



RESULTADOS DEL PROYECTO RLA/03/902

SACCSA



INTRODUCCIÓN

EN LA REUNION DEL SUBGRUPO ATM/CNS/SG DE MARZO DEL 2004, SE PROPUSO REALIZAR EL PROYECTO RLA/03/902 CON EL OBJETIVO DE:

DESARROLLAR Y PLANIFICAR LOS ASPECTOS TÉCNICOS, FINANCIEROS, OPERACIONALES E INSTITUCIONALES, DE UN SISTEMA SBAS PARA LAS REGIONES CAR/SAM.

LAS CONCLUSIONES 12/45 Y 12/46 DE GREPEGAS ESTABLECEN EL INICIO DE LA RLA/03/902 E INVITA A LOS ESTADOS A PARTICIPAR EN LA MISMA.



INTRODUCCIÓN

SACCSA SE PLANTEA COMO RESPUESTA A LAS CONCLUSIONES DE GREPECAS

SU PLANTEAMIENTO ABORDA ASPECTOS TÉCNICOS, FINANCIEROS, INSTITUCIONALES Y ORGANIZATIVOS QUE ENGLOBA EN UN ÚNICOPROYECTO TODOS LOS ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL MISMO.

PRETENDE COMPLEMENTAR Y DAR NUEVAS IDEAS Y PLANTEAMIENTOS JUNTO A OTROS PROYECTOS REALIZADOS EN LAS REGIONES CAR/SAM, PERO CON UNA PERSPECTIVA DE DEFINICIÓN DE SISTEMA, ES DECIR, INDUSTRIAL E I+D+I.



INTRODUCCIÓN

SE ANALIZAN SOLUCIONES PARA RESOLVER O MITIGAR PROBLEMAS DESDE UN PUNTO DE VISTA TÉCNICO Y DE SISTEMA.

LA IONOSFERA, SOBRE LA BASE DE ESTUDIOS DE TIPO CIENTÍFICO/ACADÉMICO, SE TRATARÁ DE SOLUCIONAR CON EL DESARROLLO DE ALGORITMOS DE MITIGACIÓN, EXTRAPOLACIÓN Y REDUCCIÓN DE EFECTOS NO DESEADOS, COMPLEMENTADOS CON CONCEPTOS DE OPERACIÓN.

LAS PRESTACIONES DE REFERENCIA SON DE APV I (LPV), CON VISTAS A LAS NUEVAS PROPUESTAS DE LOS EE.UU. SOBRE CAT I 200 ft, PRESENTADAS EN EL ANP.



MISIÓN DEL SISTEMA SBAS SACCSA

	GPS	SACCSA
Precisión (95%)	33 m (H) / 73 m (V)	16 m (H) / 20 m (V)
Disponibilidad	90% - 99%	99% - 99.999%
Tiempo de alerta	N/A	6 s
INTEGRIDAD		$1-2 \times 10^{-7}$ POR APROX.

EL OBJETIVO ES LLEGAR A PROPORCIONAR PRESTACIONES DE APV I, PARA DAR SOPORTE A OPERACIONES LPV, EN EL AREA DE SERVICIO CONTINENTAL Y CARIBEÑA.
OACI IMPONE USAR LA CONSTELACIÓN GPS NOMINAL DE 24 SATÉLITES

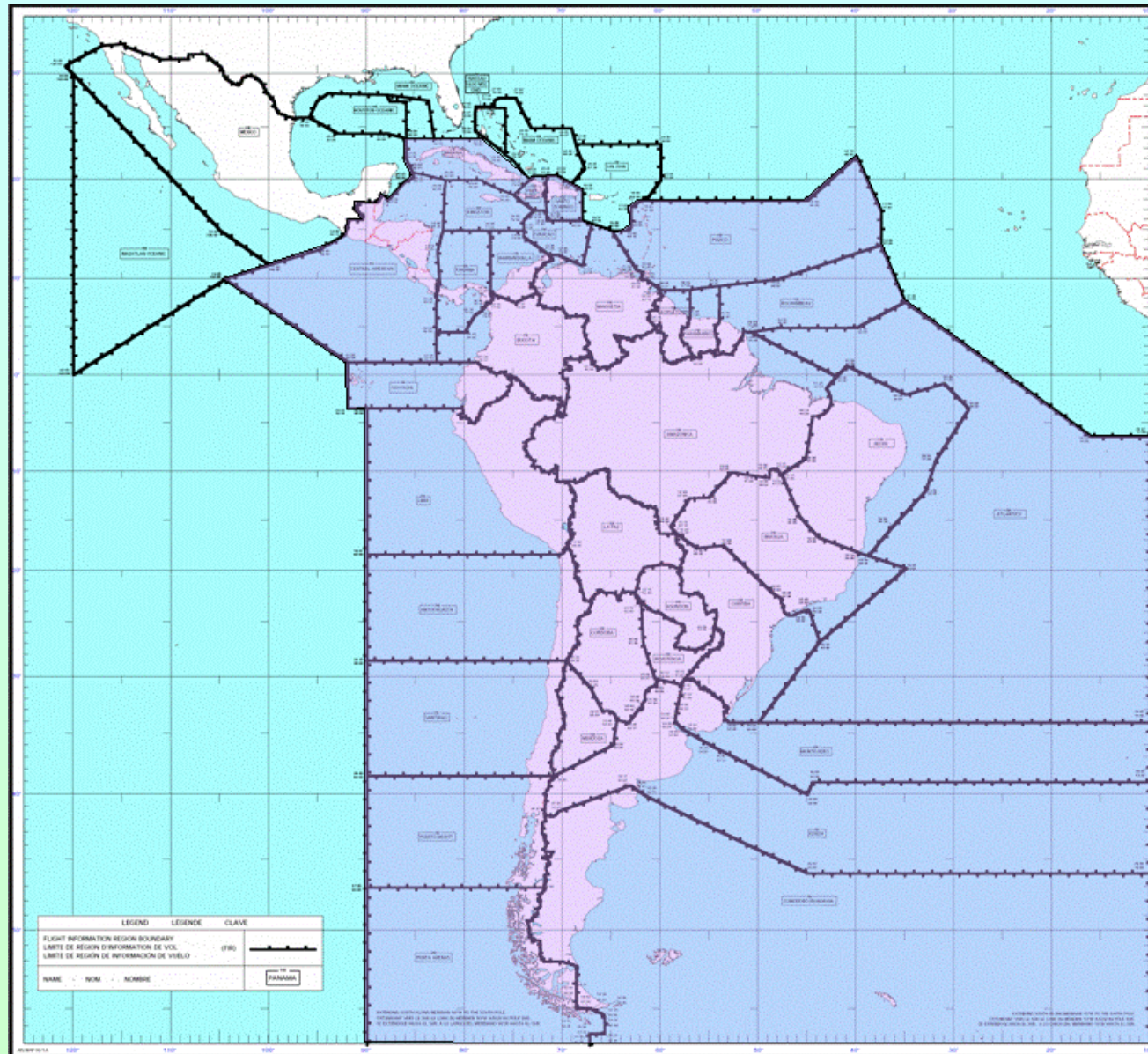


TABLA DE PRESTACIONES ANEXO 10

Tipo de operación	Precisión lateral 95%	Precisión vertical 95%	Integridad	Tiempo de alarma	Continuidad	Disponibilidad	Tipo de RNP Asociado
En ruta	2.0 NM (6)	N/A	$1 \cdot 10^{-7}/h$	5 min.	$1 \cdot 10^{-4}/h$ a $1 \cdot 10^{-8}/h$	0.99 a 0.99999	20 a 10
En ruta, Terminal	0.4 NM	N/A	$1 \cdot 10^{-7}/h$	15 s	$1 \cdot 10^{-4}/h$ a $1 \cdot 10^{-8}/h$	0.999 a 0.99999	5 a 1
Aproximación inicial, NPA, Salida	220 m	N/A	$1 \cdot 10^{-7}/h$	10 s	$1 \cdot 10^{-4}/h$ a $1 \cdot 10^{-8}/h$	0.99 a 0.99999	0.5 a 0.3
Aproximación Instrumental con Guiado Vertical (IPV I)	220 m	20 m	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}$ por aproximación	10 sg	$1 \cdot 8 \cdot 10^{-6}$ en 15 s	0.99 a 0.99999	0.3/125
Aproximación Instrumental con Guiado Vertical (IPV II)	16 m	8 m	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}$ por aproximación	6 s	$1 \cdot 8 \cdot 10^{-6}$ en 15 s	0.99 a 0.99999	0.3/50
Aproximación de precisión CAT I	16.0 m	6 m a 4.0 m	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-7}$ por aproximación	6 s	$1 \cdot 8 \cdot 10^{-6}$ en 15 s	0.99 a 0.99999	0.02/40

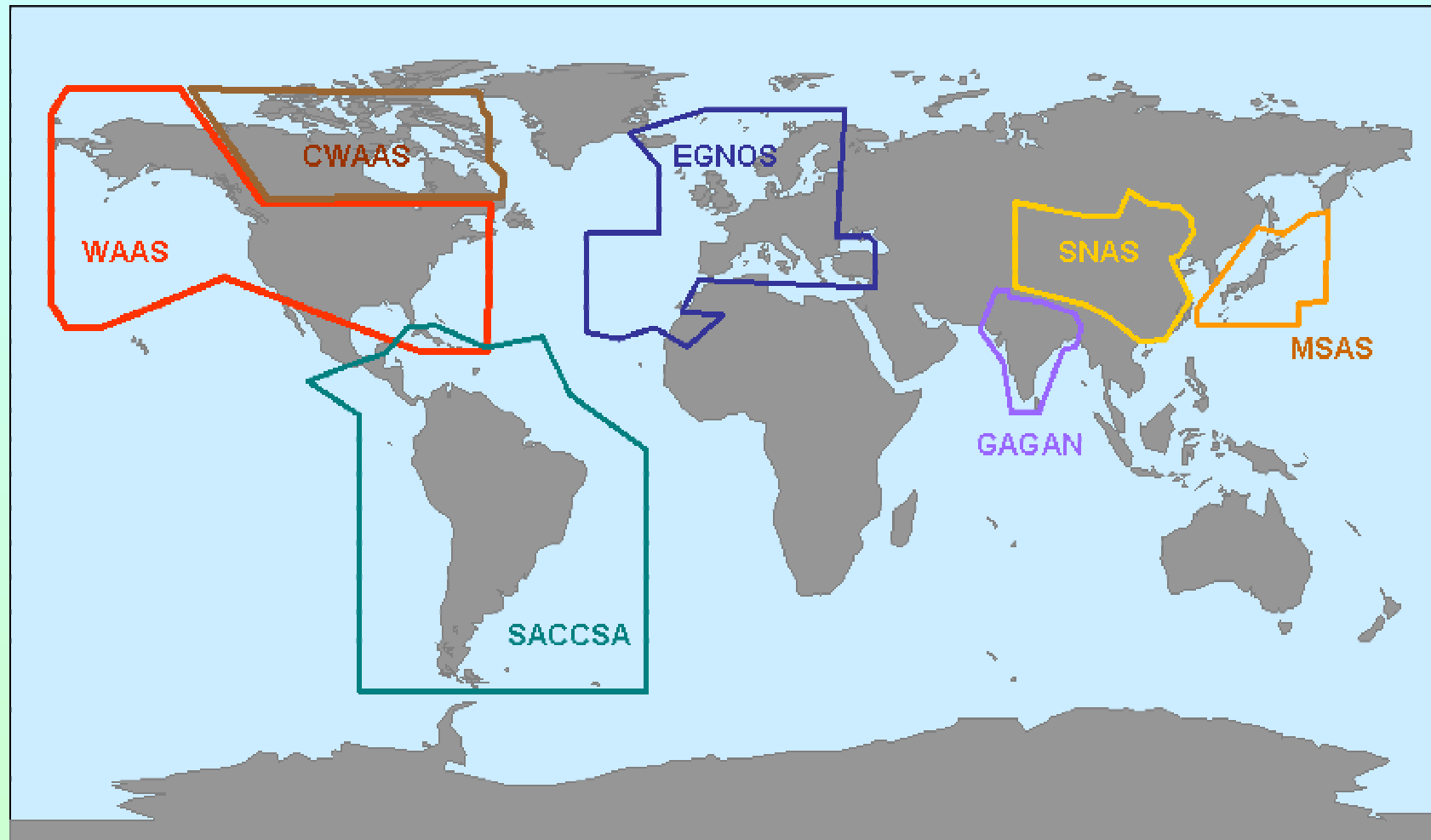


AREA DE SERVICIO





SACCSA EN EL ENTORNO SBAS GLOBAL





ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS

- Escenarios representativos SACCSA:
 - Nominal (Enero 2003) y Degradado (Septiembre 2001)
 - Seleccionados como salida del PT4000
 - Duración: 3 días
 - orbitas necesita 2 dias para converger
 - Análisis de prestaciones último día



ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS

Configuración: Estaciones de Referencia (ERS)





ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS

Configuración

- Satélites:
 - GPS: configuración nominal de la constelación GPS con 24 satélites
 - GEO: 3 satélites Geoestacionarios
- Área de Servicio

Latitud [-65:15]

Longitud [-100:-20]

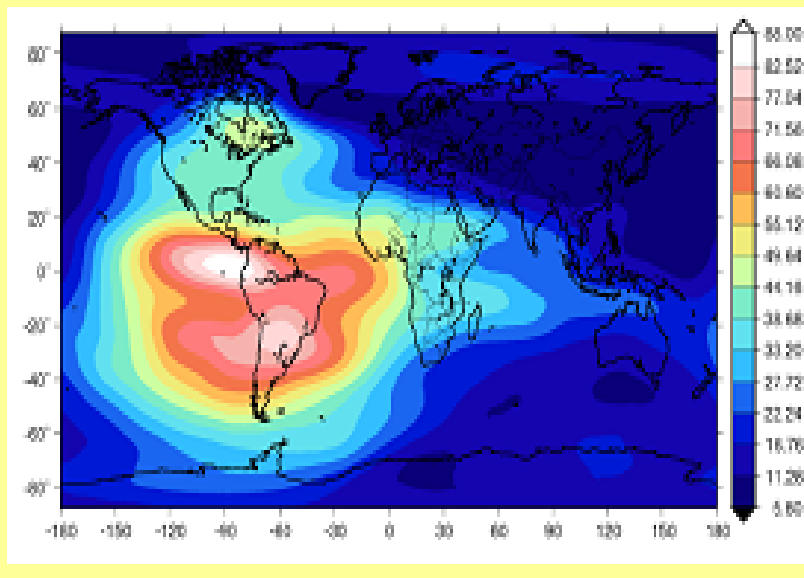




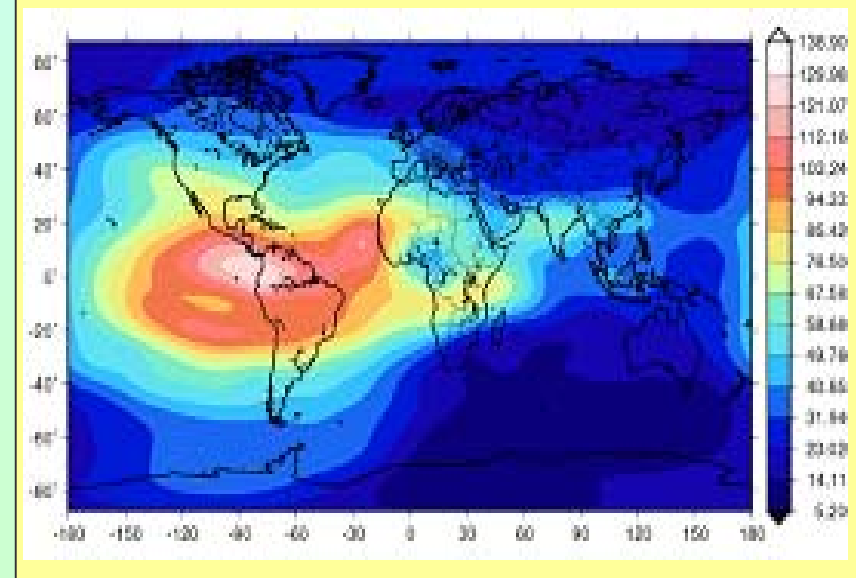
ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS

- Configuración: Ionosfera
- Fichero **IONEX** (real). Representativo Nominal y Degradado
- Condiciones son **semi-reales**

Escenario Nominal



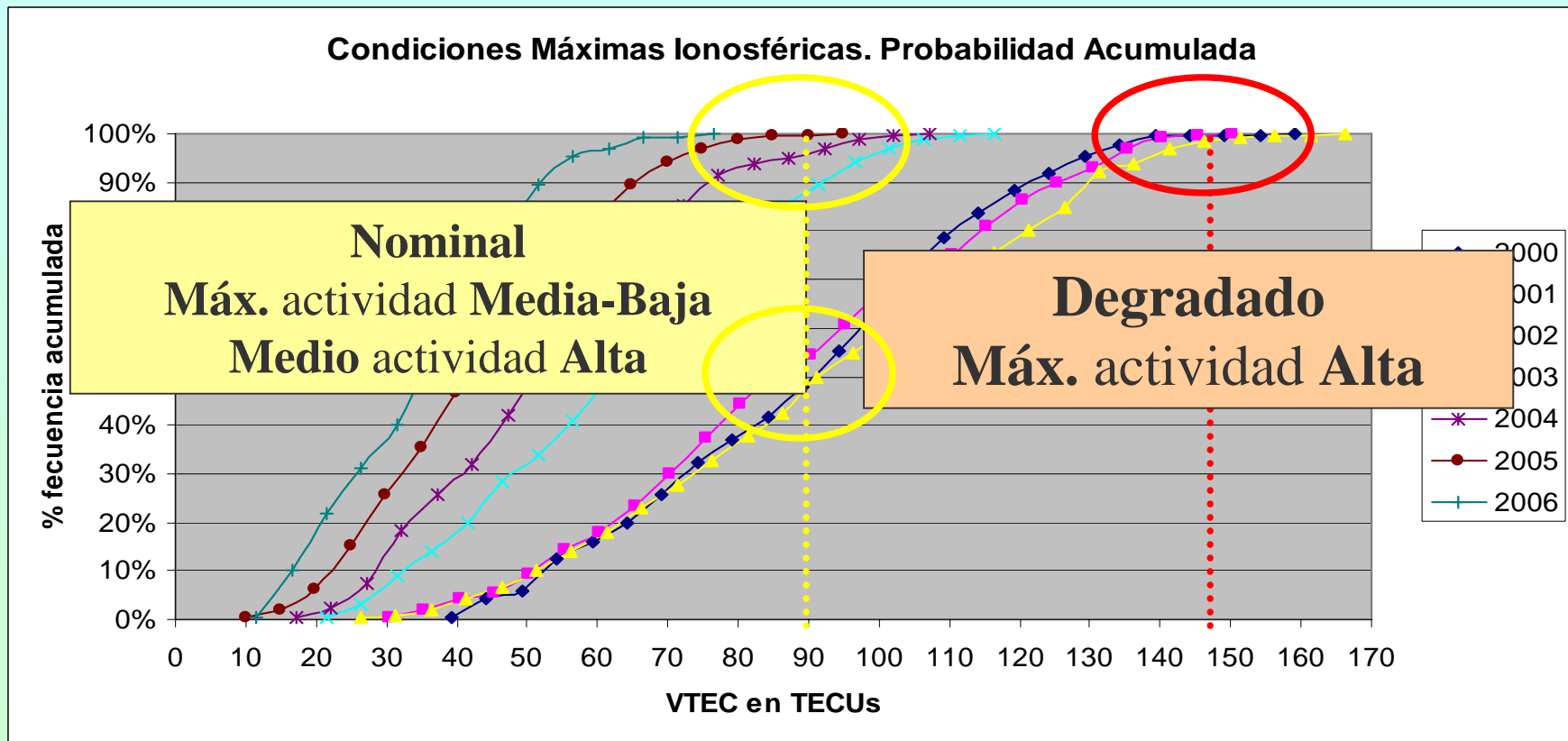
Escenario Degradado





ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS

Caracterización de los escenarios: Máximo diario en la región CAR/SAM por año





ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS

Puntos débiles:

- ✘ Los escenarios degradado y nominal no incluyen el efecto del centelleo.
- ✘ Aproximación de monocapa ionosférica.
- ✘ Los ficheros IONEX están muestreados a 2 horas.

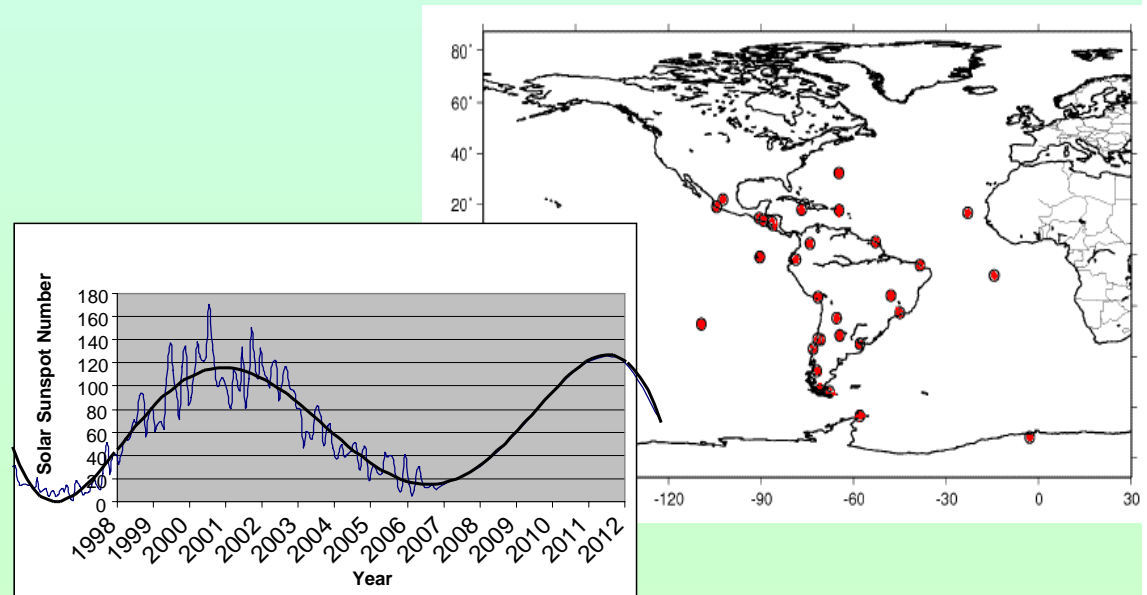
Puntos fuertes:

- ✓ Los análisis se basan en datos reales(IONEX)
- ✓ Escenarios Controlados => Integridad
- ✓ Los escenarios han sido definidos a partir de un análisis exhaustivo del comportamiento de la ionosfera.
- ✓ El escenario Nominal es representativo para:
 - **Un caso en años de baja o media actividad solar.**
 - **Un caso medio en años de alta actividad solar.**
- ✓ El escenario degradado es representativo de un caso extremo de años de actividad solar alta.
- ✓ El intervalo de datos utilizado en el análisis estadístico es mayor que un semiciclo solar (6,5 años) incluyendo los máximos de este ciclo.



¿QUÉ SE HA ANALIZADO?

- En el marco del proyecto SACCSA, se ha analizado el comportamiento Global de la Ionosfera:
 - Valores Máximos de vTEC
 - Gradientes Espaciales Máximos del vTEC
 - Gradientes Temporales Máximos del vTEC y variaciones rápidas
 - Análisis de la Distorsión de la función de mapeo
 - Impacto de la ionosfera ecuatorial en un sistema SBAS
-
- Análisis exhaustivo:
 - 6.5 años de datos (todos los niveles del ciclo solar)
 - 42 estaciones IGS





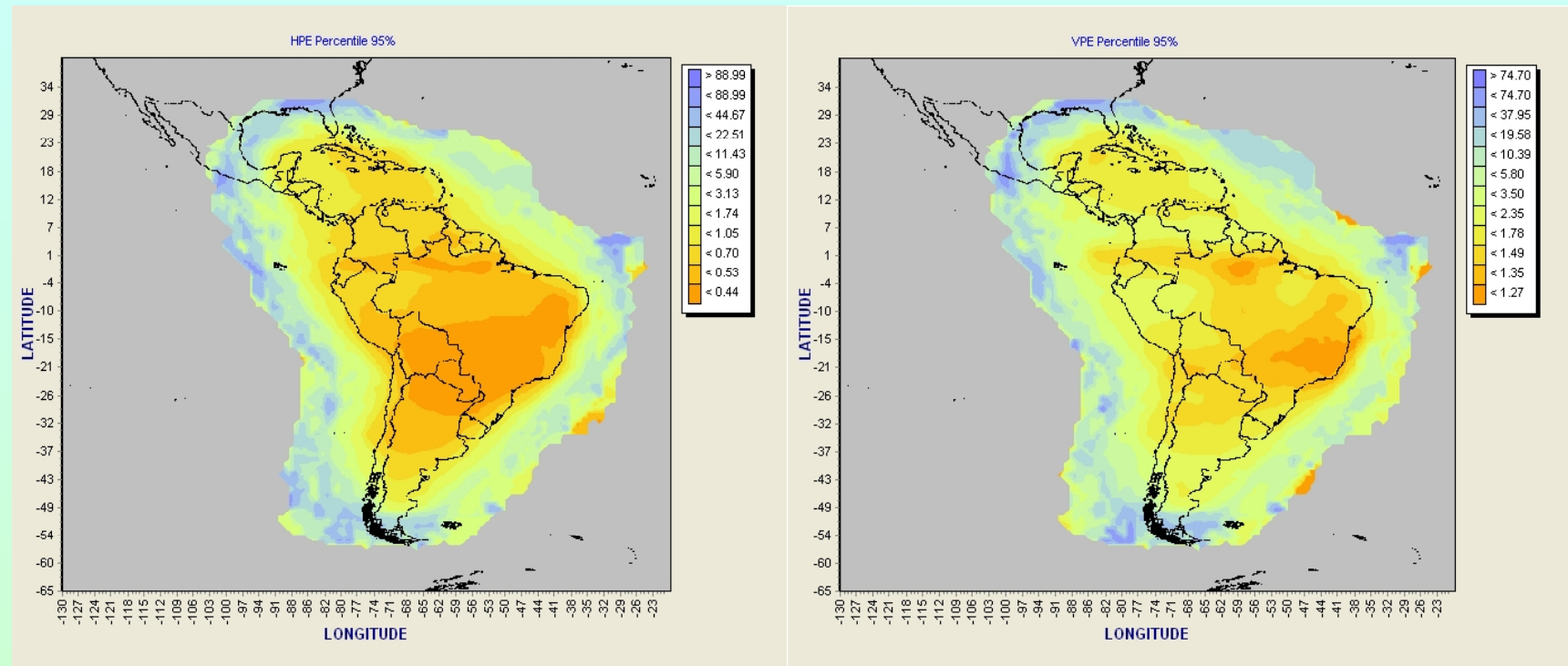
Escenario Nominal



PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.NOMINAL

Prestaciones a nivel usuario - **Precisión**

mapa de error al 95%



Horizontal

HPE (95%) < 1.1 m

Vertical

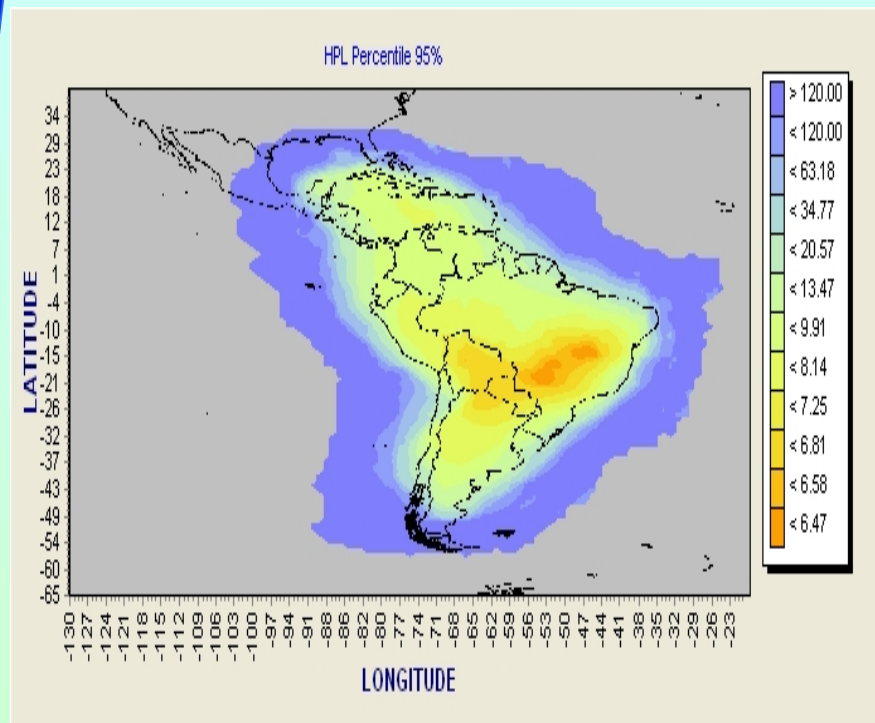
HPE (95%) < 2.4 m



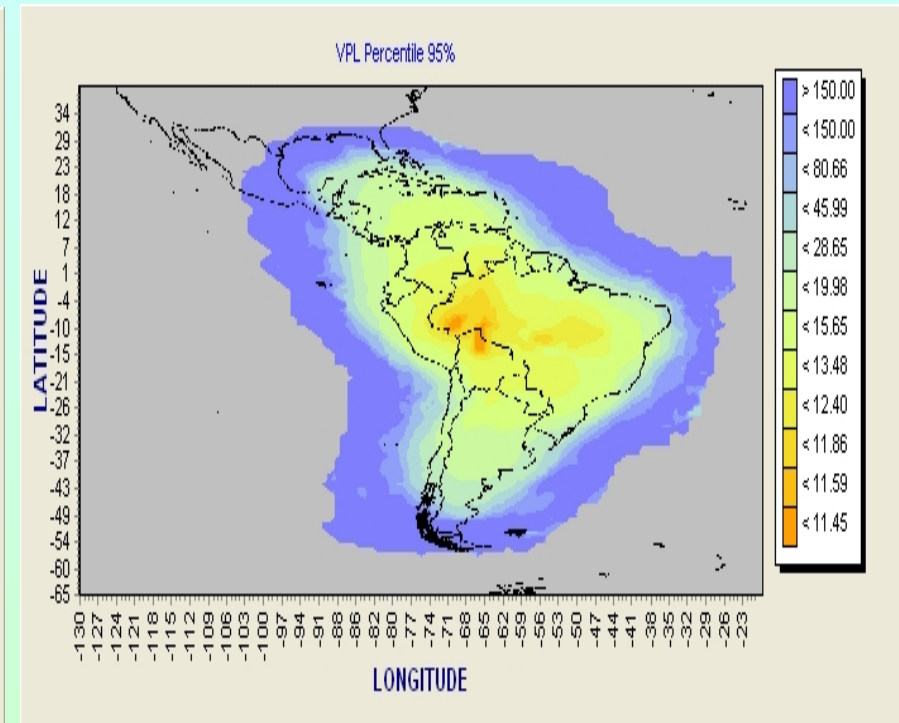
PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.NOMINAL

Prestaciones a nivel usuario - Disponibilidad

Limites de Protección (99%)



Horizontal



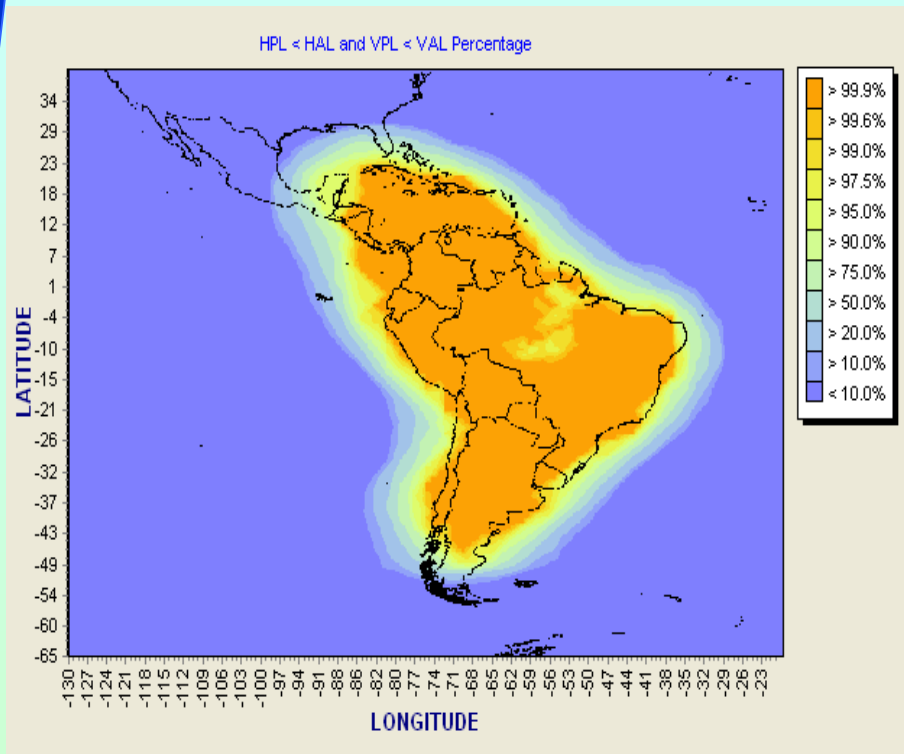
Vertical



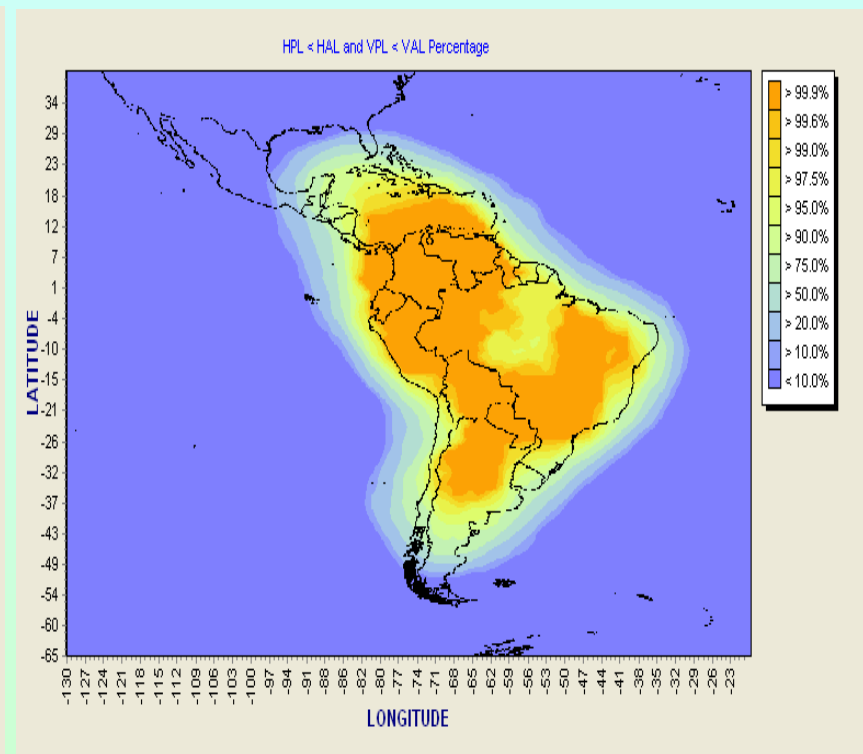
PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.NOMINAL

Prestaciones a nivel usuario - Disponibilidad

Porcentaje del tiempo donde $xPL < xAL$



**APV-I: HAL=40m
VAL=50m**



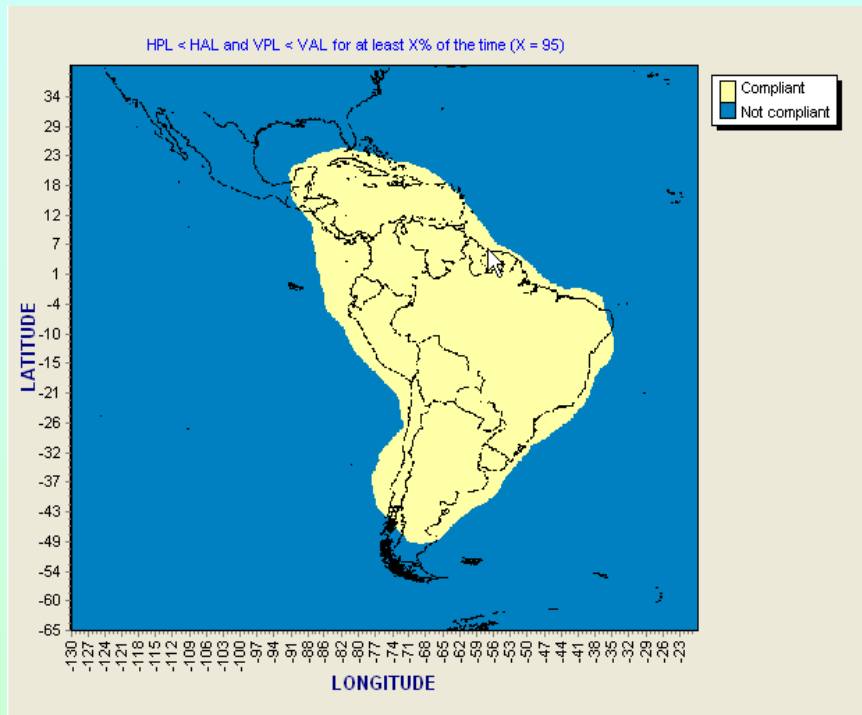
**APV-II: HAL=40m
VAL=20m**



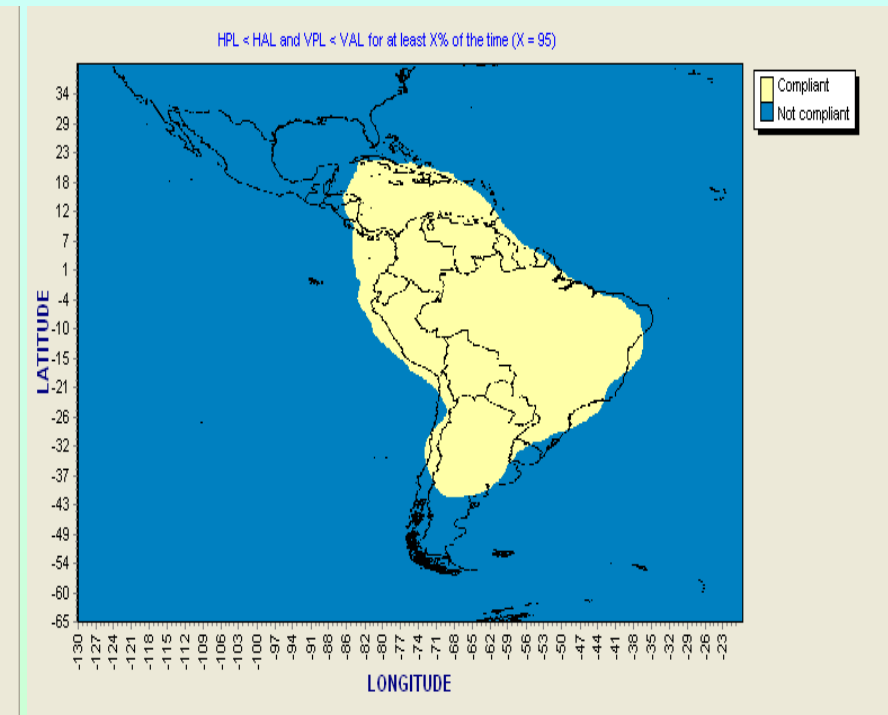
PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.NOMINAL

Prestaciones a nivel usuario - Disponibilidad

Mapa donde $xPL < xAL$ al 95%



**APV-I: HAL=40m
VAL=50m**



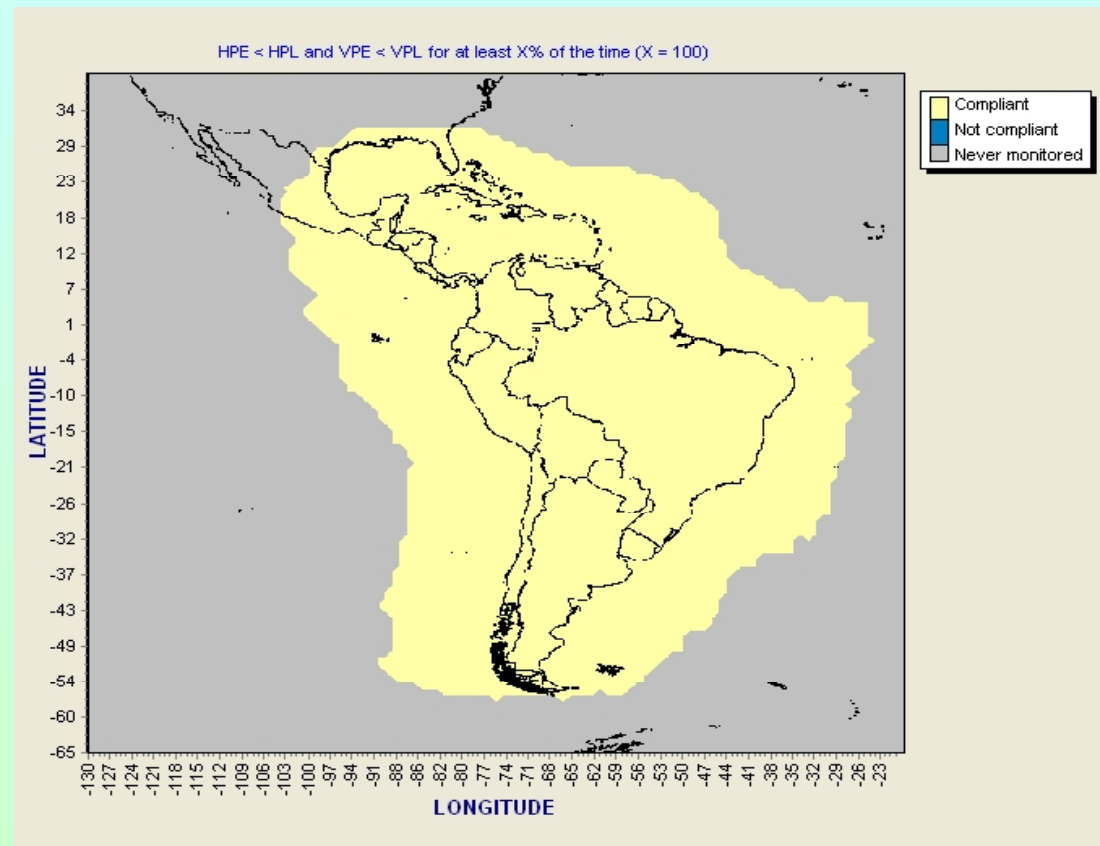
**APV-II: HAL=40m
VAL=20m**



PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.NOMINAL

Prestaciones a nivel usuario - **Integridad**

Mapa donde $\text{Error} < x\text{PL}$ al 100%



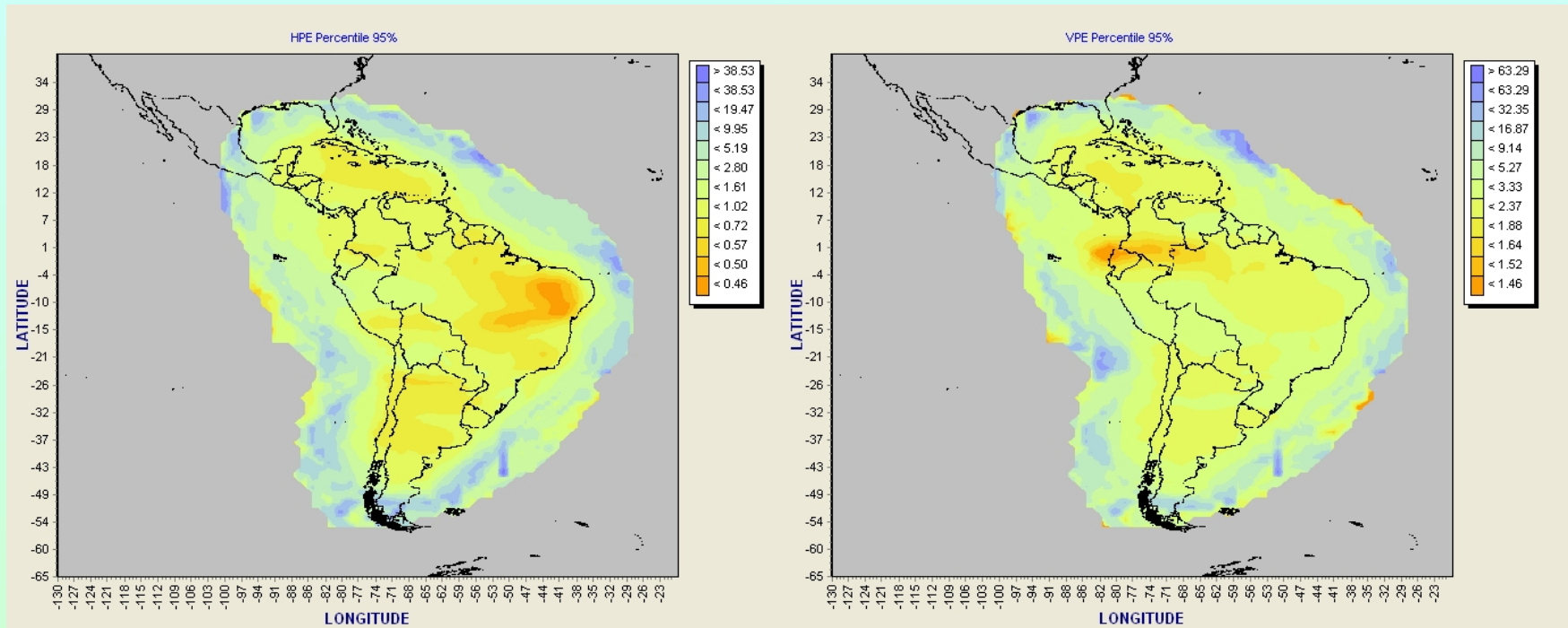


Escenario Degradado



PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.DEGRADADO

Prestaciones a nivel usuario - **Precisión** mapa de error al 95%



Horizontal

HPE (95%) < 2 m

Vertical

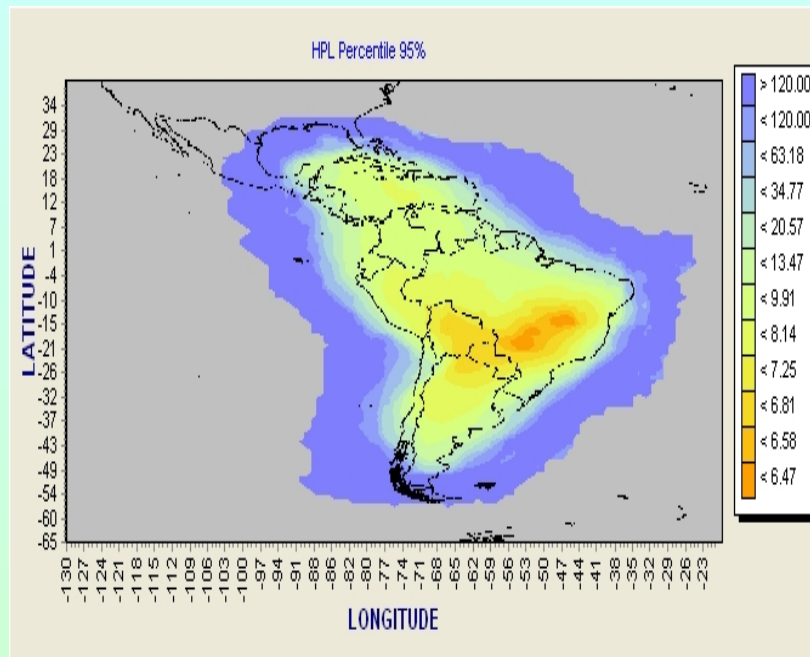
HPE (95%) < 3.5 m



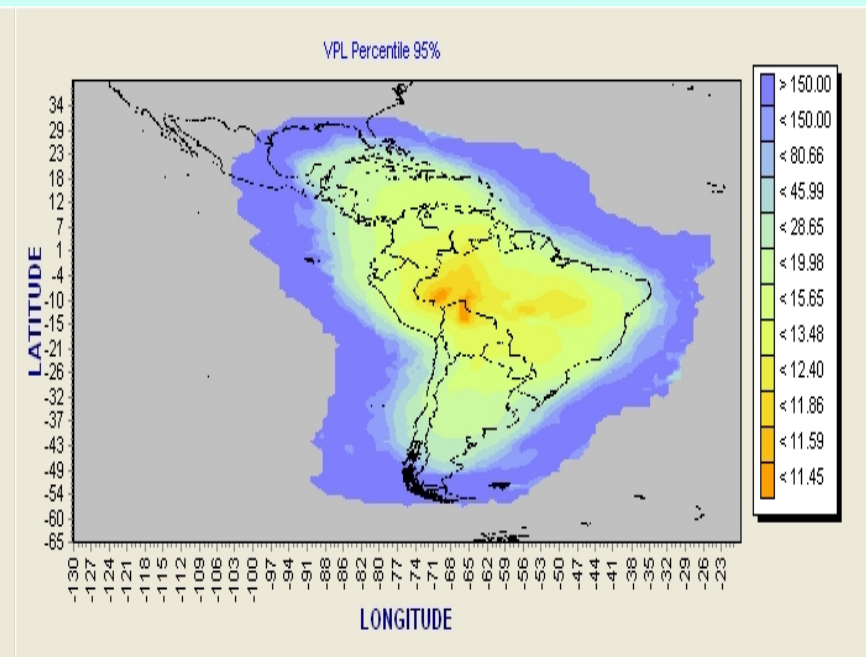
PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.DEGRADADO

Prestaciones a nivel usuario - Disponibilidad

Limites de Protección (95%)



Horizontal

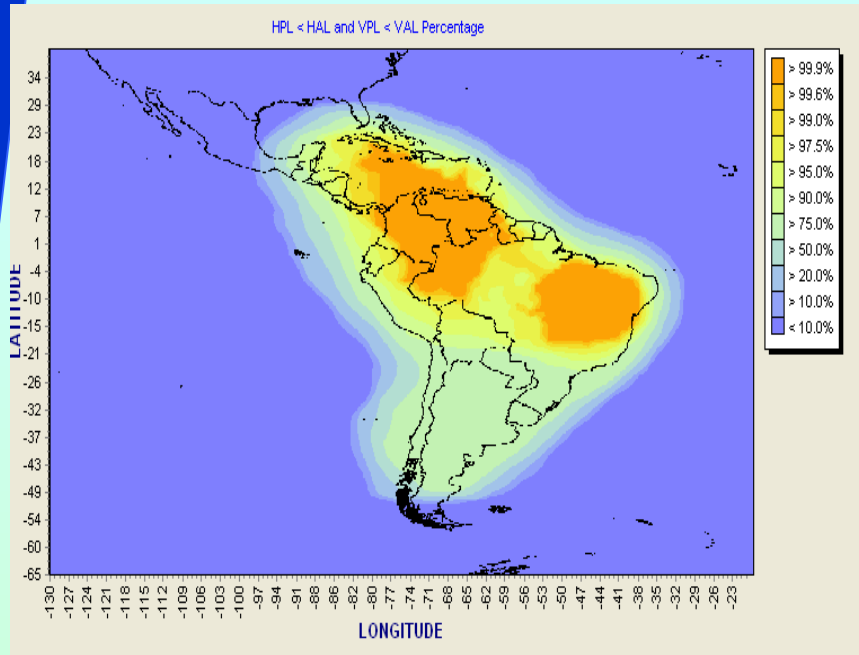


Vertical

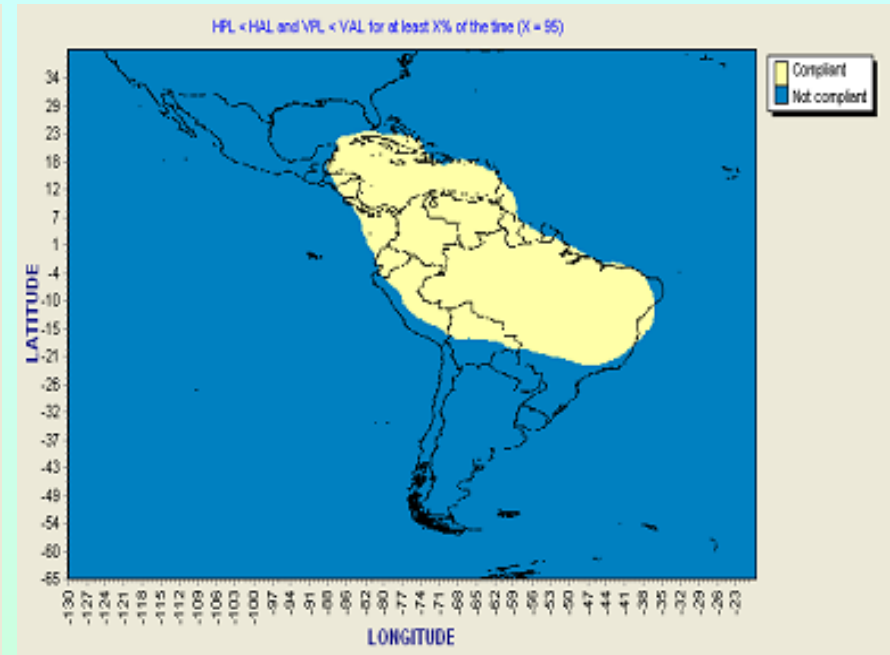


PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.DEGRADADO

Prestaciones a nivel usuario - Disponibilidad



**Porcentaje del tiempo donde
 $xPL < xAL$ APV-I**

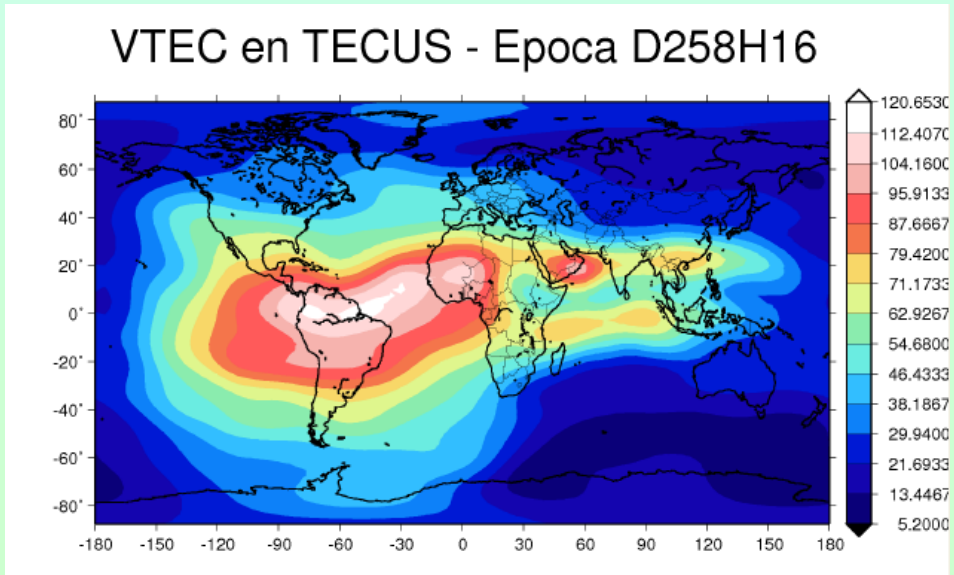
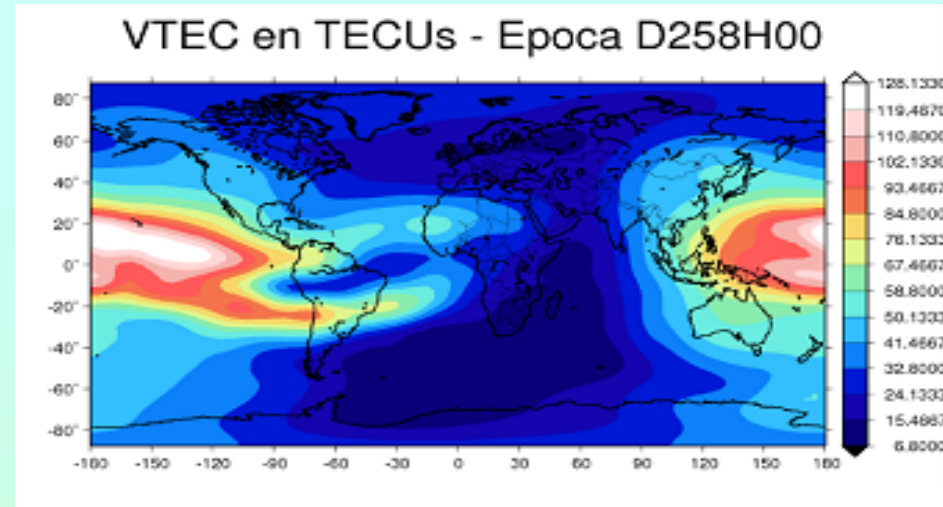
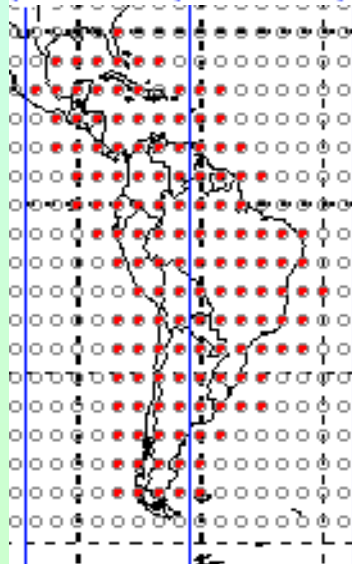
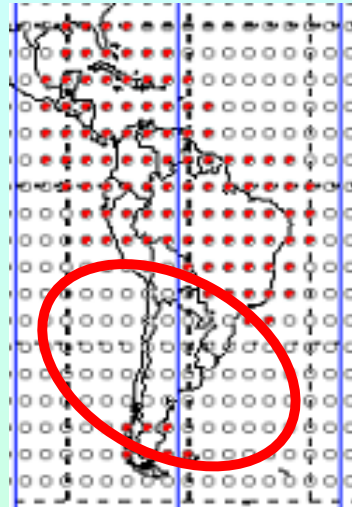


**Mapa donde $xPL < xAL$ al 95%
APV-I**



PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: A.DETALLADO

Degradación debida a la falta de monitorización de la ionosfera:

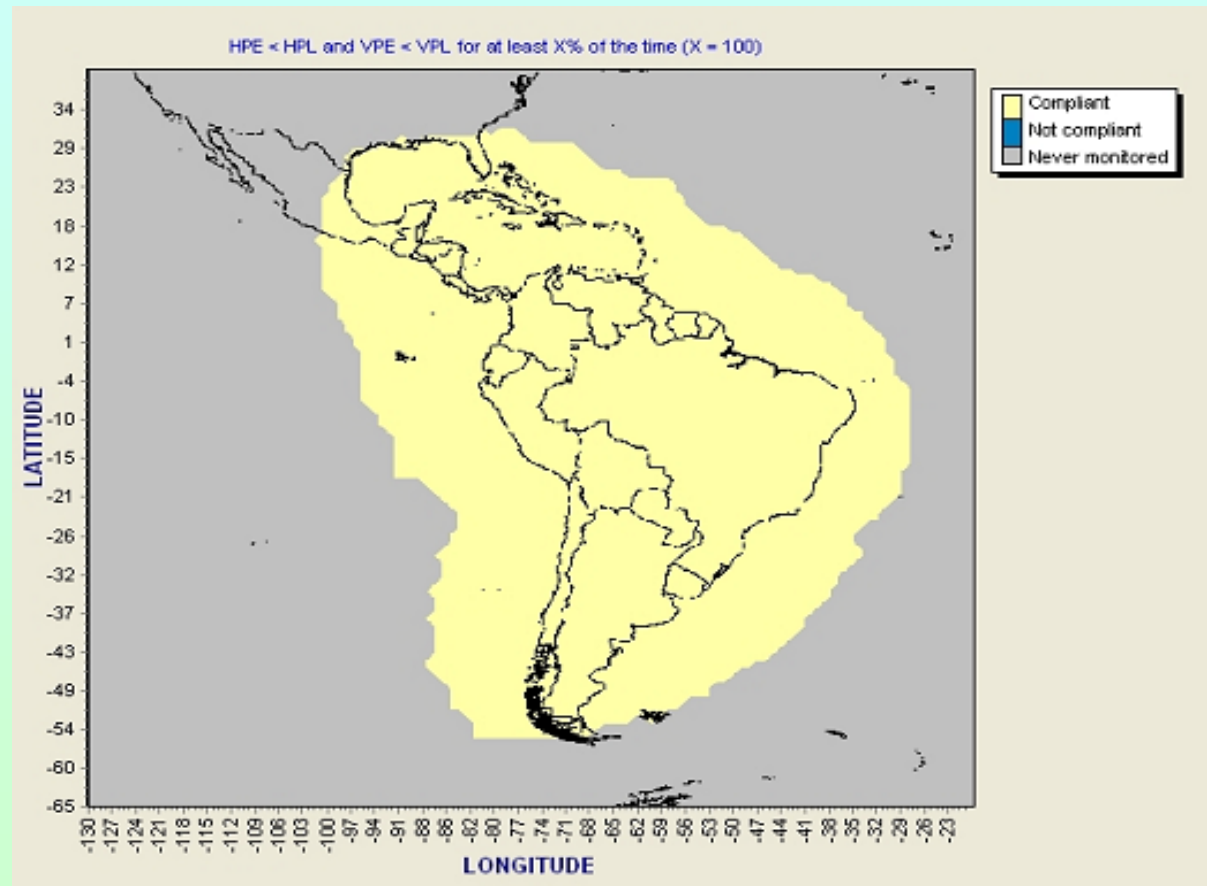




PRESTACIONES DE NAVEGACIÓN: E.DEGRADADO

Prestaciones a nivel usuario - **Integridad**

Mapa donde $\text{Error} < x\text{PL}$ al 100%





NIVEL DE CUMPLIMIENTO (CASO NOMINAL):

Requisito\Operación		APV-I	APV-II	Sistema SACCSA	Estado SACCSA
Precisión 95%	Horizontal	16 m	16 m	< 1.1 m	APV-II
	Vertical	20 m	8 m	< 2.4 m	APV-II
Integridad ¹		2×10^{-7}	2×10^{-7}	0 : No hay fallos de integridad	OK
Disponibilidad 99%	Horizontal	40 m	40 m	>0.999 ² para APV-I > 0.99 para APV-II zonas continentales 0.75-0.99 para APV-II zonas costeras	APV-I
	Vertical	50m	20 m		

[1] Los Limites de Alarma utilizados para el análisis del requisito de integridad son los siguientes:

- APV-I: HAL = 40m VPL = 50m
- APV-II: HAL = 40m VPL = 20m

[2] Centro del Amazonas no representativo



NIVEL DE CUMPLIMIENTO (CASO NOMINAL):

- Se cumple el requisito de **Precisión** horizontal/vertical para APV-I (16m/20m) en todo el Área de Servicio.
 - **En general, los resultados que se alcanzan aspectos de Precisión, son tanto mejores cuanto más nos acercamos a zonas continentales del Área de Servicio**
- Se cumplen los requisitos de **Integridad** en todo el área de servicio.
- Se cumplen los requisitos de **Disponibilidad** ($> 99\%$) para toda la región excepto para la zona sur de Argentina.
 - La disponibilidad se degrada cuanto más nos acercamos a determinadas zonas no continentales.
- Todos los requisitos de sistema se cumplen excepto la disponibilidad en alguna pequeña zona del sur de Argentina para APV-I y algunas zonas costeras para APV-II



NIVEL DE CUMPLIMIENTO (CASO DEGRADADO):

Requisito\Operación		APV-I	APV-II	Sistema SACCSA	Estado SACCSA
Precisión 95%	Horizontal	16 m	16 m	< 0.46 - 1.7 m	APV-II
	Vertical	20 m	8 m	< 1.5 - 3.4 m	APV-II
Integridad ¹		2×10^{-7}	2×10^{-7}	0 : No hay fallos de integridad	OK
Disponibilidad 99%	Horizontal	40 m	40 m	APV-I: 90-95% zonas costeras APV-I: > 99.9% en zona continental APV-I: <75% zona sur	NOK ² APV-I TBC
	Vertical	50m	20 m		

[1] Los Limites de Alarma utilizados para el análisis del requisito de integridad son los siguientes:

- APV-I: HAL = 40m VPL = 50m
- APV-II: HAL = 40m VPL = 20m

[2] Necesidad de ajuste específico para la región. No representativo



CONCLUSIONES

- Se cumplen los requisitos de Integridad, Precisión, Continuidad y Disponibilidad en el caso Nominal
- Se cumplen los requisitos de Integridad y Precisión en toda la región para el caso Degradado
- Existe una degradación de las prestaciones de Disponibilidad en el caso degradado para algunas regiones
 - Falta de un ajuste específico de los algoritmos ionosféricos con los que se ha hecho el análisis (basados en EGNOS).
 - Resultados pueden mejorar significativamente una vez hecho el ajuste necesario.



CONCLUSIONES

Requisito	Estado	Comentarios
Precisión	OK	<ul style="list-style-type: none">✓ Caso Nominal y Degradado✓ APV-I y APV-II✓ Márgenes razonables
Integridad	OK	<ul style="list-style-type: none">✓ Caso Nominal y Degradado✓ Nivel Usuario, Satélite e IONO
Disponibilidad	OK Nominal	<ul style="list-style-type: none">✓ Resultados muy buenos para APV-I y APV-II
	TBC Degradado	<ul style="list-style-type: none">✓ Caso Degradado No Representativo✓ Algoritmos de EGNOS✓ Falta de ajuste a la región✓ APV-I



CONCLUSIONES

- Degradación de las prestaciones de Disponibilidad en algunas zonas principalmente se debe a la Ionosfera
 - Precision de Iono no driver
 - Problema de monitorización:
 - 3 IPPs en las cercanías de cada IGP
 - Algunas zonas estas condiciones no se cumplen
 - Chequeos no ajustados a las características de la región
 - Notar que centelleo no se ha tenido en cuenta
 - Ionosfera:
 - Mallado de MOPS (mapping function)
 - Diferencia entre modelo y técnicas/ algoritmo de estimación
 - Monitorización
 - Concepto Operacional - Integridad



CONCLUSIONES

El centelleo puede ser un problema pero acotable si se limita la disponibilidad.

- Crítico durante: 20:00 a 02:00 en Octubre y Abril en años de alta actividad solar
- Probabilidad durante alta actividad solar $< 5\%$

Con la información actual se confirma:

- **La viabilidad de un sistema SBAS en la región CAR/SAM...**
- ... aunque se anticipa la posible degradación temporal de prestaciones pero sin afectar a la integridad
- Es necesaria alguna modificación de la tecnología para adaptarse a las necesidades de la región



RECOMENDACIONES

Se propone realizar un conjunto de análisis (trade-offs) teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Red de estaciones de SACCSA.
 - Readaptación del Área de Servicio SACCSA teniendo en cuenta los países que finalmente van a suscribir el proyecto.
 - Hacer una valoración de la necesidad de incluir un módulo de órbitas.
 - Hacer una experimentación a nivel de los algoritmos ionosféricos dentro de la UCP para adaptar los algoritmos ionosféricos a las características de la zona.
- Extrapolación exhaustiva de los resultados a nivel usuario teniendo en cuenta:
 - Centelleo => ruido, pérdida de señal
 - Hipótesis de Mono-capa (Función de Mapeo Ionosférico)
 - Tipo Service Volume: Trade-off
- Rehacer análisis para confirmar hipótesis



SACCESA

MUCHAS GRACIAS

Luis Andrada Márquez

División GNSS

landrada@aena.es