

**ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL
OFICINA REGIONAL SUDAMERICANA**

**CUARTA REUNION INFORMAL SOBRE LA PLANIFICACION
E IMPLEMENTACION DE LA RED DIGITAL SAM**

(REDDIG/4)

(Lima, Perú, 4 al 8 de septiembre del 2000)

**Asunto 3c: Aspectos administrativos para la implantación y operación de la
REDDIG
Segmento Espacial**

(Presentada por la Secretaría)

Resumen

Esta nota de estudio presenta a consideración de la reunión, aspectos relativos al proveedor de servicios de comunicaciones vía satélite a utilizar por la REDDIG. Igualmente se detallan aspectos relacionados con los satélites disponibles, las mejores opciones actuales, el tipo de capacidad a arrendar, así como aspectos relativos a la reserva y pago del segmento espacial una vez la REDDIG entre en operación continuada.

1. Introducción

1.1 Uno de los primeros trabajos que ha realizado la oficina del proyecto REDDIG y cuyos resultados se recogen en esta nota de estudio y en el pliego de especificaciones técnicas (ver NE/1), ha sido el estudio del posible suministrador de servicios de comunicaciones vía satélite, y la familia de satélites que estos aportan.

1.2 La elección del proveedor de servicios es a largo plazo un punto fundamental en este tipo de redes privadas, toda vez que éstas se basan en la utilización de ancho de banda disponible en un determinado satélite, y cuyo costo es recurrente y no amortizable. La elección correcta de un repetidor satelital proporcionará una reducción importante de los costos, tanto del equipamiento en tierra como del ancho de banda arrendado

2. Elección del proveedor de servicios

2.1 La primera consideración a tener en cuenta para realizar una correcta elección del proveedor de servicios de comunicaciones, implica conocer la naturaleza de las comunicaciones a establecer. La REDDIG es una red privada de comunicaciones que nace de la necesidad de ampliar, modernizar y mejorar las comunicaciones del Servicio Fijo Aeronáutico (AFS) para los actuales servicios de navegación aérea, mediante la implantación de comunicaciones costo-eficientes, rápidas, confiables, y de alta calidad. Al mismo tiempo, se pretende establecer la plataforma digital en apoyo de la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas contemplada en los sistemas CNS/ATM de la OACI y de aumentación GNSS.

2.2 Para cumplir con este objetivo, hay que tener en cuenta varios factores entre los que se detallan:

- a) El proveedor de servicios ha de estar ampliamente implantado, ha de tener varios satélites que posean coberturas similares, para incorporar seguridad a la red en caso de falla del repetidor satelital.
- b) Debe poseer satélites cuyas coberturas sean continentales, en la banda de frecuencias adecuada, con el fin de optar a una solución de ancho de banda única para toda la red y así poder optar a un menor número de portadoras de transmisión en los sitios, con lo que el equipamiento de RF a instalar sea de bajo costo.
- c) Ha de tener una política de signatarios adecuada. Los usuarios finales de redes privadas de comunicaciones vía satélite están obligados a suscribir contratos con los proveedores de servicios a través de los signatarios oficiales de éstos en los respectivos Estados. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), como Agencia de las Naciones Unidas es signatario de pleno derecho ante INTELSAT, debido a que en un principio INTELSAT nace de un acuerdo internacional en el seno de las Naciones Unidas. Este hecho, y la naturaleza de la REDDIG, que nace de un proyecto regional de Cooperación Técnica de la OACI, implican que no es necesario ningún otro signatario en la relación ante INTELSAT, con lo que se podrían obviar los costos administrativos de éstos (markups) que los citados signatarios suelen adicionar al costo real del segmento espacial en sus facturas hacia los usuarios finales. Estos markups suelen variar de Estado a Estado pero no suelen ser inferiores al 10% del coste total de la facturación de dicho ancho de banda. En una red de estas características en la que se estima un ancho de banda no inferior a 3 MHz., la eliminación de dicho markup es muy significativa a largo plazo.

2.3 Para realizar el informe que se presenta en esta nota de estudio, se ha solicitado, a través del representante de las Naciones Unidas ante INTELSAT, acceso a la red IBN (*Intelsat Business Network*). En este sitio, accesible desde internet mediante clave, se puede obtener todo tipo de información referente a satélites, capacidades disponibles a corto y largo plazo, material de referencia y consulta, estándares, etc. Esta documentación ha sido la principal fuente de información que ha permitido la elección del satélite para la implantación de los nodos VSAT de la red REDDIG.

3. Elección del satélite

3.1 Antes de revisar los satélites de INTELSAT que están o estarán disponibles y con capacidad suficiente como para hacer la elección correspondiente hay que tener en cuenta varios factores, entre los que se destacan los siguientes:

a) Banda de frecuencias

La banda de frecuencias a utilizar, ha de considerar el emplazamiento de los nodos. Las condiciones climatológicas de los sitios son determinantes en esta elección. Además ha de considerarse que a frecuencias más bajas, los haces de potencia de los satélites aumentan en tamaño y disminuyen en potencia, por lo que afectan al equipamiento que ha de instalarse. Las antenas parabólicas son de mayor diámetro a menor frecuencia. En la red REDDIG existen nodos situados en zonas ecuatoriales tórridas, donde las precipitaciones son muy elevadas.

Hay en este momento tres bandas de frecuencias utilizadas en comunicaciones vía satélite. Estas son las bandas C (4-6 GHz.), Ku (12-14 GHz.) y Ka (16-18 GHz.). Los haces de banda Ka, que es utilizada desde hace muy poco tiempo, ofreciendo conmutación en el satélite para aplicaciones de tráfico IP, se caracterizan por su pequeño y muy localizado haz y su muy alta potencia isotropa radiada efectiva (p.i.r.e). Esta banda está muy afectada por las condiciones climatológicas, y por el momento hay pocos proveedores de servicios que ofrezcan estos *spots* para comunicaciones vía satélite de índole privado. La banda Ku, muy utilizada por los servicios de radiodifusión de televisión, y últimamente por los proveedores de servicios de internet (ISP), presenta potencias de haces cercanas a los 50 dBw., en haces muy localizados. Las condiciones climatológicas de lluvia afectan, en este rango de frecuencias, de manera muy importante, por lo que no son recomendadas para su instalación en zonas ecuatoriales. Por último, la banda C (4-6 GHz) presenta como propiedad principal que los haces son hemisféricos o zonales hemisféricos, dependiendo del número de antenas

instaladas en el satélite. Tiene ventajas muy claras en relación al área focal que

cubren, son menos sensibles a las condiciones climatológicas adversas y lo que es más importante, la última generación de satélites presenta valores de p.i.r.e en banda C, cercanos a los 45 dBw., muy cercanos a la banda Ku, con lo que los diámetros de las antenas parabólicas en banda C, y por tanto los costes de las estaciones terrenas, han disminuido notablemente en las aplicaciones que actualmente se instalan en esta banda en relación a las precedentes.

Por tanto, a la vista de la necesidad que la REDDIG tiene en relación a cobertura y a condiciones climatológicas adversas en sus nodos ecuatoriales (Cayenne, Georgetown, Paramaribo, Guayaquil, Bogotá, Recife y Manaus), parece evidente la necesidad de que la capacidad a reservar en el proveedor de servicios sea en **banda C**.

b) Tipos de haces

En banda C, existen al menos tres tipos de haces, cada uno de los cuales tiene una serie de transpondedores asociados en la órbita geoestacionaria. Estos haces varían en cobertura, y por tanto en potencia, en relación inversamente proporcional. Los haces globales cubren aproximadamente una tercera parte del globo terrestre, centrados en la perpendicular sobre el ecuador al satélite (punto subsatélite). Su principal ventaja es que con la misma frecuencia se pueden realizar redes que cubran hasta 3 continentes, por lo que se utiliza principalmente en radiodifusión en aquellas zonas de la Tierra donde no existen spots de banda Ku. Tiene dos inconvenientes principales que son la baja potencia de p.i.r.e (en el rango de 35 dBw) y el precio del segmento espacial en haz global es un 30% mas caro que en los haces zonales o hemisféricos. Los haces zonales y hemisféricos tienen coberturas prácticamente continentales. Los haces zonales dividen en algunos casos los continentes en distintos haces. En los nuevos satélites de la serie IX de INTELSAT, existen haces zonales que se confunden en cobertura con los hemisféricos. La diferencia entre los haces zonales y hemisféricos radica en la diferencia de potencia de los mismos. Aproximadamente los haces zonales dan 5 dBw (casi 4 veces) más de potencia que los hemisféricos, siendo el precio del segmento espacial idéntico. Por tanto parece razonable el intentar encontrar **un haz zonal con cobertura hemisférica** y así aprovechar el exceso de potencia de haz para disminuir el coste del equipamiento de RF de las estaciones terrenas.

c) Satélites con cobertura en Sudamérica

Con el fin de aprovechar la facilidad de cubrir varios continentes, los satélites

de comunicaciones suelen tener órbitas geosíncronas ecuatoriales cuya longitud varia sobre los océanos. Así, INTELSAT distingue su constelación de satélites en IOR (sobre el Índico), POR (sobre el Pacífico) y AOR (sobre el Atlántico). Los satélites están divididos a su vez por familias, las cuales van incorporando con el tiempo, nuevos avances tecnológicos y más ancho de banda disponible. Las familias de satélites AOR que son susceptibles de ser utilizados por la red REDDIG son los correspondientes a las series VIII y IX, ya que los anteriores son satélites cuya vida útil es inferior a diez (10) años y por tanto no son aptos para ser usados en la REDDIG. Los satélites atlánticos de la serie VIII, que pueden ser utilizados son el IS-801 (328,5 °E) y el IS-805 (304,5 °E). El IS-801 presenta una huella hemisférica en Sudamérica que no cubre Recife (Nótese que en la red CAFSAT se utiliza una portadora global para acceder a este emplazamiento). En el caso del satélite IS-805, la cobertura es total en el continente, presenta unos 40 dBW de p.i.r.e en el haz hemisférico occidental (WH), pero según la información existente en el IBN no habría para finales del próximo año capacidad disponible en el mismo, y su vida útil podría estar en el límite del periodo de operación de la red REDDIG, en su fase de utilización de satélites como medio de transmisión principal.

INTELSAT, una vez conocidas las necesidades de la red REDDIG, ha recomendado la utilización de los satélites de la serie IX que están siendo puestos en servicio en la actualidad. Sobre el Océano Atlántico orbitarán tres satélites de dicha serie que son; el IS-903 (335,5 °E), el IS-904 (325,5 °E) y el IS-905 (332,5 °E). Si se quiere aprovechar la cobertura zonal continental de estos satélites, habría que descartar al IS-904 (325,5 °E) ya que presenta dos haces zonales en Sudamérica y su utilización implicaría el aumento en el número de portadoras necesarias. El IS-903 (335,5 °E) será puesto en órbita en abril del 2001 y se espera que esté operativo 90 días después. Tiene una potencia de haz zonal de hasta 45,0 dBW, y de 40 dBW en el haz hemisférico. Estará disponible para el momento en que la REDDIG entre en operación, e INTELSAT admite ya reservas de segmento espacial a largo plazo. El IS-905 (332,5 °E) estará operativo después de febrero del 2002, con 46,4 dBW de p.i.r.e. en el haz zonal y 40.0 dBW en el hemisférico.

Al no ser la diferencia de potencias (1,4 dBW) significativa, todo parece indicar que el satélite **INTELSAT IS-903, geostacionario en 335,5 °E**, es el satélite más indicado para los requisitos necesarios de la red REDDIG.

Como apéndice A a esta nota de estudio, se incluyen las coberturas y haces de estos satélites, en su versión comercial.

4. Elección del sistema de reserva de ancho de banda

4.1 Hay dos modalidades de reserva del segmento espacial necesario para las necesidades de ancho de banda de la red REDDIG. Cualquiera de ellas, dependerá de la solución (MCPC – *Multiple channels per carrier* o TDMA – *Time division multiplexing access*) y cálculos de potencia que haya realizado la empresa que resulte adjudicataria del proyecto en el proceso de licitación. Estas dos modalidades son:

a) Portadoras IBS

Las portadoras fijas IBS (*Intelsat Business Service*) son un servicio por canal/portadora. Como tal, cada portadora se mide en Kbps. Es un servicio muy adecuado para aquellas aplicaciones que requieran siempre el mismo ancho de banda de transmisión en cada estación terrena y cuyas transmisiones sean simplex o duplex asimétricas. Cada portadora tiene un tamaño múltiplo de 64 Kbps. Las portadoras IBS pueden alquilarse a corto o largo plazo y se ofrecen con índices de FEC de $\frac{3}{4}$ o $\frac{1}{2}$. De esta manera, cuando se transmite hacia estaciones terrenas grandes, el FEC $\frac{3}{4}$ es más eficiente. En este servicio, los requerimientos de las antenas de las estaciones, son también más restrictivos. Las portadoras IBS se cobran de acuerdo con la capacidad configurada en la portadora, por lo que este servicio es ideal cuando se está ante un sistema MCPC de bajo tráfico.

Con portadoras IBS se suele desaprovechar ancho de banda debido a la necesidad de completar portadoras de 64 Kbps y es casi imposible asegurar una expansión a mayor capacidad por la necesidad de frecuencias contiguas dentro del mismo transpondedor.

b) Servicios de alquiler de transpondedores (*lease*)

Los servicios de alquiler de INTELSAT son los que ofrecen mayor flexibilidad. El alquiler de un ancho de banda medido en MHz., permite establecer todos los servicios necesarios, incluyendo ancho de banda para expansión. Resultan especialmente rentables para redes expansivas internacionales por que se pueden efectuar transiciones de tráfico nacional al regional e incluso al internacional mundial, a medida que crecen los mercados y el volumen de tráfico. Esta especialmente indicadas para redes tipo TDMA con gran capacidad de crecimiento, y permiten establecer la nube ATM o Frame Relay en el espacio.

Los servicios de alquiler de segmento pueden ser NO INTERRUMPIBLES, en los que tienen la más alta prioridad de INTELSAT y cuyo servicio no se puede ~~cancelar~~ interrumpir una vez arrendado, estando respaldados por frecuencias en otros

transpondedores en caso de fallo e INTERRUMPIBLES. Evidentemente, resulta obvio pensar que para los servicios que se van a establecer en la red REDDIG, en el caso de una solución con ancho de banda alquilado tipo *lease*, éste ha de ser **NO INTERRUMPIBLE**.

Asimismo, INTELSAT establece dos tipos de categorías de tarifas, capacidad normal y preferencial (premium) debido a la potencia menor que ofrecen los satélites de las series VI y VII. INTELSAT ha informado que los satélites de la serie IX debieran ser todos de capacidad PREMIUM.

Desaparecen aquí los requerimientos de INTELSAT respecto a los índices de FEC como los vistos en portadoras IBS, dando opción a alternativas de última innovación, tales como el Turbo Codec ®, cuya utilización implica un severo ahorro de ancho de banda.

5. Costos aproximados de segmento espacial

5.1 De los estudios preliminares de topología y de necesidad de enlaces, que se encuentran detallados en los apéndices A y B del pliego de especificaciones técnicas (REDDIG NE/1), se obtiene el ancho de banda aproximado que sería necesario para cumplir con los requisitos establecidos de la red REDDIG. Si bien, éstos dependen de la solución que adopte la compañía que resulte adjudicataria en el proceso de licitación, el ejercicio de costos de segmento espacial, que se incluye en este apartado, es orientativo y tiene como única finalidad, informar a la reunión de sus valores aproximados.

5.2 Al ser la OACI, a través de las Naciones Unidas, un signatario de pleno derecho ante el proveedor de servicios, INTELSAT, los costos expresados aquí, no tienen markups añadidos, si bien pueden variar con respecto a los que puedan existir en el momento de la entrada en operación de la REDDIG.

5.3 Ejercicio orientativo de costos

A) Portadoras IBS

En el caso de una solución MCPC y como caso más crítico que se produce con la comunicación simultánea de todos los servicios, obtenidos de los datos que aparecen en el apéndice B del pliego de especificaciones técnicas y

considerando una expansión del segmento espacial del treinta (30) por ciento, aparecen los siguientes cálculos por estación terrena:

NODO	BW (Kbps)	BW (Kbps) + 30 %	Portadora s IBS	Porcentaje uso efectivo BW (%)
SAEZ	206.4	268.3	320	83.8
SLLP	132.0	171.6	192	89.4
SBCW	152.0	197.6	256	77.2
SBRE	117.6	152.9	192	79.6
SBMU	159.2	207.0	256	80.9
SCEL	145.6	189.3	192	98.6
SKED	192.0	249.6	256	97.5
SEGU	114.4	148.7	192	77.4
SOOO	96.0	124.8	128	97.5
SYGC	98.4	127.9	128	99.9
SGAS	112.0	145.6	192	75.8
SPIM	186.0	241.8	256	94.4
SMPM	98.4	127.9	128	99.9
SUMU	175.2	227.7	256	88.9
SVMI	153.6	200.0	256	78.1
Total	2138.8	2780.7	3200	86.89

Tal y como se detalla en la tabla anterior, incluyendo el 30% de expansión de segmento espacial que es requerido en el pliego de especificaciones técnicas, se produce un desaprovechamiento de segmento espacial de un **13 %**.

El coste de las portadoras IBS es fijo. Dicho costo se calcula atendiendo al tipo de antenas que se utilizan (normalmente estándar F1 en este tipo de aplicaciones, con todas las antenas de igual diámetro) y del número de años que va a estar el servicio en funcionamiento, además de los tipos de modulación y FEC (p.e. QPSK ½), y de la banda de frecuencias. En nuestro caso, se puede estimar un costo neto de USD 475.00 cada 64 Kbps por cada mes, con lo que anualmente y todo el ancho de banda requerido podría ascender a USD 285.000. Si todos los nodos se cotizasen en cuanto a tráfico de la misma manera, el costo anual por segmento espacial de cada nodo rondaría los **USD 20.500**

- B) Servicios de alquiler de transpondedor (**lease**)
De los apéndices A y B del pliego de especificaciones técnicas, añadiendo un treinta (30) por ciento de expansión en el segmento espacial, resultan aproximadamente los siguientes valores de ancho de banda medidos en KHz:

NODO	BW (Kbps)	BW (KHz) + 30 % (QPSK ½)	Costo segmento anual QPSK ½ (*)	Costo Segmento anual 8PSK ½ (*)
SAEZ	206.4	375.65	28.565	21.250
SLLP	132.0	240.24	18.268	13.590
SBCW	152.0	276.64	21.036	15.650
SBRE	117.6	214.03	16.275	12.107
SBMU	159.2	289.74	22.032	16.390
SCEL	145.6	264.99	20.150	14.990
SKED	192.0	349.44	26.572	19.767
SEGU	114.4	208.20	15.832	11.778
SOOO	96.0	174.72	13.286	9.884
SYGC	98.4	179.09	13.618	10.130
SGAS	112.0	203.84	15.500	11.531
SPIM	186.0	338.52	25.742	19.150
SMPM	98.4	179.09	13.618	10.130
SUMU	175.2	318.86	24.247	18.038
SVMI	153.6	279.55	21.257	15.814
Total	2138.8	3892.6	USD 296.000	USD 220.200

Nótese que en este caso, ya figuran los porcentajes reales de uso de segmento espacial en cada nodo con lo que la tarifa para cada nodo se conocería exactamente (*).

Tal y como se detalla en la tabla anterior, incluyendo el 30% de expansión de segmento espacial que es requerido en el pliego de especificaciones técnicas, no se llega a producir desaprovechamiento alguno de segmento espacial, si exceptuamos el porcentaje que va desde los 3,893 MHz. hasta los 4 MHz. que se requieren alquilar, y que es del **2,67 %**.

El coste del alquiler de ancho de banda en transpondedores es también fijo. Dicho coste depende solamente en este caso si se solicita un alquiler a largo plazo no interrumpible y con capacidad preferencial de conectividad limitada, como es el caso al que debería tenderse por motivos obvios de seguridad.

En este caso, el coste total de 4 MHz. sería de **USD 296.000**, si bien en el caso del lease, es factible pasar de QPSK a 8PSK con lo que la reducción del segmento sería del 33 %, quedando el ancho de banda total en 2,6 MHz, y su coste en **USD 220.200** ~~200.200~~. ~~Nótese que en este caso, ya figuran los~~

~~porcentajes reales de uso de segmento espacial en cada nodo con lo que la tarifa para cada nodo se conocería exactamente (*).~~

Obsérvese que en este caso, la ampliación de servicios o la incorporación de nuevos nodos es mucho más sencilla y no ocurren los problemas típicos que se presentan en el caso de portadoras IBS en cuanto a encontrar disponibilidad de segmento espacial adyacente.

C) Notas

- Los datos contenidos en los apartados anteriores han sido extraídos de los documentos publicados por INTELSAT sobre las tarifas vigentes. Estas tarifas pueden por tanto variar en el momento del comienzo de la ejecución de la red REDDIG.
- El ejercicio realizado en este apartado es meramente informativo y por tanto puede no ser exacto. Así, en el caso de soluciones TDMA no se está teniendo en cuenta la capacidad existente de tráfico a ráfagas (*burst*) que implicaría una reducción aún mayor del ancho de banda total requerido en la red. Será la empresa adjudicataria la que realice, de acuerdo a la solución de ingeniería que aporte, los cálculos reales de costos, en coordinación con la Oficina del Proyecto REDDIG.
- El calculo anterior se basa en la inexistencia de sobrecostos debido a la presencia de signatarios locales. En caso de ser necesario el alquiler a través de signatarios locales los costes de segmento espacial podrían elevarse de manera sustancial.
- Se han tenido en cuenta para el cálculo todos los servicios incluidos en el apéndice B del pliego de especificaciones técnicas. Toda modificación en dicho apéndice implica un nuevo replanteo del ejercicio.
- No se incluyen en este ejercicio, los costes derivados del arrendamiento de las líneas ISDN, las cuales se usarán bajo demanda, cuando exista una falla en el medio principal, y cuyo coste de operación debería ser simular a la de una línea telefónica conmutada.

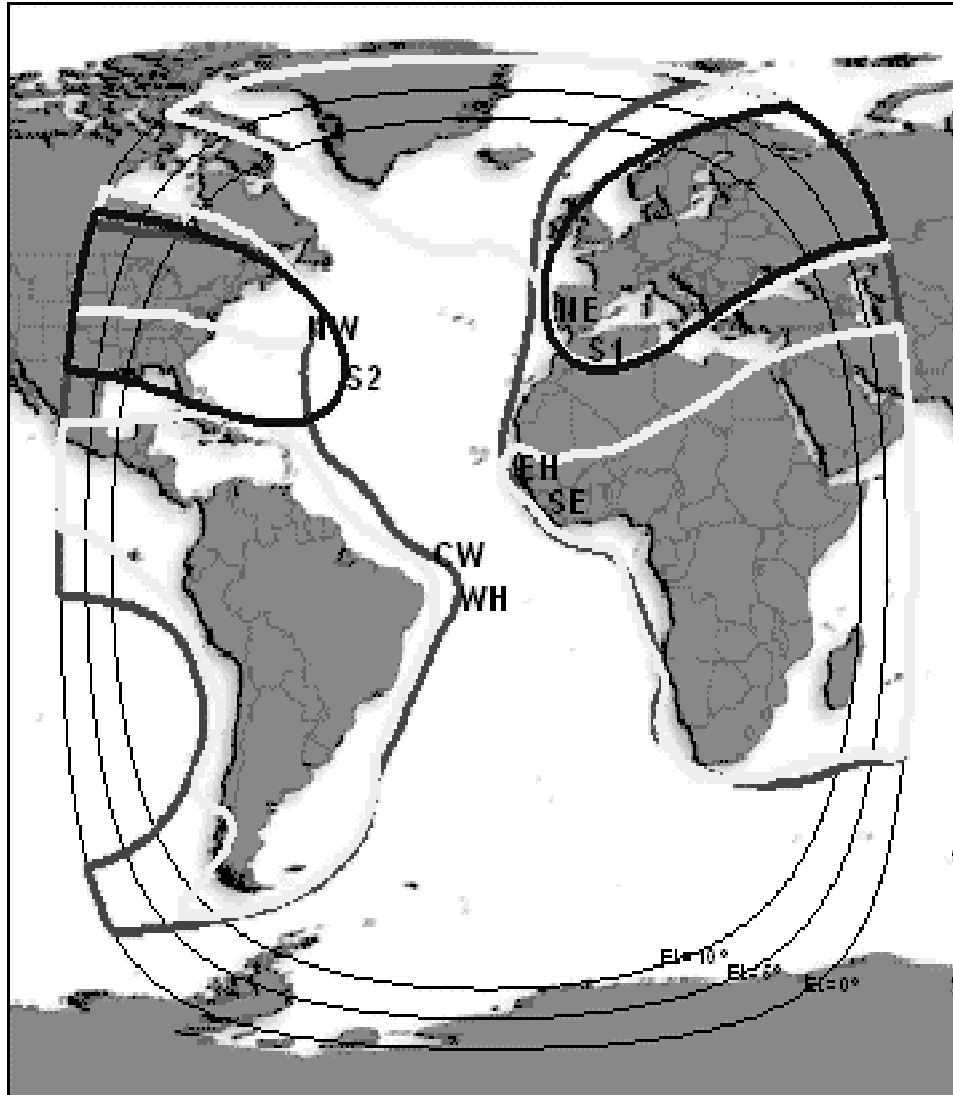
6. Acción sugerida

6.1 Se invita a la Reunión a examinar la información presentada en esta nota de estudio a fin de:

- a) Considerar al suministrador de servicios INTELSAT como el proveedor más apropiado para suministrar el segmento espacial necesario de la red REDDIG;
- b) acordar en que el satélite INTELSAT IS-903, geoestacionario en la posición orbital 335.5 °E, en banda C y con transpondedor zonal continental (CWZ) presenta la mejor opción actual para realizar dicha implantación;
- c) tomar nota de los tipos de reserva de ancho de banda satelital disponibles en el proveedor de servicios, descritos en el apartado 4 de esta nota de estudio, considerando que ha de ser la empresa adjudicataria la que determine, mediante el estudio correspondiente, la mejor opción para la implantación de la red digital SAM (REDDIG);
- d) tomar nota de los posibles costos recurrentes de segmento espacial para la REDDIG, descritos en el apartados 5 de esta nota de estudio, siempre que se mantengan los requisitos establecidos en el apéndice B del pliego de especificaciones técnicas; y
- e) considerar la conveniencia de utilizar esquemas de modulación y algoritmos de corrección de errores de mayor eficiencia, a fin de optimizar el uso del ancho de banda satelital.

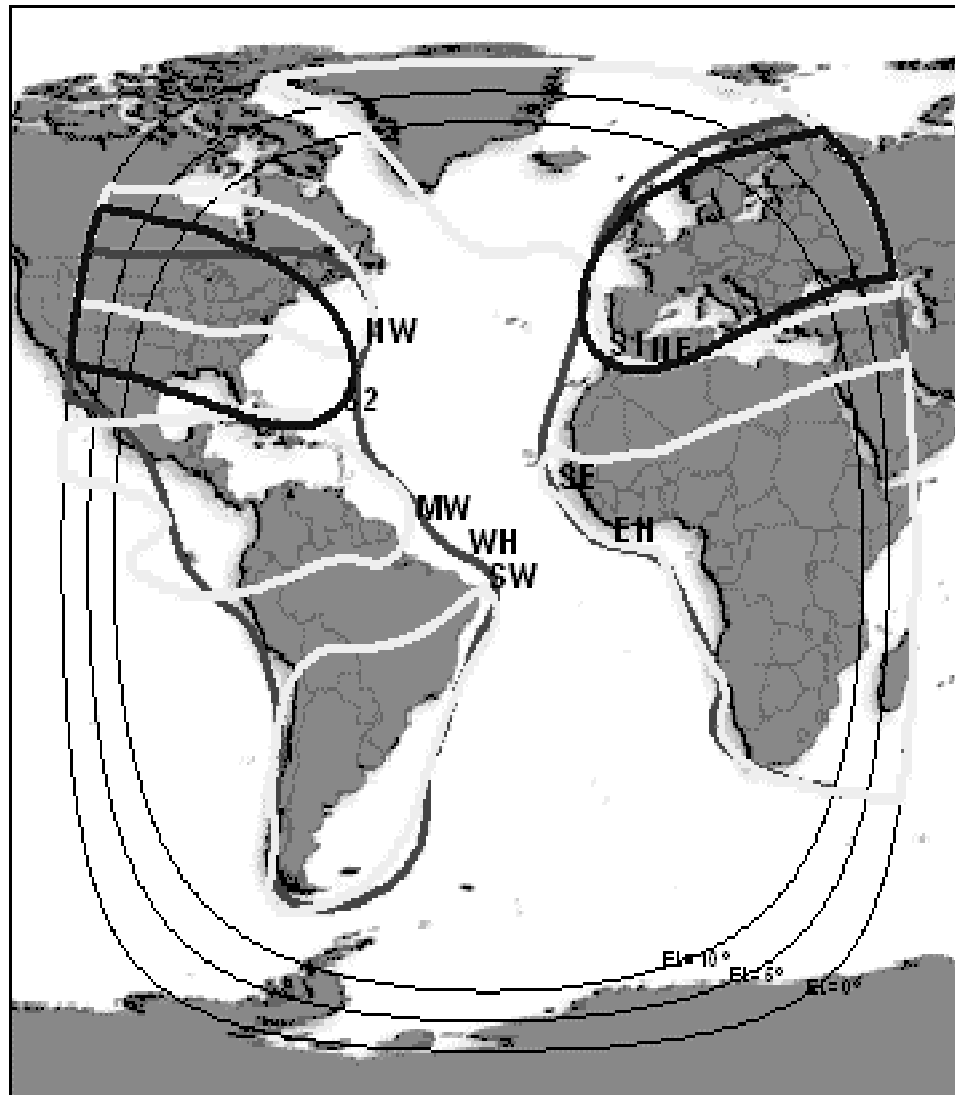
APÉNDICE A

Mapa de coberturas del satélite: **INTELSAT IS-903 @ 335.5 °E**
Fecha de puesta en servicio: Abril 2001
Fecha de fin de operatividad: + 14 años



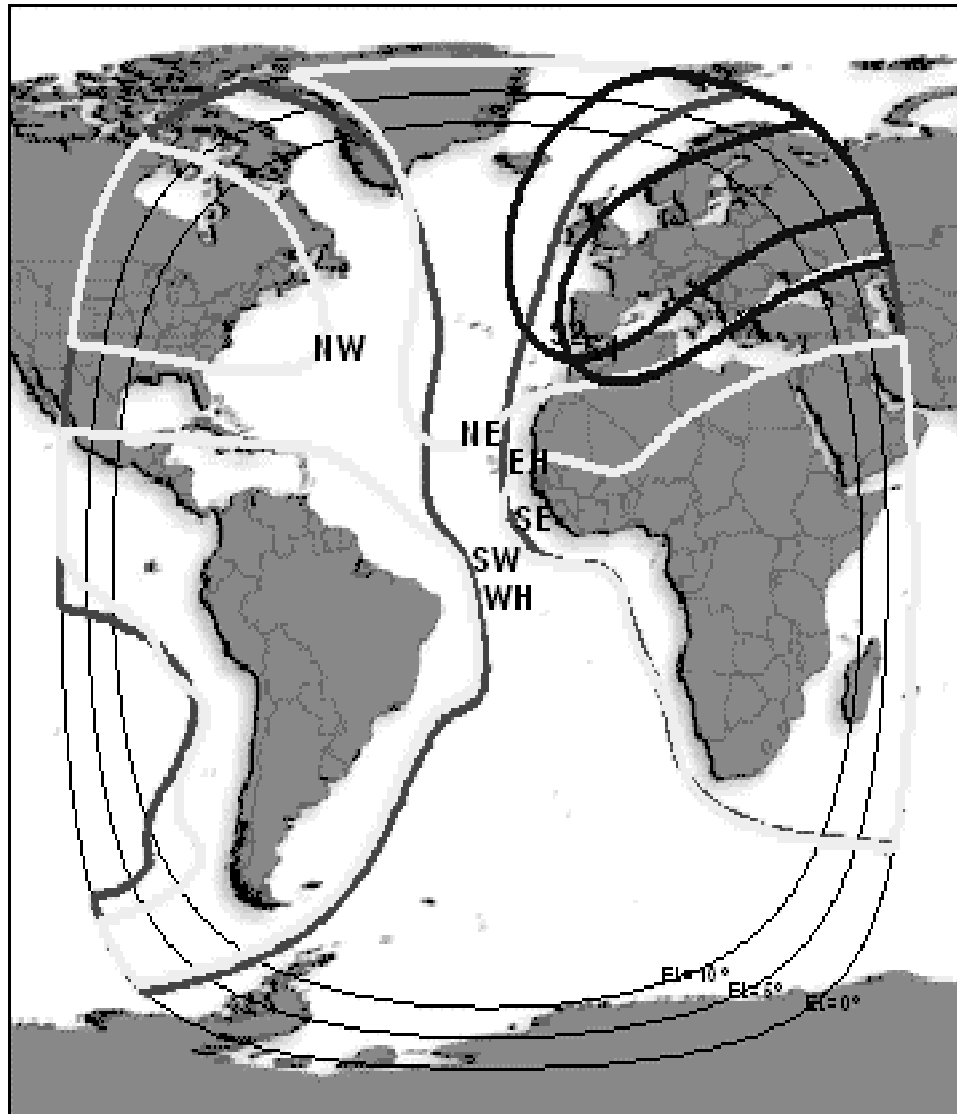
APÉNDICE A

Mapa de coberturas del satélite:	INTELSAT IS-904 @ 325.5 °E
Fecha de puesta en servicio:	Junio 2001
Fecha de fin de operatividad:	+ 14 años



APÉNDICE A

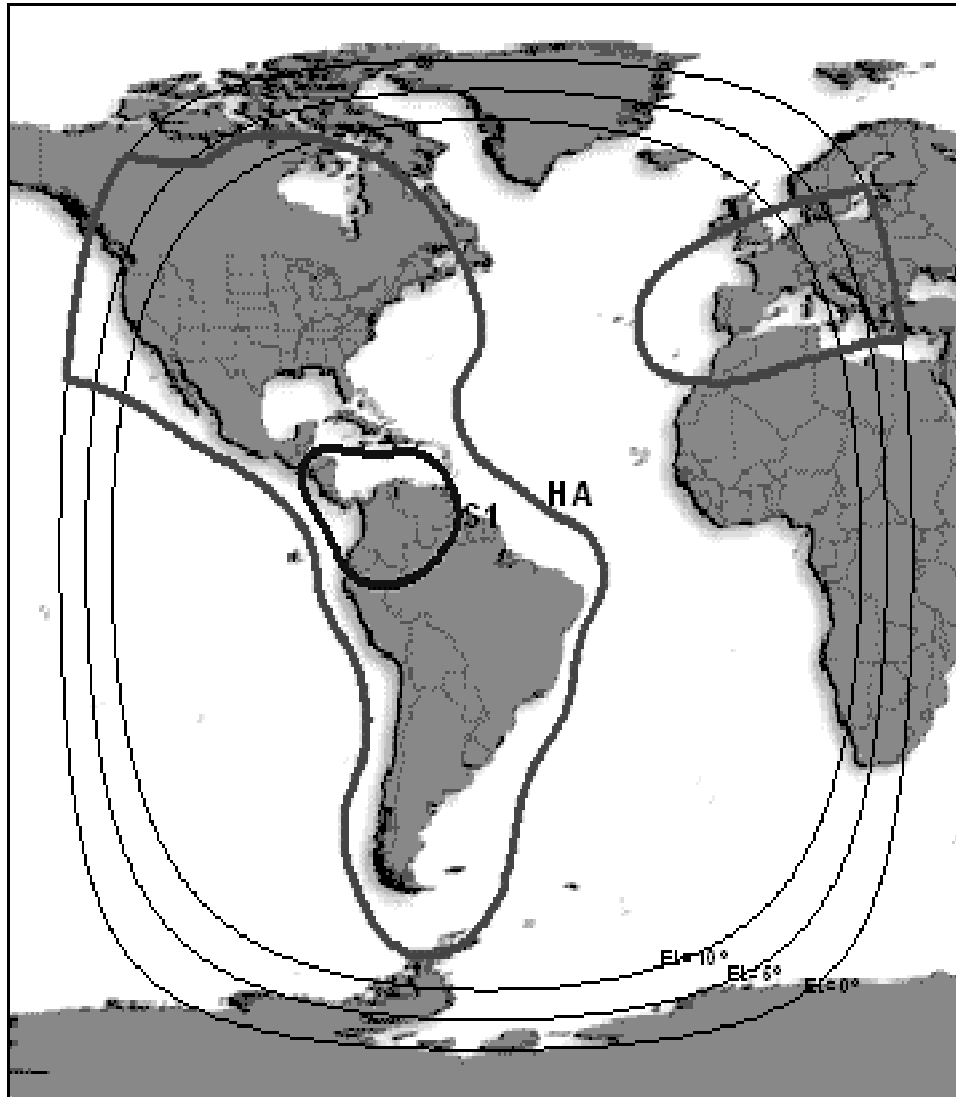
Mapa de coberturas del satélite:	INTELSAT IS-905 @ 332.5 °E
Fecha de puesta en servicio:	Enero 2002
Fecha de fin de operatividad:	+ 14 años



APÉNDICE A

Mapa de coberturas del satélite: **INTELSAT IS-805 @ 304.5 °E**

Fecha de puesta en servicio: Junio 1998
Fecha de fin de operatividad: + 14 años



APÉNDICE A

Mapa de coberturas del satélite: **INTELSAT IS-801 @ 328.5 °E**
Fecha de puesta en servicio: Noviembre 1997
Fecha de fin de operatividad: + 14 años

