APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL EN EL ÁREA DE PERCEPCIÓN REMOTA.....   | 11 |
| 3.2. | BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL EN EL ÁREA DE PERCEPCIÓN REMOTA.....   | 17 |
| 4.   | SITUACIÓN ACTUAL DE CHILE EN EL CAMPO DE LA PERCEPCIÓN REMOTA.....   | 21 |
| 4.1. | ORGANISMOS VINCULADOS A LA TELEOBSERVACIÓN EN EL PAÍS.....   | 21 |
| 4.2. | EL MODELO ACTUAL DE EXPLOTACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES .....  | 23 |
| 4.3. | DEBILIDADES DEL MODELO ACTUAL DE EXPLOTACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES .....   | 24 |
| 4.4. | USO DE LAS IMÁGENES SATELITALES EN CHILE.....  | 25 |
| 5.   | ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL PAÍS EN EL ÁREA DE LA PERCEPCIÓN REMOTA.....   | 26 |
| 5.1. | METODOLOGÍA.....   | 26 |
| 5.2. | ESTIMACIÓN DEL MERCADO ACTUAL EN CHILE .....   | 26 |
| 5.3. | PROYECCIÓN DEL MERCADO DE IMÁGENES SATELITALES EN CHILE.....   | 28 |
| 5.4. | PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE IMÁGENES SATELITALES .....   | 29 |
| 5.5. | OTRAS CONSIDERACIONES A LA DEMANDA DE IMÁGENES SATELITALES .....   | 32 |
| 6.   | ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS NECESIDADES DE IMÁGENES SATELITALES.....  | 35 |
| 6.1. | ALTERNATIVA 1 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES ÓPTICAS: SOLUCIÓN CON EL FASAT-CHARLIE HASTA EL TÉRMINO DE SU VIDA ÚTIL, SIN REEMPLAZO DEL SATÉLITE ..... | 36 |
| 6.2. | ALTERNATIVA 2 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES ÓPTICAS: SOLUCIÓN CON EL FASAT-CHARLIE HASTA EL TÉRMINO DE SU VIDA ÚTIL, CON REEMPLAZO DEL SATÉLITE ..... | 39 |
| 6.3. | ALTERNATIVA 1 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES RADÁRICAS: SOLUCIÓN SIN SATÉLITE PROPIO.....  | 43 |
| 6.4. | ALTERNATIVA 2 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES RADÁRICAS: SOLUCIÓN CON SATÉLITE PROPIO.....  | 45 |
| 7.   | CONCLUSIONES .....   | 49 |
| 8.   | RECOMENDACIONES.....   | 51 |
| 9.   | ANEXOS .....   | 53 |
| 9.1. | ANEXO 1: PRINCIPALES USUARIOS DE IMÁGENES SATELITALES EN CHILE.....  | 53 |
| 9.2. | ANEXO 2: PRECIOS DE REFERENCIA PARA IMÁGENES SATELITALES PROCESADAS.....   | 55 |

## 1. RESUMEN

En el marco de la disposición entregada en Agosto de 2012 por su Excelencia el Presidente de la República, que entregó a la Subsecretaría de Telecomunicaciones la responsabilidad en materia de desarrollo en el ámbito espacial, el presente documento consiste en un estudio de factibilidad técnica de una solución de observación terrestre para el país, que tiene los siguientes objetivos: Identificar cuáles son las áreas de aplicación y los beneficios de la observación terrestre; contar con una estimación de las necesidades en dicha área en el largo plazo (9 años); y plantear las alternativas de solución a las necesidades, en un nivel de prefactibilidad. En cuanto al modelo de gestión de las imágenes satelitales, no obstante se describe la situación actual, la propuesta de mejoras será presentada en un documento aparte.

El campo de la observación de la Tierra, percepción remota, teleobservación o teledetección, representa uno de los primeros usos de las tecnologías espaciales, y gracias a ella desde la órbita de los satélites se pueden realizar mediciones de un amplio rango de parámetros geofísicos, incluyendo los relacionados con la atmósfera, la tierra, y los océanos.

De acuerdo a la publicación "The Space Economy at a Glance 2011", de la OCDE, a nivel mundial el número de satélites de percepción remota se ha ido incrementando sostenidamente, llegando a representar un mercado de 1.200 millones de dólares anuales, siendo las instituciones gubernamentales y de defensa las principales usuarias y operadoras de dicho tipo de satélites.

Es así como el potencial del espacio en el campo de la observación terrestre puede ser traducido en herramientas de apoyo a distintas actividades, ya sean estas del sector productivo, de la ciencia, investigación y desarrollo, o de gestión de los países, dentro de las cuales se encuentran la planificación, cuidado y cosecha de cultivos agrícolas; la identificación de especies y construcción de inventarios forestales en la silvicultura; la elaboración de mapas litológicos con el detalle de composición de las rocas, de primera utilidad en la geología y minería; el control y seguimiento de los humedales, en la hidrología; el manejo y protección de recursos naturales y el monitoreo y medición de la densidad de población, en el área de gestión del medio ambiente y uso de la Tierra; la construcción de planimetría detallada y perfiles topográficos, como base de la cartografía; el estudio de modelos para el entendimiento del comportamiento de los océanos, en la oceanografía; el entendimiento de los fenómenos meteorológicos y la predicción del clima, en la meteorología; el estudio y modelamiento del comportamiento de enfermedades en el ambiente, en el área de la salud; el monitoreo de desastres naturales; y las aplicaciones de inteligencia y de vigilancia del territorio en el área de la defensa y seguridad nacional.

Como consecuencia, la utilización de la teledetección en las distintas áreas de actividad tiene asociada un sinnúmero de beneficios en cada una de ellas, y en definitiva, para las naciones y sus ciudadanos, lo que constituyen la razón y motivación fundamental para promover el desarrollo de dicha tecnología en sus distintos campos de uso.

En este escenario de creciente actividad Chile no ha estado ausente y ha llevado a cabo una serie de iniciativas a las cuales han estado vinculadas distintas instituciones, dentro de las que destacan: la Fuerza Aérea de Chile, mediante el Grupo de Operaciones Espaciales (GOE), que puso en órbita y opera el satélite de observación FASat-Charlie, y el Servicio Aerofotogramétrico, que es el responsable de procesar y distribuir las imágenes obtenidas de dicho satélite, además de las que obtiene de satélites e terceros y de aeronaves; el Ministerio de Bienes Nacionales, mediante la creación del sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT), que tiene por objeto el constituirse en un mecanismo de

coordinación interinstitucional permanente para la gestión de la información geoespacial del país, facilitando el acceso a ésta y promoviendo su uso por parte de las instituciones públicas; el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), cuya labor está orientada a apoyar la toma de decisiones de los sectores productivos del país, aportando para ello información sobre recursos naturales renovables (cuenta con la mayor base de datos georeferenciada de suelos, recursos hídricos, clima e información frutícola del país, además de un catastro de la propiedad rural y de una base de imágenes procesadas), así como también capacidad profesional y tecnológica, participando además en el diseño de políticas de desarrollo productivo y de ordenamiento territorial de los sectores públicos y privados; las universidades, que se destacan en las áreas de la formación profesional especializada y de investigación y desarrollo en la ciencias del espacio, entre las que se pueden mencionar la Universidad de Chile, la Universidad Católica, la Universidad de Concepción y la Universidad Federico Santa María; el Instituto Geográfico Militar (IGM), y el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), que procesan y proveen de imágenes satelitales a distintos usuarios; diversos organismos, entre los que se pueden mencionar CODELCO, SERNAGEOMIN, CONAF, INDAP, INFOR, METEOCHILE, que utilizan los productos de la teledetección en sus distintas áreas temáticas; empresas comercializadoras de productos y servicios; y distintas empresas privadas usuarias.

Todas las instituciones mencionadas actualmente se relacionan mediante un modelo en el cual destacan los roles de: empresas proveedoras de imágenes satelitales, tanto las pertenecientes al Estado, a saber, el SAF, el IGM y el SHOA (a las que se agrega el CIREN), como las empresas privadas comercializadoras de imágenes de satélites de terceros (que a su vez también son proveedoras de las cuatro instituciones señaladas precedentemente); usuarias, tanto del sector público, del sector privado y de defensa, todas las cuales pueden requerir de imágenes satelitales de cualquiera de las entidades proveedoras mencionadas, tanto del Estado como privadas; operadora del FASat-Charlie, rol que como se señaló asume el GOE, y que entrega en forma exclusiva al SAF las imágenes adquiridas desde dicho satélite; el SNIT como fuente de la base cartográfica estándar construida principalmente con la información aportada por el SAF, el IGM y el SHOA, e imágenes adquiridas al SAF y al CIREN, y que está disponible para el uso de los distintos organismos sectoriales, para que a partir de ella se pueda elaborar información temática específica conforme a las necesidades de tales organismos.

No obstante, el modelo anterior presenta una serie de debilidades, dentro de las cuales se pueden mencionar:

- De acuerdo al estudio "Demanda Actual y Futura Nacional de Imágenes Satelitales para los Sectores Definidos", publicado por la Fundación Chile en Marzo de 2010, la expectativa de las instituciones del Estado es que las imágenes satelitales que sean adquiridas desde el FASat-Charlie deberían ser sin costo para ellas, no obstante por normativa propia del SAF, éste debe cobrar al menos los costos que le genere la adquisición y procesamiento de las imágenes (artículo 5, Ley 15.284),
- No hay una masa crítica de usuarios que demande imágenes satelitales de tal manera que se generen economías de escala, en beneficio tanto para el financiamiento de la operación de los satélites propios y del SAF (como se observará en los análisis de alternativas de solución que se presentan más adelante), como para la reducción de los costos y precios en el procesamiento de las imágenes satelitales realizado por éste último.
- No hay aprovechamiento de sinergias en las compras de imágenes satelitales que realizan las distintas instituciones públicas, tales como la obtención de mejores precios en negociaciones por volumen y la detección y eliminación de requerimientos duplicados (en el sentido de que dos instituciones requieran el mismo producto).

En relación al uso de las imágenes satelitales en Chile, de acuerdo al mismo estudio señalado, que corresponde al análisis de la situación al 2009, la mayor demanda potencial la representarían las instituciones del Estado, no obstante los principales usuarios del sector se concentrarían en el área silvoagropecuaria, en la meteorología y en la cartografía, ésta última aún en un nivel de uso básico por parte de dichas instituciones. Una situación similar sucedería en el sector privado, cuyo mayor nivel de uso de las imágenes satelitales se concentraría en las aplicaciones de cartografía para la minería y la silvicultura.

Dada la amplia gama de aplicaciones de la observación terrestre, el análisis de necesidades se realiza desde un punto de vista cuantitativo, a objeto de expresar tales necesidades en términos de volúmenes de imágenes, para lo cual se utiliza la siguiente metodología:

- Se realiza una estimación del tamaño del mercado actual en Chile considerando los sectores público, privado y defensa (en dólares). Con este fin se realiza un análisis de las órdenes de compra emitidas por las instituciones públicas durante el 2012, utilizando información de Chilecompras, que tienen relación con la adquisición de imágenes satelitales, y de este modo se obtiene el gasto actual realizado por el sector público en tales productos. Con esta información se estima el gasto del sector privado, para lo cual se utilizan los resultados del estudio "Global Satellite-Based Earth Observation, 4th Edition", realizado por la consultora Northern Sky Research (NSR) en el 2012, con los cuales se calcula dicho gasto mediante una regla de tres simples. Finalmente, para completar el análisis, se agrega la información sobre el gasto en imágenes realizado por el sector de Defensa. Cabe señalar que la proyección obtenida, expresada en dólares, considera el mercado de imágenes procesadas (imágenes básicas adquiridas desde los satélites, más procesamiento o valor agregado).
- A partir de la estimación anterior, se construye una proyección del mercado nacional hasta el año 2021 (en dólares), utilizando las tasas de crecimiento anual compuestas (CARG: Compound Annual Rate Growth), dadas para la región de Latinoamérica en el mismo estudio señalado, para cada uno de los sectores (público, privado y defensa).
- Se expresa la proyección del mercado en cantidad de imágenes, a fin de obtener una estimación del volumen requerido de dichos productos para los próximos años. Esto se realiza dividiendo la proyección del mercado obtenida entre un valor promedio de US\$ 1.248,00 por imagen procesada, considerando un valor de US\$ 12,48 por Km<sup>2</sup>, y 100 Km<sup>2</sup> promedio por imagen, conforme a la información de precios obtenida para distintos proveedores.

Como resultado se obtiene que el volumen de imágenes satelitales procesadas en el mercado chileno en el 2012 fue de 2.349 unidades, de las cuales 803 (34,2%), corresponden al sector público, 816 (34,7%), a defensa y 730 (31,1%), al sector privado. Del mismo modo, al 2021 el mercado alcanzaría las 6.379 imágenes, (CARG del 11,7%), con 2.581 (40,5% y CARG de 13,9%), 1.109 (17,4% y CARG de 3,5%), y 2.689 imágenes (42,1% y CARG de 15,6%), para los mismos sectores señalados, respectivamente.

La proyección de necesidades obtenida corresponde a la de imágenes satelitales ópticas, a la que se debe agregar la proyección de necesidades de imágenes radáricas (los satélites radáricos pueden captar imágenes independientemente de las condiciones meteorológicas y de luminosidad, lo que no es posible para los satélites ópticos).

Con tal fin, utilizando la información del mismo estudio de NSR señalado anteriormente, que indica que las imágenes radáricas representan el 12% del total de la demanda de imágenes satelitales, se llega a que en el 2012 en Chile el mercado total fue de 2.670 imágenes satelitales anuales, tanto ópticas como radáricas, de las cuales el 913 (34,2%), corresponden a la

demanda del sector público, 927 (34,7%), a defensa, y 830 (31,1%), al sector privado, existiendo por lo tanto un equilibrio en la demanda de los tres sectores mencionados.

Del mismo modo, la proyección de demanda al 2021 alcanza las 7.249 imágenes anuales, tanto ópticas como radáricas, de las cuales 2.933 (40,5%), corresponde a la demanda del sector público, 1.260 (17,4%), a defensa, y 3.056 (42,1%), al sector privado, con tasas de crecimiento promedio anuales (CARG), del 13,8%, 3,5% y 15,6% respectivamente por sector, con un crecimiento de 2,7 veces y un CARG de 11,7% a nivel país.

Cabe señalar que, en forma complementaria, existen otras consideraciones que afectan la demanda de imágenes satelitales, siendo las principales las necesidades de imágenes para contar con un catálogo permanente con imágenes del territorio nacional y la demanda producto de compromisos internacionales. Además, en el caso de soluciones satelitales propias, debe considerarse el factor de éxito en la adquisición de imágenes, debido a la influencia de fenómenos meteorológicos, el que se estima en un 53% para las imágenes ópticas, y en un 80% para las radáricas.

Una vez establecida la estimación de necesidades se evalúan cuatro alternativas de solución en un horizonte de 9 años (hasta el 2021):

- Para necesidades de imágenes ópticas:
  1. Solución con el FAsat-Charlie hasta el término de su vida útil (2016), sin reemplazo del satélite.
  2. Solución con el FAsat-Charlie hasta el término de su vida útil (2016), con reemplazo del satélite en el 2017 por uno de alta resolución (menor a un metro; FASat-Delta).
- Para necesidades de imágenes radáricas:
  3. Solución sin satélite radárico propio.
  4. Solución con un satélite radárico propio de mediana resolución (FASat-Eco), a partir del 2017.

Todas las alternativas son evaluadas bajo los siguientes supuestos generales:

- La demanda del sector público y de defensa se concentra en el SAF, y es esta institución la que la que adquiere las imágenes satelitales no procesadas, ya sea a los satélites propios del Estado o a satélites de terceros, a las que agrega el procesamiento requerido por los usuarios. No obstante pueden evaluarse otros escenarios en que dicha demanda no sea concentrada totalmente en el SAF, este supuesto corresponde al caso más optimista y el que implica un mejor aprovechamiento de las capacidades de los satélites propios.
- El SAF tiene un porcentaje de participación en el mercado privado nacional, que será mayor en los casos en que el Estado cuente con un satélite óptico de alta resolución, y/o con un satélite radárico propio.
- Desde el punto de vista del Estado, los ingresos del SAF por ventas de imágenes satelitales a las instituciones públicas y de defensa son iguales a cero, pues se compensan con los presupuestos que el mismo Estado debe asignar a dichas instituciones para la adquisición de tales productos.
- Solo se incorporan las inversiones y costos de operación marginales, pues ya existe una capacidad propia representada por el FASat-Charlie, el GOE y el SAF. En este sentido, sólo se consideran los costos de operación y mantenimiento del GOE, los costos de operación y mantenimiento de la estación terrena satelital del SAF (ETS), las inversiones para renovar la ETS cada 5 años, las inversiones para instalar y mantener tres módulos adicionales para la

ETS cada 5 años a partir del 2013, los costos de adquisición de imágenes satelitales a terceros, los costos de procesamiento de las imágenes adquiridas, ya sea desde los satélites del Estado (como el FAsat-Charlie), o de otros satélites, que es realizado por el SAF, los costos de capacitación permanente de los operadores del SAF.

- La capacidad de captura de los satélites propios es de 40.000 imágenes anuales, de las cuales 10.000 corresponden a imágenes sobre el territorio nacional, y 30.000 a imágenes sobre territorios internacionales, con un factor de éxito del 53% para las imágenes ópticas, y del 80%, para las imágenes radáricas, tal como se explicó anteriormente.
- El área promedio cubierta por una imagen satelital es de 100 Km<sup>2</sup>.
- Tasa de descuento: 10% anual.

En particular, los supuestos para la evaluación de las soluciones para las necesidades de imágenes ópticas son:

- Precio de venta promedio del SAF por imágenes del FASat-Charlie a privados: US\$ 9,51/Km<sup>2</sup> (según minuta de precios entregada por el SAF).
- Costo del FASat-Delta: MMUS\$ 100,0 (fuente: GOE).
- Vida útil del FASat-Delta: 6 años (fuente: GOE).
- Precio de venta promedio del SAF por imágenes del FASat-Delta a privados: US\$ 25,75/ Km<sup>2</sup> (precio de mercado para imágenes de alta resolución).
- Precio de venta promedio del SAF por imágenes de terceros a privados: US\$ 12,48/ Km<sup>2</sup> (precio de mercado).
- Precio compra promedio del SAF por imágenes ópticas adquiridas a terceros (Sin procesar): US\$ 7,2/ Km<sup>2</sup> (precio de mercado).
- Costo de procesamiento del SAF para imágenes ópticas: US\$ 2/ Km<sup>2</sup> (fuente: GOE).

Del mismo modo, para el caso de las soluciones para las necesidades de imágenes radáricas, los supuestos particulares son:

- Precio de venta promedio del SAF por imágenes radáricas de terceros a privados: US\$ 41,47/ Km<sup>2</sup> (suma de los dos valores dados a continuación, de precio de compra promedio, más costo de procesamiento).
- Precio compra promedio del SAF por imágenes radáricas adquiridas a terceros (sin procesar): US\$ 36,47/ Km<sup>2</sup> (precio de mercado).
- Costo de procesamiento del SAF para imágenes radáricas: US\$ 5/ Km<sup>2</sup> (valor supuesto).
- Costo del satélite radárico FASat-Eco: MMUS\$ 120,0 (fuente: GOE).
- Vida útil del FASat-Eco: 6 años (fuente: GOE).
- Precio venta promedio del SAF por imágenes radáricas del FASat-Eco a privados: US\$ 20,90/ Km<sup>2</sup> (precio de mercado de imagen radárica de media resolución sin procesar, más costo de procesamiento del SAF).

Con los supuestos señalados, la evaluación de la alternativa 1, que corresponde a la solución basada en el FASat-Charlie sin su reemplazo a partir del 2017, arroja un EBITDA y flujo de caja negativos durante todo el periodo de evaluación, con un Valor Actual Neto (VAN), de MMUS\$ -

14,07, resultados que se explican principalmente por: La baja demanda que es cubierta por el satélite, que alcanza un máximo de 1.469 imágenes en el 2016 (41,0% de la demanda total), lo que corresponde sólo al 28% de su capacidad efectiva de captura de imágenes (5.300 imágenes anuales); el bajo nivel de ingresos, que únicamente provienen de las ventas del SAF al sector privado, demanda de la cual participa sólo en un 25%; en todo el periodo los ingresos son inferiores a los costos, los que principalmente corresponden a los costos de adquisición de imágenes de terceros, operación y mantenimiento del GOE, y de procesamiento de imágenes en el SAF.

No obstante, las ventajas de la alternativa 1 tienen relación con el aprovechamiento de las capacidades actuales (GOE, FASat-Charlie, SAF), la disponibilidad para capturar imágenes (hasta el 2016), sin depender de terceros, el ahorro en la inversión en un nuevo satélite, la simplicidad de la solución a partir del 2017, y la capacidad para atender requerimientos fuera del territorio nacional (hasta el 2016), siendo, por otro lado, sus principales desventajas el bajo grado de aprovechamiento del FASat-Charlie, el desaprovechamiento del conocimiento y experiencia adquiridos en la operación de satélites al no reemplazar dicho satélite en el 2016, y la dependencia de la disponibilidad de terceros a partir del 2017.

Respecto de la alternativa 2, que corresponde a la solución basada en el FASat-Charlie considerando su reemplazo con el FASat-Delta a partir del 2017, ésta tiene un EBITDA positivo a partir del 2017, no obstante el flujo de caja solo es positivo en los años 2017, 2019 y 2021, debido a las inversiones requeridas para la puesta en órbita del nuevo satélite y para la renovación de la ETS, resultando en un VAN de MMUS\$ -72,81, lo que se explica principalmente por: El aumento de los ingresos a partir del 2017 producto del aumento en el precio de venta promedio de las imágenes del FASat-Delta (que son de alta resolución y con precio de mercado más alto que las de media resolución); el aumento de ingresos a partir del 2017, debido al aumento del porcentaje de demanda cubierta con éste último satélite, que a partir de dicho año alcanza las 2.741 imágenes (61,6% de la demanda total), y 4.269 imágenes en el 2021 (66,9% de la demanda total), lo que corresponde al 51,7% y 80,6% de su capacidad efectiva de captura de imágenes (5.300 imágenes anuales), respectivamente; a partir del 2017 los ingresos son superiores a los costos, que corresponden a los mismos conceptos ya señalados en la alternativa 1.

En relación a la alternativa 1, las ventajas de la alternativa 2 son principalmente la disponibilidad para capturar imágenes sin depender de terceros en todo el período (No solo hasta el 2016), la disponibilidad de productos propios de alta resolución, gracias al FASat-Delta, y el fortalecimiento de los recursos del estado en la operación de soluciones satelitales, siendo su principal desventaja comparativa el de requerir recursos para la puesta en marcha del nuevo satélite.

En cuanto a la alternativa 3, que corresponde a la solución para las necesidades de imágenes radáricas sin satélite propio, presenta un EBITDA y flujo de caja negativos durante todo el período, con un VAN de MMUS\$ -8,77, resultados que se explican principalmente por: el bajo nivel de ingresos, que solo provienen de las ventas al sector privado; en todo el período los ingresos son inferiores a los costos, los que corresponden a los costos de adquisición de imágenes a terceros y a los costos de procesamiento del SAF.

Las ventajas de la alternativa 3 son el ahorro en la inversión en un satélite propio, y la simplicidad de la solución, al no requerir de infraestructura propia (Más que el SAF), siendo sus desventajas el desaprovechamiento de la organización e infraestructura existentes (GOE), para satisfacer los requerimientos de imágenes radáricas, y la dependencia de la disponibilidad de terceros.

Finalmente, la alternativa 4, que corresponde a la solución para las necesidades de imágenes radáricas con el satélite propio FASat-Eco, al igual que en la alternativa anterior, ésta tiene un EBITDA y flujo de caja negativos durante todo el período de evaluación, éste último marcado por la fuerte inversión que se debe realizar en el 2016 para la adquisición y puesta en órbita del FASat-Eco, resultando en un VAN de MMUS\$-86,78, lo que se explica principalmente por: La baja demanda de imágenes radáricas, no obstante el 67,0% de ésta es cubierta por el satélite FASat-Eco en el 2021, alcanzando sólo las 583 imágenes, lo que corresponde sólo al 7,3% de su capacidad efectiva de captura (8.000 imágenes anuales); el bajo nivel de ingresos, que únicamente provienen de las ventas del SAF al sector privado; en todo el período los ingresos son inferiores a los costos, los que principalmente corresponden a los costos de adquisición de imágenes de terceros, operación y mantenimiento del GOE, y de procesamiento de imágenes en el SAF.

En relación a la alternativa 3, las ventajas de la alternativa 4 son las mismas ya señaladas para la alternativa 2 en relación a la alternativa 1.

En conclusión, desde el punto de vista de las evaluaciones económicas, las alternativas 1 y 3, que no consideran la adquisición de nuevos satélites, resultan en las mejores opciones para satisfacer las necesidades de imágenes ópticas y radáricas del país, respectivamente, pues resultan con menores costos en comparación con las alternativas 2 y 4, que sí consideran dichas adquisiciones. No obstante, esta conclusión no recoge las razones estratégicas o de política espacial nacional que podrían motivar la implementación de alguna de las soluciones propuestas con satélites propios.

En tal sentido, y en el caso de que se optara por implementar las soluciones 2 y/o 4, la recomendación es buscar mecanismos que permitan comercializar las capacidades de los satélites propios para la captura de imágenes satelitales sobre territorios internacionales, a fin de incrementar los ingresos, a la vez de establecer acuerdos con otros países o instituciones extranjeras, con el objeto de intercambiar imágenes satelitales y reducir los costos de adquisición de imágenes de terceros. Cabe señalar que esta recomendación también es válida para la alternativa 1.

De este modo, el efecto de lo anterior es una mejora del VAN. Así por ejemplo, en las alternativas 2 y 4 el VAN se hace cero cuando se logra comercializar el 48% y el 80% de las capacidades de captura señaladas para los satélites FASat-Delta y FASat-Eco.

## 2. INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años Chile ha realizado esfuerzos por iniciar y mantener una actividad espacial que le permita desarrollarse en éste ámbito, con el propósito de aprovechar los beneficios del espacio. Sin embargo, no obstante los distintos proyectos que se han llevado a cabo, y los que actualmente están en curso, el país aún no cuenta con una política a nivel de Estado que oriente sus esfuerzos hacia el logro de objetivos comunes en la materia y que se persigan conforme a un plan de desarrollo único, que integre y coordine la participación de las distintas entidades tanto del sector público como del privado.

En el mes de Agosto de 2012, su Excelencia el Presidente de la República dispuso que la responsabilidad en materia de desarrollo en el ámbito espacial fuese asumida por dicha subsecretaría, como organismo coordinador, encargándole las siguientes tareas inmediatas:

- Elaborar una propuesta de Política Nacional Espacial de largo plazo (2013- 2020).
- Realizar un estudio de factibilidad para una solución satelital de telecomunicaciones y observación terrestre que cubra las necesidades prioritarias del país, incluyendo un modelo de gestión y explotación de dicha solución.
- Elaborar una propuesta de institucionalización, considerando tanto una etapa de transición, que traslade la responsabilidad del desarrollo espacial desde el Ministerio de Defensa a la Subsecretaría de Telecomunicaciones, como una etapa de régimen permanente, mediante un Proyecto de Ley que reformule el rol de dicha subsecretaría incorporando en ella dicha nueva responsabilidad.

En tal contexto, el presente documento corresponde al estudio de factibilidad técnica de una solución de observación terrestre para el país, conforme a la segunda de las tareas señaladas precedentemente, esto es, un análisis global para la identificación de necesidades en dicho ámbito, con propuestas de alternativas de solución caracterizadas de un modo general, incluyendo evaluaciones económicas que permitan entregar una primera idea de los esfuerzos y beneficios cuantitativos asociados a la implementación de cada una de ellas.

El producto final de este tipo de soluciones es la entrega de imágenes de la superficie de la Tierra que son capturadas por satélites que orbitan alrededor de aquella, las que tienen una gran variedad de aplicaciones en las distintas áreas de actividad, tanto en los sectores públicos y privados como en los de la defensa y la seguridad. Para tales fines, las imágenes recibidas desde los satélites deben ser procesadas, a objeto de entregar a los usuarios un producto de valor agregado conforme a los requerimientos de cada área de aplicación.

De este modo, para la entrega de las imágenes satelitales existen distintas alternativas de solución, las cuales en general pueden consistir en el despliegue y uso de infraestructura propia (como es el caso del satélite FASat-Charlie), en la adquisición de productos que sean generados por terceros, o en una mezcla de ambas. La decisión de qué solución adoptar dependerá principalmente de las políticas de desarrollo espacial de cada país, así como de la evaluación económica de las alternativas.

Como metodología de trabajo para la determinación de las necesidades se utilizó información acerca de las compras de productos relacionados con imágenes realizadas por los instituciones del Estado, para lo cual se analizó la base de datos de Chilecompras del año 2012 y se utilizó información entregada por la Subsecretaría de Defensa, y a partir de ella se realizó una estimación de la demanda del país hasta el año 2021, tomando las tasas de crecimiento dadas en el estudio "Global Satellite-Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", realizado por la consultora NSR, especializada en el área.

Una vez obtenida la proyección se analizan las alternativas de solución técnica. La primera de ellas consiste en aprovechar las capacidades del FASat-Charlie hasta el término proyectado de su vida útil, esto es, hasta el 2016, y a partir de entonces considerar las opciones de reemplazar y no reemplazar el satélite.

También se plantean alternativas de solución para la demanda de imágenes satelitales radáricas, que hoy en día solo representan una fracción menor del mercado, pero que tienen una gran ventaja sobre las imágenes satelitales ópticas, debido a que no se ven afectadas por las condiciones meteorológicas ni por las condiciones de luminosidad de la superficie.

En la preparación del trabajo participó un equipo multidisciplinario compuesto por representantes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la Subsecretaría de Telecomunicaciones; del Ministerio de Relaciones Exteriores, a través de la Dirección de Seguridad Internacional y Humana; del Ministerio de Defensa, a través de la Subsecretaría de Defensa; de la Fuerza Aérea de Chile, a través del Grupo de Operaciones Espaciales; del Ministerio de Bienes Nacionales, a través de la Secretaría Ejecutiva del Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial; del Ministerio de Educación, a través de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica; y del Centro de Información de Recursos Naturales.

Conforme a lo descrito, se plantean los siguientes objetivos para el trabajo:

- Identificar cuáles son las áreas de aplicación y los beneficios de la observación terrestre.
- Contar con una estimación de las necesidades del país en dicha área para el largo plazo (9 años).
- Plantear las alternativas de solución a las necesidades, en un nivel de prefactibilidad.

En relación al modelo de gestión de las imágenes satelitales, no obstante se describe la situación actual, la propuesta de mejoras será presentada en un documento aparte a este estudio.

Del tal manera, el trabajo se estructura de acuerdo a lo siguiente:

- Introducción a la tecnología satelital de percepción remota, en términos de la descripción de sus aplicaciones y beneficios.
- Situación actual de Chile en el campo de la percepción remota, con una identificación de cuáles son los organismos vinculados a la actividad y una descripción del actual modelo de gestión de las imágenes satelitales y sus principales debilidades.
- Estimación de las necesidades del país en la observación terrestre, en términos de demanda de la cantidad de imágenes requeridas.
- Planteamiento de las alternativas de solución técnica, con su evaluación económica.

Finalmente, cabe señalar que el análisis de necesidades es cuantitativo, e incluye una proyección por sector (público, privado y defensa), pero está limitado en el sentido de que no considera un estudio desde el punto de vista de cuáles son las aplicaciones de la teleobservación que serían prioritarias y requeridas por cada área de actividad.

### **3. LA TECNOLOGÍA SATELITAL DE PERCEPCIÓN REMOTA**

El campo de la observación de la Tierra, percepción remota, teleobservación o teledetección, representa uno de los primeros usos de las tecnologías espaciales, y gracias a ella desde la órbita de los satélites se pueden realizar mediciones de un amplio rango de parámetros geofísicos, incluyendo los relacionados con la atmósfera, la tierra, y los océanos.

De acuerdo a una publicación del OCDE<sup>1</sup>, a nivel mundial, el número de satélites de percepción remota se ha ido incrementando en la medida que mas países buscan desarrollar capacidades autónomas, siendo los principales actores las grandes potencias como Estados Unidos, Europa, Rusia, China e India, llegando en la actualidad a representar dichos satélites y su actividad asociada un mercado de más de 1.200 millones de dólares anuales, incluyendo no solo las imágenes, sino también las distintas líneas de productos y servicios relacionadas a ellas (sistemas, procesamiento), transformándose las instituciones gubernamentales en los principales clientes y usuarios.

El mismo documento señala que en la década del 2010 al 2020 se lanzarán alrededor de 260 satélites de observación de la Tierra (más del doble que en la década anterior, representando ingresos por más de 27.400 millones de dólares para la industria espacial), los que mayoritariamente serán adquiridos y operados por entidades gubernamentales y militares, confirmando el predominio de las instituciones públicas como las principales proveedoras de imágenes de satélite.

#### **3.1. APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL EN EL ÁREA DE PERCEPCIÓN REMOTA**

La tecnología satelital, específicamente en el área de la teledetección, resulta ser una herramienta de primera importancia para facilitar la gestión del territorio y de sus recursos naturales, en especial cuando los países cuentan con una geografía compleja, como es el caso de Chile, con diversos tipos de relieve, miles de kilómetros de costas y de fronteras, diversos tipos de climas, y en el que se encuentran importantes recursos naturales que son claves para la economía nacional, tanto en minería, silvicultura, agricultura, acuicultura, pesquería, energía y medio ambiente, entre otros.

A continuación se mencionan y describen brevemente los tipos de aplicaciones de la tecnología espacial más utilizados en la teledetección, separados por áreas de aplicación.

##### **AGRICULTURA**

Ésta área ha encontrado en la teledetección una herramienta poderosa y versátil para su aplicación. Con el incremento de la resolución espacial y espectral de los sensores utilizados hoy en día en los satélites es posible el soporte de la "agricultura de precisión", con imágenes que detallan información con exactitudes que están por debajo del metro. El apoyo de la teledetección a la agricultura se basa en la determinación de la signatura o característica espectral de una zona de la superficie, así como en la identificación, a partir de ésta, de un determinado cultivo y de distintos fenómenos asociados a su crecimiento.

De este modo, dentro de las diversas aplicaciones de la teledetección en la agricultura se pueden encontrar las siguientes:

---

<sup>1</sup> OECD (2011), "The Space Economy at a Glance 2011", OECD Publishing, páginas 64 y 65.

- Clasificación de los cultivos de acuerdo a la calidad de los frutos, entregando al agricultor información útil para la estimación de sus ingresos y para la planificación de las cosechas.
- Evaluación del estado de los cultivos, ya sea, por ejemplo, identificándolos como cultivos correspondientes a un año agrícola normal, o anormal en el caso de ellos presenten características que señalen que puedan estar afectados por fenómenos tales como la sequía, las heladas, el granizo o el viento, entre otros.
- Evaluación de daños, por ejemplo, que sean producidos por infestaciones (Insectos, hongos, malezas), y deficiencias de humedad.
- Estimación o rendimiento de los cultivos, utilizando información y cálculo de indicadores o índices de vegetación como herramientas para el seguimiento de la actividad fotosintética de las cubiertas vegetales, permitiendo de esta forma estimar los rendimientos en función de dicha actividad. Los indicadores obtenidos con los datos de los satélites se insertan en modelos de estimación de cosechas, que proporcionan estadísticas fiables sobre la cosecha a esperar para un año en particular.
- Apoyo a la gestión de los seguros agrícolas.
- Apoyo a la cartografía edafológica (composición del suelo y su relación con el entorno).
- Control de actividades agrícolas en lugares remotos y de difícil acceso.
- Catastro de zonas agrícolas.
- Gestión para distribución del agua de riego, mediante la utilización de índices de vegetación y la interpretación visual de las imágenes de alta precisión.
- Control de plagas, a través de la medición de la reflexión de la luz en las plantas, lo que permite detectar cambios de coloración (incluso en parte del espectro no visible), asociados a enfermedades y agentes patógenos conocidos.
- Optimización del uso de fertilizantes, mediante la elaboración de mapas de distribución espacial de productividad potencial del suelo (mapas de cosecha esperada), y mapas de distribución espacial de disponibilidad de nutrientes del suelo.
- Apoyo a los trabajos de recolección de frutos, mediante la identificación del su estado de maduración, facilitando de esta manera la planificación del proceso de recolección.
- Control del cumplimiento de normativas y prácticas agrícolas.

## SILVICULTURA

La teledetección puede ser utilizada en la gestión forestal en cuestiones tales como el agotamiento del suelo (debido a causas naturales o actividad humana), la vigilancia del crecimiento de la explotación comercial efectiva y la conservación, el desarrollo sostenible, la biodiversidad, el título y la tenencia de la tierra (catastro), la deforestación, el monitoreo de la reforestación y la gestión, las operaciones de explotación comercial, la protección de cuencas, el control biofísico (evaluación de hábitat de vida silvestre), y otras preocupaciones ambientales relacionadas con la silvicultura.

Las aplicaciones de la teledetección más utilizadas en esta área son las siguientes:

- Mapeo de reconocimiento, mediante la elaboración de mapas detallados y periódicos sobre la cobertura forestal que permiten hacer un seguimiento de su evolución y de su estado de

- agotamiento, y la medición de las propiedades biofísicas de los bosques, que permiten discriminar el tipo cobertura boscosa y elaborar un mapeo agroforestal.
- Construcción de inventarios y cartografías para la silvicultura comercial, las que son especialmente útiles para las empresas forestales comerciales y agencias de manejo de recursos, pues proveen información sobre las cosechas, del inventario para el suministro de madera, del tipo de bosques, de la densidad de la vegetación, y de la biomasa .
- Apoyo a la vigilancia ambiental, mediante la construcción de mapas de deforestación y de inventarios de especies.
- Apoyo para el manejo de incendios forestales y quemas, mediante la utilización de las imágenes satelitales para detectar y controlar el fuego (Por ejemplo, entregando información sobre su velocidad y dirección), para identificar rutas de acceso y escape, para ayudar a elaborar planes de extinción de incendios y para confeccionar cartografías de balsas de agua.
- Medición de biomasa de una superficie de interés, a fin de poder explotarla como recurso energético.<sup>2</sup>
- Evaluación de la regeneración de los bosques y de sus talas, mediante la utilización de imágenes de satélite para evaluar el estado y crecimiento de los árboles en un área dada, así como para hacer un seguimiento de las faenas de explotación.

## GEOLOGÍA Y MINERÍA

En ésta área la teledetección se utiliza como una herramienta para extraer información acerca de la estructura de la superficie de la Tierra y de la composición del subsuelo, así como un elemento de apoyo a la logística asociada a la actividad, por ejemplo, en la planificación de las rutas de acceso a una zona minera, en la vigilancia o en la generación de mapas geológicos.

Algunas de las principales aplicaciones de la teledetección en la geología y la minería son las siguientes:

- Elaboración de cartografía litológica, mediante la generación de mapas litológicos de una superficie o país, con el detalle de la distribución de las rocas y su clasificación según la clase petrológica a la que pertenecen.
- Elaboración de cartografía estructural, mediante la utilización de imágenes satelitales para la actualización constante de los detalles estructurales de una superficie dada, registrando y analizando la evolución de su geometría a través de la comparación de imágenes históricas.
- Estudio de la rugosidad del terreno, identificando sus características valiéndose de los distintos grados de penetración de las ondas electromagnéticas utilizados en la construcción de imágenes satelitales, según su longitud de onda.
- Exploración de minerales y de hidrocarburos, mediante la identificación de áreas que contengan minerales, petróleo o gas natural, utilizando imágenes detalladas de las estructuras rocosas subterráneas.
- Mapeo y monitoreo de sedimentaciones.

---

<sup>2</sup> La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica, la que puede ser recuperada por combustión directa, o mediante la transformación de la materia orgánica en otros combustibles.

- Mapeo de georriesgos, tales como los asociados a la actividad volcánica, deslizamientos de tierra y zonas de potenciales terremotos (mediante la monitoreo de los movimientos de las placas tectónicas y de las fallas geológicas).
- Seguimiento de la evolución de minas de explotación de minerales a rajo abierto.

## HIDROLOGÍA

La hidrología está relacionada a muchas aplicaciones de la teledetección, en particular de la silvicultura, la agricultura y la cobertura del suelo, ya que el agua es un componente vital en cada una de estas disciplinas.

La teledetección ofrece una visión sinóptica de la distribución espacial y la dinámica de los fenómenos hidrológicos, a menudo inalcanzables mediante reconocimientos terrestres tradicionales.

Algunos ejemplos de aplicaciones de la observación terrestre a la hidrología son:

- Elaboración de cartografía de humedales.
- Estimación de la humedad del suelo.
- Control y seguimiento de fuentes de agua, mediante las aplicaciones de comparación de cartografía de humedales.
- Mapeo y monitoreo de evapotranspiración.
- Monitoreo y delineación de extensiones de nieve y medición de su espesor.
- Monitoreo y cartografía de inundaciones.
- Mapeo de drenaje de cuencas y embalses.
- Detección de fugas en canales de riego.
- Apoyo a la programación de riegos.
- Análisis de la dinámica de glaciares.
- Detección de cambios en los deltas de los ríos.

## USO DE LA TIERRA Y CONTROL DEL MEDIOAMBIENTE

En este caso las imágenes de satélite se utilizan para la identificación y posterior análisis de límites de áreas afectadas por desastres naturales o por impactos producidos por acción humana.

Entre los usos de la teledetección en ésta área se destacan:

- Apoyo a los planes de protección del hábitat de la fauna.
- Apoyo a la exploración y a las actividades de extracción de recursos naturales.
- Apoyo a la evaluación de daños al medioambiente producidos por fenómenos tales como las inundaciones, erupciones volcánicas, sismos e incendios.
- Mapeo de las delimitaciones legales de predios, para efectos de cálculo de impuestos y evaluación de propiedades.

- Monitoreo de la densidad de población.
- Monitoreo y seguimiento de la expansión urbana, mediante el análisis del crecimiento de la extensión de las ciudades y la evolución de asentamientos.

## MAPEO O CARTOGRAFÍA

El mapeo constituye un componente primordial en el proceso de gestión de los recursos de la Tierra, fines para lo cuales los productos de la teledetección juega un papel fundamental.

Algunas aplicaciones de mapeo utilizando la teledetección se utilizan en:

- Confección de planimetría de la infraestructura urbana.
- Construcción de modelos digitales de elevación y del terreno, correcciones geométricas y radiométricas.
- Mapeo topográfico.
- Trazado de accidentes geológicos.
- Trazado de accidentes geográficos.

Cabe señalar que, en el contexto de una infraestructura de datos geospaciales (IDE)<sup>3</sup>, los productos de la teledetección representan un alto potencial para la elaboración de una base cartográfica única, de modo de poder representar sobre ella múltiples temáticas.

## OCEANOGRAFÍA

Debido al impacto de las actividades humanas en las regiones costeras, se hacen imprescindibles nuevas fuentes de datos que permitan analizar cambios tan relevantes como la erosión, la pérdida de hábitats naturales, la urbanización, los efluentes y la contaminación marina, dinámicas que se pueden mapear y supervisar utilizando técnicas de teledetección.

De esta manera, los datos obtenidos mediante la observación terrestre pueden proporcionar la perspectiva espacial necesaria para recopilar información sobre la superficie del océano a escala regional. Los datos ópticos pueden detectar objetos tales como sedimentos en suspensión, materia orgánica disuelta, e incluso discernir entre la proliferación de algas y manchas de aceites.

Entre las aplicaciones de la teledetección para la oceanografía se encuentran:

- Construcción de modelos sobre el comportamiento de los océanos, por ejemplo, mediante la identificación de corrientes marinas y patrones asociados a diversos fenómenos (tales como el Niño, la Niña), mediante cartografía térmica de la superficie del mar.
- Elaboración de pronósticos de vientos y oleajes.
- Apoyo a estudios sobre poblaciones de peces y de mamíferos marinos, mediante el monitoreo de la temperatura y calidad del agua, la productividad del océano, la concentración de fitoplancton y la construcción de inventarios y monitoreo de la acuicultura.
- Apoyo a la gestión de derrames de petróleo, mediante mapeo de zonas afectadas.

<sup>3</sup> Las IDE son infraestructuras para el almacenamiento y distribución de datos a nivel nacional, cuyo objetivo es facilitar la eficiente gestión y aprovechamiento de los geodatos públicos, haciéndolos accesibles a una amplia gama de usuarios (United Nations Initiative on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). <http://ggim.un.org/sdi.html>).

- Apoyo a la navegación de las embarcaciones, mediante la confección de estudios de densidad de tráfico, vigilancia pesquera operativa y mapeo de la batimetría cerca de la costa.
- Mapeo de las zonas intermareales, mediante el trazado de los límites entre la tierra y el mar, elaboración de cartografía de las características del litoral y de cartografía de la vegetación costera.
- Estudios de zonas marítimas para la identificación y distribución de especies, como apoyo a la actividad pesquera.

## SALUD

En ésta área la teledetección puede resultar un instrumento valioso para modelar patrones de transmisión de enfermedades o para evaluar riesgos de contagio. Un par de aplicaciones en este sentido son las siguientes:

- Apoyo a la elaboración de estudios sobre enfermedades, mediante la evaluación de variables físico-ambientales determinadas con la ayuda de sistemas de información geográfica y series temporales de imágenes satelitales, con las que se pueden construir mapas predictivos de la distribución de infestaciones. Un ejemplo de esta aplicación lo constituye el estudio sobre la Enfermedad de Chagas.
- Predicción de riesgos asociados a enfermedades que pueden ser producidas por alimentos infectados, tales como por ejemplo las asociadas a los mariscos que son afectados por la llamada "marea roja", fenómeno que puede ser detectado a partir de la correlación existente entre la concentración de ciertas bacterias y la temperatura superficial del mar, información que es posible obtener mediante teledetección.

## EMERGENCIA Y GESTIÓN DE DESASTRES

Permanentemente distintos lugares del mundo son afectados por eventos ocasionados por desastres naturales, tales como terremotos, inundaciones, tsunamis y otros fenómenos, produciendo daño a miles de personas y causando pérdidas millonarias a la economía.

La integración de herramientas tales como la percepción remota satelital, los sistemas de información geográfica y las tecnologías de información y comunicación, pueden aprovecharse para el monitoreo, prevención, evaluación, seguimiento y manejo de desastres, así como para incrementar, incluso en tiempo real, la información que necesitan para su trabajo los científicos, el Estado, empresarios y quienes finalmente toman las decisiones en estas circunstancias.

Por tal razón se ha desplegado una variedad de plataformas espaciales a fin de obtener información periódica asociada a diversos tipos de desastres naturales, la que es utilizada en aplicaciones tales como las siguientes:

- Modelamiento del comportamiento de tormentas y huracanes.
- Evaluación de daños producidos por terremotos y tsunamis, y por otros fenómenos.
- Levantamiento de zonas vulnerables a inundaciones.
- Detección de inundaciones.
- Planificación de evacuaciones.
- Planificación de rutas para búsqueda y rescate.

- Monitoreo de erupciones volcánicas.
- Generación de alertas tempranas.
- Levantamiento de zonas propensas a grandes incendios.

## METEOROLOGÍA

Esta área de aplicación hace uso intensivo de las potencialidades de la observación terrestre, razón por la cual son muchos los satélites que se han lanzado para capturar información que es requerida en forma permanente por los estudios meteorológicos.

Algunos de los usos de la observación en esta área son los siguientes:

- Distribución y variación de la nubosidad a diferentes alturas.
- Estimación de precipitaciones.
- Detección de zonas convectivas.
- Elaboración de mapas de vientos a diferentes alturas.
- Elaboración de mapas de movimiento de masas de aire.
- Cálculo de temperatura de la superficie del mar.
- Elaboración de pronósticos del clima.
- Detección y seguimiento (diámetro y velocidad de traslación), de remolinos anticiclónicos.
- Elaboración de mapas barométricos.

## DEFENSA Y SEGURIDAD NACIONAL

La observación terrestre también juega un papel importante como soporte para distintas actividades relacionadas con la defensa y la seguridad nacional, pudiendo mencionarse aplicaciones en aspectos tales como los siguientes:

- Apoyo a las labores de inteligencia, tales como la detección, reconocimiento e identificación.
- Apoyo al control de la soberanía nacional en materia de vigilancia y control de fronteras y de espacios marítimos y aéreos.
- Construcción de cartografía temática especializada aérea, terrestre y naval.
- Apoyo a las tareas de control de tráfico de drogas.
- Apoyo a la planificación y ejecución de actividades relacionadas con la gestión de los recursos de defensa, que se despliegan para cooperar con las autoridades en la recuperación de zonas afectadas por desastres naturales.

### 3.2. BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL EN EL ÁREA DE PERCEPCIÓN REMOTA

La teledetección posee importantes ventajas que la destacan por sobre otras tecnologías, entre las cuales están:

- **Fiabilidad.** Los satélites modernos están equipados con sensores digitales que miden con gran precisión los niveles de energía electromagnética emitida por la Tierra, lo que permite hacer comparaciones muy precisas dentro de una misma imagen, entre imágenes de distintos lugares, y también entre imágenes de un mismo lugar pero en diferentes momentos. La capacidad para detectar pequeños cambios en el nivel de energía se conoce como resolución radiométrica.
- **Obtención de datos no "visibles".** Los sensores de los satélites no leen "colores" sino cantidad de energía electromagnética emitida por la superficie terrestre. La luz que emiten los objetos es energía en rangos de longitud de onda que el ojo humano puede captar, pero además de ésta, los sensores de los satélites pueden captar energía que aquel no percibe (por ejemplo radiación infrarroja o ultravioleta). Esto se conoce como resolución espectral.
- **Alta disponibilidad.** Los satélites de observación de la Tierra realizan barridos permanentes y repiten cada cierto tiempo, ya sea en horas, días, semanas o meses, su paso sobre una misma zona de la Tierra. La frecuencia con la que se pueden obtener datos desde un sensor se llama resolución temporal.
- **Alto nivel de detalle:** Las nuevas generaciones de satélites están dotados con una alta capacidad de resolución espacial (el tamaño mínimo de los objetos que puede identificar un satélite), que es comparable con las resoluciones de las fotografías aéreas.
- **Especialización:** Existe una gran diversidad de sensores y programas de captura de información espacial cuyas características (órbitas, configuración espectral, resolución espacial, etc.), tienen diferentes ámbitos de aplicación, tales como la meteorología, el estudio de recursos naturales, y la oceanografía. La variedad de productos, y sus posibilidades, es extraordinaria.

Partiendo de las ventajas señaladas, se pueden identificar una serie de beneficios concretos de la utilización de la teledetección en las distintas áreas de aplicación.

Así por ejemplo, en la agricultura, uno de los principales beneficios tiene relación con la entrega de información que facilita una mejor administración de los recursos agrícolas, mediante la provisión de datos fiables y actualizados relacionados con distintas características de los cultivos, tales como su potencial de productividad, estado, cantidad y distribución, condición de riego, y calidad y grado de maduración de los frutos, permitiendo a los agricultores mejorar la planificación de siembras y cosechas, la estimación del rendimiento de las plantaciones, la proyección de ingresos y costos de dichos procesos, y por sobre todo, mejorar la eficiencia de la actividad.

Del mismo modo, la detección de plagas e infecciones mediante imágenes satelitales permite a los agricultores tomar acciones proactivas en zonas específicas de infestación, de modo de resguardar sus cultivos de dichas amenazas, evitando pérdidas de la inversión realizada en ellos y optimizando los costos de las fumigaciones.

Las entidades regulatorias en materia agrícola también se ven beneficiadas con la teledetección, en términos de las herramientas que ésta entrega para facilitar el ejercicio de las funciones de control y fiscalización, tales como los catastros de zonas agrícolas, el seguimiento del desarrollo de los cultivos, la supervisión de prácticas y normas, y el control de la actividad en zonas de difícil acceso.

Cabe además mencionar la potencialidad de beneficios adicionales debido a la materialización de sinergias y economías de escala, si se considera la implementación de un sistema geográfico de información centralizado, que reúna toda la información generada por la teledetección en un solo lugar, quedando a disposición de los distintos actores del rubro, tales

como agricultores, autoridades e investigadores, de modo de que ella pueda servir como base para la formulación y gestión de un plan estratégico de desarrollo a nivel país en la materia.

En el área de la silvicultura, los beneficios del uso de las imágenes satelitales se relacionan principalmente con el apoyo al desarrollo forestal sostenible, que satisfaga las necesidades presentes y futuras, entregando en este sentido los elementos de evaluación para la toma de decisiones para el cumplimiento de dicho objetivo, tales como por ejemplo, el mapeo e inventariado forestal permanente, la información de tipos de bosques y especies, la medición de la biomasa y la información sobre las necesidades de regeneración de bosques, entre otras.

Otro importante aporte lo constituyen las herramientas de apoyo para la protección de los bosques, tales como las relacionadas con la vigilancia ambiental (mapeos de deforestación, inventarios de especies), y el mapeo de quemas y control de incendios.

Del mismo modo, por medio de la teledetección se puede llevar un control detallado de la actividad forestal, en términos, por ejemplo, del avance de las talas y de la reforestación, elementos que son de primera importancia sobre todo para la gestión de las autoridades.

En el área de la geología la teledetección entrega información rápida y actualizada, que es esencial para la evaluación, planificación, puesta en marcha y explotación de proyectos de extracción de minerales, gracias a la obtención de inventarios detallados tanto de los tipos de minerales, como de la estructura, forma y rugosidad de la superficie, como también de la evolución de las minas, principalmente las de rajo abierto.

También cabe mencionar los beneficios para la investigación geológica, que se vale de las imágenes satelitales para guiar las actividades de exploración de minerales e hidrocarburos, y de los estudios de los volcanes y fallas geográficas, entre otros.

En cuanto a la hidrología, el uso de las imágenes satelitales en la construcción de cartografía, control y seguimiento de la evolución de los humedales puede ser aprovechado tanto para la distribución del agua para riego, optimizando de esta forma el consumo de este escaso recurso, así como para el monitoreo de los causes de los ríos, inundaciones, drenajes de cuencas y embalses, y áreas nevadas, facilitando la ejecución de acciones preventivas que mitiguen riesgos que puedan afectar tanto a las personas, como a las distintas actividades económicas que dependen de los recursos hídricos.

En la siguiente área de aplicación, que es la cobertura terrestre y la gestión del medio ambiente, la información obtenida mediante teledetección presta una valiosa ayuda para las tareas de la planificación urbana y el cálculo de impuestos territoriales, gracias al monitoreo constante de la ocupación del suelo, mediante la obtención, registro, comparación y procesamiento de imágenes, simplificando y automatizando estas tareas.

Lo propio ocurre con la valiosa ayuda que prestan de dichos productos en la gestión del medio ambiente, facilitando la evaluación y seguimiento de las medidas de protección de los distintos hábitats y de las actividades de extracción de recursos naturales.

En otro ámbito de aplicación, y como se señaló anteriormente, la cartografía constituye uno de los usos más comunes de las imágenes satelitales, con las que se ha facilitado enormemente la confección de planos detallados tanto de zonas urbanas como rurales, que se destinan a los más diversos usos que van en beneficio de optimizar la gestión gubernamental, incluso a nivel de municipios, en todo lo que relacione con las tareas de catastro y planificación territorial (permisos de construcción, diseño y trazados de calles e infraestructuras, etc.). Las aplicaciones más avanzadas incluso proveen modelos de elevación de la superficie, simplificando tareas complejas, tales como el monitoreo de los permisos de construcción en altura.

La oceanografía también se ha visto beneficiada con las aplicaciones de la observación terrestre, principalmente mediante la construcción de modelos que permiten entender y predecir el comportamiento de los océanos y anticipar de este modo acciones en resguardo de la población (como por ejemplo, los efectos en el hábitat marino que pueden producir los fenómenos como El Niño y La Niña); y el apoyo a la actividad pesquera, mediante la identificación y distribución de especies en distintas zonas del océano.

En el área de la salud los frutos de la teledetección se relacionan principalmente con la elaboración de modelos de comportamiento de enfermedades infecciosas, que permiten predecir la evolución de éstas y anticipar la aparición de focos infecciosos, ayudando a las autoridades a establecer planes proactivos para el resguardo del bienestar de las personas.

La gestión de emergencias y desastres también encuentra un apoyo relevante en la teledetección espacial, sobre todo para países como Chile, pues ésta se emplea para proporcionar la información necesaria para determinar el riesgo de desastres naturales (tales como sequías, avalanchas, erupciones volcánicas, tsunamis, entre otros), y por consiguiente, para facilitar la elaboración de planes de emergencias para hacer frente a estos fenómenos. Del mismo modo, se utiliza para evaluar daños causados por los desastres naturales, a fin de facilitar la planificación de las acciones de recuperación de las zonas siniestradas.

En cuanto a la meteorología, los modelos de predicción y evolución de las condiciones climáticas construidos con las imágenes satelitales entregan información que a diario utilizan las personas y que además es de fundamental importancia para el desempeño de distintas áreas de actividad, tales como la aeronáutica y el transporte marítimo, entre otras.

Finalmente, no pueden dejar de mencionarse los beneficios de las aplicaciones de la observación terrestre como apoyo a las labores de defensa y seguridad nacional, tales como la obtención de información detallada que es clave para las actividades de inteligencia y el control de la soberanía nacional, la elaboración de cartografía especializada respecto de instalaciones de interés de las distintas ramas del área, y el apoyo a la gestión de los recursos de defensa que colaboran en la recuperación de zonas afectadas por desastres naturales.

#### **4. SITUACIÓN ACTUAL DE CHILE EN EL CAMPO DE LA PERCEPCIÓN REMOTA**

##### **4.1. ORGANISMOS VINCULADOS A LA TELEOBSERVACIÓN EN EL PAÍS**

Distintas son las entidades nacionales que han estado vinculadas a los asuntos relativos a la observación terrestre y en diversos aspectos, entre las que se destacan las siguientes:

##### **FUERZA AÉREA DE CHILE**

###### **Grupo de Operaciones Espaciales (GOE)**

Con motivo del proyecto Sistema Satelital de Observación Terrestre (SSOT), el 2 de Mayo de 2007 la Fuerza Aérea de Chile dio las directrices para la creación del Grupo de Operaciones Satelitales (GOS), al que asignó la responsabilidad de llevar a cabo la puesta en órbita de un satélite (Al que se llamó FASat-Charlie), y de administrar todas las temáticas vinculadas al espacio y al desarrollo de la actividad en materia de defensa. Mediante la Orden Ministerial N° 13.430/ 493, del 15 de Diciembre de 2011, el Ministerio de Defensa Nacional asignó y confirmó al Grupo de Operaciones Satelitales la tarea de operar el satélite FASat-Charlie.

A partir del 12 de Marzo de 2012, y luego del término de las pruebas en órbita de dicho satélite el Grupo de Operaciones Satelitales pasó a depender del Comando de Combate de la Fuerza Aérea de Chile y cambió su nombre por el de Grupo de Operaciones Espaciales (GOE). Actualmente éste organismo opera en dependencias ubicadas en la Base Aérea de El Bosque y cuenta con una dotación aproximada de 25 personas, entre personal militar, de distintas ramas de las Fuerzas Armadas, y civil.

###### **Servicio Aerofotogramétrico (SAF)**

A fin de regular el funcionamiento del Sistema Satelital de Observación Terrestre, mediante la misma Orden Ministerial señalada precedentemente, el Ministerio de Defensa Nacional entregó al Servicio Aerofotogramétrico, también dependiente de la Fuerza Aérea de Chile, la responsabilidad de procesar y distribuir las imágenes generadas por dicho satélite (que son obtenidas a través del Grupo de Operaciones Espaciales).

Además de lo anterior, hoy en día el Servicio Aerofotogramétrico posee la capacidad de recibir imágenes provenientes tanto de distintos satélites internacionales como de aeronaves (Para aerofotogrametría). En términos prácticos, dicho servicio es hoy la organización que centraliza las capacidades técnicas de percepción remota autónomas que el Estado posee, siendo su principal producto el de la cartografía aeronáutica, a los que se agregan la planimetría y el procesamiento de imágenes en general.

##### **MINISTERIO DE BIENES NACIONALES**

Mediante el Decreto Supremo N° 28 de 2006, el Ministerio de Bienes Nacionales creó el Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT), como el mecanismo de coordinación interinstitucional para la gestión de la información geoespacial del país, y está conformado por las instituciones del Estado generadoras y usuarias de dicha información.

Su conducción le corresponde al Consejo de Ministros de la Información Territorial, que está integrado por el Ministro de Bienes Nacionales, quien lo preside, y los ministros del Interior, Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Hacienda, Economía, Desarrollo Social, Educación, Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo y Agricultura, y cuenta con una Secretaría Ejecutiva

radicada en el Ministerio de Bienes Nacionales, que es la encargada de la coordinación operativa de las distintas instancias públicas que participan en él.

Las tareas actuales del Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial están enfocadas en fortalecer el soporte institucional que requiere la gestión de la información geoespacial en el país; facilitar el acceso oportuno y expedito a dicha información y promover su uso para la generación de políticas públicas y para la toma de decisiones; proveer de un marco orientador en materia de normas, estándares y especificaciones técnicas; y apoyar el fortalecimiento y creación de capacidades en los procesos de gestión de información geoespacial.

## **EL CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN)**

Este centro fue creado en 1985 por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), y por el Servicio de Cooperación Técnica (SERCOTEC), como un instituto tecnológico con personería jurídica de corporación de derecho privado, sin fines de lucro. Su labor está principalmente orientada a apoyar la toma de decisiones de los sectores productivos del país, contribuyendo con información sobre recursos naturales renovables y con capacidad profesional y tecnológica, ayudando además en el diseño de las políticas de desarrollo productivo y de ordenamiento territorial de los sectores público y privado.

Para el desempeño de su labor este centro cuenta con la mayor base de datos georeferenciada de suelos, recursos hídricos, clima e información frutícola del país, además de un catastro de la propiedad rural y una base de imágenes procesadas.

## **UNIVERSIDADES**

Estas entidades se destacan en las áreas de formación profesional especializada y de investigación y desarrollo en las ciencias y tecnologías del espacio, tales como la ingeniería aeroespacial y la ingeniería en matemáticas, ésta última como una especialidad clave, por ejemplo, para el desarrollo de algoritmos y programas computacionales avanzados para el procesamiento de imágenes satelitales. Entre ellas se pueden mencionar la Universidad de Chile, la Universidad Católica, la Universidad de Concepción y la Universidad Federico Santa María, entre otras.

## **OTROS ORGANISMOS**

Varias otras entidades se vinculan al campo de la observación terrestre, entre las que destacan el Instituto Geográfico Militar (IGM), y el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), que procesan y proveen imágenes satelitales y aéreas. A ellos se suman centros de investigación, empresas comercializadoras de imágenes satelitales, tales como ESRI Chile, Orión Data, GeoSoluciones y GeoSpatial<sup>4</sup>, y organismos públicos como CODELCO, SERNAGEOMIN, CONAF, INDAP, INFOR, METEOCHILE (ver Anexo 1), y privados<sup>5</sup>, que utilizan la teledetección en aplicaciones específicas para la minería, energía, infraestructura, sector silvoagropecuario, acuicultura, meteorología, y medio ambiente, entre otros.

---

<sup>4</sup> Fundación Chile, "Demanda Actual y Futura Nacional de Imágenes Satelitales para los Sectores Definidos", Marzo de 2010, páginas 10 y 116.

<sup>5</sup> Fundación Chile, "Demanda Actual y Futura Nacional de Imágenes Satelitales para los Sectores Definidos", Marzo de 2010, página 15.

## 4.2. EL MODELO ACTUAL DE EXPLOTACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

La Figura N°1 esquematiza el modelo de proceso general mediante el cual se relacionan los distintos usuarios y proveedores de imágenes satelitales en el país.

Como se señaló anteriormente, en la actualidad la capacidad propia de percepción remota del Estado se centra principalmente en el satélite FASat-Charlie, operado por el GOE, y en las capacidades de procesamiento de imágenes del SAF, ambos pertenecientes a la Fuerza Aérea de Chile.

En paralelo existe una industria privada que provee de imágenes satelitales de sensores extranjeros a los diferentes organismos públicos y privados, incluido el SAF.

Sin embargo, es dicho servicio el que concentra y procesa todas las imágenes generadas por el FASat-Charlie, a través del GOE, y aquellas que adquiere a satélites internacionales, quedando disponibles en un catálogo al que se tiene acceso por medio de una página web o portal, el que puede ser consultado por los distintos usuarios, ya sean estas instituciones públicas, civiles y de defensa, universidades, privados o usuarios internacionales.

En el caso de que un producto que necesite un usuario no se encuentre disponible en el catálogo, se puede realizar un requerimiento específico mediante el mismo portal, tras lo cual el SAF solicita al GOE que capte por medio del satélite la imagen que se necesita, la que, una vez entregada, es procesada por el SAF de acuerdo a las especificaciones indicadas por el usuario, obteniendo de esta manera una imagen con "valor agregado".

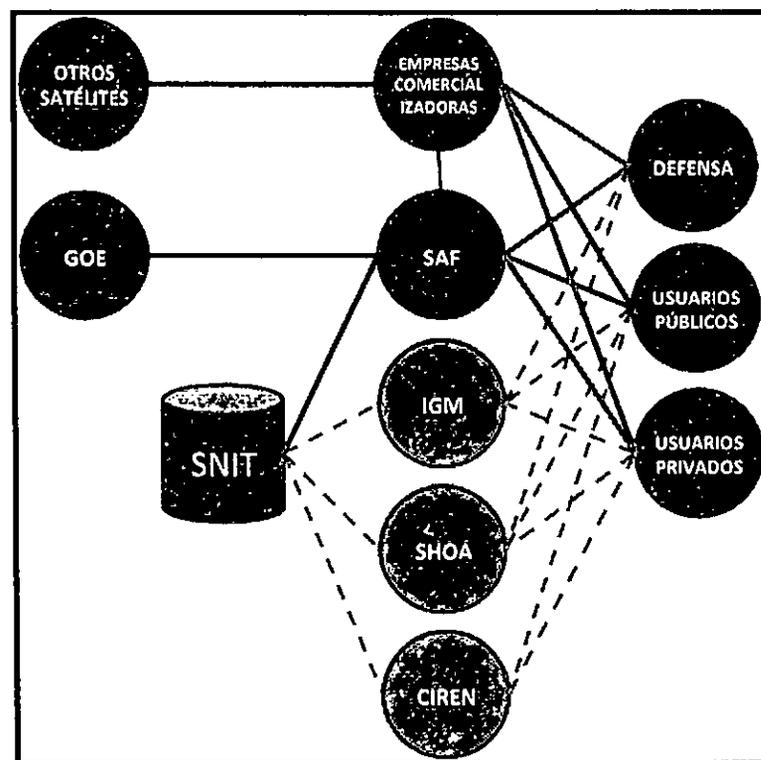


Figura N°1: Esquema del modelo de proceso general de relación entre usuarios y proveedores de imágenes satelitales. Fuente: Propia.

No obstante, e independientemente de la existencia o no de requerimientos, el SAF tiene un plan de captura que remite al GOE a fin de generar y mantener un catálogo de imágenes disponibles para futuras necesidades.

En la actualidad, los usuarios especializados también acceden a imágenes satelitales de proveedores extranjeros, y esto se materializa de acuerdo a las políticas de adquisición de cada organismo, sin existir una coordinación para la generación de economías de escala y/o para evitar duplicidades de adquisiciones.

Cabe señalar que, como se mencionó anteriormente, los usuarios también solicitan imágenes con valor agregado al IGM, al SHOA y al CIREN, de acuerdo a sus requerimientos temáticos específicos, tales como los requeridos para las aplicaciones de cartografía, planimetría y agricultura.

Por otro lado, tanto el SAF como el IGM y el SHOA participan activamente con el SNIT, principalmente en la colaboración en el desarrollo de trabajos relacionados con la información territorial básica (estándares, nombres geográficos, cartografía de división político administrativa, sistema de referencia geodésico, Etc.). Además, de estas instituciones, tanto el SAF como el CIREN son proveedores de imágenes para el SNIT.

De este modo, el SNIT busca convertirse en la institución coordinadora y fuente de la base cartográfica estándar, a fin de que ésta esté disponible para uso de los distintos organismos sectoriales, para que a partir de ella se pueda desarrollar información temática específica, de acuerdo a los requerimientos de tales organismos.

#### **4.3. DEBILIDADES DEL MODELO ACTUAL DE EXPLOTACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES**

El actual modelo de explotación enfrenta ciertas dificultades que es importante mencionar. En primer lugar, de acuerdo a un estudio realizado por la Fundación Chile<sup>6</sup>, existe en las instituciones del Estado la expectativa de que las imágenes satelitales que sean adquiridas del FASat-Charlie deberían ser suministradas sin costo, pero, en ausencia de una normativa específica que defina las condiciones bajo las que se deben entregar dichas imágenes, la explotación de éstos productos actualmente se rige por la normativa propia del SAF, la que señala expresamente que éste deberá cobrar los precios que determine para los trabajos que ejecute, los que en ningún caso podrán ser inferiores a su costo (artículo N° 5 de la Ley N° 15.284).

Por otro lado, no hay una masa crítica de usuarios que demande imágenes satelitales de manera tal que se generen economías de escala en beneficio tanto para el financiamiento de la operación de dicho satélite y del SAF, como para la reducción de los costos y precios en el procesamiento de las imágenes satelitales realizado por éste último.

Finalmente, no hay aprovechamiento de sinergias en las compras de imágenes satelitales que realizan las distintas instituciones públicas, tales como la obtención de mejores precios en negociaciones por volumen y la detección y eliminación de requerimientos duplicados (en el sentido de que dos instituciones requieran el mismo producto, o que una institución requiera de un producto que ya haya sido solicitado por otra institución y que por lo tanto ya exista).

---

<sup>6</sup> Fundación Chile, "Demanda Actual y Futura Nacional de Imágenes Satelitales para los Sectores Definidos", Marzo de 2010, página 32.

#### 4.4. USO DE LAS IMÁGENES SATELITALES EN CHILE

A nivel de instituciones del Estado existen algunos usuarios especializados en las distintas áreas de aplicación y que emplean las imágenes satelitales para diversos fines, constituyéndose en la mayor fuente de demanda potencial de información satelital de percepción remota. No obstante, de acuerdo al mismo estudio de la Fundación Chile señalado anteriormente, que corresponde a un análisis de la situación al año 2009, los principales usuarios de este sector se concentran fundamentalmente en el área silvoagropecuaria, a través de iniciativas que ha impulsado el CIREN, con aplicaciones para la zonificación de cultivos y de evaluación de potencial agropecuario, y en la meteorología, a través de METEOCHILE, a las que se agregan distintas investigaciones que llevan a cabo algunas universidades. En el resto de las instituciones públicas no se observaría un uso importante de los productos de la observación terrestre, limitándose prácticamente a usos básicos de cartografía y catastro.

Del mismo modo, cabe mencionar que, según el mismo estudio, en el sector privado la mayor demanda actual de imágenes satelitales se concentraría en las aplicaciones de cartografía para la minería y la silvicultura, con escasa demanda en otras áreas del sector.

## **5. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL PAÍS EN EL ÁREA DE LA PERCEPCIÓN REMOTA**

Como se describió anteriormente, existe una gran diversidad de aplicaciones de la teleobservación para las más distintas áreas de actividad, tanto en los sectores público, privado, así como en la defensa y seguridad nacional. Dada esta complejidad, en el análisis que se presenta a continuación se realiza una estimación de las necesidades del país en términos de cantidades totales de imágenes satelitales, indistintamente de sus aplicaciones.

### **5.1. METODOLOGÍA**

Con el objeto de realizar una estimación de las necesidades de percepción remota, se sigue la siguiente metodología:

- En primer término se realiza una estimación del tamaño del mercado actual en Chile considerando los sectores público, privado y defensa (en dólares).
- A partir de la estimación anterior, se construye una proyección del mercado nacional para los siguientes 8 años (en dólares).
- Se expresa la proyección del mercado en cantidad de imágenes.

En forma complementaria, se plantean las siguientes consideraciones que afectan la demanda de imágenes satelitales:

- Necesidades de imágenes para contar con un catálogo permanente con imágenes del territorio nacional.
- Factor de éxito en la adquisición de imágenes, debido a la influencia de fenómenos meteorológicos.
- Demanda producto de compromisos internacionales.

### **5.2. ESTIMACIÓN DEL MERCADO ACTUAL EN CHILE**

Para estimar del tamaño del mercado actual de imágenes satelitales se cuantifica la demanda de estos productos por parte de los sectores público, privado como de defensa.

De este modo, partiendo por determinar la demanda de las instituciones públicas, se realizó un análisis de las órdenes de compra emitidas por éstas entidades durante el año 2012, información la cual se obtuvo de Chilecompras. Para facilitar el análisis, se identificaron las órdenes de compra emitidas a los principales proveedores de imágenes satelitales existentes en el país, conforme a lo indicado en el mismo informe de Fundación Chile realizado el año 2010 mencionado anteriormente, más otros identificados en el portal de Chileproveedores<sup>7</sup>. Como resultado se obtuvo que en el año 2012 las compras de imágenes satelitales, aerofotogrametría y mapas realizadas por las instituciones públicas alcanzaron un total de US\$ 1.003.000 (cifra 23,7% superior a la señalada por la Fundación Chile para el año 2009<sup>8</sup>). La distribución de compras por proveedor se muestra en la Figura N° 2.

---

<sup>7</sup> ESRI Chile, Orion Data, CIREN, SAF, IGM, GeoSoluciones, GeoSpatial, GeoSystemas, CPRSIG, TerrAnálisis, SHOA, Gesecology, Servicios de Información Geográfica, SRGIS, Universidad de Chile, Universidad Católica, Universidad de Concepción.

<sup>8</sup> Fundación Chile, "Demanda Actual y Futura Nacional de Imágenes Satelitales para los Sectores Definidos", Marzo de 2010, páginas 28-29.

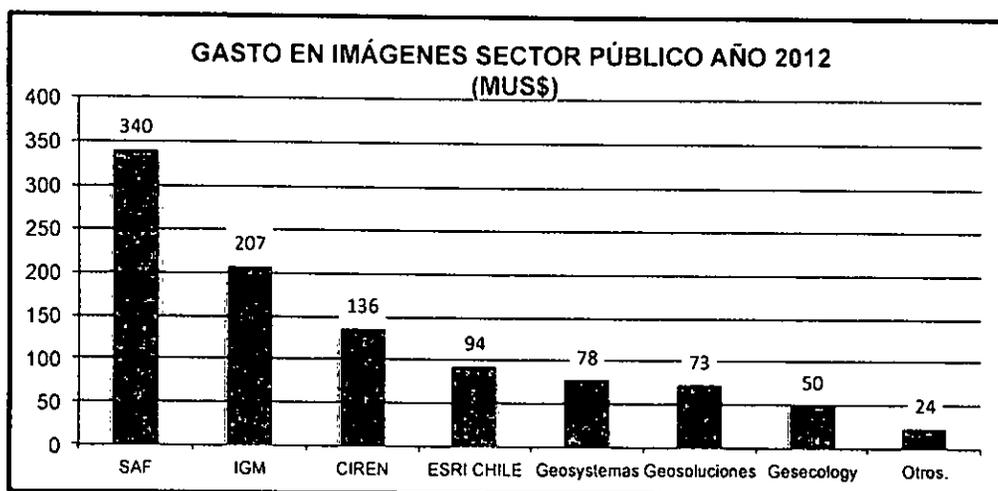


Figura N° 2: Distribución del gasto en imágenes del sector público en el año 2012, separadas por proveedor. Fuente: Propia.

En relación al gasto en imágenes satelitales del sector de defensa, la Subsecretaría de Defensa señala que en el 2012 éste alcanzó un valor de US\$ 1.018.458.

Finalmente, para determinar la estimación de la demanda del sector privado, se utilizan los resultados del estudio realizado en el 2012 por la empresa Northern Sky Research (NSR)<sup>9</sup>, la que señala que para la región de Latinoamérica en el 2011 el mercado de imágenes satelitales, incluyendo los servicios de valor agregado (es decir, imágenes procesadas), alcanzó los US\$ 148 millones de dólares, de los cuales el gasto de los sectores público y privado<sup>10</sup> fue de US\$ 66,6 (45%), y US\$ 60,68 (41%), millones de dólares respectivamente (Figura N° 3). A partir de estos dos últimos valores se obtiene la razón entre ellos 1,10, factor que puede ser utilizado para estimar el gasto en imágenes satelitales para el sector privado en Chile, el cual habría alcanzado los US\$ 911.818 en el 2012 (gasto público de US\$ 1.003.000 dividido entre 1,10).

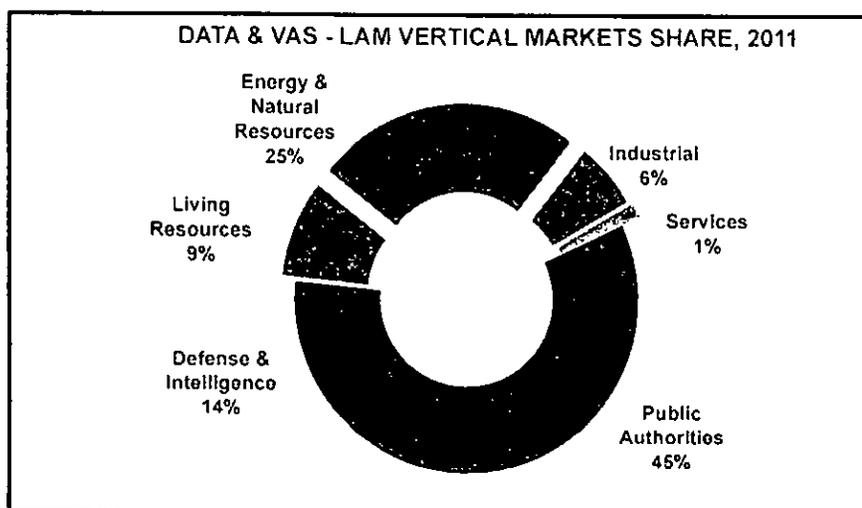


Figura N° 3: Mercado de las imágenes satelitales en Latinoamérica en el 2011, separado por sector. Fuente: NSR.

<sup>9</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, páginas 47 y 48.

<sup>10</sup> Sector privado incluye medio ambiente, energía y recursos naturales, industria y servicios.

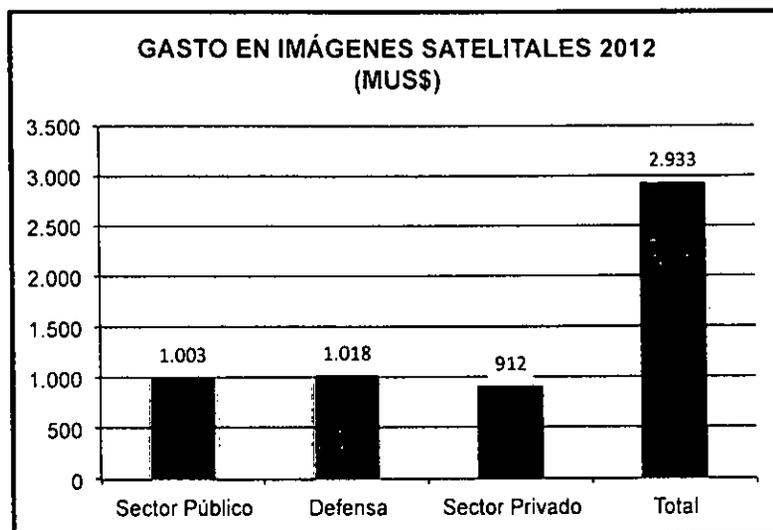


Figura N° 4: Gasto estimado en imágenes satelitales en Chile en el año 2012, separado por sector.  
Fuente: Propia.

Conforme a lo anterior, y sumando los gastos estimados para los tres sectores en cuestión, se obtiene como estimación que el mercado de las imágenes satelitales en Chile en el año 2012 alcanzó los US\$ 2.933.276, incluidos los servicios de valor agregado o procesamiento de imágenes, tal como se muestra en la Figura N° 4.

### 5.3. PROYECCIÓN DEL MERCADO DE IMÁGENES SATELITALES EN CHILE<sup>11</sup>

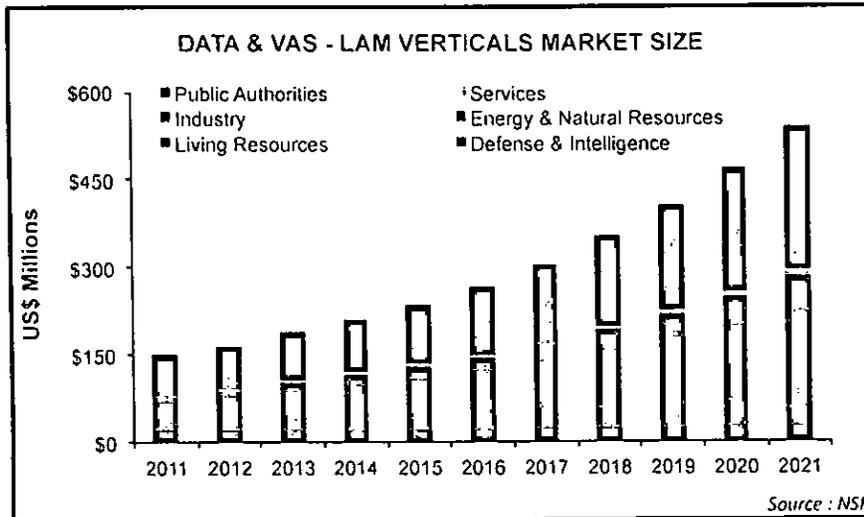
Para realizar una proyección del mercado nacional se toma como referencia el mismo estudio realizado por la consultora NSR, en el que se proyecta el mercado de las imágenes satelitales para Latinoamérica para el período comprendido entre el 2011 al 2021<sup>12</sup>, según se muestra en la Figura N° 5 y en la Tabla N° 1.

De este modo, partiendo de la estimación del gasto en imágenes satelitales en Chile para el 2012, y considerando las tasas de crecimiento anual compuestas que se muestran en la Tabla N° 1<sup>13</sup> (CARG: Compound Annual Rate Growth), se obtiene que para el año 2021 el mercado de las imágenes satelitales en el país alcanzaría los US\$ 7.963.000, de los cuales US\$ 3.222.000 (40,5%), corresponderán al sector público, US\$ 1.385.000 (17,4%), a defensa, y US\$ 3.357.000 (42,1%), al sector privado, resultados los cuales se muestran en la Figura N° 6 y en la Tabla N° 2.

<sup>11</sup> Cabe señalar que en el mes de Enero del presente año se realizó una encuesta a 54 instituciones del Estado, mediante una aplicación tipo portal, con el objeto de levantar las necesidades en materia de observación terrestre y de telecomunicaciones satelitales de cada organismo, la que no tuvo el resultado esperado, debido a que únicamente se recibieron las respuestas de 14 entidades.

<sup>12</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, archivo anexo de datos y gráficos. Información no incluida en el texto del informe.

<sup>13</sup> Para realizar la proyección de la demanda del sector privado se suman las demandas de los subsectores de medio ambiente, energía y recursos naturales, industria y servicios, y para el resultado se calcula el CARG.



| SECTOR                     | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | CAGR  |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Defense & Intelligence     | \$20  | \$22  | \$21  | \$22  | \$23  | \$23  | \$25  | \$26  | \$27  | \$28  | \$29  | 3,5%  |
| Living Resources           | \$13  | \$14  | \$16  | \$19  | \$21  | \$25  | \$30  | \$35  | \$40  | \$47  | \$55  | 15,2% |
| Energy & Natural Resources | \$38  | \$44  | \$52  | \$59  | \$65  | \$73  | \$85  | \$98  | \$111 | \$125 | \$140 | 14,1% |
| Industry                   | \$9   | \$11  | \$13  | \$16  | \$19  | \$23  | \$27  | \$33  | \$40  | \$48  | \$58  | 20,4% |
| Services                   | \$2   | \$2   | \$3   | \$3   | \$4   | \$5   | \$3   | \$4   | \$5   | \$7   | \$10  | 17,9% |
| Public Authorities         | \$68  | \$73  | \$83  | \$93  | \$103 | \$117 | \$136 | \$157 | \$182 | \$212 | \$247 | 13,8% |
| Global                     | \$150 | \$166 | \$188 | \$211 | \$235 | \$266 | \$305 | \$352 | \$406 | \$468 | \$540 | 13,7% |

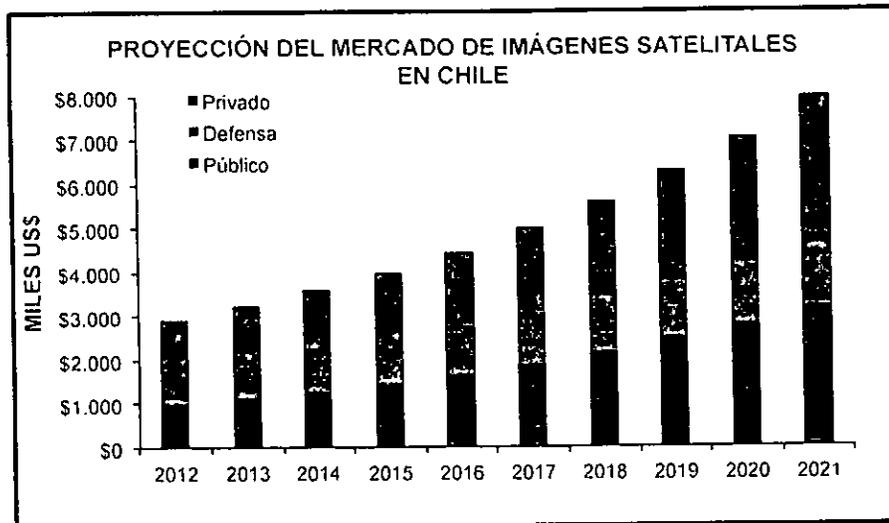
Figura N° 5 y Tabla N° 1: Proyección del mercado de imágenes satelitales (procesadas), para Latinoamérica (millones US\$). Fuente: NSR.

### 5.4. PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE IMÁGENES SATELITALES

Una vez realizada la proyección de mercado, ésta se expresa ahora en cantidades de imágenes satelitales, a fin de tener una estimación de los volúmenes requeridos de dichos productos. Esto se hace dividiendo dicha proyección por un precio promedio por imagen, que debe incluir el costo de los servicios de procesamiento o valor agregado, pues éste está incluido en la proyección señalada.

El nivel de procesamiento de las imágenes obtenidas por el sensor de un satélite determina el precio del producto. Los datos satelitales se pueden solicitar a los operadores en diferentes niveles de procesamiento, dependiendo del uso que se dará a las imágenes, y a mayor nivel de procesamiento, mayor será el precio de la imagen. Dichos niveles son:

- **Primario:** es el nivel de procesamiento más cercano a los datos o imágenes adquiridas y proporcionadas por los sensores de los satélites, sin ningún tipo de corrección o procesamiento. Este producto está diseñado para los clientes familiarizados con las técnicas de procesamiento de imágenes satelitales que desean aplicar sus propios métodos de tratamiento (tales como la ortorectificación o modelización en 3D, por ejemplo).
- **Ortho:** este nivel de procesamiento de las imágenes proporciona productos georeferenciados, con efectos de ángulos y relieve corregidos, incluyendo además la rectificación 3D estándar (Modelo "3D mundial elevation"). Es idóneo para un uso sencillo y directo de la imagen y su incorporación en un Sistema de Información Geográfica.



| SECTOR  | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    | CAGR  |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Público | \$1.003 | \$1.142 | \$1.300 | \$1.480 | \$1.685 | \$1.918 | \$2.184 | \$2.486 | \$2.830 | \$3.222 | 13,8% |
| Defensa | \$1.018 | \$1.054 | \$1.090 | \$1.128 | \$1.167 | \$1.208 | \$1.250 | \$1.293 | \$1.338 | \$1.385 | 3,5%  |
| Privado | \$912   | \$1.054 | \$1.218 | \$1.408 | \$1.627 | \$1.881 | \$2.174 | \$2.513 | \$2.904 | \$3.357 | 15,6% |
| TOTAL   | \$2.933 | \$3.250 | \$3.608 | \$4.016 | \$4.479 | \$5.007 | \$5.607 | \$6.292 | \$7.072 | \$7.963 | 11,7% |

Figura N° 6 y Tabla N° 2: Proyección del mercado de imágenes satelitales ópticas en Chile (miles US\$).  
Fuente: Propia.

- Rush: el procesamiento de la imagen es mucho mayor, con lo cual la imagen proporcionada es de muy alta calidad, y es apropiada para aplicaciones especializadas.

Del mismo modo, el precio de la imagen satelital está determinado por su nivel de resolución, el cual puede ser de alta resolución (menor a 1 metro), media resolución (mayor o igual a 1 m y menor de 10 metros), o baja resolución (mayor o igual a 10 metros)<sup>14</sup>. Se hace notar que, de acuerdo a la consultora NSR, en el 2011 el 69% del mercado mundial de imágenes correspondió a las de alta resolución, 28% a las de media resolución, mientras que sólo el 3% fueron de baja resolución (Figura N° 7), con tasas de crecimiento (CARG), del 18,2%, 8,2% y 7,9% respectivamente, lo que indica una marcada tendencia a la utilización de imágenes de alta resolución<sup>15</sup>.

Luego, para obtener un precio medio por imagen satelital con valor agregado se consideran los precios promedios de las imágenes ortho y rush dadas en el Anexo 2, para las resoluciones alta, media y baja, lo que resulta en un valor de US\$ 12,48 por Km<sup>2</sup>, que considerando un promedio de 100 Km<sup>2</sup> por imagen (área mínima típica exigida por los proveedores de imágenes satelitales), resulta en un valor promedio de US\$ 1.248 por imagen.

Dividiendo la proyección dada en la Tabla N° 2 entre US\$ 1.248 por imagen, se obtiene que el volumen de imágenes satelitales procesadas en el mercado chileno en el 2012 fue de 2.349 unidades, de las cuales 803 corresponden al sector público, 816 a defensa y 730 al sector privado. Del mismo modo, al 2021 el mercado alcanzaría las 6.379 imágenes, (CARG del

<sup>14</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, página 18.

<sup>15</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, página 55.

11,7%), con 2.581 (CARG de 13,9%), 1.109 (CARG de 3,5%), y 2.689 imágenes (CARG de 15,6%), para los mismos sectores señalados, respectivamente (Figura N° 8 y Tabla N° 3).

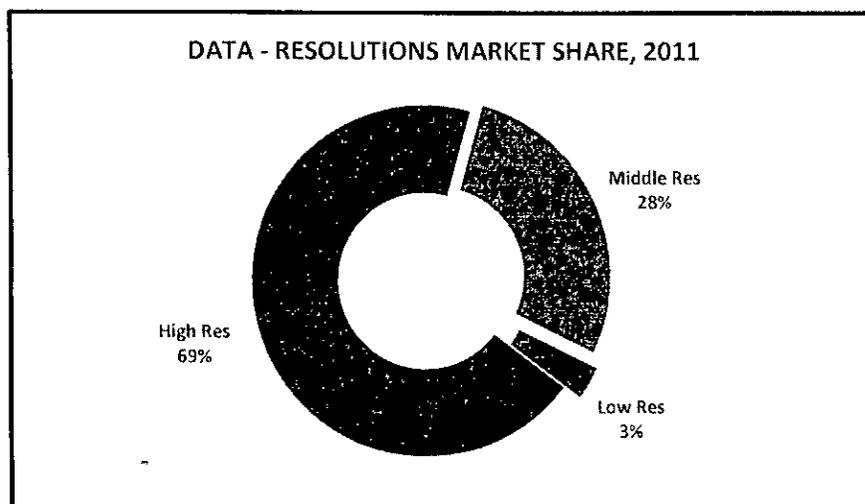
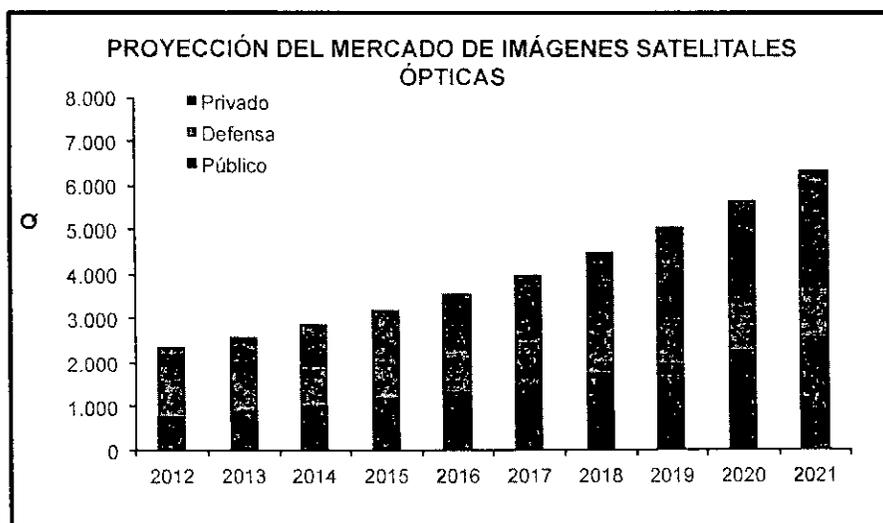


Figura N° 7: Distribución del mercado según resolución de los sensores satelitales. Fuente: NSR.



| SECTOR       | 2012         | 2013         | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | CAGR         |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Público      | 803          | 915          | 1.041        | 1.185        | 1.349        | 1.536        | 1.749        | 1.991        | 2.267        | 2.581        | 13,9%        |
| Defensa      | 816          | 844          | 873          | 904          | 935          | 968          | 1.001        | 1.036        | 1.072        | 1.109        | 3,5%         |
| Privado      | 730          | 844          | 976          | 1.128        | 1.303        | 1.506        | 1.741        | 2.013        | 2.326        | 2.689        | 15,6%        |
| <b>TOTAL</b> | <b>2.349</b> | <b>2.603</b> | <b>2.890</b> | <b>3.217</b> | <b>3.587</b> | <b>4.010</b> | <b>4.491</b> | <b>5.040</b> | <b>5.665</b> | <b>6.379</b> | <b>11,7%</b> |

Figura N° 8 y Tabla N° 3: Proyección del mercado de imágenes satelitales ópticas en Chile (Cantidad).

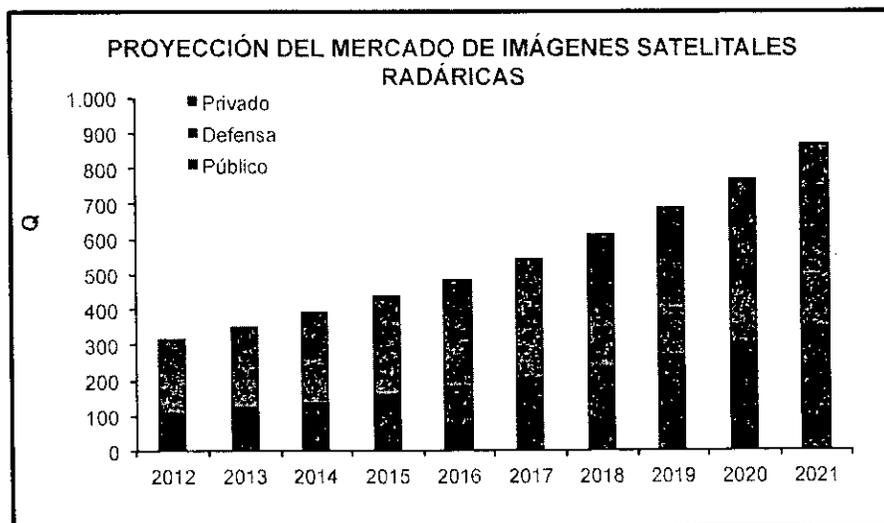
Fuente: Propia.

Ahora bien, la proyección anterior considera solo el volumen de imágenes ópticas y no incluye las imágenes radáricas<sup>16</sup>, las que también son requeridas por los distintos tipos de organismos tanto públicos como privados. No obstante, éstas últimas representan solo el 12% del total del mercado, tendencia la cual se ha observado entre los años 2007 y 2011, sin mayores variaciones<sup>17</sup>. Conforme a lo anterior, en las Figuras N° 9 y N° 10, y en las Tablas N° 4 y N° 5 se da la estimación de la proyección de la demanda de imágenes satelitales radáricas y totales para Chile.

## 5.5. OTRAS CONSIDERACIONES A LA DEMANDA DE IMÁGENES SATELITALES

### CATÁLOGO NACIONAL

Independientemente de los requerimientos que reciba, en la actualidad el GOE, utilizando el FASat-Charlie, realiza y ejecuta un programa de captura de imágenes sobre el territorio nacional, con el objeto de construir un archivo de productos históricos de teledetección debidamente documentados, o catálogo nacional, a fin de contar con series o secuencias temporales de datos.



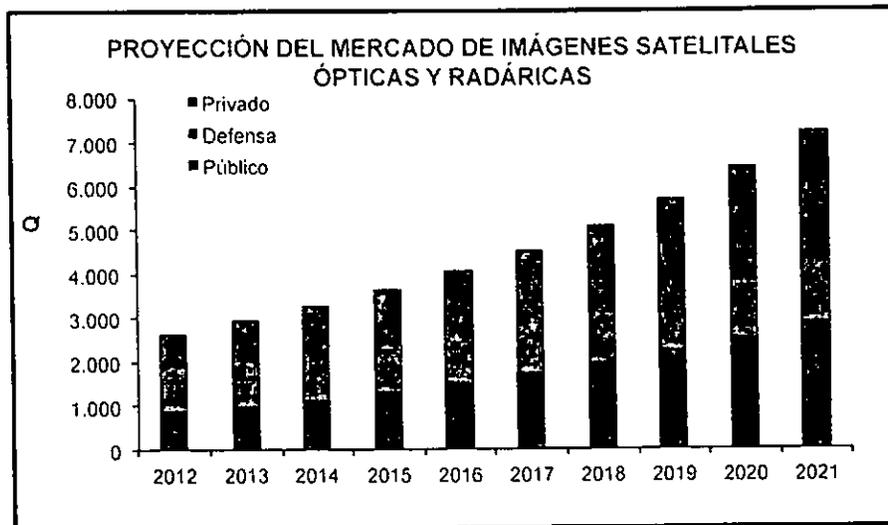
| SECTOR       | 2012       | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       | 2018       | 2019       | 2020       | 2021       | CAGR         |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| Público      | 110        | 125        | 142        | 162        | 184        | 209        | 239        | 272        | 309        | 352        | 13,8%        |
| Defensa      | 111        | 115        | 119        | 123        | 128        | 132        | 137        | 141        | 146        | 151        | 3,5%         |
| Privado      | 100        | 115        | 133        | 154        | 178        | 205        | 237        | 275        | 317        | 367        | 15,5%        |
| <b>TOTAL</b> | <b>321</b> | <b>355</b> | <b>394</b> | <b>439</b> | <b>490</b> | <b>546</b> | <b>613</b> | <b>688</b> | <b>772</b> | <b>870</b> | <b>11,7%</b> |

Figura N° 9 y Tabla N° 4: Proyección del mercado de imágenes satelitales radáricas en Chile (Cantidad).

Fuente: Propia.

<sup>16</sup> Las imágenes radar ofrecen la posibilidad de cartografiar zonas con nubes, las que se hacen inaccesibles para los satélites ópticos.

<sup>17</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, página 54.



| SECTOR  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | CAGR  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Público | 913   | 1.040 | 1.183 | 1.347 | 1.533 | 1.745 | 1.988 | 2.263 | 2.576 | 2.933 | 13,8% |
| Defensa | 927   | 959   | 992   | 1.027 | 1.063 | 1.100 | 1.138 | 1.177 | 1.218 | 1.260 | 3,5%  |
| Privado | 830   | 959   | 1.109 | 1.282 | 1.481 | 1.711 | 1.978 | 2.288 | 2.643 | 3.056 | 15,6% |
| TOTAL   | 2.670 | 2.958 | 3.284 | 3.656 | 4.077 | 4.556 | 5.104 | 5.728 | 6.437 | 7.249 | 11,7% |

Figura N° 10 y Tabla N° 5: Proyección del mercado de imágenes satelitales ópticas y radáricas en Chile (Cantidad). Fuente: Propia.

En este sentido, cabe señalar que para determinar la cantidad de imágenes necesarias para la construcción del catálogo, es necesario conjugar la superficie del territorio nacional con las capacidades técnicas del satélite FASat-Charlie, ya que la geografía de Chile no obedece a un patrón rectangular perfecto, y por ende se requiere adquirir imágenes con distintos ángulos de observación y en diferentes instantes de tiempo, a lo que se agrega la complejidad de las restricciones meteorológicas. Teniendo lo anterior presente, el GOE estima que se requieren 20.800 imágenes para lograr cubrir la totalidad del territorio nacional y construir el catálogo de imágenes.

El tiempo necesario para la adquisición de toda esta información dependerá de los espacios de los que disponga el satélite, pero en base a la experiencia del primer año de operación, el GOE estima que podría realizar una cobertura nacional completa cada 5 años, lo que se traduciría en un requerimiento anual del orden de las 4.160 imágenes para esta finalidad.

De este modo, dicha cantidad de imágenes se constituiría en una demanda adicional a la proyectada, en el caso de que los usuarios del Estado definan la necesidad de contar con un catálogo permanente de imágenes del territorio nacional.

### FACTOR DE ÉXITO EN LA ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

En el caso de una solución satelital propia de observación terrestre debe tenerse en cuenta que no todas las imágenes capturadas son exitosas, debido principalmente a la influencia de factores meteorológicos.

Es así como la capacidad técnica actual del satélite FASat-Charlie, que cuenta con una única estación terrena de bajada, permite adquirir en promedio 110 imágenes diarias de distintas

áreas del planeta, con una superficie promedio de 100 Km<sup>2</sup> por imagen. Sin embargo, ésta capacidad no considera el factor meteorológico de los diferentes puntos del mundo en donde se realizan las adquisiciones, ya que al ser el satélite un instrumento óptico, tanto la nubosidad como las condiciones de luminosidad (día – noche), son una limitación para la obtención exitosa de imágenes útiles, por lo que adquirir imágenes de manera autónoma mediante satélites propios no garantiza su utilidad.

En este sentido, en base a la experiencia del GOE en el primer año de operación del satélite FASat-Charlie, ésta entidad estima que sólo un 53% de las imágenes resultan útiles, considerando que los factores de éxito de captura son del 62%, 56% y 35% para las zonas norte, centro y sur del país, respectivamente, y que la distribución de los requerimientos de los usuarios corresponde a un 40%, 35% y 25%, para las mismas zonas (Tabla N° 6).

| ZONA   | IMÁGENES ÚTILES (%) | DISTRIBUCIÓN (%) | PONDERACIÓN (%) |
|--------|---------------------|------------------|-----------------|
| Norte  | 62%                 | 40%              | 24,80%          |
| Centro | 56%                 | 35%              | 19,60%          |
| Sur    | 35%                 | 25%              | 8,75%           |
| TOTAL  |                     |                  | 53,20%          |

Tabla N° 6: Porcentaje de utilidad de imágenes adquiridas por FASat Charlie. Fuente: GOE.

En el caso de las imágenes radáricas, el factor de éxito sube considerablemente, debido a la menor interferencia de los fenómenos meteorológicos sobre los sensores radáricos, estimándose dicho factor en un 80%<sup>20</sup>.

### COMPROMISOS INTERNACIONALES

En el caso de que el Estado cuente con soluciones propias de teledetección, como es el caso del FASat-Charlie, las capacidades de los satélites para captar imágenes de todo el mundo pueden utilizarse para distintos fines, tales como la generación de alianzas con organizaciones internacionales u otros Estados con el propósito por ejemplo, intercambiar imágenes y de esa forma reducir los costos de adquisición de imágenes de terceros, o cooperar con la entrega de imágenes a organizaciones internacionales, tales como el Grupo Mundial de Observación de la Tierra (GEO), la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA), y la Comisión para el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre (COPUOS).

## **6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS NECESIDADES DE IMÁGENES SATELITALES**

En base a la cuantificación y proyección de la demanda o necesidades de imágenes satelitales realizada, se evalúan las siguientes alternativas de solución en un horizonte de 9 años (Hasta el 2021):

- Para necesidades de imágenes ópticas:
  - Solución con el FASat-Charlie hasta el término de su vida útil, sin reemplazo del satélite.
  - Solución con el FASat-Charlie hasta el término de su vida útil, con reemplazo del satélite.
- Para necesidades de imágenes radáricas:
  - Solución sin satélite radárico propio.
  - Solución con un satélite radárico propio.

Para efectos de la evaluación de todas las alternativas se consideran los siguientes criterios generales:

- Toda la demanda del sector público y defensa se concentra a través del SAF<sup>18</sup>, y es ésta institución la que adquiere las imágenes satelitales no procesadas, ya sea a los satélites propios del Estado o a satélites de terceros<sup>19</sup>, dependiendo de las especificaciones requeridas por los usuarios (tales como el nivel de resolución de la imagen), y agrega el procesamiento a dichos productos para luego entregarlos a los clientes finales.
- Se asume que el SAF tiene participación en el mercado privado nacional, y que al igual que en el caso anterior, parte de esta demanda es cubierta mediante satélites propios del Estado y otra parte con satélites de terceros.
- Desde el punto de vista del Estado (que es el punto de vista de las evaluaciones), los ingresos por ventas de imágenes satelitales del SAF deben tener una contraparte equivalente de presupuesto que el mismo Estado debe entregar a las instituciones públicas para la adquisición de tales productos. Luego, dichos ingresos tienen un efecto neto igual a cero, no obstante existe un costo de generación de las imágenes satelitales.
- Solo se incorporan las inversiones y costos de operación marginales, pues, por un lado, ya se hizo la inversión en el FASat-Charlie, por MMUS\$ 86, y que por lo tanto se cuenta con una capacidad actual de captura de imágenes satelitales; y en segundo lugar, el SAF ya cuenta con la infraestructura básica necesaria para la generación de otros productos distintos de las imágenes satelitales. En este sentido solo se consideran:
  - Los costos de operación y mantenimiento del GOE, por un monto de US\$ 423.000 anuales, con un incremento del 5% anual <sup>20</sup>.
  - Los costos de operación y mantenimiento de la estación terrena satelital del SAF (ETS), por un monto anual equivalente al 8% de su inversión inicial (valor típico en la industria de la tecnología), que corresponden a US\$ 150.000 dólares anuales.

---

<sup>18</sup> Este escenario corresponde al caso más optimista y el que implica un mejor aprovechamiento de las capacidades de los satélites propios, pues el SAF adquirirá, a través del GOE, todas las imágenes que sean factibles de satisfacer primeramente mediante dichos recursos, como primera opción antes de requerir imágenes de satélites de terceros.

<sup>19</sup> Actualmente el SAF tiene contratados los servicios de los satélites SPOT4, EROS-B y MODIS.

- Las inversiones para renovar la ETS, cada 5 años, a por un monto igual al 50% de su inversión inicial de US\$ 1.500.000, que se realizó en el 2010<sup>20</sup>.
  - Las inversiones para instalar y mantener tres módulos adicionales para la ETS, cada 5 años a partir del 2013, por un valor de US\$ 350.000 <sup>20</sup> (A objeto de que la ETS al menos pueda operar con dos satélites adicionales).
  - Los costos de adquisición de imágenes satelitales a terceros.
  - Los costos de procesamiento de las imágenes adquiridas, ya sea desde los satélites del Estado (como el FAsat-Charlie), o de otros satélites, que es realizado por el SAF.
  - Los costos de capacitación permanente de los operadores del SAF, en las distintas aplicaciones de las imágenes satelitales, equivalentes a US\$ 50.000 dólares anuales, con un 5% de incremento anual <sup>20</sup>.
- La necesidad a cubrir corresponde a la proyección del mercado o demanda realizada anteriormente en el punto 4, sin incluir posibles necesidades que tengan relación con compromisos internacionales.
  - La capacidad de captura de los satélites propios es de 40.000 imágenes anuales, de las cuales 10.000 corresponden a imágenes sobre el territorio nacional, y 30.000 a imágenes sobre territorios internacionales<sup>20</sup>. Sobre dichas capacidades nominales se aplica un factor de éxito del 53%, para las imágenes ópticas, tal como se explicó anteriormente, y del 80%, para las imágenes radáricas<sup>21</sup>, que tienen una menor influencia de los factores meteorológicos, con lo que las capacidades efectivas de captura de imágenes sobre el territorio nacional sería de 5.300 y 8.000 imágenes anuales, respectivamente.
  - El área promedio cubierta por una imagen satelital es de 100 km<sup>2</sup>.<sup>22</sup>
  - Tasa de descuento: 10% anual.

#### **6.1. ALTERNATIVA 1 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES ÓPTICAS: SOLUCIÓN CON EL FASAT-CHARLIE HASTA EL TÉRMINO DE SU VIDA ÚTIL, SIN REEMPLAZO DEL SATÉLITE**

La primera solución consiste en aprovechar las capacidades del satélite FASat-Charlie y con ellas cubrir la demanda de imágenes hasta el término de su vida útil en el 2016<sup>20</sup>. A partir de entonces, la demanda se cubre mediante la adquisición de imágenes satelitales a terceros proveedores.

Los supuestos de esta solución, además de los criterios generales, son los siguientes:

- Término de la vida útil de FASat-Charlie: 2016.
- Capacidad de captura efectiva de imágenes del FASat-Charlie sobre territorio nacional: 5.300 imágenes anuales.
- Capacidad de captura efectiva de imágenes del FASat-Charlie sobre territorio internacional: 15.900 imágenes anuales.

<sup>20</sup> Grupo de Operaciones Espaciales- GOE.

<sup>21</sup> Valor supuesto.

<sup>22</sup> Deimos Space, "Adquisición de Datos Multiplataforma", Ene13.

- Participación del SAF en la demanda del sector público y de defensa: 100%.
- Participación del SAF en la demanda del sector privado: 50%.
- Demanda del sector público y de defensa a cubrir con el FASat-Charlie (a través del SAF): 50%<sup>23</sup>.
- Demanda del sector privado a cubrir con el FASat-Charlie (a través del SAF): 50%<sup>23</sup>.
- Precio de venta promedio del SAF por imágenes de cualquier satélite al sector público y de defensa: US\$ 0,00/ Km<sup>2</sup>.
- Precio venta promedio del SAF por imágenes del FASat-Charlie a privados: US\$ 9,51/ Km<sup>2</sup><sup>24</sup>.
- Precio venta promedio del SAF por imágenes de terceros a privados: US\$ 12,48/ Km<sup>2</sup> (ver Anexo 2).
- Precio compra promedio del SAF por imágenes adquiridas a terceros (sin procesar): US\$ 7,2/ Km<sup>2</sup><sup>25</sup>.
- Costo de procesamiento del SAF para imágenes ópticas: US\$ 2/ Km<sup>2</sup><sup>26</sup>.

De acuerdo a los supuestos generales dados para todas las evaluaciones, y a los específicos señalados precedentemente para esta alternativa, se obtiene la evaluación que se muestra en la Figura N° 11.

Como resultado se obtiene que la demanda a cubrir con el FASat-Charlie alcanza un máximo de 1.469 imágenes en el año 2016 (41,0% de la demanda total), que corresponde al 28% de su capacidad efectiva de captura de imágenes sobre el territorio nacional (5.300 imágenes anuales), quedando una capacidad disponible de 3.831 imágenes anuales (72%), por lo que el satélite tendría un bajo grado de aprovechamiento. Cabe señalar que también quedaría una capacidad efectiva de captura sobre territorios internacionales de 15.900 imágenes anuales.

Del mismo modo, se observa que la demanda a cubrir por terceros corresponde al 50% del total, hasta el 2016 (como es el supuesto), y al 100% desde el 2017 al 2021.

En cuanto a los ingresos, como se señaló, éstos solo corresponden a los provenientes de las ventas al sector privado, y en todo momento serían menores a los costos, lo que resulta en un EBITDA negativo durante todo el período de evaluación. Los principales costos corresponden a los costos de adquisición de imágenes de terceros, operación y mantenimiento del GOE, y de procesamiento de imágenes en el SAF.

Al igual que el EBITDA, el flujo de caja del proyecto es negativo durante todo el período de evaluación, resultando en un Valor Actual Neto de -MMUS\$ 14,07. Los ingresos, OPEX y EBITDA de la evaluación se presentan en la Figura N° 12.

<sup>23</sup> Como se señaló anteriormente, en el 2011 el 69% del mercado correspondió a imágenes de alta resolución, y solo el 28% al de media resolución, siendo esta última la clasificación a la que corresponde el FASat-Charlie, por lo que el 50% de participación señalado es un valor optimista.

<sup>24</sup> SAF, "Minuta de Precios FASat-Charlie", 2012, página 5 (Precio promedio por km<sup>2</sup>, para compras de imágenes por volumen, solicitadas en forma programada (Estándar).

<sup>25</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, páginas 124-127. (Promedio de los precios de imágenes sin procesar para alta, media y baja resolución, proyectados para el 2017, que es la mitad del período a evaluar, hasta el 2021. Se hace notar que se prevé que a partir del 2015 las imágenes ópticas de baja resolución sin procesar serán gratuitas).

<sup>26</sup> Grupo de Operaciones Espaciales- GOE.

|  | UNIDAD | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019  | 2020  | 2021  |       |       |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>MERCADO DE IMÁGENES ÓPTICAS</b>                     | Q      | 2.603  | 2.890  | 3.217  | 3.587  | 4.010 | 4.491 | 5.040 | 5.665 | 6.379 |
| Sector público   | Q      | 915    | 1.041  | 1.185  | 1.349  | 1.536 | 1.749 | 1.991 | 2.267 | 2.581 |
| Defensa  | Q      | 844    | 873    | 904    | 935    | 968   | 1.001 | 1.036 | 1.072 | 1.109 |
| Sector privado   | Q      | 844    | 976    | 1.128  | 1.303  | 1.506 | 1.741 | 2.013 | 2.326 | 2.689 |
| <b>DEMANDA A CUBRIR POR EL SAF</b>                     | Q      | 2.181  | 2.402  | 2.653  | 2.936  | 3.257 | 3.621 | 4.034 | 4.502 | 5.035 |
| Sector público   | Q      | 915    | 1.041  | 1.185  | 1.349  | 1.536 | 1.749 | 1.991 | 2.267 | 2.581 |
| Defensa  | Q      | 844    | 873    | 904    | 935    | 968   | 1.001 | 1.036 | 1.072 | 1.109 |
| Sector privado   | Q      | 422    | 488    | 564    | 652    | 753   | 871   | 1.007 | 1.163 | 1.345 |
| <b>DEMANDA A CUBRIR CON FASAT- CHARLIE (MR)</b>        | Q      | 1.091  | 1.202  | 1.327  | 1.469  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Sector público   | Q      | 458    | 521    | 593    | 675    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Defensa  | Q      | 422    | 437    | 452    | 468    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Sector privado   | Q      | 211    | 244    | 282    | 326    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>CAPACIDAD DISPONIBLE EN EL FASAT- CHARLIE</b>       | Q      | 20.109 | 19.998 | 19.873 | 19.731 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Sobre territorio nacional                              | Q      | 4.209  | 4.098  | 3.973  | 3.831  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Sobre territorios internacionales                      | Q      | 15.900 | 15.900 | 15.900 | 15.900 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>DEMANDA A CUBRIR CON PRODUCTOS DE TERCEROS (HR)</b> | Q      | 1.090  | 1.200  | 1.326  | 1.467  | 3.257 | 3.621 | 4.034 | 4.502 | 5.035 |
| Sector público   | Q      | 457    | 520    | 592    | 674    | 1.536 | 1.749 | 1.991 | 2.267 | 2.581 |
| Defensa  | Q      | 422    | 436    | 452    | 467    | 968   | 1.001 | 1.036 | 1.072 | 1.109 |
| Sector privado   | Q      | 211    | 244    | 282    | 326    | 753   | 871   | 1.007 | 1.163 | 1.345 |
| <b>INGRESOS</b>  | MMUS\$ | 0,46   | 0,54   | 0,62   | 0,72   | 0,94  | 1,09  | 1,26  | 1,45  | 1,68  |
| Sector público   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Defensa  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Sector privado   | MMUS\$ | 0,46   | 0,54   | 0,62   | 0,72   | 0,94  | 1,09  | 1,26  | 1,45  | 1,68  |
| <b>OPEX</b>  | MMUS\$ | 1,84   | 1,99   | 2,15   | 2,34   | 3,21  | 3,54  | 3,93  | 4,36  | 4,85  |
| Costo procesamiento imágenes SAF                       | MMUS\$ | 0,44   | 0,48   | 0,53   | 0,59   | 0,65  | 0,72  | 0,81  | 0,90  | 1,01  |
| Adquisición de imágenes a terceros                     | MMUS\$ | 0,78   | 0,86   | 0,95   | 1,06   | 2,35  | 2,61  | 2,90  | 3,24  | 3,63  |
| O&M GOE  | MMUS\$ | 0,42   | 0,44   | 0,47   | 0,49   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| O&M ETS  | MMUS\$ | 0,15   | 0,15   | 0,15   | 0,15   | 0,15  | 0,15  | 0,15  | 0,15  | 0,15  |
| Capacitación operadores SAF                            | MMUS\$ | 0,05   | 0,05   | 0,06   | 0,06   | 0,06  | 0,06  | 0,07  | 0,07  | 0,07  |
| <b>EBITDA</b>  | MMUS\$ | -1,38  | -1,45  | -1,53  | -1,62  | -2,27 | -2,46 | -2,67 | -2,91 | -3,17 |
| <b>CAPEX</b>   | MMUS\$ | 0,35   | 0,00   | 0,75   | 0,00   | 0,00  | 0,35  | 0,00  | 0,75  | 0,00  |
| FAsat- Charlie   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,75   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,75  | 0,00  |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)                        | MMUS\$ | 0,35   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,35  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| <b>VALORES RESIDUALES</b>                              | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,52  |
| FAsat- Charlie   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,45  |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)                        | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,07  |
| <b>FLUJO DE CAJA</b>                                   | MMUS\$ | -1,73  | -1,45  | -2,28  | -1,62  | -2,27 | -2,81 | -2,67 | -3,66 | -2,65 |
| <b>VALOR ACTUAL NETO</b>                               | MMUS\$ | -14,07 |        |        |        |       |       |       |       |       |
| Tasa de descuento                                      | %      | 10%    |        |        |        |       |       |       |       |       |

Figura N° 11: Evaluación de la alternativa 1 de solución a las necesidades de imágenes ópticas- Solución con el FAsat-Charlie hasta el término de su vida útil, sin reemplazo del satélite. Fuente: Propia.

Las principales ventajas de esta alternativa son:

- Aprovechamiento de la organización e infraestructura existentes para satisfacer requerimientos de observación de la Tierra a nivel país (GOE, FASat-Charlie, SAF), hasta el año 2016.
- Disponibilidad para capturar imágenes (Hasta el 2016), sin depender de restricciones que puedan imponer terceros.
- Ahorro de la inversión de un nuevo satélite a partir del 2017.

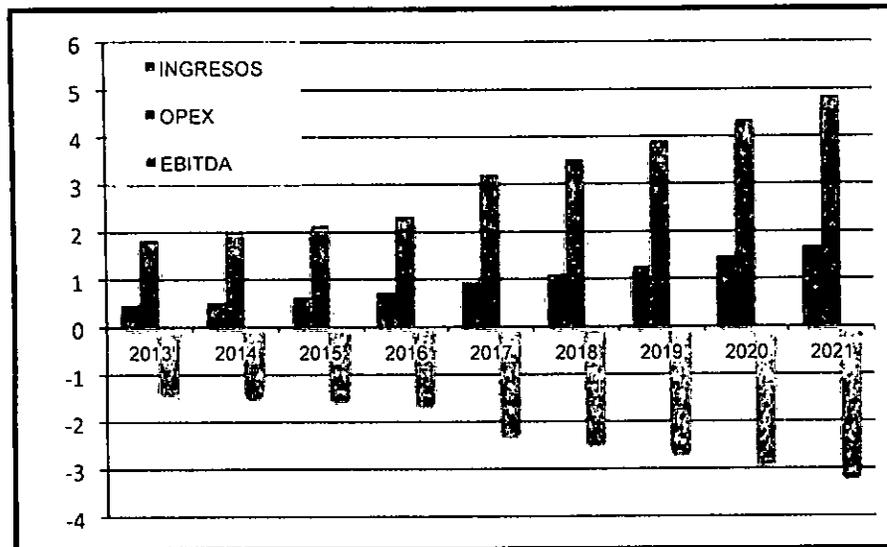


Figura N° 12: Ingresos, OPEX y EBITDA de alternativa 1 de solución a las necesidades de imágenes ópticas- Solución con el FASat-Charlie hasta el término de su vida útil, sin reemplazo del satélite (MMUS\$). Fuente: Propia.

- Simplicidad de la solución técnica a partir del 2017, pues no requiere de infraestructura propia para la satisfacción de la demanda.
- Capacidad disponible para atender requerimientos de captura de imágenes fuera del territorio nacional (Hasta el 2016).

En cuanto a sus desventajas, las principales son:

- Bajo grado de utilización de las capacidades del FASat-Charlie, debido a que no cuenta con sensores de alta resolución (Menos a 1 metro), con lo que una gran parte de la demanda se debe satisfacer con productos de terceros.
- Desaprovechamiento del conocimiento adquirido en la operación de soluciones satelitales, al no reemplazar el FASat-Charlie en el año 2016.
- A partir del 2017, la disponibilidad de respuesta a requerimientos queda supeditada a las restricciones de terceros proveedores.

## 6.2. ALTERNATIVA 2 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES ÓPTICAS: SOLUCIÓN CON EL FASAT-CHARLIE HASTA EL TÉRMINO DE SU VIDA ÚTIL, CON REEMPLAZO DEL SATÉLITE

En este caso la demanda hasta el 2016 se cubre con las capacidades del satélite FASat-Charlie, mientras que la demanda desde el 2017 hasta el 2021 se cubre con un nuevo satélite propio (FASat-Delta), el que debiera contar con una resolución espacial menor a 1 metro pues, como se mencionó anteriormente, la tendencia de mercado es demandar productos de alta resolución.

Los supuestos de esta solución, además de los criterios generales, son los siguientes:

- Término de la vida útil del FASat-Charlie: 2016.

- Costo del FASat-Delta: MMUS\$ 100,00<sup>27</sup>.
- Inicio de la operación del FASat-Delta: 2017.
- Vida útil del FASat-Delta: 6 años<sup>27</sup>.
- Capacidad de captura efectiva de imágenes del FASat-Charlie y del FASat-Delta sobre territorio nacional: 5.300 imágenes anuales.
- Capacidad de captura efectiva de imágenes del FASat-Charlie y del FASat-Delta sobre territorio internacional: 15.900 imágenes anuales.
- Aumento de los costos operacionales del GOE en un 50%, a partir de la puesta en operación del FASat-Delta<sup>27</sup>.
- Participación del SAF en la demanda del sector público y de defensa: 100%.
- Participación del SAF en la demanda del sector privado, utilizando el FASat-Charlie: 50%.
- Participación del SAF en la demanda del sector privado, utilizando el FASat-Delta: 70% (al contar con un satélite de alta resolución la participación en el sector privado deberá ser mayor que con el FASat-Charlie).
- Demanda del sector público y de defensa a cubrir con el FASat-Charlie (a través del SAF): 50%.
- Demanda del sector público y de defensa a cubrir con el FASat-Delta (a través del SAF): 80%.
- Demanda del sector privado a cubrir con el FASat-Charlie (a través del SAF): 50%.
- Demanda del sector privado a cubrir con el FASat-Delta (a través del SAF): 70%.
- Precio de venta promedio del SAF por imágenes de cualquier satélite al sector público y de defensa: US\$ 0,00/ km<sup>2</sup>.
- Precio venta promedio del SAF por imágenes del FASat-Charlie a privados: US\$ 9,51/ Km<sup>2</sup>.
- Precio venta promedio del SAF por imágenes de terceros a privados: US\$ 12,48/ Km<sup>2</sup> (Ver Anexo 2).
- Precio venta promedio del SAF por imágenes del FASat-Delta a privados: US\$ 25,75/ Km<sup>2</sup> (Precio promedio de mercado por una imagen procesada de alta resolución. Ver Anexo 2).
- Precio compra promedio del SAF por imágenes adquiridas a terceros (Sin procesar): US\$ 7,2/ Km<sup>2</sup>.
- Costo de procesamiento del SAF para imágenes ópticas: US\$ 2/ Km<sup>2</sup>.

De acuerdo a los supuestos generales dados para todas las evaluaciones, y a los específicos señalados precedentemente para esta alternativa, se obtiene la evaluación que se muestra en la Figura N° 13.

Como resultado se obtiene que la demanda a cubrir con el FASat-Charlie y sus capacidades disponibles son las mismas ya señaladas en la alternativa anterior. Sin embargo, a partir del 2017 la demanda a cubrir por el FASat-Delta sube notoriamente a 2.741 imágenes (61,6% de la demanda total), debido al aumento en la participación de mercado gracias a su mejor resolución, alcanzando un máximo de 4.269 imágenes en el año 2021 (66,9% de la demanda

<sup>27</sup> Grupo de Operaciones Espaciales- GOE.

total), que corresponde al 81% de su capacidad efectiva de captura de imágenes sobre el territorio nacional (5.300 imágenes anuales), quedando una capacidad disponible de 1.031 imágenes anuales (19%), por lo que el satélite tendría un alto grado de aprovechamiento. Cabe señalar que también quedaría una capacidad efectiva de captura sobre territorios internacionales de 15.900 imágenes anuales, tanto para el FASat-Charlie como para el FASat-Delta.

|  | UNIDAD | 2013   | 2014   | 2015   | 2016    | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   |
|--|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>MERCADO DE IMÁGENES ÓPTICAS</b>                                       | Q      | 2.603  | 2.890  | 3.217  | 3.587   | 4.010  | 4.491  | 5.040  | 5.665  | 6.379  |
| Sector público   | Q      | 915    | 1.041  | 1.185  | 1.349   | 1.536  | 1.749  | 1.991  | 2.267  | 2.581  |
| Defensa  | Q      | 844    | 873    | 904    | 935     | 968    | 1.001  | 1.036  | 1.072  | 1.109  |
| Sector privado   | Q      | 844    | 976    | 1.128  | 1.303   | 1.506  | 1.741  | 2.013  | 2.326  | 2.689  |
| <b>DEMANDA A CUBRIR POR EL SAF</b>                                       | Q      | 2.181  | 2.402  | 2.653  | 2.936   | 3.558  | 3.969  | 4.436  | 4.967  | 5.572  |
| Sector público   | Q      | 915    | 1.041  | 1.185  | 1.349   | 1.536  | 1.749  | 1.991  | 2.267  | 2.581  |
| Defensa  | Q      | 844    | 873    | 904    | 935     | 968    | 1.001  | 1.036  | 1.072  | 1.109  |
| Sector privado   | Q      | 422    | 488    | 564    | 652     | 1.054  | 1.219  | 1.409  | 1.628  | 1.882  |
| <b>DEMANDA A CUBRIR CON FASAT- CHARLIE (MR) Y FASAT-DELTA (HR)</b>       | Q      | 1.091  | 1.202  | 1.327  | 1.469   | 2.741  | 3.053  | 3.408  | 3.812  | 4.269  |
| Sector público   | Q      | 458    | 521    | 593    | 675     | 1.229  | 1.399  | 1.593  | 1.814  | 2.065  |
| Defensa  | Q      | 422    | 437    | 452    | 468     | 774    | 801    | 829    | 858    | 887    |
| Sector privado   | Q      | 211    | 244    | 282    | 326     | 738    | 853    | 986    | 1.140  | 1.317  |
| <b>CAPACIDAD DISPONIBLE EN EL FASAT- CHARLIE (MR) Y FASAT-DELTA (HR)</b> | Q      | 20.109 | 19.998 | 19.873 | 19.731  | 18.459 | 18.147 | 17.792 | 17.388 | 16.931 |
| Sobre territorio nacional  | Q      | 4.209  | 4.098  | 3.973  | 3.831   | 2.559  | 2.247  | 1.892  | 1.488  | 1.031  |
| Sobre territorios internacionales  | Q      | 15.900 | 15.900 | 15.900 | 15.900  | 15.900 | 15.900 | 15.900 | 15.900 | 15.900 |
| <b>DEMANDA A CUBRIR CON PRODUCTOS DE TERCEROS</b>                        | Q      | 1.090  | 1.200  | 1.326  | 1.467   | 817    | 916    | 1.028  | 1.155  | 1.303  |
| Sector público   | Q      | 457    | 520    | 592    | 674     | 307    | 350    | 398    | 453    | 516    |
| Defensa  | Q      | 422    | 436    | 452    | 467     | 194    | 200    | 207    | 214    | 222    |
| Sector privado   | Q      | 211    | 244    | 282    | 326     | 316    | 366    | 423    | 488    | 565    |
| <b>INGRESOS</b>  | MMUS\$ | 0,46   | 0,54   | 0,62   | 0,72    | 2,29   | 2,65   | 3,07   | 3,54   | 4,10   |
| Sector público   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Defensa  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Sector privado   | MMUS\$ | 0,46   | 0,54   | 0,62   | 0,72    | 2,29   | 2,65   | 3,07   | 3,54   | 4,10   |
| <b>OPEX</b>  | MMUS\$ | 1,84   | 1,99   | 2,15   | 2,34    | 2,28   | 2,47   | 2,69   | 2,94   | 3,21   |
| Costo procesamiento imágenes SAF   | MMUS\$ | 0,44   | 0,48   | 0,53   | 0,59    | 0,71   | 0,79   | 0,89   | 0,99   | 1,11   |
| Adquisición de imágenes a terceros                                       | MMUS\$ | 0,78   | 0,86   | 0,95   | 1,06    | 0,59   | 0,66   | 0,74   | 0,83   | 0,94   |
| O&M GOE  | MMUS\$ | 0,42   | 0,44   | 0,47   | 0,49    | 0,77   | 0,81   | 0,85   | 0,89   | 0,94   |
| O&M ETS  | MMUS\$ | 0,15   | 0,15   | 0,15   | 0,15    | 0,15   | 0,15   | 0,15   | 0,15   | 0,15   |
| Capacitación operadores SAF  | MMUS\$ | 0,05   | 0,05   | 0,06   | 0,06    | 0,06   | 0,06   | 0,07   | 0,07   | 0,07   |
| <b>EBITDA</b>  | MMUS\$ | -1,38  | -1,45  | -1,53  | -1,62   | 0,02   | 0,18   | 0,37   | 0,61   | 0,88   |
| <b>CAPEX</b>   | MMUS\$ | 0,35   | 0,00   | 0,75   | 100,00  | 0,00   | 0,35   | 0,00   | 0,75   | 0,00   |
| FAsat- Charlie   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| FAsat-Delta  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 100,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,75   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,75   | 0,00   |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)  | MMUS\$ | 0,35   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,35   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| <b>VALORES RESIDUALES</b>  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 17,19  |
| FAsat- Charlie   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| FAsat-Delta  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 16,67  |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,45   |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,07   |
| <b>FLUJO DE CAJA</b>   | MMUS\$ | -1,73  | -1,45  | -2,28  | -101,62 | 0,02   | -0,17  | 0,37   | -0,14  | 18,07  |
| <b>VALOR ACTUAL NETO</b>   | MMUS\$ | -72,81 |        |        |         |        |        |        |        |        |
| Tasa de descuento  | %      | 10%    |        |        |         |        |        |        |        |        |

Figura N° 13: Evaluación de la alternativa 2 de solución a las necesidades de imágenes ópticas- Solución con el FAsat-Charlie hasta el término de su vida útil, con reemplazo del satélite. Fuente: Propia.

En cuanto a la demanda a cubrir por terceros, ésta corresponde al 50% del total, hasta el 2016 (tal como en la alternativa anterior y como es el supuesto), disminuyendo hasta un 23% en el año 2021 (1.303 imágenes sobre un total de 5.572).

Respecto de los ingresos, en esta solución éstos también solo corresponden a los provenientes de las ventas al sector privado, y serían menores a los costos hasta el 2016, resultando en un EBITDA negativo. No obstante con la puesta en marcha del FASat-Delta en el 2017, el EBITDA se hace positivo, principalmente debido al aumento de los ingresos producto tanto del precio de las imágenes procesadas de alta resolución, como del volumen de demanda que es atendida mediante este satélite, tendencia que se observa hasta el 2021. Los principales costos corresponden a los costos de adquisición de imágenes de terceros, costos de procesamiento de imágenes en el SAF, y costos de operación y mantenimiento del GOE.

Por otro lado, a pesar de presentar un EBITDA positivo desde el 2017 en adelante, el CAPEX que se requiere en el año 2016 para la puesta en órbita del nuevo satélite, más las inversiones en la ETS, hacen que el flujo de caja del proyecto descienda bruscamente en dicho año, y sea negativo en el 2018 y en el 2020, resultando en un Valor Actual Neto de -MMUS\$ 72,81. Los ingresos, OPEX y EBITDA de la evaluación se presentan en la Figura N° 14.

Las principales ventajas de esta alternativa son:

- Aprovechamiento de la organización e infraestructura existentes para satisfacer requerimientos de observación de la Tierra a nivel país (GOE, FASat-Charlie, SAF).
- Disponibilidad para capturar imágenes, sin depender de restricciones que puedan imponer terceros.
- Disponibilidad de productos de alta resolución, a partir del 2017, lo que permite satisfacer una mayor demanda, en comparación con los productos de media resolución.
- Fortalecimiento del conocimiento y experiencia del Estado en la operación de soluciones satelitales.

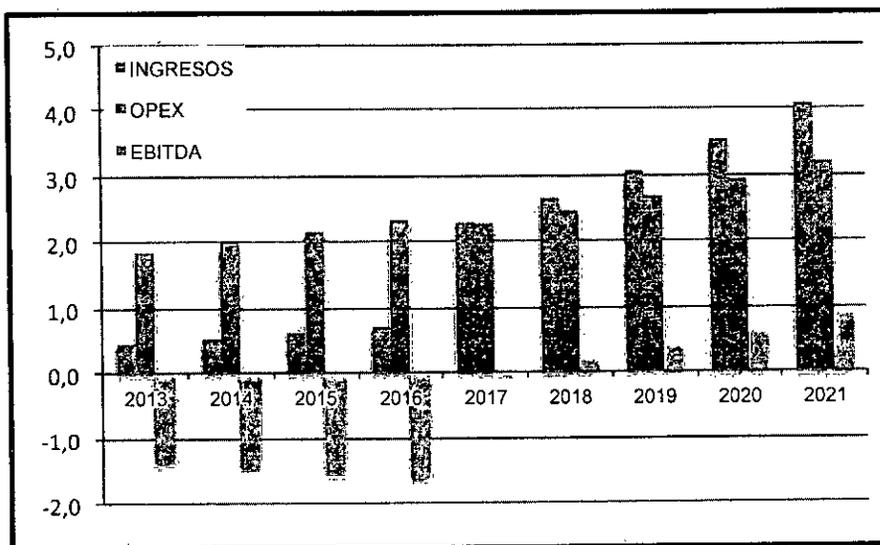


Figura N° 14: Ingresos, OPEX y EBITDA de la alternativa 2 de solución a las necesidades de imágenes ópticas- Solución con el FASat-Charlie hasta el término de su vida útil, con reemplazo del satélite (MMUS\$). Fuente: Propia.

- Capacidad disponible para atender requerimientos de captura de imágenes fuera del territorio nacional.

En cuanto a sus desventajas, las principales son:

- Requerimiento de recursos del Estado para la puesta en órbita del FASat-Delta.
- Bajo grado de utilización de las capacidades del FASat-Charlie, debido a que no cuenta con sensores de alta resolución (menos a 1 metro), con lo que una gran parte de la demanda se debe satisfacer con productos de terceros.

### **6.3. ALTERNATIVA 1 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES RADÁRICAS: SOLUCIÓN SIN SATÉLITE PROPIO.**

En el caso de las imágenes radáricas, actualmente en Estado no cuenta con satélites propios para generarlas, por lo que la primera solución para satisfacer la demanda de este tipo de imágenes consiste en comprar a terceros proveedores todas las imágenes que se requieran, conforme a la proyección realizada anteriormente (Figura N° 9 y Tabla N° 4).

Los supuestos de esta solución, además de los criterios generales, son los siguientes:

- Participación del SAF en la demanda del sector público y de defensa: 100%.
- Participación del SAF en la demanda del sector privado: 50%.
- Precio de venta promedio del SAF por imágenes radáricas de cualquier satélite al sector público y de defensa: US\$ 0,00/ km<sup>2</sup>.
- Precio de venta promedio del SAF por imágenes radáricas de terceros a privados: US\$ 41,47/ km<sup>2</sup> (suma de los dos valores dados a continuación, de precio de compra promedio, más costo de procesamiento).
- Precio compra promedio del SAF por imágenes radáricas adquiridas a terceros (sin procesar): US\$ 36,47/ Km<sup>2</sup>.<sup>28</sup>
- Costo de procesamiento del SAF para imágenes radáricas: US\$ 5/ Km<sup>2</sup>.<sup>29</sup>

De acuerdo a los supuestos generales dados para todas las evaluaciones, y a los específicos señalados precedentemente para esta alternativa, se obtiene la evaluación que se muestra en la Figura N° 15.

Debido a que el 100% de la demanda que concentra el SAF se cubre adquiriendo productos de terceros, entonces el rol de esta institución es el procesamiento de dichas imágenes.

En cuanto a los ingresos, nuevamente éstos solo corresponden a los provenientes de las ventas al sector privado, y en todo momento son menores a los costos, lo que resulta en un EBITDA negativo durante todo el período de evaluación. Los únicos costos corresponden a los costos de adquisición de imágenes de terceros, y de procesamiento de imágenes en el SAF.

Al igual que el EBITDA, el flujo de caja del proyecto es negativo durante todo el período de evaluación, con tendencia decreciente (Cada año se hace más negativo), resultando en un

<sup>28</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, páginas 124-127. (Promedio de los precios de imágenes sin procesar para alta, media y baja resolución, proyectados para el 2017, que es la mitad del período a evaluar, hasta el 2021. Se hace notar el alto precio de las imágenes radáricas de alta resolución, de US\$ 93,4/km<sup>2</sup>, en comparación con las imágenes ópticas).

<sup>29</sup> Valor supuesto.

Valor Actual Neto de -MMUS\$ 8,77. Los flujos de ingresos, OPEX y EBITDA de la evaluación se presentan en la Figura N° 16.

Las principales ventajas de esta alternativa son:

- Ahorro de la inversión en un satélite radárico.
- Simplicidad de la solución técnica, pues no requiere de infraestructura propia para la satisfacción de la demanda (Más que el SAF).

En cuanto a sus desventajas, las principales son:

- Desaprovechamiento de las economías de escala que se generan al contar con una organización e infraestructura existentes para satisfacer requerimientos de observación de la Tierra a nivel país (GOE).
- La disponibilidad de respuesta a requerimientos queda supeditada a las restricciones de terceros proveedores.

|  | UNIDAD | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |  |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| <b>MERCADO DE IMÁGENES RADÁRICAS</b>                   | Q      | 355   | 394   | 439   | 490   | 546   | 613   | 688   | 772   | 870   |  |
| Sector público   | Q      | 125   | 142   | 162   | 184   | 209   | 239   | 272   | 309   | 352   |  |
| Defensa  | Q      | 115   | 119   | 123   | 128   | 132   | 137   | 141   | 146   | 151   |  |
| Sector privado   | Q      | 115   | 133   | 154   | 178   | 205   | 237   | 275   | 317   | 367   |  |
| <b>DEMANDA A CUBRIR POR EL SAF</b>                     | Q      | 298   | 328   | 362   | 401   | 444   | 495   | 551   | 614   | 687   |  |
| Sector público   | Q      | 125   | 142   | 162   | 184   | 209   | 239   | 272   | 309   | 352   |  |
| Defensa  | Q      | 115   | 119   | 123   | 128   | 132   | 137   | 141   | 146   | 151   |  |
| Sector privado   | Q      | 58    | 67    | 77    | 89    | 103   | 119   | 138   | 159   | 184   |  |
| <b>DEMANDA A CUBRIR CON PRODUCTOS DE TERCEROS (HR)</b> | Q      | 298   | 328   | 362   | 401   | 444   | 495   | 551   | 614   | 687   |  |
| Sector público   | Q      | 125   | 142   | 162   | 184   | 209   | 239   | 272   | 309   | 352   |  |
| Defensa  | Q      | 115   | 119   | 123   | 128   | 132   | 137   | 141   | 146   | 151   |  |
| Sector privado   | Q      | 58    | 67    | 77    | 89    | 103   | 119   | 138   | 159   | 184   |  |
| <b>INGRESOS</b>  | MMUS\$ | 0,24  | 0,28  | 0,32  | 0,37  | 0,43  | 0,49  | 0,57  | 0,66  | 0,76  |  |
| Sector público   | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| Defensa  | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| Sector privado   | MMUS\$ | 0,24  | 0,28  | 0,32  | 0,37  | 0,43  | 0,49  | 0,57  | 0,66  | 0,76  |  |
| <b>OPEX</b>  | MMUS\$ | 1,24  | 1,36  | 1,50  | 1,66  | 1,84  | 2,05  | 2,28  | 2,55  | 2,85  |  |
| Costo procesamiento imágenes SAF                       | MMUS\$ | 0,15  | 0,16  | 0,18  | 0,20  | 0,22  | 0,25  | 0,28  | 0,31  | 0,34  |  |
| Adquisición de imágenes a terceros                     | MMUS\$ | 1,09  | 1,20  | 1,32  | 1,46  | 1,62  | 1,81  | 2,01  | 2,24  | 2,51  |  |
| O&M GOE  | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| O&M ETS  | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| Capacitación operadores SAF                            | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| <b>EBITDA</b>  | MMUS\$ | -1,00 | -1,08 | -1,18 | -1,29 | -1,41 | -1,56 | -1,71 | -1,89 | -2,09 |  |
| <b>CAPEX</b>   | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| FAsat-Eco  | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)                        | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| <b>VALORES RESIDUALES</b>                              | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| FAsat-Charlie  | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)                        | MMUS\$ | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |  |
| <b>FLUJO DE CAJA</b>                                   | MMUS\$ | -1,00 | -1,08 | -1,18 | -1,29 | -1,41 | -1,56 | -1,71 | -1,89 | -2,09 |  |
| <b>VALOR ACTUAL NETO</b>                               | MMUS\$ | -8,77 |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| Tasa de descuento                                      | %      | 10%   |       |       |       |       |       |       |       |       |  |

Figura N° 15: Evaluación de la alternativa 1 de solución a las necesidades de imágenes radáricas- Solución sin satélite propio. Fuente: Propia.

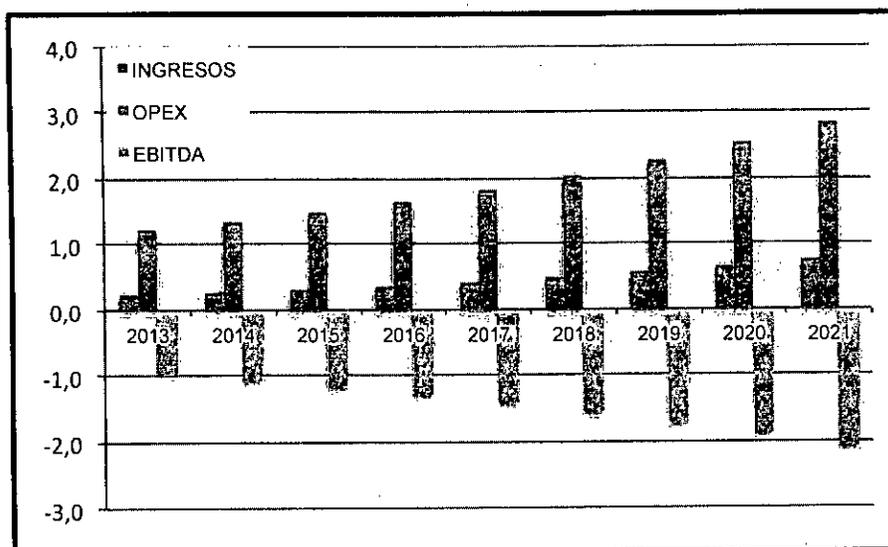


Figura N° 16: Ingresos, OPEX y EBITDA de la alternativa 1 de solución a las necesidades de imágenes radáricas (MMUS\$). Fuente: Propia.

#### 6.4. ALTERNATIVA 2 PARA LAS NECESIDADES DE IMÁGENES RADÁRICAS: SOLUCIÓN CON SATÉLITE PROPIO.

En este caso la demanda hasta el 2016 se cubre mediante la adquisición de productos de terceros, mientras que la demanda desde el 2017 hasta el 2021 se cubriría con un satélite radárico propio (FASat-Eco), de media resolución, dado que este tipo de satélites tienen múltiples aplicaciones en todos los sectores, y tienen una buena relación entre resolución y precio<sup>30</sup>.

Los supuestos de esta solución, además de los criterios generales, son los siguientes:

- Costo del FASat-Eco: MMUS\$ 120,00<sup>31</sup>.
- Inicio de la operación del FASat-Eco: 2017.
- Vida útil del FASat-Eco: 6 años<sup>31</sup>.
- Costos operacionales del GOE equivalentes a un 50% de los costos operacionales del FASat-Delta, proyectados para el 2017<sup>31</sup>
- Capacidad de captura efectiva de imágenes del FASat-Eco sobre territorio nacional: 8.000 imágenes anuales.
- Capacidad de captura efectiva de imágenes del FASat-Charlie y del FASat-Delta sobre territorio internacional: 24.000 imágenes anuales.
- Participación del SAF en la demanda del sector público y de defensa: 100%.
- Participación del SAF en la demanda del sector privado, sin el FASat-Eco: 50%.

<sup>30</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, página 56.

<sup>31</sup> Grupo de Operaciones Espaciales- GOE.

- Participación del SAF en la demanda del sector privado, utilizando el FASat-Eco: 70% (al contar con un satélite radárico de media resolución la participación en el sector privado deberá ser mayor que sin dicho satélite).
- Demanda del sector público y de defensa a cubrir con el FASat-Eco (A través del SAF): 80%.
- Demanda del sector privado a cubrir con el FASat-Eco (A través del SAF): 70%.
- Precio de venta promedio del SAF por imágenes de cualquier satélite al sector público y de defensa: US\$ 0,00/ Km<sup>2</sup>.
- Precio venta promedio del SAF por imágenes radáricas de terceros a privados: US\$ 41,47/ Km<sup>2</sup> (Ídem a alternativa anterior).
- Precio venta promedio del SAF por imágenes del FASat-Eco a privados: US\$ 20,90/ Km<sup>2</sup><sup>32,33</sup>.
- Precio compra promedio del SAF por imágenes radáricas adquiridas a terceros (Sin procesar): US\$ 36,47/ Km<sup>2</sup> (Ídem a alternativa anterior).
- Costo de procesamiento del SAF para imágenes radáricas: US\$ 5/ Km<sup>2</sup> (Ídem a alternativa anterior).

De acuerdo a los supuestos generales dados para todas las evaluaciones, y a los específicos señalados precedentemente para esta alternativa, se obtiene la evaluación que se muestra en la Figura N° 17.

Del mismo modo que en la alternativa anterior, en el período comprendido entre el 2013 y el 2016, el 100% de la demanda que concentra el SAF se cubre adquiriendo productos de terceros, y esta entidad solo realiza el procesamiento de dichas imágenes. Sin embargo, a partir del 2017 entra en operación el FASat-Eco, con lo que la demanda a cubrir por éste alcanza un máximo de 583 imágenes en el año 2021, que corresponde sólo al 7,3% de su capacidad efectiva de captura de imágenes sobre el territorio nacional (8.000 imágenes anuales), quedando una capacidad disponible de 7.417 imágenes anuales (92,7%), por lo que el satélite tendría un bajo grado de aprovechamiento. Cabe señalar que también quedaría una capacidad efectiva de captura sobre territorios internacionales de 24.000 imágenes anuales.

En cuanto a los ingresos, como en todas las evaluaciones realizadas, éstos solo provienen de las ventas del sector privado, y hasta el 2021 son menores a los costos, lo que resulta en un EBITDA negativo hasta dicho año. Los costos corresponden a la operación y mantenimiento del GOE, a la adquisición de imágenes de terceros, y al procesamiento de imágenes en el SAF.

Al igual que el EBITDA, el flujo de caja del proyecto es negativo hasta el 2021, marcado por la fuerte inversión que se debe realizar en el 2016 para la adquisición del FASat-Eco, resultando en un Valor Actual Neto de MMUS\$ -86,78. Los flujos de ingresos, OPEX y EBITDA de la evaluación se presentan en la Figura N° 18.

Las principales ventajas de esta alternativa son:

- Aprovechamiento de la organización e infraestructura existentes para satisfacer requerimientos de observación de la Tierra a nivel país (GOE, SAF).

<sup>32</sup> NSR, "Global Satellite- Based Earth Observation, 4<sup>th</sup> Edition", 2012, página 125. (Precio de mercado por imagen de media resolución sin procesar, proyectado para el 2017, de US\$ 15,90/km<sup>2</sup>).

<sup>33</sup> Al precio de mercado por imagen de media resolución se le agrega el costo de procesamiento del SAF, resultando en 15,90 + 5= US\$ 20,90/km<sup>2</sup>.

- Disponibilidad para capturar imágenes, sin depender de restricciones de terceros.
- Fortalecimiento del conocimiento y experiencia del Estado en la operación de soluciones satelitales.
- Capacidad disponible para atender requerimientos de captura de imágenes fuera del territorio nacional.

En cuanto a sus desventajas, las principales son:

- Requerimiento de recursos del Estado para la puesta en órbita del FASat-Eco.

|  | UNIDAD | 2013   | 2014  | 2015  | 2016    | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   |
|--|--------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>MERCADO DE IMÁGENES RADÁRICAS</b>                   | Q      | 355    | 394   | 439   | 490     | 546    | 613    | 688    | 772    | 870    |
| Sector público   | Q      | 125    | 142   | 162   | 184     | 209    | 239    | 272    | 309    | 352    |
| Defensa  | Q      | 115    | 119   | 123   | 128     | 132    | 137    | 141    | 146    | 151    |
| Sector privado   | Q      | 115    | 133   | 154   | 178     | 205    | 237    | 275    | 317    | 367    |
| <b>DEMANDA A CUBRIR POR EL SAF</b>                     | Q      | 298    | 328   | 362   | 401     | 485    | 542    | 606    | 677    | 760    |
| Sector público   | Q      | 125    | 142   | 162   | 184     | 209    | 239    | 272    | 309    | 352    |
| Defensa  | Q      | 115    | 119   | 123   | 128     | 132    | 137    | 141    | 146    | 151    |
| Sector privado   | Q      | 58     | 67    | 77    | 89      | 144    | 166    | 193    | 222    | 257    |
| <b>DEMANDA A CUBRIR CON FASAT- ECO (HR)</b>            | Q      | 0      | 0     | 0     | 0       | 374    | 417    | 466    | 519    | 583    |
| Sector público   | Q      | 0      | 0     | 0     | 0       | 167    | 191    | 218    | 247    | 282    |
| Defensa  | Q      | 0      | 0     | 0     | 0       | 106    | 110    | 113    | 117    | 121    |
| Sector privado   | Q      | 0      | 0     | 0     | 0       | 101    | 116    | 135    | 155    | 180    |
| <b>CAPACIDAD DISPONIBLE FASAT- ECO</b>                 | Q      | 0      | 0     | 0     | 0       | 31.626 | 31.583 | 31.534 | 31.481 | 31.417 |
| Sobre territorio nacional                              | Q      | 0      | 0     | 0     | 0       | 7.626  | 7.583  | 7.534  | 7.481  | 7.417  |
| Sobre territorios internacionales                      | Q      | 0      | 0     | 0     | 0       | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 |
| <b>DEMANDA A CUBRIR CON PRODUCTOS DE TERCEROS (HR)</b> | Q      | 298    | 328   | 362   | 401     | 111    | 125    | 140    | 158    | 177    |
| Sector público   | Q      | 125    | 142   | 162   | 184     | 42     | 48     | 54     | 62     | 70     |
| Defensa  | Q      | 115    | 119   | 123   | 128     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     |
| Sector privado   | Q      | 58     | 67    | 77    | 89      | 43     | 50     | 58     | 67     | 77     |
| <b>INGRESOS</b>  | MMUS\$ | 0,24   | 0,28  | 0,32  | 0,37    | 0,39   | 0,45   | 0,52   | 0,60   | 0,70   |
| Sector público   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Defensa  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Sector privado   | MMUS\$ | 0,24   | 0,28  | 0,32  | 0,37    | 0,39   | 0,45   | 0,52   | 0,60   | 0,70   |
| <b>OPEX</b>  | MMUS\$ | 1,24   | 1,36  | 1,50  | 1,66    | 1,03   | 1,13   | 1,24   | 1,36   | 1,49   |
| Costo procesamiento imágenes SAF                       | MMUS\$ | 0,15   | 0,16  | 0,18  | 0,20    | 0,24   | 0,27   | 0,30   | 0,34   | 0,38   |
| Adquisición de imágenes a terceros                     | MMUS\$ | 1,09   | 1,20  | 1,32  | 1,46    | 0,40   | 0,46   | 0,51   | 0,58   | 0,65   |
| O&M GOE  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,39   | 0,40   | 0,43   | 0,45   | 0,47   |
| O&M ETS  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Capacitación operadores SAF                            | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| <b>EBITDA</b>  | MMUS\$ | -1,00  | -1,08 | -1,18 | -1,29   | -0,64  | -0,68  | -0,72  | -0,76  | -0,80  |
| <b>CAPEX</b>   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 120,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| FAsat-Eco  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 120,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)                        | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| <b>VALORES RESIDUALES</b>                              | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 20,00  |
| FAsat- Eco   | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 20,00  |
| ETS SAF  | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| ETS SAF (3 módulos adicionales)                        | MMUS\$ | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| <b>FLUJO DE CAJA</b>                                   | MMUS\$ | -1,00  | -1,08 | -1,18 | -121,29 | -0,64  | -0,68  | -0,72  | -0,76  | 19,20  |
| <b>VALOR ACTUAL NETO</b>                               | MMUS\$ | -86,78 |       |       |         |        |        |        |        |        |
| Tasa de descuento                                      | %      | 10%    |       |       |         |        |        |        |        |        |

Figura N° 17: Evaluación de la alternativa 2 de solución a las necesidades de imágenes radáricas- Solución con satélite propio. Fuente: Propia.

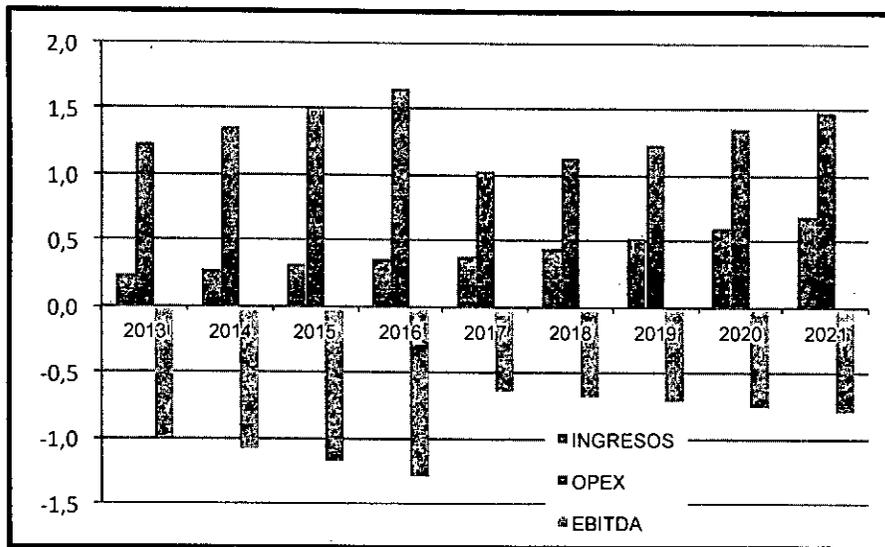


Figura N° 18: Ingresos, OPEX y EBITDA de la alternativa 2 de solución a las necesidades de imágenes radáricas (MMUS\$). Fuente: Propia.

## 7. CONCLUSIONES

El campo de la percepción remota abarca un amplio rango de aplicaciones para las más amplias áreas de actividad, en cada una de las cuales aporta un sin número de beneficios, lo que ha motivado que cada vez más países se sumen a esta área de actividad.

En este sentido, la teleobservación representa una oportunidad para el apoyo del desarrollo del país. El poseer acceso a las herramientas de observación de la Tierra permite generar conocimiento de alto valor y, mediante su aplicación y uso, materializar beneficios que inciden en el mejoramiento del desempeño en prácticamente todas las áreas de actividad relacionadas tanto con el desarrollo económico, social, científico- tecnológico, así como con la seguridad de los ciudadanos.

Específicamente, los efectos del conocimiento y de las actividades que se generan en torno a la observación de la Tierra contribuyen directamente a mejorar el desarrollo de aspectos estratégicos para el país, tales como la generación de información y conocimiento sobre el territorio (Terrestre, marítimo y del espacio aéreo), la predicción y mitigación de desastres, la protección de los recursos naturales, la administración de recursos de agua, y la defensa y la seguridad nacional, a la vez que aportan una gran cantidad de beneficios a la gestión de distintas actividades de primera importancia como lo son la geología y minería, agricultura, silvicultura, oceanografía, hidrología, salud, educación, y astronomía, entre otras.

En términos de cuantificación de las necesidades, se estimó que en en el 2012 Chile el mercado total fue de 2.670 imágenes satelitales anuales, tanto ópticas como radáricas, de las cuales el 913 (34,2%), corresponden a la demanda del sector público, 927 (34,7%), a defensa, y 830 (31,1%), al sector privado, existiendo por lo tanto un equilibrio en la demanda de los tres sectores mencionados.

A partir de la situación actual, la proyección de demanda al 2021 alcanza las 7.249 imágenes anuales, tanto ópticas como radáricas, de las cuales 2.933 (40,5%), corresponde a la demanda del sector público, 1.260 (17,4%), a defensa, y 3.056 (42,1%), al sector privado, con tasas de crecimiento promedio anuales (CARG), del 13,8%, 3,5% y 15,6% respectivamente por sector, con un crecimiento de 2,7 veces y un CARG de 11,7% a nivel país.

En cuanto a las soluciones analizadas para satisfacer la demanda de imágenes ópticas, a saber, aprovechamiento de las capacidades del FAsat-Charlie hasta el término de su vida útil en el 2016, sin y con reemplazo a partir del 2017, ambas presentan valores actuales netos negativos de MMUS\$ -14,07 y MMUS\$ -72,81 respectivamente. Cabe resaltar que la primera alternativa considera la inversión ya realizada en el FAsat-Charlie, mientras que la segunda considera una inversión de MMUS\$ 100 en el 2016, para la puesta en órbita del FAsat-Delta.

El resultado anterior se debe principalmente a:

- El bajo grado de aprovechamiento del FAsat-Charlie, que alcanza solo a un 28% de utilización de sus capacidades de captura sobre el territorio nacional en el 2016 (1.469 imágenes sobre 5.300), quedando además en ambas alternativas una capacidad no utilizada de 15.900 imágenes sobre territorios internacionales, lo que corresponde al 75% de la capacidad efectiva total de los satélites (21.200 imágenes anuales).
- Ingreso igual a cero por las ventas de SAF a las instituciones públicas y de defensa, pues son ventas que ingresan al Estado, con presupuesto de compras del Estado.
- Bajos ingresos provenientes del sector privado, lo que se debe a que, en la primer período hasta el 2016, el FAsat-Charlie solo participa en el 25% de la demanda de dicho sector, cifra que resulta de estimar que el SAF participa en un 50% de la demanda del sector privado, y

el FAsat-Charlie cubre el 50% de dicha demanda, dado a que cuenta con sensores de mediana resolución, siendo la mayor demanda la de productos de alta resolución.

- EBITDA negativo de la primera alternativa en todo el período de evaluación, debido principalmente a que los costos de adquisición de imágenes de terceros por si solos superan a los ingresos.
- No obstante el EBITDA de la segunda alternativa, con reemplazo del FAsat-Charlie en el 2017 por el FAsat-Delta, se torna positivo desde dicho año hasta el 2021, debido al aumento en la participación de la demanda del satélite y del SAF en el sector privado dado que cuenta con sensores de alta resolución. No obstante, este efecto no alcanza a compensar los resultados negativos del primer período hasta el 2016.

Respecto de las soluciones evaluadas para la demanda de imágenes radáricas, a saber, sin y con satélite propio (este último a partir del año 2017), ellas presentan valores actuales netos negativos de MMUS\$ -8,77 y MMUS\$ -86,78, respectivamente, incluyendo la segunda solución una inversión de MUS\$ 120 en el año 2016, para la puesta en órbita del satélite radárico FAsat-Eco.

Los resultados negativos anteriores se deben a que por un lado, en la primera alternativa de solución radárica, los costos de adquisición de las imágenes de terceros superan los ingresos que solo provienen del sector privado, mientras que en la segunda alternativa, no obstante los ingresos se incrementan producto de que se cubre una mayor demanda, éstos no alcanzan a cubrir los costos totales ni los requerimientos de CAPEX.

Al igual que con los satélites FAsat-Charlie y FAsat-Delta, en el FAsat-Eco queda una importante capacidad disponible para cubrir tanto una mayor demanda nacional (7.417 imágenes anuales, equivalentes al 93% de la capacidad efectiva anual para captar imágenes del territorio nacional), como de requerimientos sobre territorios internacionales (24.000 imágenes anuales, equivalentes al 80% de la capacidad de captura efectiva total del satélite).

Luego, desde el punto de vista de las evaluaciones económicas, ninguna de las soluciones presenta un retorno positivo, no obstante las alternativas 1 y 3, que no consideran la adquisición de nuevos satélites, resultan con mejores valores actuales netos en comparación con las alternativas 2 y 4, que sí consideran dichas adquisiciones, por lo que desde una perspectiva económica las mejores opciones para satisfacer las necesidades de imágenes satelitales tanto ópticas como radáricas del país corresponden a las alternativas 1 y 3, pues representan los menores costos. No obstante, esta conclusión no recoge las razones que desde un punto de vista estratégico y de política espacial nacional, o de seguridad, podrían llevar a la implementación de alguna de las soluciones propuestas con satélites propios.

## 8. RECOMENDACIONES

La principal recomendación tiene relación con las alternativas técnicas de solución a las necesidades de imágenes satelitales.

En tal sentido, como se señaló anteriormente, si por razones estratégicas y de política espacial nacional se decidiera contar con soluciones con capacidades propias de observación de la Tierra, entonces se recomienda buscar los mecanismos para aprovechar las capacidades de captura de imágenes sobre territorios internacionales con las que contarían los satélites propios, a fin de comercializarlas en el exterior, como una forma de mejorar los ingresos y los valores actuales netos, lo cual podría realizarse mediante acuerdos con empresas que se dedican a prestar este tipo de servicios.

En efecto, en las figuras siguientes se muestra cómo mejora en valor actual neto de las alternativas de solución para las demandas de imágenes ópticas y radáricas que contemplan satélites propios, en función del porcentaje de la capacidad de captura de imágenes internacionales que sea comercializado.

Como resultado se obtiene que, para los casos de la alternativa 2 de solución para la demanda de imágenes ópticas, que considera el reemplazo del FAsat-Charlie en el año 2016, y de la alternativa 2 de solución para la demanda de imágenes radáricas, que contempla la puesta en órbita de un satélite propio a partir del mismo año, los valores actuales netos se hacen cero en torno al 48% y al 80% de la capacidad señalada, para cada uno de los satélites, respectivamente (Figura N° 21 y Figura N° 22).

Del mismo modo, se pueden establecer acuerdos con otros países o empresas que posean satélites en operación, con el objeto de intercambiar imágenes satelitales y de ese modo reducir los costos de adquisición de imágenes que se requieran para satisfacer la demanda nacional que no pueda ser cubierta mediante satélites propios, lo cual también mejorará los valores actuales netos de las evaluaciones.

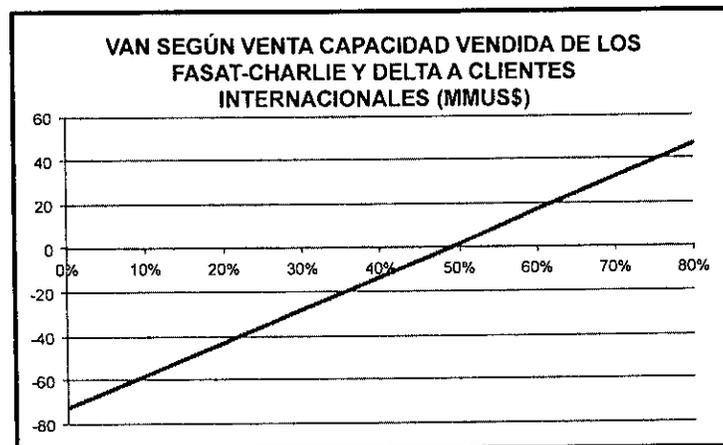


Figura N° 21: VAN de la alternativa 2 de solución óptica (Con reemplazo del FAsat-Charlie), en función de la venta de la capacidad efectiva de captura de imágenes sobre territorios internacionales.

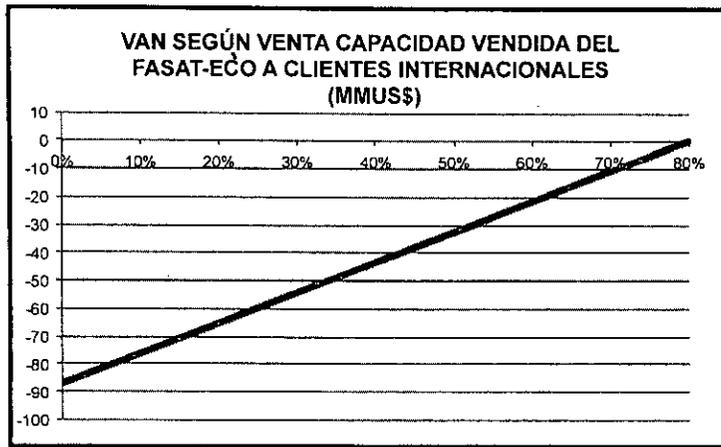


Figura N° 22: VAN de la alternativa 2 de solución radárica (Puesta en órbita del FAsat-Eco), en función de la venta de la capacidad efectiva de captura de imágenes sobre territorios internacionales.

## 9. ANEXOS

### 9.1. ANEXO 1: PRINCIPALES USUARIOS DE IMÁGENES SATELITALES EN CHILE

|                           | Empresas representativas                                       | Detalle  |
|---------------------------|--|--|
| <b>Minería</b>            | • Barrick  | • De acuerdo a los proveedores de imágenes satelitales, este sector representa un 40% de las ventas  |
| <b>Silvo Agropecuario</b> | • Arauco<br>• Mininco<br>• Masisa<br>• Chilealimentos<br>• SNA | • De acuerdo a los proveedores de imágenes satelitales el sector forestal representa un 20% de sus ventas<br>• En Arauco han invertido en imágenes Lidar, las imágenes satelitales se ocupan para investigación en la filial BioForest<br>• En Mininco se utilizan fotos aéreas para planificación de faenas de cosecha e imágenes satelitales para tasación de predios. Hoy todo el trabajo de expansión ha requerido de importantes compras de imágenes satelitales, proceso a cargo de Consultora externa |
| <b>Infraestructura</b>    | • Inmobiliarias  | • El gran proveedor de infraestructura es el Estado<br>• De acuerdo a las entrevistas, las empresas constructoras no ocupan este tipo de herramientas en forma directa   |
| <b>Acuicultura</b>        | • Mariscope<br>• Mesa del salmón<br>• IFOP                     | • Si bien existen aplicaciones en este sector, este tipo de herramientas hoy no es altamente utilizado dado sus costos y las condiciones climáticas de la zona sur que presentan un alto número de días nublados   |
| <b>Meteorología</b>       | • N/D  | • Esto es un sector que está muy cubierto por el Estado a través de la Dirección Meteorológica, y del cual las empresas privadas usan datos para estudios, aplicaciones y toma de decisiones   |
| <b>Medio Ambiente</b>     | • M-Risk<br>• AEPA<br>• Programa de cuencas                    | • El rol del Estado es de fiscalización, con un bajo uso de estas herramientas por parte de la CONAMA según fue levantado en la entrevista<br>• Las empresas privadas tienden a contratar estudios a consultoras, que dentro de otros elementos, consideran las imágenes satelitales para emitir sus informes y recomendaciones  |

| Sector                     | Institución          | Actual   |       | Potencial   |       |
|----------------------------|----------------------|--|-------|---|-------|
|                            |                      | Uso  | Nivel | Uso   | Nivel |
| Minería                    | CODELCO              | Cartografía (Externalizada)  | N/D   | Prospección minera  | N/D   |
|                            | SERNAGEOMIN          | Cartografía geológica (muy antigua), estudios vulcanológicos                                   | Medio | Actualización cartografía geológica   | Alto  |
| Silvo agropecuario         | CIREN                | Zonificación cultivos, evaluación potencial  | Alto  | Zonificación cultivos   | Alto  |
|                            | CONAF                | Catastro bosque nativo   | Medio | Catastro basado en firmas espectrales   | Alto  |
|                            | INDAP                | Capa de beneficiarios INDAP  | Bajo  | Asignación de recursos mediante uso de bases de datos territoriales                         | Medio |
|                            | INFOR                | Catastro de plantaciones   | Medio | Fiscalización inventario de bosque nativo   | Alto  |
|                            | INIA                 | Proyección de rendimiento en viñas<br>Asistencia en cultivo de remolacha                       | Medio | Control de calidad, Eficiencia en el uso de recursos (agua, energía)                        | Alto  |
|                            | ODEPA                | Censo agropecuario (c/10 años)<br>Catastro frutícola (cada 4 años, vía CIREN)                  | Medio | Aumentar periodicidad de estudios a través de SIG   | Alto  |
|                            | SAG                  | Catastro de viñas, control de plagas, veranadas  | Medio | Plataforma SAG SIG  | Alto  |
| Acuicultura / Usos Marinos | IFOP                 | Imágenes satelitales a nivel de estudio o análisis, Procesamiento imágenes                     | Medio | Sistema apoyo pescadores artesanales  | Alto  |
|                            | SERNAPESCA           | Sin estudio o procesamiento imágenes   | Bajo  | Control mareas rojas<br>Fiscalización concesiones de cultivo                                | Alto  |
|                            | SUBPESCA             | Cartografía de recursos bentónicos<br>Poca integración de imágenes satelitales con operaciones | Bajo  | Fiscalización, administración de zonas de manejo  | Medio |
| Meteorología               | METEOCHILE           | Meteorología   | Alto  | Meteorología (mucho potencial, limitaciones legales)  | Alto  |
| Otros                      | INE                  | Base planimétrica (240 centros urbanos)  | Medio | Completar Base planimétrica para Censo 2012   | Alto  |
|                            | DIFROL               | Observación de límites   | Bajo  | Control fronterizo, monitoreo de recursos limítrofes, prospección de plataforma continental | Bajo  |
|                            | SERNATUR             | Visualización de layers (ArcView), cartografía de servicios turísticos básicos                 | Bajo  | Geoportal turístico   | Medio |
|                            | Universidad de Chile | Estudios, análisis varios  | Alto  | Estudios, análisis, administración de información territorial                               | Alto  |

| Sector                   | Institución               | Actual  |       | Potencial   |       |
|--------------------------|---------------------------|---|-------|---|-------|
|                          |                           | Uso   | Nivel | Uso   | Nivel |
| Infraestructura          | Bienes Nacionales         | Sistema gráfico de manejo de propiedad fiscal                             | Medio | Ordenamiento territorial avanzado   | Alto  |
|                          | CNE MINSAL                | Sin procesamiento imágenes  | Bajo  | Planificación territorial de planes de reacción a emergencias                       | Medio |
|                          | CNR                       | SEPOR, modelos hidrológicos<br>Patrón de cultivo de cuenca del Limarí     | Medio | Mapa de seguimiento de caudales de cauces<br>Extensión de programas actuales        | Alto  |
|                          | GORE Región Metropolitana | Sin / incipiente estudio o procesamiento imágenes                         | Bajo  | Ordenamiento territorial<br>Fiscalización   | Alto  |
|                          | GORE Valparaíso           | Ordenamiento territorial básico (borde costero)                           | Bajo  | Ordenamiento territorial avanzado   | Alto  |
|                          | MINVU                     | Desarrollo de indicadores urbanísticos basados en información territorial | Medio | Desarrollo de indicadores urbanísticos  | Medio |
|                          | MOP                       | Cartografía en UGIT y Viabilidad (estudios de preinversión)               | Medio | Integrar visión del entorno en los estudios de preinversión                         | Medio |
|                          | MTT                       | Planimetría para fiscalización (sólo algunas ciudades)                    | Medio | Escelear a otras ciudades uso actual  | Medio |
|                          | Municipalidad Maipú       | Reavalúo fiscal, Permisos edificación, Recaudación de impuestos           | Medio | Planificación territorial   | Alto  |
|                          | SECTRA                    | Estudios de impacto recién incorporarán imágenes                          | Bajo  | Modelos de carga con información más rica   | Alto  |
|                          | SII                       | Sin uso actual  | Bajo  | Fiscalización, capa de roles en cartografía estándar                                | Medio |
|                          | SISS                      | En construcción de cartografía de instalaciones sanitarias                | Bajo  | Finalización proyecto cartografía   | Medio |
|                          | SUBDERE                   | Planificación territorial   | Bajo  | Planificación territorial avanzada, Integración de información territorial de GOREs | Bajo  |
| Medio Ambiente / Energía | CNE                       | Estudios Impacto Ambiental  | Bajo  | Prospección biocombustibles   | Medio |
|                          | CONAMA                    | EIA, administración layers info ambiental                                 | Bajo  | Fiscalización, administrar SINIA  | Alto  |
|                          | ONEMI                     | Visualización de desastres  | Bajo  | Planes de prevención, zonificación de riesgos                                       | Alto  |

Figura N° 23: Uso de imágenes satelitales en los sectores privado y público.

Fuente: Fundación Chile, "Demanda Actual y Futura Nacional de Imágenes Satelitales para los Sectores Definidos", Marzo de 2010, páginas 15, 117 y 118.

## 9.2. ANEXO 2: PRECIOS DE REFERENCIA PARA IMÁGENES SATELITALES PROCESADAS

| SEGMENTO | SATÉLITE       | OPERADOR    | PAN SHARP (M) | PAN (M) | MS (M) | ORTHO (US\$/Km <sup>2</sup> ) | RUSH (US\$/Km <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------|-------------|---------------|---------|--------|-------------------------------|------------------------------|
| HR       | WORLDVIEW-1    | GE/DG       | 0,5           | 0,5     | —      | 20,00                         | 35,00                        |
| HR       | WORLDVIEW-2    | GE/DG       | 0,5           | 0,5     | —      | 20,00                         | 35,00                        |
| HR       | GEOEYE-1       | GE/DG       | 0,5           | 0,5     | —      | 25,00                         | 40,00                        |
| HR       | GEOEYE-2       | GE/DG       | 0,5           | 0,5     | —      | ND                            | ND                           |
| HR       | PLEIADES 1A/1B | ASTRIUM GEO | 0,5           | 0,7     | 2,8    | ND                            | ND                           |
| HR       | QUICKBIRD-2    | GE/DG       | 0,6           | 0,7     | 2,4    | 20,00                         | 35,00                        |
| HR       | KOMPSAT-3      | SATREC-I    | 0,7           | 0,7     | —      | ND                            | ND                           |
| HR       | DEIMOS-2       | DEIMOS      | 0,75          | 1       | 4      | 9,00                          | 15,00                        |
| HR       | DUBAISAT-2     | EIAST       | 0,75          | 1       | 4      | ND                            | ND                           |
| HR       | IKONOS         | GE/DG       | 0,82          | 1       | 4      | 20,00                         | 35,00                        |
| MR       | KOMPSAT-2      | SATREC-I    | 1             | 1       | 4      | 15,00                         | 20,00                        |
| MR       | SPOT-6/7       | ASTRIUM GEO | 1,5           | 1,5     | —      | ND                            | ND                           |
| MR       | DUBAISAT-1     | EIAST       | 2,5           | 2,5     | 5      | 10,00                         | 18,00                        |
| MR       | SPOT-5         | ASTRIUM GEO | 2,5           | 5       | 10     | 2,13                          | 2,34                         |
| LR       | RAPIDEYE       | RAPIDEYE    | —             | 5       | 5      | 0,90                          | ND                           |
| LR       | DEIMOS-1       | DEIMOS      | —             | 20      | 20     | 0,20                          | 0,32                         |
| LR       | UK-DMC2        | DMCII       | —             | 20      | 20     | 0,22                          | —                            |

Tabla N° 7: Precios de referencia de imágenes satelitales ópticas procesadas.

Fuentes:

- Deimos Space, "Adquisición de Datos Multiplataforma", Ene13.
- Astrium GEO-Information Services, Lista de precios Internacional SPOT, <http://www.astrium-geo.com/es/557-listas-de-precios>.
- Lista de precios satélite IKONOS, <http://www.landinfo.com/espanol/satprices.htm>.
- Cálculo de precios promedio:
  - Imagen de alta resolución: US\$ 25,75/ Km<sup>2</sup>.
  - Imagen de media resolución: US\$ 11,24/ Km<sup>2</sup>.
  - Imagen de baja resolución: US\$ 0,46/ Km<sup>2</sup>.
  - Promedio: US\$ 12,48 Km<sup>2</sup>.



**“ESTUDIO NECESIDADES  
SATELITALES EN EL ÁREA DE  
TELECOMUNICACIONES”**

**MAYO 2013**

## INDICE

|  |    |
|--|----|
| I. RESUMEN EJECUTIVO .....   | 4  |
| II. ANTECEDENTES.....  | 9  |
| A. Internacional .....   | 9  |
| B. Nacional .....  | 10 |
| C. Tecnologías satelitales para servicios a usuarios finales.....            | 11 |
| III. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL .....                                | 13 |
| A. Actores del actual sistema y modelo de gestión .....                      | 13 |
| 1) Subsecretaría de Telecomunicaciones .....                                 | 13 |
| 2) Entidades dueñas de satélites.....  | 14 |
| 3) Concesionarias de servicios de telecomunicaciones por satélite .....      | 14 |
| 4) Permisarios de servicios limitados de televisión por satélite (DTH) ..... | 14 |
| 5) Otros servicios limitados de telecomunicaciones por satélite.....         | 14 |
| 6) Usuarios.....   | 14 |
| 7) Funcionamiento del sector y relación entre actores .....                  | 15 |
| 8) Televisión Digital Terrestre (TVDT).....                                  | 15 |
| B. Demanda actual de comunicaciones satelitales del Estado .....             | 16 |
| 1) Sistemas de comunicaciones de emergencia.....                             | 18 |
| 2) Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT) .....                 | 18 |
| 3) Seguridad pública .....   | 20 |
| 4) La Defensa Nacional .....   | 21 |
| 5) Otros servicios públicos.....   | 22 |
| 6) Televisión Digital Terrestre (TVDT).....                                  | 22 |
| IV. DEMANDA PROYECTADA A 7 AÑOS.....   | 24 |

|   |    |
|---|----|
| 1) Sistemas de comunicaciones de emergencia.....  | 24 |
| 2) Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT) .....                            | 25 |
| 3) Seguridad pública .....  | 25 |
| 4) La Defensa Nacional .....  | 26 |
| 5) Otros servicios públicos.....  | 26 |
| 6) Televisión Digital Terrestre (TVDT).....   | 27 |
| V. ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA LAS TELECOMUNICACIONES SATELITALES DE CHILE .....      | 28 |
| A. Alternativa N°1: "Agregación de demanda" .....                                       | 31 |
| 1) Identificación y descripción de la alternativa.....                                  | 31 |
| 2) Evaluación de la alternativa .....   | 31 |
| 3) Modelo de funcionamiento.....  | 33 |
| 4) Ventajas y desventajas de esta alternativa.....                                      | 33 |
| 5) Cronograma de alto nivel.....  | 34 |
| B. Alternativa N°2: "Compra de capacidad de transmisión a través de transponders" ..... | 34 |
| 1) Evaluación de la alternativa .....   | 35 |
| 2) Identificación de cobertura del problema detectado .....                             | 37 |
| 3) Modelo de funcionamiento.....  | 38 |
| 4) Ventajas y desventajas de la alternativa .....                                       | 39 |
| 5) Cronograma de alto nivel.....  | 39 |
| C. Alternativa N°3: "Desarrollo de capacidad satelital propia" .....                    | 40 |
| 1) Evaluación de la alternativa .....   | 40 |
| 2) Identificación de cobertura del problema detectado .....                             | 43 |
| 3) Modelo de funcionamiento.....  | 43 |
| 4) Ventajas y desventajas de la alternativa.....  | 44 |
| 5) Cronograma de alto nivel.....  | 44 |
| VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....   | 45 |

## Índice de Anexos

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1: Tabla de situación actual para sistemas de emergencia, seguridad pública y FDT.....   | 48 |
| Anexo 2: Cálculo de transformación de unidades de Mbps a MHz. ....   | 49 |
| Anexo 3: Listado de Ministerios y organismos dependientes a los cuales les fue solicitado levantar su demanda de comunicaciones satelitales..... | 52 |
| Anexo 4: Levantamiento de la demanda con proyección a 7 años.....  | 53 |
| Anexo 5: Tabla de parámetros de evaluación común para las alternativas de solución. ....   | 54 |
| Anexo 6: Evaluación económica Alternativas 1.....  | 55 |
| Anexo 7: Definición de Transponder.....  | 56 |
| Anexo 8: Algunos satélites con cobertura en el país.....   | 57 |
| Anexo 9: Evaluación económica Alternativa 2.....   | 58 |
| Anexo 10: Evaluación económica Alternativa 3.....  | 60 |
| Anexo 11: Extracto de presentación empresa ASTRIUM sobre sugerencia de nuevas bandas de frecuencia y posición orbital.....                       | 61 |
| Anexo 12: Extracto de cotizaciones referenciales de transponder de proveedores: ASTRIUM y SATMEX.....  | 62 |
| Anexo 13: Extracto de cálculo de ancho de banda necesario para el servicio de TVDT.....  | 64 |

### I. RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente el funcionamiento de las comunicaciones satelitales está sustentado mediante la oferta y demanda entre usuarios y empresas. Estos son operados y explotados por empresas privadas, reservándose para el Estado las tareas de regular el sector de telecomunicaciones.

Complementariamente con lo anterior, el Estado mantiene un rol subsidiario que se materializa a través del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT), el cual mediante fondos concursables, permite que empresas privadas ofrezcan servicios en lugares que no son rentables, ya sea por su ubicación o bajo tráfico. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados siguen y seguirán existiendo lugares aislados que no serán cubiertos por la oferta privada aun cuando sean servicios subsidiados por el Estado, debido al poco atractivo para los operadores privados del mercado.

Dada esta situación, se desprende que en el actual modelo de funcionamiento existen sólo esfuerzos aislados de los organismos del Estado para resolver sus necesidades satelitales, y por lo tanto, al no existir una solución unificada que pueda solventar la creciente necesidad de enlaces satelitales de telecomunicaciones en los sectores identificados, como son defensa, seguridad, desastres y emergencias y cubrir la brecha digital que aún persiste en el país, se hace imprescindible la búsqueda de una solución más eficiente en el uso de los recursos del Estado.

El presente informe fue elaborado por un equipo multidisciplinario de profesionales y especialistas en la materia, coordinado por Subtel y en que participaron entre otros, el Ministerio de Defensa, la FACH, Ministerio de relaciones Exteriores, CONYCIT, Ministerio de Bienes Nacionales a través del SNIT, CIREN y SUBTEL. Este informe se enmarca dentro de la elaboración de la propuesta de desarrollo espacial para Chile, que está preparando Subtel, la que aborda: a) la política espacial o plan estratégico y desarrollo al 2020, b) la institucionalidad y c) las alternativas de solución para las necesidades satelitales del país, en materia de telecomunicaciones y observación de la tierra.

En lo que respecta a la propuesta c), en este informe se desarrolló la parte relacionada con el estudio de necesidades satelitales de telecomunicaciones, con el objeto de obtener un diagnóstico de las capacidades satelitales que requiere el sector público en materia de telecomunicaciones. Dicho estudio, considera un levantamiento de las necesidades actuales y su proyección al año 2020, tomando en cuenta sólo el servicio de telecomunicaciones satelitales. Lo anterior, información necesaria para poder dimensionar el uso de estos servicios y poder realizar un análisis técnico económico que permita evaluar las distintas alternativas visualizadas.

Debido al plazo establecido, la evaluación económica se realizó con cotizaciones referenciales que se solicitaron a distintas empresas del rubro, para poder tener un orden de magnitud, dejando fuera, para esta etapa, el proceso de RFI (Request For Information)<sup>1</sup>, constituyendo este informe una evaluación de prefactibilidad, el que deberá ser profundizado con la solución escogida.

En primera instancia este informe realiza un diagnóstico de la situación actual, donde se muestran los distintos actores del sistema, el papel que juegan y la interacción que poseen entre ellos. Luego de esto, se determina la demanda actual que existe en el Estado, en cuanto a la utilización de las telecomunicaciones satelitales, y se proyecta al año 2020, para luego evaluar las distintas alternativas de solución que deberán satisfacer dicha demanda.

Las alternativas de solución que se analizaron fueron tres:

1. **Agregación de demanda:** corresponde a la modalidad de servicio satelital a través de la realización de una compra agregada de la capacidad actual y de su crecimiento a empresas de telecomunicaciones, considerando la necesidad de todos los organismos públicos para lograr un mejor precio por compras por volumen. Esta centralización de las necesidades del Estado se materializa a través de un convenio marco del Ministerio de Hacienda, lo cual no implica grandes inversiones y es posible ser implementada en un corto plazo.

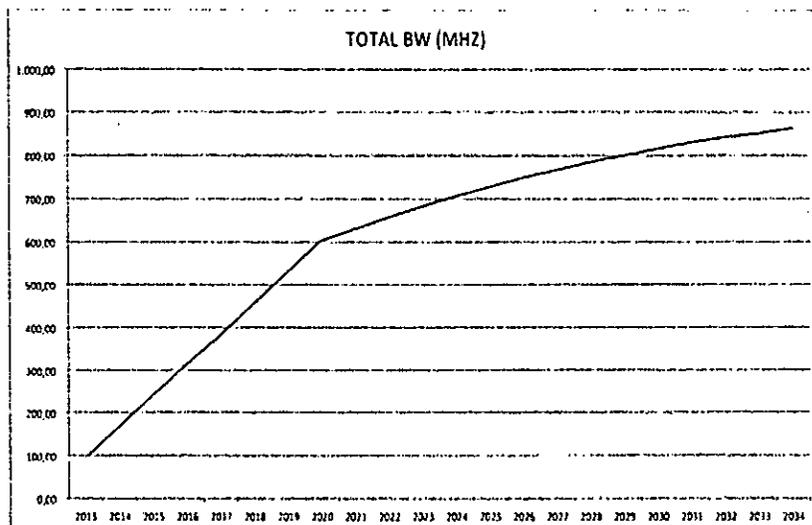
---

<sup>1</sup> RFI corresponde al proceso formal de solicitud de información para el cual se requiere un trabajo de ingeniería detallado de diseño y especificaciones, que dan paso luego al proceso de licitación formal o RFP (Request For Proposal), procesos que escapan al alcance de este estudio de prefactibilidad.

2. **Compra de capacidad de transmisión:** lo que significa el arriendo de capacidad satelital en órbita de transponders con el objeto de cubrir la demanda de comunicación satelital de los organismos públicos de manera centralizada y desarrollando infraestructura terrestre propia para usuario final. Sin embargo, esta solución obliga a que el Estado de Chile asuma un rol de administrador de la capacidad arrendada.
3. **Desarrollo de capacidad Satelital propia:** ésta alternativa contempla la evaluación, adquisición y puesta en órbita de un satélite de telecomunicaciones propio que permita cubrir las necesidades presentes y futuras del país en esta materia, de manera autónoma tanto para su operación, explotación, control e infraestructura terrestre de usuarios y telepuertos. Esta alternativa sólo se analizó a partir del año 2020, debido a que estos tipos de proyectos tienen etapas que deben ser realizadas como diseño, especificación, compra e implementación, todas etapas previas al lanzamiento de un satélite, proceso que no demora menos de 4 años.

Para las evaluaciones, se consideró la demanda actual de las instituciones gubernamentales en **97,92 MHz** y con proyección al 2020 de **602,31 MHz**. Dado que un satélite de Telecomunicaciones tiene una vida útil de al menos 15 años, se proyectó la demanda, sólo para efectos de comparación de costos de las alternativas, un periodo de 20 años, los 5 primeros años corresponde al periodo sin la posibilidad de tener satélite propio y los 15 años siguientes con la alternativa de satélite propio, para lo cual se realizaron supuestos entre los cuales, la demanda tendrá crecimientos decrecientes atribuibles a la madurez que se irá alcanzado hacia el año 2020. Lo anterior, se encuentra en el siguiente Gráfico 2.

Demanda proyectada a 20 años



En consideración a que una de las alternativas es la de implementar capacidad satelital propia (alternativa 3), la cual de ser la seleccionada, no estaría implementada antes del año 2020, debido a que estos tipos de proyectos tienen etapas que deben ser realizadas como diseño, especificación, compra e implementación, se ha separado la evaluación en dos periodos, el primero de ellos desde el 2014 al 2019, periodo en que la alternativa de satélite propio no existe y donde se evalúan sólo dos alternativas, la llamada Agregación de Demanda (Alternativa 1) y la de Arriendo de Transponders (Alternativa 2).

El segundo periodo comienza el 2020 y termina el 2034, periodo donde surge como alternativa la del satélite propio (Alternativa 3), la que tiene una duración de 15 años debido a la vida útil que tienen este tipo de satélites, y lograr así realizar una evaluación de periodo completo. La alternativa de satélite propio depende de la solución del primer periodo, por lo que igual se identificarán los costos por separado entre el primer y segundo periodo, siendo de esta forma más simple sumar los costos del primer periodo a la solución de satélite propio, para realizar una comparación de periodo completo.

**Conclusión y Recomendación**

La figura siguiente, resume de manera esquemática las diferentes alternativas de solución analizadas para el corto y largo plazo en el marco del presente estudio, incluyendo sus respectivos VAN por periodos y total en Millones de US\$.

Esquema de las alternativas de solución en el corto y largo plazo (Valores en Millones US\$)

|   | PERIODO 2014 A 2019<br>(5 años)                  |                   | PERIODO 2020 A 2034<br>(15 años)  |                   | TOTAL<br>(20 años) |
|---|--|-------------------|---|-------------------|--------------------|
| ALT. 1  | 1 A<br>Agregación de Demanda                     | VAN<br>1A<br>-138 | 1 B<br>Agregación de Demanda: continuación de la Alt.                     | VAN<br>1B<br>-243 | VAN 1<br>-381      |
|   | 2 A<br>Capacidad de transmisión<br>(Transponder) | VAN<br>2A<br>-91  | 2 B<br>Capacidad de transmisión (Transponder):<br>continuación de la Alt. | VAN<br>2B<br>-267 | VAN 2<br>-358      |
| ALT. 3  | 1 A<br>Agregación de Demanda                     | VAN<br>1A<br>-138 | 3<br>Satélite Propio  | VAN<br>3<br>-397  | VAN<br>31A<br>-535 |
|   | 2 A<br>Capacidad de transmisión<br>(Transponder) | VAN<br>2A<br>-91  | 3<br>Satélite Propio  | VAN<br>3<br>-397  | VAN<br>32A<br>-488 |
| <p>Solución de Corto Plazo</p> <p>Solución de Largo Plazo</p> |  |                   |   |                   |                    |

Del análisis económico se desprende que en el corto plazo, período 2014 a 2019, es más conveniente, la alternativa 2A (-90,6MMUS\$) correspondiente al arriendo de capacidad de transmisión por sobre la alternativa 1A (-138MMUS\$), es un 33% más baja. Esta solución además desde el punto de vista técnico nos da mayor flexibilidad para administrar el ancho de banda contratado y gestionar la calidad del servicio al usuario final.

Desde el punto de vista del largo plazo, periodo 2014 a 2034, la solución más económica sigue siendo la alternativa 2 (-358MMUS\$) de arriendo de capacidad de transmisión, pero tan sólo un 6% más baja que la alternativa 1 (-381MMUS\$), esto se debe principalmente a que la alternativa 1 al ser arriendo de servicios, siempre se ajusta mejor a la demanda, en cambio la alternativa de arriendo de capacidad de transponder siempre tendrá un grado de ineficiencia u holgura con parte de su capacidad porque tiene incrementos discretos donde la unidad mínima de crecimiento es 1 transponder de 36MHz. Sin embargo, esta misma holgura que se presenta en esta solución tiene la ventaja de poder administrar mejor las velocidades entregadas a los usuarios finales y permite soportar peaks de demandas en eventos programados o situaciones de crisis.

Por otro lado, si bien la alternativa 2A (-90,6MMUS\$) es la más conveniente en el corto plazo desde el punto de vista de costos, se debe tener en cuenta que para llevar a cabo esta solución, es necesario realizar un estudio más acabado técnicamente para poder resolver en mejor medida los requerimientos de cada usuario, lo cual por un tema de tiempo no fue posible abordar en este estudio.

Finalmente, desde el punto de vista de los resultados del informe, basado en los análisis económicos y técnicos, se recomienda optar por la alternativa 2A (-90,6MMUS\$), es decir arrendar capacidad de transmisión o transponders, y luego evaluar al quinto año la solución de satélite propio, dependiendo del desarrollo interno que se haya alcanzado, revisando el estado del arte a la fecha de la tecnología, reevaluando los costos, basados en que a esa fecha se tendrá una infraestructura física de terreno y una operación ya montada para atender los usuarios, además de una demanda clara por los servicios, que permitirá una mejor evaluación de la solución para el desarrollo satelital.

Consecuente con lo anterior, y como se describió en este informe, al ser los plazos de solicitud de posición orbital tan largos, entre 3 y 7 años de tramitación, y como tramitar una posición orbital no constituye obligación de lanzar un satélite, se recomienda comenzar ahora la tramitación de la posición orbital de un satélite propio, de esta forma cuando se deba rehacer la evaluación ya se tendrá parte importante del proceso de implementación hecho, si la decisión fuera la de desarrollar un satélite propio.

## II. ANTECEDENTES

### A. Internacional

La regulación internacional sobre servicios satelitales está contenida en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y aplicable a la inscripción de satélites y las estaciones terrenas asociadas. Este reglamento es el resultado de conferencias que desarrolla esta organización intergubernamental, regularmente cada tres o cuatro años.

En caso que Chile sea el operador de un satélite, independientemente de la finalidad, tipo de servicio o quién opere el o los satélites es obligatorio realizar, previo a la entrada en servicio, los trámites de coordinación e inscripción de las frecuencias y órbitas ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Para obtener la inscripción y reconocimiento Internacional de frecuencias y posiciones orbitales existen dos mecanismos, uno la coordinación caso a caso como se inscribió, por ejemplo, el satélite de Observación de la Tierra por Satélite (SSOT) actualmente operado por la Fuerza Aérea de Chile, ello tras un procedimiento que puede tomar de 3 a 7 años, dependiendo de la complejidad del caso.

Otro procedimiento para obtener frecuencias y posiciones orbitales, es mediante la inclusión en un Plan de Frecuencias aprobado por una conferencia de la UIT. Ello, con el fin de garantizar especialmente a los países menos desarrollados, un mínimo de frecuencias y posiciones orbitales. Los planes contienen una lista de frecuencias y sus características técnicas asociadas, incluida la descripción de la respectiva órbita para cada país. Las disposiciones contenidas en dichos planes permanecen en vigor hasta su revisión en una nueva conferencia competente de la UIT.

Cabe señalar que en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan, realizada en Ginebra en 1985, (CAMR Orb-85), se adjudicó a Chile la posición orbital geoestacionaria (105,8° y 106,2° Oeste) para el servicio de radiodifusión televisiva por satélite en la banda 12,2 - 12,7 GHz, dependiendo la zona geográfica a servir. Cada una de estas adjudicaciones orbitales puede operar hasta 16 canales de radiodifusión televisiva, analógica con sus respectivos enlaces de conexión en dirección Tierra-espacio los cuales operarán en la banda de 17 GHz.

Por otra parte, en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones, CAMR Orb-88, realizada en Ginebra en 1988, se adjudicó a Chile la posición orbital 74,9° Oeste para el servicio fijo por satélite. En la citada posición se deberá coordinar frecuencias para ser utilizada en las bandas 6.725 - 7.025 MHz sentido Tierra – espacio; 4.500 - 4.800 MHz

sentido espacio –Tierra; 12,75 - 13,25 GHz sentido Tierra – espacio; 10,70 - 10,95 GHz y 11,20 - 11,45 GHz sentido espacio – Tierra.

La información detallada sobre las citadas posiciones orbitales correspondientes a los servicios de radiodifusión por satélite y servicio fijo por satélite, están contenidas en los Apéndices 30, 30A y 30B, del referido Reglamento.

Cabe destacar que los procedimientos de modificación de los planes de adjudicación de frecuencias, contenidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones permiten modificaciones de parámetros de las adjudicaciones. La integridad del plan está resguardada por los procedimientos de modificación del plan que implican consultas a las Administraciones de Telecomunicaciones de los países involucrados y publicación de cualquier propuesta de cambio. En todo caso las modificaciones del plan dependiendo de su complejidad también pueden tomar años.

## **B. Nacional**

Respecto a los servicios satelitales el principio general establecido en la Ley General de Telecomunicaciones, N° 18.168 de 1982, es que todos los concesionarios y permisionarios de servicios de telecomunicaciones tendrán acceso al uso de sistemas de telecomunicaciones por satélite en condiciones de igualdad en lo técnico y económico, según los términos de la concesión o permiso y lo que hayan convenido las partes.

En Chile en general, para instalar operar y explotar servicios de telecomunicaciones en el territorio nacional, incluidas aguas y espacios aéreos sometidos a jurisdicción nacional se requiere de autorización. En el caso de comunicaciones por satélite tal autorización será necesaria para los operadores de estaciones terrenas, sean éstas fijas o móviles. Lo anterior a excepción de las instituciones señaladas en el artículo 11° de la ley (Fuerzas Armadas, Carabineros y Policía de Investigaciones), cuando se trate de comunicaciones de exclusivo uso institucional para el cumplimiento de sus fines.

Sin perjuicio de lo anterior, los operadores de satélites deben cumplir con los procedimientos de coordinación internacional establecidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y a nivel nacional se debe cumplir con el siguiente marco regulatorio:

- a. Ley General de Telecomunicaciones, Ley N° 18.168 de 1982 y sus modificaciones establece el marco de las telecomunicaciones en el país.
- b. Plan General de Uso del Espectro Radioeléctrico Decreto N° 127 de 2006, y sus modificaciones. En este plan se atribuye las bandas de frecuencias y establece definiciones aplicables, entre otros, a las comunicaciones por satélite.

- c. Resolución Exenta SUBTEL N° 1.752 de 1998 y sus modificaciones (Resoluciones Exentas N° 1.200 de 2008 y N° 1.512 de 2008), que norma el servicio público de transmisión de datos móviles por satélite.
- d. Resolución Exenta SUBTEL N° 1.753 de 1998 y sus modificaciones (Resoluciones Exentas N° 1.043 de 1999, 1.199 de 2008 y N° 1.510 de 2008), que norma el servicio público de telefonía móvil por satélite.
- e. Resolución Exenta SUBTEL N° 6.966 de 2009 y su modificación (Resolución Exenta N° 7.269 de 2011), que norma el servicio fijo por satélite.

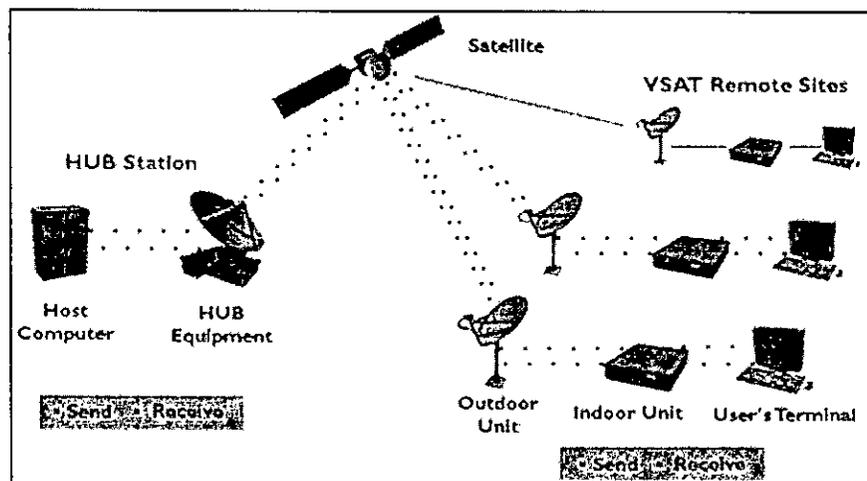
**C. Tecnologías satelitales para servicios a usuarios finales**

A continuación se explicarán los tipos de servicios de comunicaciones satelitales de usuarios finales y que fueron usados para el siguiente estudio:

**a. Sistema VSAT (Very Small Aperture Terminal)**

Este sistema posee equipos que utilizan antenas con diámetros no mayores a los 3 metros (generalmente entre 75 cm y 1,2 mt.); es un enlace de onda directa y se conecta a través de un satélite geoestacionario con velocidades que van entre los 56 kbps y los 4 Mbps, ejemplo de configuración como se muestra en la figura 1. Para este tipo de tecnologías existen plataformas fijas y móviles, ya sea para un terminal o HUB y se paga una cuota fija al mes.

Figura 1: Esquema configuración VSAT

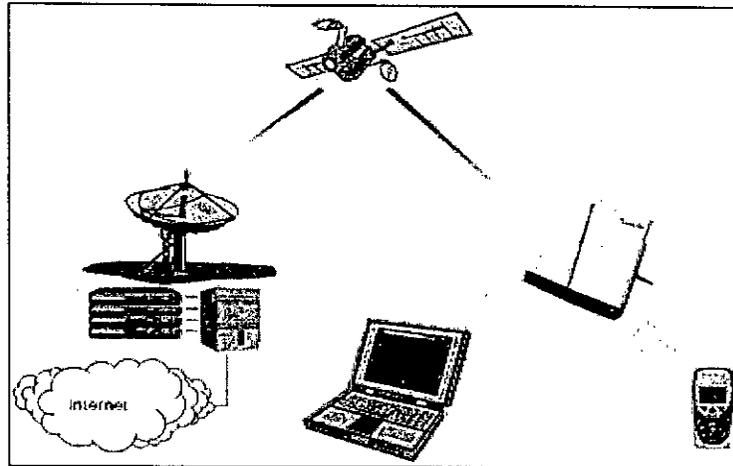


Fuente: <http://www.upv.es>

b. Sistema BGAN (Broadband Global Area Network)

Es un sistema de plataforma móvil que provee comunicaciones de voz y datos de forma bidireccional, con un ancho de banda de hasta 492 Kbps ejemplo de configuración como se muestra en la figura 2. Es un equipo pequeño de alrededor de 1,5 Kg y su cobro es a través de prepago o postpago por cantidad de información subida o bajada, es decir en MB.

Figura 2: Esquema configuración BGAN



Fuente: <http://mobile-satellite.atrexx.com>

c. Telefonía satelital

Es un teléfono móvil, ver figura 3, que provee comunicaciones de voz en una extensa área de cobertura. Su utilización y cobro es a través de prepago en plan con minutos.

Figura 3: Teléfono Satelital



Fuente: <http://www.infocomercial.com>

### III. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

El objetivo de este capítulo es poder identificar cuáles son las diferentes entidades públicas y privadas que tienen injerencia en el tema de las comunicaciones satelitales, ya sean éstas como usuarios, reguladores o prestadores de servicio.

Actualmente el modelo de funcionamiento para las comunicaciones satelitales está sustentado mediante la oferta y demanda entre usuarios y empresas. Estos son operados y explotados por empresas privadas, reservándose para el Estado las tareas de regular el sector de telecomunicaciones.

Complementariamente con lo anterior, el Estado mantiene un rol subsidiario que se materializa a través del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT), el cual mediante fondos concursables, permite que empresas privadas ofrezcan servicios en lugares que no son rentables, ya sea por su ubicación o bajo tráfico. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados siguen y seguirán existiendo lugares aislados que no serán cubiertos por la oferta privada aun cuando sean servicios subsidiados por el Estado, debido al poco atractivo para los operadores privados del mercado.

Dada esta situación, se desprende que en el actual modelo de funcionamiento existen sólo esfuerzos aislados de los organismos del Estado para resolver sus necesidades satelitales, y por lo tanto, al no existir una solución unificada que pueda solventar la creciente necesidad de enlaces satelitales de telecomunicaciones en los sectores identificados, como son defensa, seguridad, desastres y emergencias y cubrir la brecha digital que aún persiste en el país, pese a los esfuerzos realizados a través del FDT, se hace imprescindible la búsqueda de una solución más eficiente en el uso de los recursos del Estado.

#### A. Actores del actual sistema y modelo de gestión

En este contexto los actores que interactúan en las comunicaciones por satélite son:

##### 1) Subsecretaría de Telecomunicaciones

El Estado, a través de la Subsecretaría, regula el sector de telecomunicaciones, lo que en este caso implica establecer normas técnicas, otorgar las respectivas autorizaciones y fiscalizar el cumplimiento de las obligaciones que impone la ley a las concesionarias y permisionarias, incluido el resolver los reclamos de los usuarios de servicios de telecomunicaciones. Además, actuando como representante del país ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones realiza las coordinaciones e inscripciones de frecuencias y posiciones orbitales.

2) Entidades dueñas de satélites

En general empresas privadas, ponen en órbita y controlan el satélite y comercializan la capacidad disponible a bordo. (Ejemplos: Intelsat, Inmarsat, Iridium, SES, ASTRIUM, Hispasat). Estas entidades ofrecen, venden o arriendan anchos de banda (MHz) a través del cual será el respectivo operador quien lo administre y dependiendo de las características técnicas de sus instalaciones, obtendrá la respectiva velocidad de transmisión en kbps o Mbps.

3) Concesionarias de servicios de telecomunicaciones por satélite

Empresas privadas constituidas en Chile, están autorizadas a instalar, operar y explotar estaciones terrenas propias o de terceros destinadas a ofrecer servicios de comunicaciones satelitales de telefonía o datos (Claro, Entel, Movistar). Estas empresas ofrecen servicios con determinadas velocidades de transmisión (kbps o Mbps), incluyendo el respectivo equipamiento terrestre, instalación y mantención de los mismos. Estos operadores, dependiendo de las características técnicas de las instalaciones pueden administrar la cantidad de Mbps por cada MHz. Además, el servicio ofrecido involucra determinados grados de contención que implican diferencias de grado de servicio y precio.

4) Permisarios de servicios limitados de televisión por satélite (DTH)

Empresas privadas constituidas en Chile, están autorizadas a instalar, operar y explotar medios propios o de terceros que permitan ofrecer el servicio de televisión de pago directa al hogar (DTH) (SES, TuVes, etc.) que incluye los equipos terrestres, su instalación y la mantención.

5) Otros servicios limitados de telecomunicaciones por satélite

Empresas privadas constituidas en Chile, están autorizadas a instalar, operar y explotar estaciones terrenas que permitan satisfacer sus propias necesidades de telecomunicaciones, por ejemplo, enlaces satelitales punto a punto entre sus oficinas. (Chilefilms, CNN, etc.).

6) Usuarios

Personas naturales o jurídicas que contratan los servicios de concesionarias o permisarias de servicios de telecomunicaciones satelitales; por ejemplo televisión directa al hogar, acceso a internet y enlaces dedicados entre diversos puntos.

7) Funcionamiento del sector y relación entre actores

En general los servicios de telecomunicaciones en Chile desde los años 80 son operados y explotados por empresas privadas, reservándose para el Estado las tareas de regular el sector de telecomunicaciones lo que se puede resumir en: administrar el espectro radioeléctrico, dictar la normativa técnica aplicable al servicio, fijar tarifas cuando corresponda, establecer procedimientos para el otorgamiento de autorizaciones, otorgar autorizaciones y fiscalizar el cumplimiento de las obligaciones que impone la ley a las concesionarias, permisionarias y licenciatarias, incluido el resolver los reclamos de los usuarios de servicios de telecomunicaciones.

Complementariamente con lo anterior, el Estado mantiene un rol subsidiario que se materializa a través del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT), el cual mediante fondos concursables, permite que empresas privadas ofrezcan servicios en lugares que no son rentables, ya sea por su ubicación o bajo tráfico.

Es decir, el mercado de las telecomunicaciones es esencialmente de carácter privado, en el cual el Estado es fundamentalmente un regulador y cada organismo público, incluyendo las instituciones de Defensa, funcionan de manera autónoma, negociando sus propios contratos y comprando por su cuenta las capacidades de telecomunicaciones satelitales que le permitan cubrir sus requerimientos, de acuerdo al presupuesto asignado para éste ítem.

8) Televisión Digital Terrestre (TVDT)

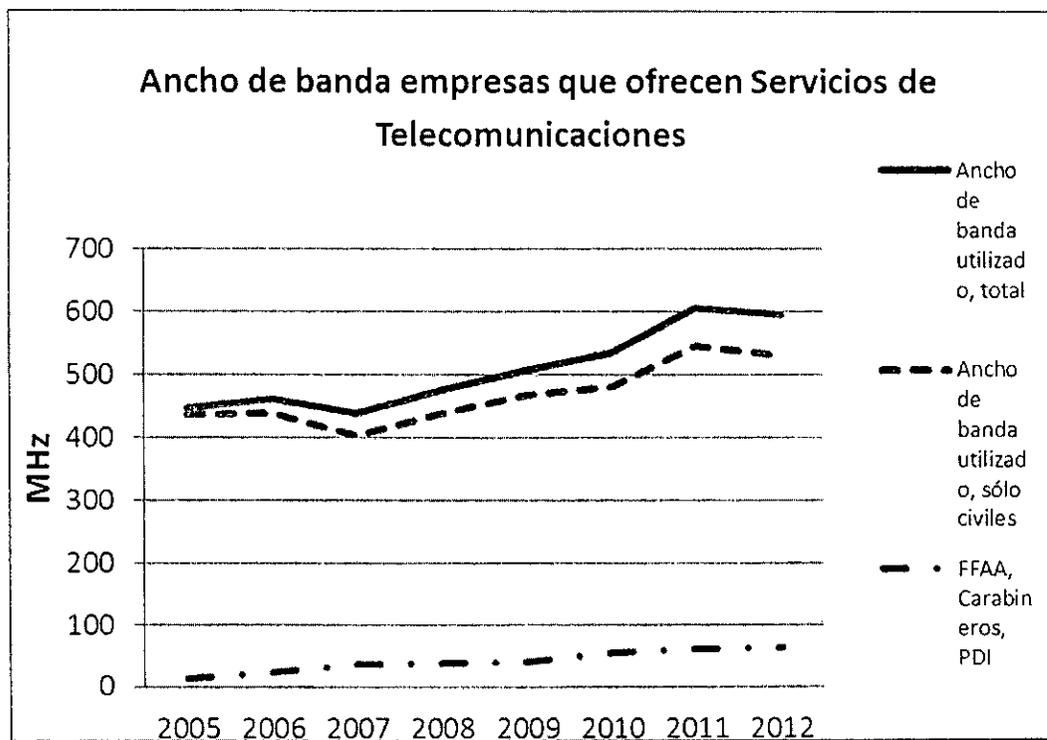
Actualmente se tramita en el congreso el Proyecto de Ley sobre Televisión Digital Terrestre (TVDT), el que contempla la asignación de espectro radioeléctrico de 6MHz por concesionaria, a través de un concurso público en el que podrán participar concesionarios de servicios limitados de televisión terrestre o cable operadores, concesionarios de servicios de radiodifusión televisiva de libre recepción y productoras independientes.

## B. Demanda actual de comunicaciones satelitales del Estado

### *Antecedentes históricos:*

De los resultados del levantamiento de información o encuesta realizado por la Subsecretaría de Telecomunicaciones en los años 2010 y 2012 a las empresas concesionarias autorizadas a ofrecer servicios de telecomunicaciones satelitales nacionales e internacionales, se desprende la siguiente gráfica:

Gráfico 1: Comportamiento de la demanda de comunicaciones satelitales ofrecidas por empresas nacionales en los últimos 7 años.



Fuente: Subsecretaría de Telecomunicaciones.

Del Gráfico 1, se puede concluir que el ancho de banda arrendado por instituciones públicas y privadas, incluyendo las FFAA, Carabineros e Investigaciones, pero excluyendo servicios limitados y DTH, en los últimos 7 años ha aumentado alrededor de un 33%.

**Metodología en levantamiento de la demanda actual:**

La metodología usada para el levantamiento de la demanda actual, se basó principalmente en consultas realizadas a las distintas instituciones, tales como, la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), Carabineros, Policía de Investigaciones, etc. Complementada con información disponible en la Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel), a través del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT).

Adicionalmente, se elaboró un modelo de levantamiento de información a través de una encuesta electrónica a 54 organismos del Estado. Esta encuesta considera la situación actual de todos los contratos vigentes de servicios de telecomunicaciones satelitales y una estimación de necesidades al 2020, adicionalmente a esta encuesta se incluyó información de la Defensa Nacional en este mismo ámbito, conformándose el presente diagnóstico.

La demanda fue agrupada por sectores de usuarios, sin priorización alguna, según la utilización y el grado de importancia que reviste para ellos el uso de este servicio, tal como se muestra a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1: Definición de sectores para el levantamiento de la demanda de comunicaciones satelitales.

| Nº | Sector                                   |
|----|--|
| 1  | Sistemas de comunicaciones de emergencia |
| 2  | FDT                                      |
| 3  | Seguridad pública                        |
| 4  | Defensa                                  |
| 5  | Otros servicios públicos                 |
| 6  | Televisión Digital Terrestre (TVDT)      |

A continuación se describen los sectores y se identifica su situación actual en comunicaciones satelitales:

1) Sistemas de comunicaciones de emergencia

Para el caso de las comunicaciones de emergencia, sistema conformado por ONEMI, red de mando gubernamental y red de sismógrafos, la estimación de necesidades se encuentra cuantificada en Anexo 1, cuyo resumen es el siguiente:

a. ONEMI

A la fecha cuenta con 20 equipos Bgan (con una capacidad teórica de 480 kbps.) los cuales tienen un costo anual para la ONEMI de \$50 millones anuales. Además dispone de 85 teléfonos satelitales con un costo anual de \$20 millones. En ambos casos, en modalidad postpago, para uso ocasional.

b. Red de mando gubernamental

Es un proyecto de ley en trámite, en el cual se establece el Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil, se incorpora la red de mando gubernamental para llevar a cabo las funciones que le competirán. A la fecha, no se cuenta con ninguna capacidad instalada o contratada.

c. Red de sismógrafos

Actualmente el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile se encuentra en proceso de instalar una red de sensores sísmicos, donde todas las estaciones o sismógrafos estarán conectadas por satélite a una estación terrena central que recolecta los datos para su procesamiento y cuyos enlaces deberán contar con el financiamiento correspondiente.

2) Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT)

Por razones de tiempo, reserva del trabajo encomendado y considerando que se desea incorporar tareas propias del Estado en su rol subsidiario para el caso de telecomunicaciones de uso civil, se realizó la estimación de necesidades de segmento espacial empleando los datos que SUBTEL posee como resultado del trabajo del FDT. Para zonas rurales, en el caso de educación se utilizó el listado de escuelas públicas de acuerdo al catastro del FDT y para el caso de salud se consideró las postas rurales sin comunicación, obtenidas en entrevistas con personal del Ministerio de Salud, cuyo detalle se encuentra en Anexo 1.

a. Postas de salud rural

Son establecimientos de atención ambulatoria, localizados en determinadas áreas geográficas, de fácil accesibilidad, para poblaciones de 600 a 1.200 habitantes y

que presta servicios a la población de un área determinada que no excede los 20.000 habitantes.

Estos recintos están a cargo de un técnico paramédico de salud rural residente, que recibe periódicamente el apoyo del equipo profesional compuesto básicamente por médico, enfermera, matrona y dentista, los que concurren en conjunto o en forma alternada. Las acciones de fomento, la prevención y la protección de la salud de las personas se realizan sobre toda la población del área geográfica, principalmente, a través de visitas domiciliarias programadas y las actividades de recuperación, por detección o demanda espontánea.

La posta de salud rural deriva a establecimientos de mayor complejidad las situaciones que no puede resolver por sus medios. Dada la ubicación en áreas de población cuyas condiciones socio-económicas, culturales o de aislamiento geográfico implican un bajo grado de desarrollo. Esta posta tiene un importante papel en la promoción del desarrollo integral de la comunidad.

De acuerdo a la información obtenida del Ministerio de Salud existen 1.042 postas rurales hasta ahora sin servicios de telecomunicaciones, de las cuales se estimó que 500 no tienen posibilidad de conexión terrestre. La intención, es dotarlas con teleconferencia e intercambio de archivos, como por ejemplo fichas médicas, que permita realizar acciones de telemedicina acorde a los recursos con que cuenta este tipo de postas.

b. Localidades rurales

De acuerdo al catastro de localidades rurales del FDT existen alrededor de 11.000 localidades con más de 10 habitantes, de las cuales a la fecha, aproximadamente 998 se encuentran sin conectividad. Se estima que, a partir de su ubicación, dificultades geográficas y costos, un total aproximado de 300 localidades no podrán ser cubiertas ya sea por redes de telefonía móvil 3G y 4G u otro medio terrestre.

c. Escuelas

De acuerdo a la información catastrada por el FDT, existen más de 12.000 establecimientos educacionales municipales y subvencionados, de los cuales a la fecha, un total de 2.603 establecimientos educacionales se encuentran sin conectividad (no todas en zonas aisladas). Se estima que, a partir de su ubicación, dificultades geográficas y costos, un total aproximado de 500 establecimientos no podrán ser cubiertos por medios terrestres.

### 3) Seguridad pública

Para la obtención de los datos de Carabineros y la Policía de Investigaciones, se coordinó directamente con representantes nombrados por las respectivas instituciones y cuyo detalle se encuentra en Anexo 1.

#### a. Carabineros de Chile

Carabineros mantiene enlaces con 350 cuarteles aislados o fronterizos que actualmente usan estaciones VSAT, considerando la demanda actual con el factor de contención indicado. Tanto para los cuarteles como para los camiones se tiene planificado aumentar la capacidad de los enlaces a 2 Mbps en los próximos años.

En casos de emergencia, la institución considera mantener comunicación con Santiago desde 3 Jefaturas de Zona Provincial, 4 prefecturas provinciales y 3 comisarías. Además considera 3 unidades de intervención en situaciones críticas y la operación simultánea de a lo más 3 camiones.

#### b. Policía de Investigaciones (PDI)

De acuerdo a la información proporcionada por la institución, actualmente tienen comunicaciones con 23 lugares de difícil acceso, lo que totaliza 5,888 Mbps. Además, eventualmente podrían emplear enlaces en 5 lugares para casos de emergencia y 4 de uso temporal con velocidades que varían entre 256 y 2.000 kbps. Adicionalmente, para casos de emergencia tiene contratado 31 teléfonos móviles satelitales (sólo voz) Iridium en modalidad prepago, considerando 500 minutos por terminal, pagándose US\$ 8.700 al año.

La estimación de uso actual de Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones, entidades ligadas a emergencias, localidades aisladas, salud rural y escuelas se realizó empleando información catastrada por la Subsecretaría de Telecomunicaciones, la que totaliza 28,44 MHz para este conjunto de entidades.

#### 4) La Defensa Nacional

La demanda actual de la Defensa Nacional, fue entregada directamente por la institución, de acuerdo a los tipos de servicios contratados y sus respectivos costos anuales, como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Resumen de la demanda actual de comunicaciones satelitales telefónicas y VSAT de la Defensa.

| Servicio            | Capacidad Total | Nº de Terminales Totales | Costo Total Anual (USD) |
|---------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| VSAT                | 33 Mbps         | 265                      | \$2.557.125             |
| Telefonía Satelital | 202.873 minutos | 468                      | \$289.461               |
| BGAN                | 22.620 MB       | 288                      | \$513.833               |

De la Tabla 2, se desprende que la cantidad de minutos promedio contratado por terminal telefónico satelital es de 430 minutos al año aproximadamente. Además, según los antecedentes recogidos, existen sólo 2 empresas proveedoras de este servicio, Inmarsat e Iridium, lo cual impone un margen de negociación en precio y competencia bastante reducido.

Es posible concluir entonces, que el Estado de Chile, en la Defensa Nacional, gasta anualmente en enlaces de comunicaciones satelitales aproximadamente USD\$3.400.000.

Para que las demandas de comunicaciones levantadas puedan homologarse, dado que se solicitaron bajo distintos criterios, es necesario convertir los Mbps a MHz. Dicho procedimiento se encuentra en Anexo 2.

Para dicho cálculo se emplearon los siguientes parámetros:

- Rolloff: OB=20% (para transmisión), IB=22% (para recepción)
- Sobresuscripción: 1:2
- Concurrencia: 50%
- MODCOD: QPSK  $\frac{3}{4}$

Por lo tanto, para los 33 Mbps el total ancho de banda requerido es de 13,31 MHz.

#### 5) Otros servicios públicos

Para la demanda de comunicaciones satelitales del resto de los organismos del Estado según Anexo 3, se aplicó el mismo modelo de levantamiento de información usado para la Defensa, de los cuales, a la fecha sólo el 14% ha finalizado el proceso de levantamiento en el sitio web.

Derivado de lo anteriormente expuesto, es que se hace necesario estimar la demanda de los otros organismos públicos, a través de información reportada por las empresas nacionales proveedoras de servicio de comunicaciones satelitales, que es necesario continuar recopilando y actualizando, en cuanto a los contratos vigentes con esas entidades públicas, las cuales atienden a los siguientes organismos del Estado, CONAF, DIBAM, Defensoría Pública, Dirección del Trabajo, FONASA, Gendarmería, Gobernación de Malleco, Juzgados de Letras, Ministerio de Salud, Ministerio Público, Ministerio de Obras Públicas (Mte. Aymond), Municipalidades de Isla de Pascua, Municipalidad de Puerto Varas, Municipalidad de Timauken, Cochrane, San Pedro, Lago Verde, Tortel, O'Higgins, Río Ibáñez, Servicio Nacional de Aduanas, Servicio Agrícola y Ganadero, Servicio de Impuestos Internos y Registro Civil e Identificación.

La actual utilización de los servicios contratados por los organismos mencionados llegaría a 50,59 MHz de ancho de banda.

#### 6) Televisión Digital Terrestre (TVDT)

Debido a que aun está el Proyecto de Ley en discusión no existe demanda actual para el servicio de TVDT, por lo que no se considera demanda en la situación base.

En resumen, la demanda actual de telecomunicaciones satelitales del Estado, está dada por la Tabla 3 adjunta:

Tabla 3: Resumen de la demanda actual de comunicaciones satelitales del Estado

| Resumen Situación Actual Anual |              |               |                              |               |
|--------------------------------|--------------|---------------|------------------------------|---------------|
| Sector                         | Organismo    | VSAT<br>[MHz] | Telefonía<br>satelital [min] | BGAN<br>[MB]  |
| Sistemas de<br>Emergencia      | ONEMI        | 0             | 16.320                       | 39.000        |
|                                | Red Gobierno | 0             | 0                            | 0             |
|                                | Sismógrafos  | 0             | 0                            | 0             |
| FDT                            | Postas       | 0             | 0                            | 0             |
|                                | Localidades  | 0             | 0                            | 0             |
|                                | Escuelas     | 0             | 0                            | 0             |
| Seguridad<br>Pública           | Carabineros  | 32,99         | 0                            | 0             |
|                                | PDI          | 0,61          | 15.500                       | 0             |
| Defensa                        |              | 13,31         | 202.873                      | 22.620        |
| Otros<br>Ministerios           |              | 51            | 0                            | 0             |
| TVDT                           |              | 0             | 0                            | 0             |
| <b>TOTAL</b>                   |              | <b>97,92</b>  | <b>234.693</b>               | <b>61.620</b> |

Consideraciones:

- Para el caso de la telefonía satelital de la PDI, el arriendo de prepago corresponde a 500 minutos por cada uno de los 31 terminales.
- Cabe señalar además, que estos costos considerados corresponden sólo al valor que conlleva contratar un enlace de datos o el pago de los minutos en el caso de telefonía satelital, por ende, no está considerado el costo del equipamiento en tierra, ni la mantención de éstos a lo largo del tiempo, como tampoco el concepto de capacitación en el uso de este tipo de tecnologías.

#### IV. DEMANDA PROYECTADA A 7 AÑOS

A continuación se realizará una estimación proyectada del uso de telecomunicaciones satelitales a 7 años, según lo entregado por cada sector definido en el capítulo anterior.

##### 1) Sistemas de comunicaciones de emergencia

En el Anexo 4 se encuentra la tabla con el detalle de la estimación realizada.

###### a. ONEMI

El sistema estaría constituido por 17 estaciones, una en cada región e Isla de Pascua y archipiélago de Juan Fernández, donde actualmente ONEMI no tiene presencia.

Para el diseño se considera el uso de video conferencia (750 kbps), telefonía IP (250 kbps) y un enlace de respaldo para el sistema SAE (Sistema de Alerta de Emergencias), de 2 Mbps. Para efectos de diseño, se estima que en caso de emergencia, la zona afectada no superará a 4 regiones y en situación de normalidad, la capacidad estimada se emplearía para las comunicaciones de todas las estaciones, lo que a su vez serviría de prueba de funcionamiento.

Además, para la demanda a 7 años se consideraron 20 equipos Bgan (con una capacidad teórica de 480 kbps.) y 85 teléfonos satelitales contratados, en ambos casos, en modalidad de prepago para uso ocasional y de emergencia.

###### b. Red gubernamental

El sistema estaría constituido por 18 estaciones en el territorio continental incluidas estaciones en las Isla de Pascua y archipiélago de Juan Fernández. Para el diseño se considera el uso de video conferencia (750 kbps), telefonía IP (250 kbps). Se estima que en caso de emergencia la zona afectada no superará a 4 regiones y en situación normal la capacidad estimada se emplearía para las comunicaciones de todas las estaciones.

###### c. Red de sismógrafos

El sistema mencionado estará compuesto de dos sub-redes; una con 65 estaciones y otra con 30, ambas sub-redes transmiten los datos simultáneamente a la estación terrena central. Adicionalmente, la estación central transmitirá ocasionalmente un reducido flujo de datos. En total este sistema, que será operado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, empleará aproximadamente 3 Mbps.

## 2) Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FDT)

El detalle de estimación realizada se encuentra en Anexo 4.

### a. Postas de salud rural

Para efectos de la estimación de necesidades se consideraron los siguientes supuestos: el acceso satelital se consideraría para aquellas postas que estén fuera de las coberturas de redes 3G y 4G, que según la estimación realizada por el FDT llegaría a un total de 500 postas. En cada posta se emplearía una estación terrena, con enlaces simétricos de 512 kbps, durante el período de 7 años. El citado enlace se utilizará mediante terminal(es) propios de cada posta que no son parte de este proyecto y se definirán de acuerdo a las características de cada caso.

### b. Localidades rurales

Para efectos de la estimación de estas necesidades se consideraron los siguientes supuestos: el servicio a prestar será de acceso a internet; para ello se emplearía una estación terrena por localidad, con enlaces de subida de 512 kbps y de bajada de 2 Mbps, durante el período de 7 años. El citado enlace se distribuirá mediante una red terrestre local que no es parte de este proyecto y se definirán de acuerdo a las características de cada localidad.

### c. Escuelas

Para efectos de la estimación para los próximos 7 años, se consideraron los siguientes supuestos: El servicio a prestar será de acceso a internet; para ello se emplearía una estación terrena por escuela y enlaces asimétricos con una subida de 384 kbps y bajada de 1 Mbps. El citado enlace se utilizará mediante terminales conectados a una red interna física o WiFi, que no es parte de este proyecto.

También para fines educacionales (teleducación) se contempla la operación de un canal de televisión unidireccional, del tipo DTH.

## 3) Seguridad pública

En Anexo 4, se encuentra la tabla con el detalle de estimación realizada.

### a. Carabineros de Chile

En los próximos años, gradualmente, aumentaría la cantidad de camiones que llegarían a un total de 45 al año 7 dotados de enlaces simétricos de 2 Mbps por camión, de los cuales, para efectos de diseño, Carabineros estima que operarán 5 simultáneamente.

b. Policía de Investigaciones (PDI)

Dentro de los próximos 7 años se requiere un aumento de capacidad de los citados 23 enlaces, que seguirían siendo simétricos, pero aumenta a 1,5 Mbps por enlace, al igual que los 4 enlaces temporales de verano. Asimismo se tiene considerado lugares que requieren comunicaciones de respaldo, los que llegarían a 37, (20 de 1,5 Mbps; 16 de 10 Mbps y uno de 2Mbps) estimándose 3 enlaces por evento durante dos o tres días.

En cuanto a la proyección a 7 años de los equipos móviles dado que se emplean en modalidad de prepago solo para emergencias se estima que se mantendrá el arriendo de 500 minutos por terminal.

La proyección a 7 años de Carabineros, Policía de Investigaciones, entidades ligadas a emergencias, localidades aisladas, salud rural y escuelas se realizó empleando información obtenida por la Subsecretaría de Telecomunicaciones, de las propias fuentes de información, llegando su estimación a 302 MHz.

4) La Defensa Nacional

Para este caso, la demanda total considera proyectos que aún no han finalizado, el crecimiento de las telecomunicaciones satelitales y la posibilidad de migrar a otro tipo de tecnologías para cumplir de manera eficiente y segura sus objetivos, lo cual se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Demanda de comunicaciones satelitales de la Defensa proyectada a 7 años

| Servicio            | Capacidad total en Mbps o minutos | Nº de Terminales Totales |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| VSAT                | 224,02 Mbps                       | 657                      |
| Telefonía Satelital | 247.673 minutos                   | 566                      |
| BGAN                | 95.620 MB                         | 434                      |

Conforme al cálculo realizado en

Anexo 2, el ancho de banda total es de 90 MHz aprox.

5) Otros servicios públicos

Para poder realizar la proyección de la demanda futura a un horizonte de 7 años, se utilizará la misma tasa de crecimiento entregada en el gráfico 1, donde no considera los servicios limitados de telecomunicaciones por satélite.

El valor estimado a 7 años para estas entidades de la Administración Pública, llegaría a los 68 MHz.

## 6) Televisión Digital Terrestre (TVDT)

Para el dimensionamiento de la demanda potencial de espectro para el servicio de TVDT, se consideró la propuesta técnica contemplada en el Proyecto de Ley que regulará la TVDT actualmente en discusión en el Congreso y la condición de despliegue de una red de esta naturaleza en nuestro país. El Proyecto de Ley contempla asignar 6MHz por concesionaria, sin embargo, se debe considerar la bajada de la señal desde el satélite en varios puntos a lo largo del país, lo que se conoce como TV Broadcast BTS (Base Station System). Bajo esta consideración y basándonos en el diseño técnico realizado por la empresa Japonesa JETRO (Japan External Trade Organization) en su reporte para la Subtel del mes de Diciembre de 2012 llamado "Research&Assessment for Pre-feasibility Study of Chilean Satellite Communications System&Network", como parte de este trabajo (ver anexo 13), la capacidad necesario para la distribución de TV para el canal estatal, con bajada en 6 puntos a nivel nacional sería:

Nº de canales: 6 Channel HD

Bit Rates: 24Mbps por canal

Ancho de banda necesario: 16,8MHz por canal por 6 bajadas=101 MHz

Cantidad de Transponders: 2,8

En resumen, la demanda del Estado proyectada a 7 años, está dada por la Tabla 5:

Tabla 5: Resumen de la demanda proyectada a 7 años de comunicaciones satelitales del Estado

| Resumen Proyección a 7 años |              |               |                            |                |
|-----------------------------|--------------|---------------|----------------------------|----------------|
| Sector                      | Organismo    | VSAT [MHz]    | Telefonía satelital [min.] | BGAN [MB]      |
| Sistemas de Emergencia      | ONEMI        | 10,91         | 16.320                     | 39.000         |
|                             | Red Gobierno | 7,27          | 0                          | 0              |
|                             | Sismógrafos  | 2,61          | 0                          | 0              |
| FDT                         | Postas       | 46,55         | 0                          | 0              |
|                             | Localidades  | 34,25         | 0                          | 0              |
|                             | Escuelas     | 34,18         | 0                          | 0              |
| Seguridad Pública           | Carabineros  | 133,82        | 0                          | 0              |
|                             | PDI          | 73,73         | 103.500                    | 0              |
| Defensa                     |              | 90            | 247.673                    | 95.620         |
| Otros Ministerios           |              | 68            | 0                          | 0              |
| TVDT                        |              | 101           |                            |                |
| <b>TOTAL</b>                |              | <b>602,32</b> | <b>367.493</b>             | <b>134.620</b> |

### 3) Modelo de funcionamiento

Se propone realizar compras a través de la Dirección de Compras y Contratación Pública del Ministerio de Hacienda, generando uno o varios Convenios Marco. A su vez, se mantiene la independencia de las Reparticiones, en cuanto a que pueden recurrir a contrataciones al margen de dichos convenios cuando objetivamente se obtengan mejores condiciones.

Considerando que es una alternativa de corto plazo en su implementación, y considerando que no fue posible acceder a los contratos actuales de cada repartición, donde están las condiciones económicas y de plazos, se recomienda hacer el levantamiento de la demanda de todas las reparticiones considerando todos estos aspectos, ya que es esencial para definir las bases de licitación. En caso que se requiera una institucionalidad distinta, es posible que sea necesaria su creación por ley, lo que puede tomar un tiempo prolongado.

La Dirección de Compras y Contratación Pública, del Ministerio de Hacienda, lidera la generación de las bases, realiza el llamado a concurso, evalúa y celebra los contratos y se encarga de controlar el cumplimiento del mismo con apoyo de las instituciones usuarias del Convenio, incluido el cobro de las boletas de garantía cuando sea necesario.

Dado el modelo de negociación agregado de la demanda que se propone, se hace necesario contar con una entidad capaz de coordinar el levantamiento, elaborar las bases de licitación, coordinar la implementación y posteriormente gestionar la solución precaviendo que se mantengan las ventajas económicas que se hayan logrado. Como entidad coordinadora de toda la solución se propone la Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel).

### 4) Ventajas y desventajas de esta alternativa

#### a. Ventajas:

- Ahorro de costos, por negociación agregada de la demanda.
- Mejor coordinación entre organismos del Estado.
- Mejoran prestaciones y niveles de servicios, con una entidad centralizada gestionando la solución y negociación de mayor volumen.

#### b. Desventajas:

- Aumento de la complejidad de la administración y coordinación.
- Aumento de la complejidad de las bases o del suministro del servicio.
- Imposibilidad de administrar el uso de ancho de banda.

La evaluación económica, tal como se describió previamente, está dividida en 1A para el período entre el 2014 y 2019, y 1B para el período entre 2020 y 2034.

La evaluación económica se detalla en Anexo 6 y sus supuestos son los siguientes:

- Se estimó el precio inicial del año 2013 a partir de lo informado por una empresa proveedora de servicios satelitales para dos tipos de terminales VSAT: un terminal de 1 Mbps uplink / 512 kbps downlink y un terminal de 512 kbps downlink / 256 kbps uplink, a un costo mensual de 36.3 UF + IVA y 18,2 UF + IVA, respectivamente. Cada terminal con tasa de agregación de 1:5.
- Un 80% de los terminales son de 512/256 kbps y 20% del tipo 1 Mbps/512 kbps.
- La definición de esta demanda consideró sólo los servicios VSAT, dejando de lado los servicios de telefonía móvil satelital y BGAN, a fin de que esta alternativa de solución sea comparable con las que se presentarán en los siguientes capítulos, ya que éstas no tienen la capacidad técnica de satisfacer ese tipo de necesidades.
- Luego de cotizaciones realizadas para la capacidad de transponders a los proveedores de tecnologías satelitales, podemos deducir que al comprar por volumen o por aumentos en los años de contratación, los descuentos superan el 10% en los precios (ver cotizaciones adjuntas de SATMEX y Astrium). Por lo tanto, para la contratación de servicios con demanda agregada, se supondrá que al menos los precios en esta primera negociación barajarán un 10%.
- Por única vez se considera el costo de instalación del terminal de US\$ 900 + IVA.

El primer año de implementación es el año 2014.

Los valores actualizados de los costos (VAN) al año 2013, son los siguientes:

|                                |                |              |
|--------------------------------|----------------|--------------|
| <b>VAN 1A (2014 - 2019)</b>    | <b>MM US\$</b> | <b>- 138</b> |
| <b>VAN 1B (2020 - 2034)</b>    | <b>MM US\$</b> | <b>- 243</b> |
| <b>VAN 1 (TOTAL 2014-2034)</b> | <b>MM US\$</b> | <b>-381</b>  |

## A. Alternativa N°1: “Agregación de demanda”

### 1) Identificación y descripción de la alternativa

Actualmente cada Repartición del Estado contrata individualmente los servicios satelitales, sin embargo, se estima que puede haber un mejoramiento al agrupar la demanda. De esta forma surge la alternativa de satisfacer la demanda de servicios satelitales del Estado en forma conjunta a través de la modalidad de Convenio Marco de la Dirección de Compras y Contratación Pública (ChileCompra), lo cual implicaría menores costos para el Estado en su conjunto y mayor agilidad en el proceso de contratación para Reparticiones del Estado que no disponen de la información técnica para llevarla a cabo.

En primer lugar, se debe recopilar la demanda de cada Repartición y agruparla por uso, por ejemplo telefonía portátil satelital, VSAT, etc.

En segundo lugar, se debe solicitar a la Dirección de Compras las gestiones de un Convenio Marco. Se ha detectado que lo fundamental en este tipo de procesos de licitación son las bases técnicas, que deben establecer claramente las características del servicio satelital a licitar y las condiciones del contrato. Es importante señalar que puede haber un Convenio Marco por aplicación satelital, además el servicio contratado incluye la instalación y mantención de los equipos terrestres, que puede ser de alto costo, dependiendo de las dificultades de acceso.

### 2) Evaluación de la alternativa

#### a. Evaluación Técnica

No se aprecian inconvenientes técnicos importantes para llevar adelante esta opción, ya que la instalación y mantención técnica quedan en manos de la(s) empresa(s) seleccionadas en el Convenio Marco. Sin embargo, es crucial la recolección de información de las reparticiones estatales.

Las empresas del Convenio Marco deben estar en condiciones de asegurar los requerimientos del Estado ante un aumento de la demanda en forma explosiva. Por otra parte, no existe actualmente una elevada oferta de ancho de banda por parte de los operadores satelitales.

#### b. Evaluación Económica.

La demanda agrupada permite negociar en mejor forma y obtener buenos contratos de servicios en comparación con contratos individuales. En todo caso, el Convenio Marco dispone que cada Repartición cancele en forma individual sus servicios contratados.

implementación, se ha separado la evaluación en dos períodos, el primero de ellos desde el 2014 al 2019, periodo en que la alternativa de satélite propio no existe y donde se evalúan sólo dos alternativas, la llamada Agregación de Demanda (Alternativa 1) y la de Arriendo de Transponders (Alternativa 2). La alternativa 1, corresponde a la modalidad de servicio satelital a través de la realización de una compra agregada de la capacidad actual y de su crecimiento considerando la necesidad de todos los organismos públicos para lograr un mejor precio por compras por volumen. Mientras que la alternativa 2, corresponde al arriendo de capacidad satelital de transponders suficiente para cubrir las necesidades de todos los organismos públicos, sin embargo, esta solución obliga a que el Estado de Chile asuma un rol de administrador de la capacidad arrendada.

El segundo periodo comienza el 2020 y termina el 2034, período donde surge como alternativa la del satélite propio (Alternativa 3), la que tiene una duración de 15 años debido a la vida útil que tienen este tipo de satélites, y lograr así realizar una evaluación de período completo. La alternativa de satélite propio depende de la solución del primer periodo, por lo que igual se identificarán los costos por separado de entre el primer y segundo periodo, siendo de esta forma más simple sumar los costos del primer periodo a la solución de satélite propio, para realizar una comparación del periodo completo.

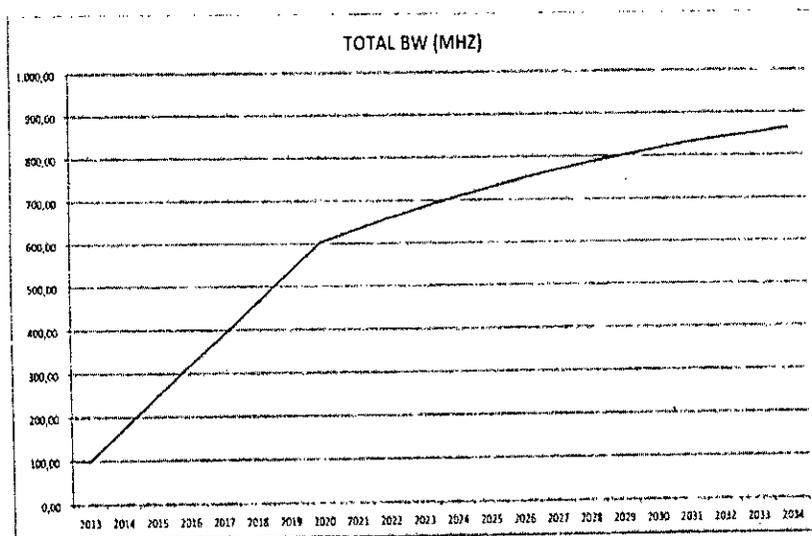
El análisis de alternativas se muestra en la siguiente esquema de alternativas.

| PERIODO 2014 A 2019<br>(5 años) |   | PERIODO 2020 A 2034<br>(15 años)   |         | TOTAL<br>(20 años) |
|---------------------------------|---|--|---------|--------------------|
| ALT. 1                          | 1 A<br>Agregación de Demanda<br>VAN 1A                  | 1 B<br>Agregación de Demanda; continuación de la Alt.<br>VAN 1B                  | VAN 1   |                    |
| ALT. 2                          | 2 A<br>Capacidad de transmisión (Transponder)<br>VAN 2A | 2 B<br>Capacidad de transmisión (Transponder); continuación de la Alt.<br>VAN 2B | VAN 2   |                    |
| ALT. 3                          | 1 A<br>Agregación de Demanda<br>VAN 1A                  | 3<br>Satélite Propio<br>VAN 3  | VAN 31A |                    |
|                                 | 2 A<br>Capacidad de transmisión (Transponder)<br>VAN 2A | 3<br>Satélite Propio<br>VAN 3  | VAN 32B |                    |
| Solución de Corto Plazo         |   |  |         |                    |
| Solución de Largo Plazo         |   |  |         |                    |

Debido a las restricciones antes expuestas, no fue posible obtener una cotización referencial del costo de esta solución dentro del periodo de este estudio, sin embargo se sugiera sea realizado al momento de evaluar la solución de capacidad propia.

Se considera que la demanda actual de las instituciones gubernamentales es de **97,92 MHz** y proyectada a 7 años será de **602,32 MHz** (la mayoría en banda C y Ku). Dado que un satélite de Telecomunicaciones tiene una vida útil de al menos 15 años, se proyectó la demanda, sólo para efectos de comparación de costos de las alternativas, un periodo de 20 años, los 5 primeros años corresponde al periodo sin la posibilidad de tener satélite propio y los 15 años siguientes con la alternativa de satélite propio, para lo cual se realizaron ciertos supuestos entre los cuales, que la demanda tendrá crecimientos decrecientes atribuibles a la madurez que se irá alcanzado durante los próximos 7 años. Lo anterior, se encuentra en el Gráfico 2.

Gráfico 2: Demanda proyectada a 20 años



Para la comparación de las tres alternativas se emplearon los siguientes supuestos comunes:

- El factor de transformación de MHz a Mbps es de 1,1.
- La tasa de retorno del 10% al año.
- Valores en dólares americanos

Anexo 5: se presentan los parámetros de evaluación comunes a las alternativas, según los supuestos explicitados para cada caso.

#### **Metodología para comparación de alternativas:**

En consideración a que una de las alternativas es la de implementar capacidad satelital propia, la cual de ser la seleccionada, no estaría implementada antes del año 2020, debido a que estos tipos de proyectos tienen etapas que deben ser realizadas como diseño, especificación, compra e

#### Consideraciones:

- La proyección está hecha al año 7 y no obedece a un crecimiento gradual. Por lo tanto, hay que realizar una priorización y un cronograma el cual será determinado en las alternativas de solución.
- Esto pertenece a las necesidades entregadas por los sectores detectados y no corresponde a un diseño de las redes, es decir, no incluye las consideraciones técnicas de implementación y administración de la red.

#### V. ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA LAS TELECOMUNICACIONES SATELITALES DE CHILE

Se identifican tres alternativas para solucionar los requerimientos satelitales. La primera es la contratación de la demanda agregada de servicios a empresas de telecomunicaciones, la segunda es el arriendo de capacidad a satélites en órbita (transponders) y la tercera alternativa es la adquisición de un satélite de telecomunicaciones propio. Sin embargo, esta última alternativa sólo es factible a partir del año 2020, debido a que estos tipos de proyectos tienen etapas que deben ser realizadas como diseño, especificación, compra e implementación, todas etapas previas al lanzamiento de un satélite.

Existe una cuarta alternativa llamada Hosted Payload que es incipiente en el mercado satelital, pero que sin embargo constituye una alternativa de solución que se sugiere sea evaluada al momento de decidir tener una capacidad satelital propia. La alternativa Hosted Payload no es más que la compra de una porción del satélite, es decir el fabricante del satélite vende parte del satélite a dos o tres usuarios o clientes, ya sean países o privados, los que a su vez tienen la opción de diseñar su porción del satélite, en coordinación con el fabricante y el eventual partner, especificar el footprint de acuerdo a sus necesidades, escoger la o las frecuencias en las que transmitirá el satélite, dimensionar la cantidad de transponder, etc, siempre y cuando esto sea técnicamente viable y armónico con las necesidades de la contraparte y/o socio estratégico.

Dentro de las restricciones que se observan a esta solución están el que deben ser usuarios (propietarios) con ciertas características en común que permitan el uso de la misma órbita, que la operación del satélite será realizada por un tercero, normalmente el constructor y/o vendedor del satélite, o la 2ª parte interesada que propone el acuerdo, lo cual obliga a realizar un análisis caso a caso de la solución, un análisis que tiene además un carácter más estratégico que técnico-económico de la solución a la hora de decidir, en especial ante situaciones de emergencia o de seguridad del país, en que se está obligado a coordinar con un tercero las operaciones, perdiendo la capacidad autónoma de control. En todo caso, esta restricción sólo es admisible cuando se compara con el escenario de satélite propio, ya que el país tendrá las mismas restricciones o quizás peores en las alternativas de tener sólo soluciones de capacidad arrendada.

#### 4) Ventajas y desventajas de la alternativa

##### a. Ventajas:

- Sinergia en el uso de los servicios de comunicación satelital.
- Incremento de los niveles de disponibilidad a través de la redundancia del equipamiento crítico y/o el mejoramiento de la infraestructura asociada.
- Independencia en la administración de los anchos de banda ante situaciones de emergencia y/o catástrofe.

##### b. Desventajas

- Riesgo al entrar el Estado en un rol de operador de servicios
- Aumenta complejidad en la administración operacional del servicio (capacitaciones, supervisión de las estaciones, soporte a usuarios, etc).
- Riesgo en la real disponibilidad de los servicios ante situaciones de seguridad nacional, debido a que el arriendo es en satélites de propiedad extranjera.

#### 5) Cronograma de alto nivel

Tabla 10: Alternativa N°2A

| <b>Actividad</b>                       | <b>Fecha/Plazo</b> |
|--|--------------------|
| Centralización de la demanda.          | <b>2 meses</b>     |
| Procesos de licitación y adjudicación. | <b>3 meses</b>     |
| Implementación y puesta en marcha.     | <b>12 meses</b>    |

- Servicios de telefonía satelital: estos son propietarios de la empresa INMARSAT e IRIDIUM, a través de contratos y también a los planes SCAP similares a los servicios BGAN.

### 3) Modelo de funcionamiento

Se propone sea Subtel la entidad que gestione y regule esta capacidad de transmisión centralizada, siguiendo para ellos las directrices que emanan del Plan Estratégico de Desarrollo, focalizando los esfuerzos de acuerdo a la priorización de los sectores e incentivando el uso de la tecnología.

a) Contrato de arriendo de transponder: Dado que esta alternativa se basa en el arrendamiento de capacidad de transmisión centralizada a través de transponders, será SUBTEL la que gestione los contratos necesarios con las diferentes empresas de servicios para dar cubrir las necesidades detectadas, para lo cual, de ser necesario, debe realizar las licitaciones a nivel nacional o internacional, incluyendo una mantención permanente en los servicios contratados.

b) Operación de las estaciones terrenas: Es necesaria la adquisición de una o varias estaciones que permitan la transmisión de los servicios de telecomunicaciones. Teniendo en cuenta que esta capacidad resulta ser estratégica para el país, su operación se propone esté a manos de defensa, cuyo personal cuenta con la experiencia en la operación de este tipo de tecnologías y se podrían optimizar las capacidades existentes, evitando la redundancia de tareas en el Estado.

c) Financiamiento: Se vislumbran varios tipos de financiamientos.

El primero, orientado al pago del servicio contratado (arriendo de transponder), que debe ser suministrado por el Estado en forma centralizada y con una proyección en el largo plazo, justificando el gasto en infraestructura.

El segundo, orientado a la infraestructura terrestre, en cuyo caso, cada organismo debe realizar sus propios proyectos de adquisición, con la supervisión de la SUBTEL, conforme lo disponga el Plan Estratégico de Desarrollo.

Por otro lado, se debe entregar el financiamiento necesario para la operación de las estaciones terrenas, con el objeto de mantener altos niveles de disponibilidad y confiabilidad de los enlaces.

d) Distribución del servicio: La distribución del servicio a todos los organismos del Estado, la priorizará SUBTEL.

- Renovación de terminales de un 30% cada 5 años.
- Se empleó el valor referencial de la estación terrena de U\$S 2.800.000 con capacidad de recepción de 100 MHz, por lo que se considera una estación terrena por cada 200 MHz (transmisión y recepción).
- El precio de la estación terreno dependerá del año en que se compre, se asume un incremento del 3% anual en el valor de la estación terrena.
- Cuantificación de la demanda para el año 2013 con los terminales para el FDT, Seguridad Pública y Defensa en 949 unidades.
- Asignación de siete (7) especialistas con remuneración promedio de mercado para cada estación terrena.
- Inclusión en la inversión inicial de las dependencias para alojar las estaciones terrenas.
- Incremento en un 3% anual en los gastos de mantención y operación (remuneraciones).

Considerando los antecedentes previamente expuestos y los flujos proyectados en los Anexo 9, los valores actualizados de los costos (VAN) al año 2013, son los siguientes:

|                                |                |                |
|--------------------------------|----------------|----------------|
| <b>VAN 2A (2014 - 2019)</b>    | <b>MM US\$</b> | <b>- 90,6</b>  |
| <b>VAN 2B (2020 - 2034)</b>    | <b>MM US\$</b> | <b>- 267,1</b> |
| <b>VAN 2 (TOTAL 2014-2034)</b> | <b>MM US\$</b> | <b>-357,7</b>  |

## 2) Identificación de cobertura del problema detectado

Estas alternativas permiten cubrir la demanda de telecomunicaciones satelitales asociada a los terminales VSAT (de pequeña apertura) que tengan la capacidad de recibir la señal de satélites geoestacionarios a través de diferentes proveedores de servicios y que fuera estimada en 97,92 MHz en la actualidad y en 602,31 MHz a 7 años. No da cobertura a la demanda de:

- Servicios BGAN: estos son propietarios de la empresa INMARSAT, a través de contratos de postpago o voucher de prepago que se cobran por unidad consumida (Mbps o minutos). Existen planes SCAP (Planes compartidos de presupuesto corporativo de reserva), los cuales permiten a diferentes terminales acceder a un paquete de unidades compartido (bolsa de datos) con precios más favorables.

Tabla 3: Precio del MHz/mes

| Banda | Precio 1 (MHz/mes)<br>(contrato 5 años) | Precio 1 (MHz/mes)<br>(contrato 15 años) |
|-------|---|--|
| C     | USD \$ 3.200                            | USD \$ 3.000                             |
| Ku    | USD \$ 3.400                            | USD \$ 3.100                             |
| X     | USD \$ 4.400                            | USD \$ 3.888                             |

Fuente: Cotizaciones referenciales de mercado nacional sin IVA.

Se emplearon los siguientes supuestos para las tres variantes de la alternativa:

- Valor promedio del MHz US \$ 4000/mes.
- Capacidad del Transponder 36 MHz.

*Infraestructura terrestre:* Se considera la adquisición de estaciones terrenas y terminales, a valores referenciales de mercado, conforme se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9: Valores referenciales de mercado infraestructura terrestre

| Infraestructura  | Precio          | Observaciones         |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| Estación Terrena | US \$ 700.000   | 20 MHz de capacidad.  |
|                  | US \$ 1.500.000 | 50 MHz de capacidad.  |
|                  | US \$ 2.800.000 | 100 MHz de capacidad. |
| Terminales       | US \$ 1.750     | Valor promedio.       |

Fuente: Shiron systems.

Los costos anteriormente descritos son estimativos y referenciales, ya que su valorización depende de la configuración, complejidad y niveles de seguridad de cada proyecto. Los valores referenciales de mantenimiento fueron obtenidos de la experiencia del Ejército con su estación terrena.

El concepto de *estación terrena* para el desarrollo de las presentes alternativas se homologó como "central satelital con la capacidad de transmitir y recibir a las estaciones terminales remotas a través de una cadena de equipamiento (antena, moduladores y demoduladores)". Varias estaciones terrenas podrían conformar un telepuerto nacional como es el caso del sitio de ENTEL en "Longovilo".

De acuerdo a la demanda expuesta en el Gráfico 2: Demanda proyectada a 20 años, se emplearon los siguientes supuestos de infraestructura para ambas alternativas:

- Incremento inicial mayor en la cantidad de terminales que irá disminuyendo en el largo plazo, suponiendo que existirá una demanda de velocidad superior a través de los mismos terminales.
- Valor del terminal US\$ 1.750 con un decremento del 5% cada 5 años por concepto de cambios tecnológicos.

## 1) Evaluación de la alternativa

### a. Evaluación Técnica.

*Cobertura:* Esta alternativa de solución se limita al arriendo de uno o más transponders sólo en aquellos satélites de comunicación con cobertura en el país. En el Anexo 8 se presenta información de algunos de ellos.

*Disponibilidad:* Definida la cobertura en el país, se debe evaluar la respectiva vida útil de cada uno de los satélites y la disponibilidad de arriendo de transponders. Cabe hacer presente que de los satélites expuestos en Anexo 8, en la actualidad sólo tienen disponibilidad de arriendo el IS23, IS1R, SES24 y Amazonas 3.

*Capacidad del transponder:* En la actualidad existen satélites con 27, 36, 46, 54, 72 transponders y hasta 450 MHz de capacidad total, motivo por el cual se deben evaluar las diferentes alternativas al momento de concretar los arriendos. Un mismo satélite podría tener transponders en diferentes bandas. Un buen ejemplo de ello es el reciente lanzamiento del satélite "Amazonas 3" que posee los siguientes transponders, según la Tabla 7:

Tabla 7: Transponders del satélite "Amazonas 3"

| Banda | Cant. De Transponder |
|-------|----------------------|
| Ku    | 33                   |
| C     | 19                   |
| Ka    | 9                    |

Fuente: [www.hispasat.com](http://www.hispasat.com)

*Infraestructura terrestre:* La presente alternativa de solución, como ya se mencionó, conlleva la adquisición de la infraestructura terrestre que permita la transmisión y recepción de la información. Lo anterior, se concreta con una o más estaciones terrenas (central satelital) para transmisión de los diferentes servicios y las estaciones terminales para la recepción por parte de los usuarios. Para definir estos puntos de instalación de las estaciones terrenas se deben realizar los estudios relativos a la selección de la ubicación geográfica óptima de estas estaciones, estudio que está fuera del alcance de este informe.

### b. Evaluación Económica.

*Arriendo de transponder:* De acuerdo a la información obtenida, a través de cotizaciones referenciales, los costos de arrendamiento de un transponder varían de acuerdo a la banda de empleo, cantidad de transponders y cantidad de años del contrato. Los valores referenciales de mercado se presentan en la Tabla 8, como sigue:

## 5) Cronograma de alto nivel

Tabla 2: Cronograma de actividades para la implementación de la alternativa N°1

| Actividad  | Fecha/Plazo |
|--|-------------|
| Determinación de la demanda actual del Estado  | 2 meses     |
| Elaboración de bases técnicas y administrativas en conjunto con la Dirección de Compras y posterior tramitación en Contraloría General de la República | 3 meses     |
| Llamado a licitación y evaluación por parte de la Dirección de Compras.  | 2 meses     |
| Firma del contrato Convenio Marco con la(s) empresa(s).  | 1 mes       |

Se estiman 8 meses hasta tener firmado el Convenio Marco. Sin embargo, se debe tener presente que este cronograma es sólo referencial, que su propósito es sólo mostrar el plazo estimado que podría tomar la implementación de esta solución, y que a la hora de su implementación, de ser elegida esta solución, se debe considerar que en la situación actual existen distintos contratos vigentes para cada entidad del Estado, lo que obliga a considerar que estos contratos deberán terminar su periodo de vigencia antes de ser incorporados al Convenio Marco, lo que llevará a una captura gradual de la baja de precio.

### B. **Alternativa N°2: "Compra de capacidad de transmisión a través de transponders"**

Primero que nada, para un mejor entendimiento, definiremos el concepto de transponder, el que será usado reiteradas veces en este informe. Un transponder es un canal de banda ancha de radio frecuencia que amplifica una o más portadoras en el lado descendente de un satélite de comunicaciones, reflejando la señal proveniente desde una estación terrena conforme a lo ejemplificado en Anexo 7. Derivado de lo anterior, es necesario tener en cuenta que además del arriendo del transponder (reflector), se debe adquirir la infraestructura terrestre: una estación terrena que transmita la información y los terminales de usuario que puedan recibir los diferentes servicios, tanto de datos, internet, o voz mediante el uso de telefonía IP (fija).

Para esta alternativa se evaluará el arriendo de uno o varios transponders con el objeto de cubrir la demanda de comunicación satelital de manera centralizada. En la evaluación se considera que será el Estado el encargado de administrar la capacidad arrendada, de operar las estaciones terrenas y gestionar la instalación o cambio y retiro, de terminales del lado usuario.

### C. Alternativa N°3: “Desarrollo de capacidad satelital propia”

Esta alternativa contempla la evaluación, adquisición y puesta en órbita de un satélite de telecomunicaciones propio que permita cubrir las necesidades presentes y futuras del país en esta materia, de manera autónoma tanto para su operación, explotación, control e infraestructura terrestre.

#### 1) Evaluación de la alternativa

##### a. Evaluación Técnica.

La demanda principal a 7 años, estimada en 602 MHz, puede ser proporcionada por un satélite propio de telecomunicaciones, correspondiente a los servicios VSAT (no se consideran servicios BGAN, entregados por la empresa INMARSAT ni servicios de telefonía satelital móvil, entregados por las empresas INMARSAT e IRIDIUM, por corresponder a servicios propietarios de las mismas), podría ser cubierta con el uso exclusivo de un satélite de telecomunicaciones, considerando que éstos comúnmente entregan entre 500 y 3500 MHz de Ancho de Banda (AB), y que podría aumentar en forma virtual la densidad de equipos para un determinado AB optimizando los diferentes tipos de modulación.

Para esta alternativa en particular, dado el tiempo disponible para la realización de este trabajo, se tomó como referencia una cotización solicitada por SUBTEL, de carácter referencial. Ésta cotización considera un satélite con una capacidad total de 800MHz.

Si bien es cierto, la capacidad del satélite cotizado se encuentra ajustado estrictamente a las necesidades detectadas en el presente estudio, es relevante señalar que el 50% del valor final de la oferta corresponde a un costo fijo independiente de la capacidad del satélite, es decir, costos de lanzamiento, seguros e infraestructura terrestre. El otro 50%, corresponde a la plataforma del satélite, de la cual sólo una parte de este costo esta asociada a los transpondedores, por lo que se estima que una diferencia en este monto debiera ser de alrededor de un 15% del total.

Por otra parte, en la actualidad Chile tiene asignadas posiciones orbitales (ver tabla 11) conforme a las características asignadas en el plan AP 30 B de la ITU (international telecommunication union).

Tabla 11: Asignación de posición orbital y frecuencia

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Posición orbital longitud: | -74,9 E |
|                            |         |

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Bandas de Frecuencias:</b> | 4500-4800 MHz                 |
|                               | 6725-7025 MHz                 |
|                               | 10.7-10.95 GHz                |
|                               | 11.2-11.45 GHz                |
|                               | 12.75-13.25 GHz               |
|                               |                               |
| <b>Diámetro de antenas:</b>   | 5.5 mts. banda (6/4 GHz)      |
|                               | 2.7 mts. banda (13/10-11 GHz) |

Como parte del trabajo, el equipo asesor de la empresa japonesa JETRO (Japan External Trade Organization) en su reporte para la Subtel del mes de Diciembre de 2012 llamado "Research&Assessment for Pre-feasibility Study of Chilean Satellite Communications System&Network", como parte de este trabajo (ver anexo 13), concluyó que las posiciones tenían los siguientes problemas:

- Debido a las bandas de frecuencia asignada el diámetro de las antenas a utilizar es muy grande (5,5mts), lo cual eleva el costo en el lado usuario.
- Las bandas inscritas por Chile no son bandas de común explotación en telecomunicaciones, no son las bandas C o Ku comúnmente utilizadas, tampoco permiten servicio móvil, son sólo para servicios fijos. Esto implicaría tener equipamiento propietario en el lado usuario, lo que elevaría los costos. El informe indica que no existe un mercado amplio de equipamientos VSAT para estas bandas.
- La cobertura es sólo en territorio nacional continental, no incluyendo Isla de Pascua ni Juan Fernández.

Todo lo anterior se traduce en la nula capacidad de explotación que presentan las actuales asignaciones. Si bien se podría comenzar un proceso de cambio y modificación, la verdad es que el tiempo que esto tomaría sería prácticamente el mismo que solicitar una nueva posición, esto debido a que los cambios son lo suficientemente profundos como para necesitar coordinarse con los satélites adyacentes.

Por lo tanto, la sugerencia es iniciar la solicitud de una nueva posición orbital frente a la ITU, que permita a Chile obtener una posición orbital menos congestionada, permitiéndole separarse de los satélites adyacentes, con una banda de frecuencia comúnmente utilizada, con cobertura continental e insular, lo que finalmente le permitirá, tener antenas de menor diámetro y equipamiento en lado usuario de menor costo.

Este proceso tiene una demora que fluctúa entre 3 y 7 años. Sin embargo, es relevante señalar que la construcción del satélite puede comenzar de forma paralela al proceso de asignación de la orbita.

Complementando lo anterior, se adjunta un extracto de la presentación realizada por la empresa ASTRIUM (Anexo 11), en el cual se sugieren nuevas bandas de frecuencias y una nueva asignación de posición orbital.

b. Evaluación Económica.

Se considera una aproximación de costos y su proyección a 15 años, que es la vida útil nominal de este tipo de sistema satelital. El cálculo incluye la demanda a 7 años, que fue extrapolada a 20 años para cubrir la vida útil de 15 años del satélite. Se incluye un estimado del costo de adquisición, lanzamiento y seguro de lanzamiento para el satélite, además de la adquisición y mantenimiento de las estaciones de explotación para usuarios remotos (terminales) y los telepuertos asociados.

Considerando que la alternativa 3 tiene como año 0 el año 2019, para efectos de comparación con las alternativas 1 y 2 del primer período, se procederá a sumar estas alternativas del primer período a la alternativa 3, generando con esto dos alternativas posibles la 31A (alternativa 3 a la que se le suma el VAN de la alternativa 1A) y 32A (alternativa 3 a la que se le suma el VAN de la alternativa 2A), completando con esto un periodo de 20 años, tal como muestra el esquema de la metodología de comparación de las alternativas.

Los supuestos de los costos estandarizados para desarrollar las evaluaciones fueron calculados aplicando los incrementos y decrementos proyectados (porcentajes iguales por cada año), desde el valor actual (2013) a la fecha de materialización de la adquisición del satélite, cuyo detalle se muestra en la Tabla 12:

Tabla 12: Costos del sistema

| CENTRO DE OPERACIÓN SATELITAL   |   |
|---------------------------------|---|
| Gastos Operacionales anuales    | US\$ 400.000 (incremento anual de 3%)   |
| Mantenimiento anual del sistema | US\$ 1.500.000 (incremento anual de 3%) |
| SATÉLITE DE TELECOMUNICACIONES  |   |
| Adquisición de la plataforma    | US\$ 168.000.000                        |
| Lanzamiento                     | US\$ 110.500.000                        |
| Segmento terrestre              | US\$ 13.000.000                         |
| Seguros                         | US\$ 55.750.000                         |
| TERMINALES                      |   |
| Costo Unitario                  | US\$ 1750 (decremento anual de 5%)      |
| Instalación                     | US\$ 800 (incremento anual de 3%)       |

|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Mantenimiento anual unitario | US\$ 300 (incremento anual de 3%) |
| <b>TELEPUERTOS</b>           |                                   |
| Valor Unitario               | US\$ 2.800.000 (incremento de 3%) |
| Mantenimiento anual          | US\$ 100.000 (incremento de 3%)   |
| Gastos Operacionales anuales | US\$ 215.000 (incremento de 3%)   |

Fuente: FACH y ASTRUM

Nota: la renovación del 30% de los terminales se efectúa al quinto año de funcionamiento.

Finalmente, los VAN para ambas alternativas son los siguientes y cuyo detalle de cálculos se encuentra en Anexo 10:

| Alternativas    | 1er período<br>(2014-2019) | Alt.3<br>(2020-2034) | Total<br>(20 años) |
|-----------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| VAN 31A MM US\$ | -138,0                     | -397,5               | - 535,5            |
| VAN 32A MM US\$ | -90,6                      | -397,5               | - 488,1            |

## 2) Identificación de cobertura del problema detectado

Esta alternativa permite cubrir la demanda de telecomunicaciones satelitales asociada a los terminales VSAT (de pequeña apertura), que tengan la capacidad de recibir la señal de satélites geoestacionarios a través de diferentes proveedores de servicios y que fuera estimada en 97,92 MHz en la actualidad y en 602 MHz a 7 años. No da cobertura a la demanda de:

- Servicios BGAN: estos son propietarios de la empresa INMARSAT, a través de contratos de postpago o voucher de prepago que se cobran por unidad consumida (Mbps o minutos). Existen planes SCAP (Planes compartidos de presupuesto corporativo de reserva), los cuales permiten a diferentes terminales acceder a un paquete de unidades compartido (bolsa de datos) con precios más favorables.
- Servicios de telefonía satelital: estos son propietarios de la empresa INMARSAT e IRIDIUM, a través de contratos y también a los planes SCAP similares a los servicios BGAN. Parte de estos servicios móviles pueden ser, eventualmente, suplidos por telefonía IP fija a través de enlaces VSAT, cuyo requerimiento debe ser especificado y donde se pueda identificar la demanda de cobertura para cada terminal.

### 3) Modelo de funcionamiento

La explotación de un satélite de telecomunicaciones debe considerar principalmente dos partes. La primera es el control del mismo: corrección orbital, estatus de equipos, calidad de enlaces, mantenimiento de la estación terrena, entre otros y la segunda es la explotación de la carga útil, es decir, la gestión del ancho de banda que entregará el satélite: asignación de frecuencias, priorización de servicios y decisión en la entrega de enlaces.

Debido a lo anterior, deben definirse al menos dos organizaciones, una técnica operacional y una de gestión de la capacidad del satélite. Para la unidad técnica operacional se considera el Grupo de Operaciones Espaciales de la FACH, tomando como base la experiencia adquirida durante la pasada explotación del FASat-B, la actual explotación del FASat-C, el mantenimiento de su estación terrena, el contacto permanente con personal de las empresas proveedoras del sistema y la actualización y capacitación constante de sus especialistas, entre otras. Para la gestión de las capacidades entregadas por el satélite, su explotación y coordinación se propone a la SUBTEL, considerando su actual rol en la gestión de las telecomunicaciones del país y la experiencia de su personal en este ámbito.

### 4) Ventajas y desventajas de la alternativa

#### a. Ventajas:

- Autonomía para dar soluciones precisas y dedicadas acordes a las necesidades del país.
- Integración de todo el territorio nacional.
- Acceso y transferencia tecnológica a nuevos nichos de desarrollo.
- Presencia internacional, pasando a constituir un punto de referencia en la región en esta área.

#### b. Desventajas:

- Alto costo de inversión.
- Sin cobertura de servicios de telefonía satelital debido a que es un servicio propietario.
- Entrega de servicios a las estaciones de explotación, con movilidad limitada debido a su tamaño.

### 5) Cronograma de alto nivel

Para efectos de tener un punto de referencia del cronograma se toma como supuesto que la decisión de la adquisición del satélite es a fines del año 2013, debido a la

gestión que debe realizarse a nivel internacional respecto de la asignación de bandas para la posición orbital asignada a Chile, que podría demorar hasta siete años.

Tabla 13: Cronograma alternativa N°3

| <b>Actividad</b>                                    | <b>Fecha/Plazo</b>                  |
|---|-------------------------------------|
| Toma de decisión                                    | <b>2<sup>do</sup> Semestre 2013</b> |
| Inscripción y coordinación de bandas y órbita (ITU) | <b>2<sup>do</sup> Semestre 2013</b> |
| Evaluación de necesidades                           | <b>2<sup>do</sup> Semestre 2014</b> |
| Evaluación de requerimientos técnicos               | <b>2<sup>do</sup> Semestre 2015</b> |
| Evaluación de plataformas en el mercado mundial     | <b>1<sup>er</sup> Semestre 2016</b> |
| Firma de contrato de construcción del satélite      | <b>1<sup>er</sup> Semestre 2017</b> |
| Lanzamiento del Satélite                            | <b>1<sup>er</sup> Semestre 2019</b> |
| Pruebas de aceptación y entrega final               | <b>1<sup>er</sup> Semestre 2019</b> |
| Capacitación a usuarios y proveedores               | <b>2<sup>do</sup> Semestre 2019</b> |
| Concesión de Anchos de Banda y Frecuencias          | <b>2<sup>do</sup> Semestre 2019</b> |

## **VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN**

La Figura 4, resume de manera esquemática las diferentes alternativas de solución analizadas para el corto y largo plazo en el marco del presente estudio, incluyendo sus respectivos VAN por períodos y total en Millones de US\$.

Figura 4: Esquema de las alternativas de solución en el corto y largo plazo (montos en Millones de US\$)

|        |  | PERIODO 2014 A 2019<br>(5 años) |   | PERIODO 2020 A 2034<br>(15 años) |      | TOTAL<br>(20 años) |  |
|--------|--|---------------------------------|---|----------------------------------|------|--------------------|--|
| ALT. 1 | 1 A                                    | VAN                             | 1 A   | 1 B                              | VAN  | VAN 1              |  |
|        | Agregación de Demanda                  | -138                            | Agregación de Demanda: continuación de la Alt.                  | 1 B                              | -243 | -381               |  |
| ALT. 2 | 2 A                                    | VAN                             | 2 A   | 2 B                              | VAN  | VAN 2              |  |
|        | Capacidad de transmisión (Transponder) | -91                             | Capacidad de transmisión (Transponder): continuación de la Alt. | 2 B                              | -267 | -358               |  |
| ALT. 3 | 1 A                                    | VAN                             | 1 A   | 3                                | VAN  | VAN                |  |
|        | Agregación de Demanda                  | -138                            | Satélite Propio   | 3                                | -397 | 31A                |  |
|        | 2 A                                    | VAN                             | 2 A   | 3                                | VAN  | 32A                |  |
|        | Capacidad de transmisión (Transponder) | -91                             | Satélite Propio   | 3                                | -397 | -488               |  |
|        |  | Solución de Corto Plazo         |   | Solución de Largo Plazo          |      |                    |  |

Como se ve en esta figura 4 en el corto plazo, período 2014 a 2019, es claramente más conveniente, desde el punto de vista económico, la alternativa 2A (-91MMUS\$) de arrendar capacidad de transmisión por sobre la alternativa 1A (-138MMUS\$), es un 33% más baja. Esta solución además desde el punto de vista técnico nos da mayor flexibilidad para administrar el ancho de banda contratado y gestionar la calidad del servicio al usuario final.

Desde el punto de vista del largo plazo, periodo 2014 a 2034, la solución más económica sigue siendo la alternativa 2 (-358MMUS\$) de arriendo de capacidad de transmisión, pero tan sólo un 6% más baja que la alternativa 1 (-381MMUS\$), esto se debe principalmente a que la alternativa 1 al ser arriendo de servicios, siempre se ajusta mejor a la demanda, en cambio la alternativa de arriendo de capacidad de transponder siempre tendrá un grado de ineficiencia u holgura con parte de su capacidad porque tiene incrementos discretos donde la unidad mínima de crecimiento es 1 transponder de 36MHz. Sin embargo, esta misma holgura que se presenta en esta solución tiene la ventaja de poder administrar mejor las velocidades entregadas a los usuarios finales y permite soportar peaks de demandas en eventos programados o situaciones de crisis.

Sin embargo, continuando con el análisis de largo plazo, la alternativa 32A (-488MMUS\$), correspondientes a la suma de capacidad de transponder (Alt.2A: -91MMUS\$) los primeros 5 años y luego pasar a una solución de Satélite Propio (Alt.3: -397MMUS\$), se diferencia en un 27% de la alternativa 2 (-358MMUS\$) de arriendo de capacidad de transmisión en 20 años y un 22% de la

alternativa 1 (-381MMUS\$) de seguir contratando servicios, lo cual nos sugiere que al ser una comparación a 20 años, y considerando que los precios bajan por los propios cambios tecnológicos, al optimizar la solución de satélite propio, ya sea negociando un mejor precio, cambiando el diseño por uno más eficiente, ajustando la capacidad final, etc, podrían finalmente ser soluciones indiferentes en el largo plazo, con una clara ventaja técnica de la solución satelital propia sobre las demás, ya sea, por la capacidad autónoma de satisfacer las necesidades de comunicaciones estratégicas del Estado, la capacidad de reacción ante desastres o situaciones de crisis o seguridad Nacional o mayor autonomía en la gestión de las soluciones a los usuarios. Por lo tanto, a la luz de los resultados, es una opción o solución que debe ser analizada más en detalle y evaluar el riesgo inherente a este tipo de solución de tener capacidad ociosa por mucho tiempo, porque el llenado del satélite será paulatino y dependerá del incremento de la demanda y del uso que se pueda dar y promover.

Adicionalmente, si bien la alternativa 2A (-91MMUS\$) es la más conveniente en el corto plazo desde el punto de vista de costos, se debe tener en cuenta que para llevar a cabo esta solución, es necesario realizar un estudio más acabado técnicamente para poder resolver en mejor medida los requerimientos de cada usuario, lo cual por un tema de tiempo no fue posible abordar en este estudio.

Por otro lado, las necesidades de más corto plazo de telecomunicaciones, particularmente las asociadas a la brecha digital y emergencia identificadas por SUBTEL, hace tomar relevancia la variable tiempo y complejidad de implementación de la alternativa. En este sentido, se puede apreciar del análisis expuesto, que la alternativa 1A (-138MMUS\$), contratación de servicio, a pesar de tener un VAN más elevado, presenta mayores facilidades de implementación y operación, así como un tiempo de implementación menor. Por lo tanto, si la variable tiempo, por sobre la variable costo, es lo relevante para la toma de decisiones, sería la alternativa 1A la solución a desarrollar en el corto plazo.

Finalmente, desde el punto de vista de los resultados del informe, basado en los análisis económicos y técnicos, se recomienda optar por la alternativa 2A (-91MMUS\$), es decir arrendar capacidad de transmisión o transponders, y luego evaluar al quinto año la solución de satélite propio, dependiendo del desarrollo interno que se haya alcanzado, revisando el estado del arte a la fecha de la tecnología, reevaluando los costos, basados en que a esa fecha se tendrá una infraestructura física de terreno y una operación ya montada para atender los usuarios, además de una demanda clara por los servicios, que permitirá una mejor evaluación de la solución para el desarrollo satelital.

Consecuente con lo anterior, y como se describió en este informe, al ser los plazos de solicitud de posición orbital tan largos, entre 3 y 7 años de tramitación, y como tramitar una posición orbital no constituye obligación de lanzar un satélite, se recomienda comenzar ahora la tramitación de la posición orbital de un satélite propio, de esta forma cuando se deba rehacer la evaluación ya se

tendrá parte importante del proceso de implementación hecho, si la decisión fuera la de desarrollar un satélite propio.

*Anexo 1: Tabla de situación actual para sistemas de emergencia, seguridad pública y FDT*

---

| SITUACIÓN ACTUAL ENLACES FIJOS Y TRANSPORTABLES                             |                                   |                                |  |           |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|--|-----------|
| Aplicación  | Cantidad de Sitios con una antena | Total (subida + bajada) [Mbps] | Total Mbps Contención PDI 1:20; Carabineros 1:10 | Total MHz |
| ONEMI   | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Red Gubernamental   | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Total Emergencias   | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Postas rurales  | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Localidades Rurales (FDT)   | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Escuelas sin conexión   | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Total requerimientos rurales y Escuelas                                     |                                   |                                | 0  |           |
| Carabineros sitios permanentes enlaces de 512x2 kbps                        | 350                               | 358,4                          | 35,84  |           |
| Carabineros enlaces intervención rápida                                     |                                   |                                |  |           |
| Carabineros camiones enlaces de 1x512 kbps                                  | 3                                 | 4,54                           | 0,454  |           |
| Carabineros sitios en caso emergencia                                       |                                   |                                |  |           |
| Total Carabineros   |                                   | 362,94                         | 36,294   | 32,99     |
| Investigaciones (PDI) enlaces de 128x2 kbps                                 | 23                                | 5,888                          | 0,2944   |           |
| Investigaciones (PDI) Respaldo 10 Mbps                                      | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Investigaciones (PDI) Respaldo velocidades $\leq 2$ Mbps                    | 5                                 | 6,56                           | 0,328  |           |
| Investigaciones (PDI) Estacional (verano) enlaces de 128x2 kbps             | 4                                 | 1,024                          | 0,0512   |           |
| Investigaciones (PDI) teléfonos móviles Iridium Prepago casos de Emergencia | 31                                |                                |  |           |
| Total PDI   |                                   | 13,472                         | 0,6736   | 0,61      |
| Sistemas Unidireccionales   |                                   |                                |  |           |
| Tv-broadcast Tele-Educación   | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Red Sismógrafos sensores red 1  | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Red Sismógrafos sensores red 2  | 0                                 | 0                              | 0  |           |
| Sismología retorno a Red sismógrafos  | 0                                 | 0                              | 0  |           |
|   |                                   |                                | Subtotal   | 33,61     |
| Otros servicios del Estado  |                                   |                                | 57,00  | 51,00     |
|   |                                   |                                | Total  | 84,61     |

| SITUACIÓN ACTUAL EQUIPOS PORTÁTILES |                        |                |           |
|-------------------------------------|------------------------|----------------|-----------|
| Entidad                             | cantidad de terminales | Minutos al año | MB al año |
| ONEMI *                             | 60 Bgan                | -              | 39.000    |
| ONEMI **                            | 17 teléfonos           | 16320          | -         |
| PDI                                 | 31 teléfonos           | 15500          | -         |

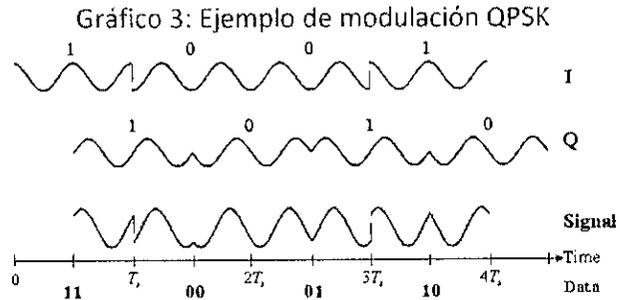
Nota \* Máximo valor en caso de Emergencias

\*\* ONEMI tiene en total 90 teléfonos satelitales pero la mayoría se emplea solo en EMERGENCIAS

### Anexo 2: Cálculo de transformación de unidades de Mbps a MHz.

Para poder realizar esta transformación de unidades se aplicará el siguiente procedimiento:

- Las señales de radio utilizan formas de onda llamadas símbolos, donde cada símbolo está representado por un número de bits. En el gráfico 1, tomamos como ejemplo la modulación QPSK, donde cada símbolo está representado por 2 bits.



Fuente: <http://www.magnadesignnet.com>

Entonces se puede decir que:

$$\frac{\text{Tasa de bit}}{\text{Modulación}} = \text{Tasa de símbolos}$$

Dónde: Tasa en símbolos (SPs) = Ancho de banda de Nyquist (BW mínimo teórico)

Entonces, para nuestro caso si tomamos la demanda total levantada de 55,48 Mbps, que es nuestro ancho de banda teórico, con el supuesto de una modulación QPSK, tenemos que:

$$BW^* = \frac{55,48 \text{ Mbps}}{2} = 27,74 \text{ MHz}$$

Sin embargo, en la realidad los medios de comunicación poseen ruido y son poco fiables, los equipos tienen limitaciones, los métodos y protocolos de transmisión tienen overheads (redundancia o desperdicio del ancho de banda causada por información adicional, ejemplo: de control, de secuencia, etc.), asociados y el ancho de banda se puede compartir.

El FEC (Forward Error Correction) es un método para detectar y corregir errores en canales con ruido, donde cada x bits está codificado en y bits, agregando redundancia. Por ejemplo, un FEC de ¾ significa que cada 3 bits están representados por 4 bits. Y, la combinación de la modulación y FEC es llamada MODCOD.

Con estos conceptos la ecuación está dada por:

$$\frac{\text{Tasa de bit}}{\text{MODCOD}} = \text{Tasa de símbolos}$$

Donde MODCOD es calculado como la modulación de bits por símbolos multiplicado por el valor de FEC, con QPSK3/4:

$$2x\frac{3}{4} = 1,5$$

Entonces, la tasa de símbolos para 55,48 Mbps, con QPSK  $\frac{3}{4}$  es:

$$\frac{55,48Mbps}{1,5} = 37MSps \text{ aprox.}$$

Para poder reducir la interferencia entre símbolos, se utiliza un filtro que reduce la interferencia entre símbolos mediante la separación de éstos en el tiempo. Este factor que aumenta o excede el ancho de banda de Nyquist se llama Roll-Off ( $\alpha$ ).

Entonces la ecuación está dada por:

$$BW^* = \frac{Tasa \ de \ bit}{MODCOD} x(1 + \alpha)$$

El ancho de banda para 55,48Mbps, QPSK  $\frac{3}{4}$  y rolloff 20%, es:

$$\frac{55,48Mbps}{1,5} x1,2 = 44MSps \text{ aprox.}$$

Por otro lado, el overhead varía dependiendo del uso y el tráfico generado y los tipos de canales, donde:

$$Tasa \ de \ bit \ x \ (1 + \text{overheads}) = Tasa \ de \ datos$$

Pero en nuestro caso, el levantamiento de la información ya considera el overhead, por lo tanto:  
Tasa de bit =Tasa de datos, y por ende:

$$BW^* = \frac{Tasa \ de \ datos}{MODCOD} x(1 + \alpha)$$

Como ya se había mencionado anteriormente, en los sistemas VSAT, el ancho de banda es compartido o utilizado por otros usuarios. Entonces, para calcular el ancho de banda compartido se debe incluir la suma de la tasa de datos individual de todos los usuarios, la relación de sobreescripción (que es la relación entre el ancho de banda asignado y el garantizado) y la concurrencia (que es la probabilidad que todos los usuarios concurren al mismo tiempo a la red).

Entonces:

$$BW_{Total} = \frac{\sum Tasa \ de \ datos}{MODCOD} x(1 + \alpha) x S.S \ x \ Conc$$

Para el cálculo de la demanda actual:

- Tasa de datos: 33 Mbps

- Rolloff: OB=20% (para transmisión), IB=22% (para recepción)
- Sobresuscripción: 1:2
- Concurrencia: 50%
- MODCOD: QPSK ¾

$$OB = \frac{33Mbps}{1,5} \times 1,2 \times 0,5 \times 0,5 = 6,6 \text{ Mhz aprox.}$$

$$IB = \frac{33Mbps}{1,5} \times 1,22 \times 0,5 \times 0,5 = 6,71 \text{ MHz aprox.}$$

TOTAL = 13,31 MHz.

Para el cálculo de la proyección a 7 años:

- Tasa de datos: 224,02 Mbps
- Rolloff: OB=20% (para transmisión), IB=22% (para recepción)
- Sobresuscripción: 1:2
- Concurrencia: 50%
- MODCOD: QPSK ¾

$$OB = \frac{224,02Mbps}{1,5} \times 1,2 \times 0,5 \times 0,5 = 44,804 \text{ Mhz}$$

$$IB = \frac{224,02Mbps}{1,5} \times 1,22 \times 0,5 \times 0,5 = 45,55 \text{ MHz}$$

TOTAL = 90,354 MHz.

PCL XL Error

Subsystem: KERNEL

Error: IllegalAttributeCombination

File Name: kerlib.c

Line Number: 1121