

CAPITULO 5

LA NAVEGACION BASADA EN SISTEMAS GNSS Y SU PROCESO

5.1 SISTEMAS DE AUMENTACION POR SATELITE PARA NAVEGACION

La aviación nació, creció y se desarrolló en el siglo XX. El desarrollo tecnológico de este último siglo ha permitido evolucionar desde frágiles biplanos de tela y madera hasta modernos reactores capaces de superar la barrera del sonido, pasando por los primeros pasos de la conquista del espacio.

La navegación aérea actual descansa en el seguimiento terrestre de los aparatos en vuelo, es decir, en la infraestructura de radares en tierra que localizan los aparatos en vuelo y transmiten su posición tanto a las estaciones terrestres (centros de control) como a los propios aviones. Por otra parte, los aviones también disponen de dispositivos de navegación, que le permiten saber su posición mediante unos sensores que consultan a las ayudas de navegación terrestres.

Este sistema en conjunto presenta una serie de desventajas, y es que, además de requerir una infraestructura amplia de estaciones terrestres que apoyen a la aeronave, cuando una de ellas sobrevuela un océano no dispone de cobertura terrestre, por lo que navega con sus propios medios autónomos, que aunque han evolucionado enormemente, aún son menos precisos que la navegación basada en ayudas terrestres, lo que obliga a que la separación entre los aviones sea muy amplia para evitar correr riesgos de colisión.

Estos inconvenientes, a los que se suma la saturación del espacio aéreo internacional, hacen necesario un nuevo sistema que mejore las prestaciones actuales basadas en la utilización de radioayuda.

El Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) propone la utilización de satélites como soporte a la navegación, ofreciendo localización precisa de las aeronaves y cobertura en todo el globo terrestre.

Un sistema de navegación basado en estaciones satelitales, puede proporcionar a los usuarios información sobre la posición y la hora (cuatro dimensiones) con

una gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas.

Se está implantando el sistema GNSS de una manera evolutiva a medida que este preparado para acoger el gran volumen del trafico aéreo civil existente en la actualidad, y pueda responder a las necesidades de seguridad que requiere el sector, uno de los más exigentes del mundo. Cuando el sistema GNSS esté completamente desarrollado, se podrá utilizar sin requerir ayuda de cualquier otro sistema de navegación, desde el despegue hasta el completar una aproximación de precisión.

En estos momentos el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos de América y el Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación Rusa forman parte del concepto GNSS.

Este posicionamiento se produce sobre un sistema de referencia inercial cartesiano, que en el caso de usar la constelación americana NAVSTAR-GPS corresponde al sistema WGS-84, y en el caso de usar la constelación rusa GLONASS corresponde al sistema PZ-90.

GNSS es definido por la OACI Organización de Aviación Civil Internacional como el sistema de navegación para el futuro. Los sistemas de navegación norteamericano GPS (Global Positioning System) y ruso GLONASS (Global Navigation Satellite System), de propiedad militar se encuentran disponibles para el servicio de la aviación civil internacional. (Autor, apea@corpac.gob.pe,2007)

Para la navegación satelital (GNSS), se usa en la actualidad básicamente la constelación satelital GPS como medio principal para obtención de la señal guía para navegación. Este sistema en el estado actual en que se encuentra para uso civil, no cumple con los requerimientos de exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad de servicio establecidos por la OACI, que garanticen los niveles adecuados de seguridad aérea en la aviación civil.

Para corregir estas deficiencias y mejorar la calidad del servicio en términos de exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad se han creado aumentaciones

para el sistema, denominadas: SBAS, GBAS y ABAS (Satellite Based Augmentation System, Ground Based Augmentation System, Aircraft Based Augmentation System).

Estos sistemas, algunos de los cuales se encuentran actualmente en pruebas, permitirán la aplicación de la navegación satelital a la Aviación Civil y de la mano del desarrollo de los sistemas, expandir su utilización a zonas con densidad de tránsito mas altas y fases de vuelo mas criticas (aproximación y aterrizaje), como medio de navegación primario e incluso a un futuro mas lejano, como medio de navegación único.

Para las aumentaciones SBAS se adelanta actualmente un proyecto denominado Plataforma de Pruebas SBAS para la Región del Caribe y Sur América (CSTB) por sus siglas en ingles: CAR/SAM, que como experiencia de otras regiones como Europa y EEUU, se considera como fase obligatoria hacia el desarrollo de sistemas operativos SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS). Los objetivos de esta actividad son de Investigación y Desarrollo y Preparación Operacional, Técnica e Institucional hacía un sistema operativo SBAS, entre otras.

Las aumentaciones GBAS (Sistemas de Aumentación Basados en Tierra), de todas las anteriores, es la única que posee carácter local por sus características técnicas de transmisión de corrección por VHF (línea de vista) y están enfocadas principalmente a suplir los servicios que no se alcanzan a través de las primeras como son: aproximaciones CAT I para aeropuertos de alto volumen de tránsito, CAT II y CATIII.

Los sistemas WAAS y EGNOS disponen de cobertura sobre la región CAR/SAM (GEOS Inmarsat 3: AOR-W y AOR-E respectivamente). A través del sistema WAAS, la OACI en cooperación con la FAA bajo el proyecto RLA/00/009 efectúa pruebas de aumentación SBAS para todo el área; esto incluye una primera fase de plataforma de ensayos para demostraciones y verificación de desempeño en procedimientos. (Autor, Aeronautica Civil de Colombia,2006)*

Ecuador su ubicación geográfica como punto de paso y concentración de sobre vuelos, brindaría el servicio de aumentación para esta gran cantidad de

aeronaves que por cubrir vuelos internacionales presentan mayor nivel tecnológico y posibilidades de estar equipados para usar estas tecnologías.

Esta posición geográfica intermedia nos permite igualmente geometría privilegiada ante las tecnologías SBAS, por encontrarnos en el centro de cualquier tipo de distribución de estaciones de referencia que se implante en la Región tanto en longitud como en latitud. Es un hecho de las tecnologías de aumentación satelital SBAS, que para aquellas regiones ubicadas en el centro del área de servicio, los satélites que se encuentren sobre su espacio estarán suficientemente observados por las estaciones de referencia localizadas a su alrededor, resultando esto en correcciones de alta integridad y exactitud para ese espacio aéreo.

5.2 COBERTURA GLOBAL, EN EMISION Y RECEPCION

Utilizando satélites geoestacionarios se puede llegar a utilizar los Sistemas de Aumentación Basados en Satélites (SBAS). Es un término que comprende todos los sistemas de aumentación basadas en satélites que están en desarrollo actualmente, más cualquier otro que sea desarrollado en el futuro.

Los estados y regiones forman parte de la comunidad aeronáutica mundial, al igual que la comunidad de usuarios, la industria aeronáutica, los proveedores de servicios, y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Entre los programas que deben cumplir los estados y regiones asesorados por la OACI figura el de desarrollar planes regionales de implantación y seleccionar opciones de implantación de los nuevos sistemas GNSS. Parte de estos sistemas es el Sistemas de Aumentación Basados en Satélites SBAS.

Para el caso del proyecto de grado, se esta implementando una red de monitoreo continuo, comenzando por la ubicación de una estación de monitoreo en el Campus de la Escuela Politécnica del Ejercito, otra en la Estación Cotopaxi-CLIRSEN, donde actualmente funciona el Centro de Investigaciones Espaciales C.I.E.

Se pretende colocar en todo el territorio ecuatoriano estas estaciones de monitoreo para crear la red nacional de monitoreo continuo. Estos equipos

realizan la captura de información y monitoreo de los satélites GPS, GLONASS, SBAS. Reciben la información y es almacenada en su respectivo software que dispone cada equipo. Estas estaciones de referencia estarán funcionando las 24 horas del día y serán programadas para la toma de datos según el tiempo y requerimiento del usuario.

Los datos serán almacenados y procesados para utilizarlos de mejor manera. Posterior a esta actividad se validaran los datos y estarán listos para ser enviados a los usuarios utilizando el sistema GPRS.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

(Auto: Capt. Carlos Estrella, Proyecto de grado, 2003)

El Ecuador está situado en el Hemisferio Occidental, al Noroeste de América del Sur. Su territorio continental está ubicado entre las latitudes 01°27'06" N y 05°00'56" S y longitud 75°11'49" W a 81°00'40" W. se puede observar en la Figura N. 48, la ubicación en cuanto a los otros países de Latinoamérica.

Para el diseño de la Red Ecuatoriana de Monitoreo continuo REMC se debe considerar el establecimiento de parámetros comunes.

No existe normativa, ni el proceso referente a diseño de Redes Activas. Sin embargo se han definido tres parámetros:

ACCESIBILIDAD

Es accesible si tiene vías de comunicación que permitan llegar a los puntos sin mayores dificultades, es decir vías de primer y segundo orden, así como ríos navegables, en donde se puede efectuar tramos a pie, una vez efectuado el desembarque.

VISIBILIDAD / SEÑAL

Debe encontrarse libre de cualquier clase de obstáculos que interfieran con la señal. Esta REMC no necesita línea de vista entre estación y estación.

SEGURIDAD

Una EMC es una pequeña instalación permanente de hormigón armado, apta para 2 técnicos operadores. El lugar donde se construya debe cubrir especificaciones de seguridad natural y seguridad física.

Se necesita mantener energía eléctrica, red telefónica, Internet o MODEM.

FIGURA N. 48

AREA DE ESTUDIO



FUENTE: Proyecto de grado, Capt. Carlos Estrella, 2003

Este proyecto está orientado a la implantación del DISEÑO DE LA RED ECUATORIANA DE MONITOREO CONTINUO PARA EL ECUADOR CONTINENTAL. Proyecto de grado elaborado por el Sr. CAPT. CARLOS ESTRELLA. Cuyo diseño se puede ver en la Figura N. 49. Aquí se ha establecido la posible ubicación de las estaciones de monitoreo continuo, para la cobertura total del territorio ecuatoriano.

FIGURA N. 49

**RED ECUATORIANA DE MONITOREO CONTINUO PARA EL ECUADOR
CONTINENTAL**

FUENTE: Proyecto de grado, Capt. Carlos Estrella, 2003

5.3 COSTOS MUY REDUCIDOS PARA LOS RECEPTORES

Al momento es de gran ayuda y utilidad la adquisición de las dos estaciones de monitoreo continuo por parte de la Escuela Politécnica del Ejército. Las pruebas de campo se realizan con la operación de estos equipos. Es necesario establecer convenios con otras instituciones que disponen estaciones de monitoreo para lograr enlazar las estaciones y abaratar costos. Los datos obtenidos están destinados para la investigación y desarrollo de proyectos para el país.

Pensando mas allá de lograr ya implantar la red de monitoreo en el Ecuador y realizar la fase de emitir los datos de las estaciones de monitoreo al usuario, logrando implantar el Sistema de Aumentación Basado en Satélites en Ecuador, seria necesaria la gestión de un Proyecto Regional de Cooperación Técnica, en

donde los países de América Latina con sus entidades relacionadas al tema llegarían a establecer las necesidades y cuyo objetivo será desarrollar un plan de pruebas y evaluación de los beneficios técnicos y operacionales del sistema WAAS en las regiones del Caribe, Centro y Suramérica SAM, de modo que contribuyan al establecimiento del modelo operacional de sistemas SBAS.

Es importante hablar de un Proyecto que se esta trabajando denominado SACCSA, cuya cobertura esta destinada para la zonas Caribe y Sudamérica, tal como se puede observar en la Figura N.50

La denominación SACCSA, significa “Solución de Aumentación para Caribe, Centro y Suramérica”, recogiendo el objetivo de cobertura de servicio que se busca.

El Proyecto RLA/03/902 – SACCSA, pretende analizar la viabilidad técnica, financiera e institucional de implantación de un sistema SBAS/GNSS en las Regiones CAR/SAM. Para ello, la OACI suscribió un proyecto regional de cooperación técnica con los Estados y entidades interesadas, que hasta el momento son Chile, Colombia, Cuba, la Unión Europea y España. Entre otras actividades, el proyecto incluye una definición técnica de un SBAS adaptado a las especiales circunstancias de las Regiones mencionadas (ionosfera, forma geográfica, etc.). (Autor: ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, pdf, 2007)

FIGURA N. 50



FUENTE: ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL
Dirección de Cooperación Técnica, pdf, 2007

De idéntica manera este proyecto tiene por objeto principal la cobertura de todo el globo terrestre con los distintos sistemas satelitales para navegación. Observar la Figura N. 51.

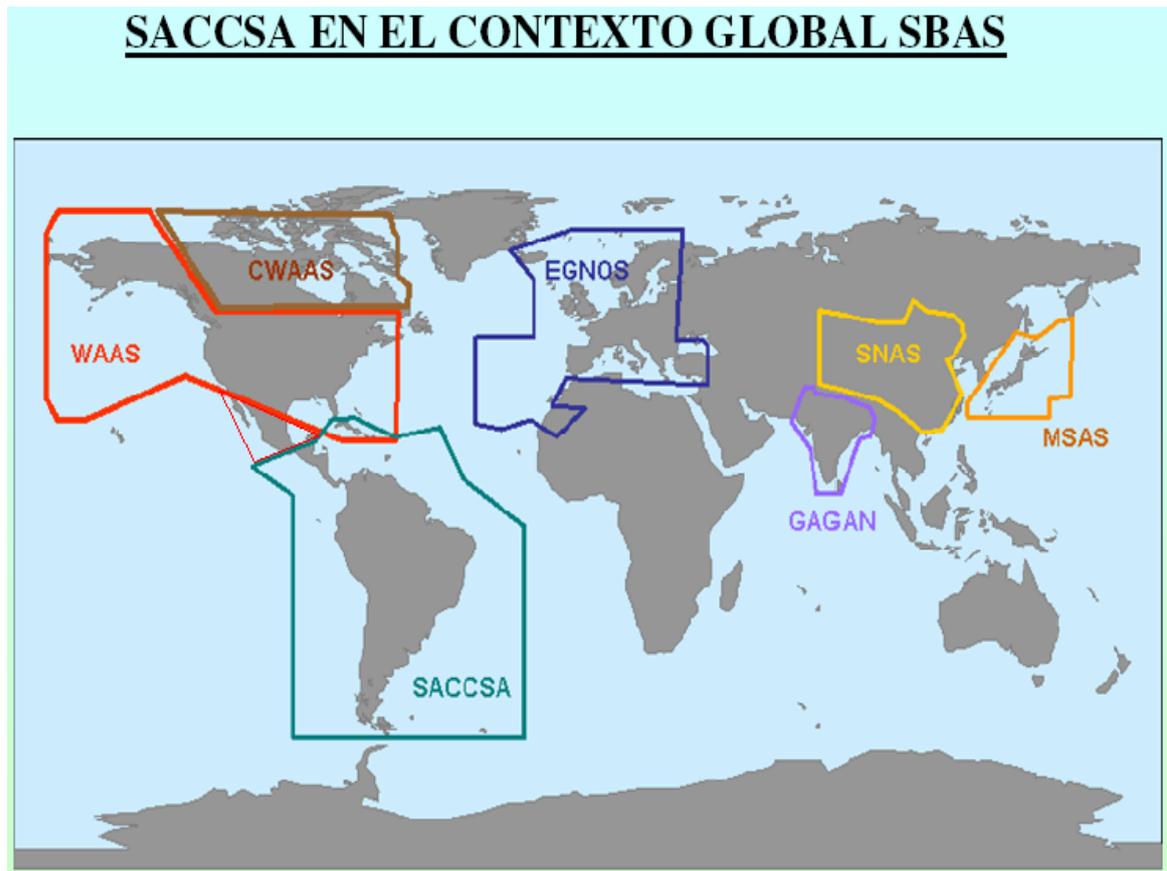
Actualmente están desarrollados o en fase de implementación los siguientes sistemas SBAS:

- WAAS (*Wide Area Augmentation System*), gestionado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.
- EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), administrado por la Agencia Espacial Europea.

- WAGE (*Wide Area GPS Enhancement*), que trasmite más precisión en los datos de efemérides y reloj de los satélites destinado a uso militar.
- MSAS (*Multi-Functional Satellite Augmentation System*), operado por Japón.
- StarFire, gestionado por la empresa John Deere.
- QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*), propuesto por Japón.
- GAGAN (*GPS and GEO Augmented Navigation*), planeado por la India.

(Autor: [http://www. SBAS - Wikipedia.htm](http://www.SBAS-Wikipedia.htm).nov-2007)

FIGURA N. 51



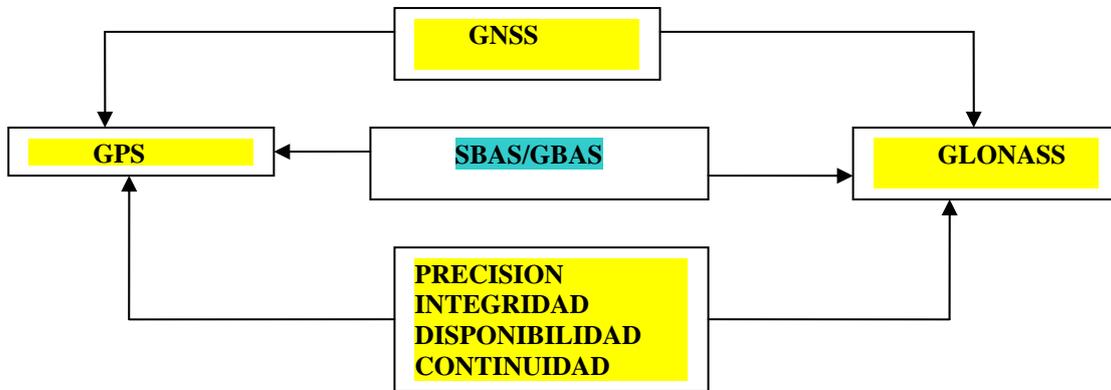
FUENTE: ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL

Dirección de Cooperación Técnica, pdf, 2007

La agrupación e interrelación de los sistemas de navegación, posicionamiento, comunicaciones hacia el correcto manejo de los Sistemas de Aumentación Basados en Satélites, se puede observar en la Figura N. 52

FIGURA N. 52

AGRUPACION E INTERRELACION DE SISTEMA DE NAVEGACION



FUENTE: http://gnss_71a_martinez.html

Existen publicaciones legislativas y regulatorias con respecto al uso del GNSS y su implementación de los SBAS en las regiones del Caribe y Sudamérica, considerando que cada región esta actualmente integrada por los siguientes países:

TABLA N. 08

PAISES QUE CONFORMAN LAS REGIONES DEL CARIBE/SUDAMÉRICA

CARIBE	SUDAMERICA
▪ Bahamas	▪ Argentina
▪ Barbados	▪ Brasil
▪ Costa Rica	▪ Bolivia
▪ Cuba	▪ Chile
▪ Estados Unidos	▪ Colombia
▪ Guatemala	▪ Panamá
▪ Honduras	▪ Paraguay
▪ Islas Caimanes	▪ Perú
▪ Jamaica	▪ Uruguay
▪ México	▪ Venezuela
▪ República Dominicana	
▪ OECS	
▪ Piarco	

FUENTE: http://gnss_71a_martinez.html

La arquitectura básica de todos los sistemas SBAS Ver Figura N. 53, esta conformada por una red de estaciones terrestres de referencia distribuidas por una amplia zona geográfica (países o continentes enteros) que supervisan a las

constelaciones de satélites de GNSS. Estas estaciones retransmiten los datos a una instalación de procesamiento central que evalúa la validez de las señales y calcula correcciones a los datos de efemérides y reloj radiodifundidos de cada satélite a la vista. Para cada satélite GPS o GLONASS vigilado, el SBAS estima los errores en los parámetros, y a su vez estas correcciones son transmitidas al avión por medio de satélites geoestacionarios. Luego el receptor de a bordo ajusta la información recibida directamente de los satélites GPS con las correcciones recibidas de los satélites geoestacionarios, para así navegar con más seguridad.

FIGURA N. 53



FUENTE: http://gnss_71a_martinez.html

Los mensajes de integridad y correcciones para cada fuente telemétrica GPS o GLONASS vigilada se transmiten en la frecuencia GPS L1 de los satélites geoestacionarios SBAS, situados en puntos orbitales fijos sobre el ecuador terrestre. Los mensajes SBAS aseguran la integridad, mejoran la disponibilidad y proporcionan la actuación necesaria para aproximaciones con guiado vertical APV, y en un futuro, a CAT I.

El SBAS utiliza mediciones de distancia en dos frecuencias para calcular el retardo de la medición de distancia introducido por la ionosfera y radiodifunde las

correcciones aplicables en puntos de la cuadrícula ionosférica (grid points) predeterminados. El receptor SBAS del usuario interpola entre los puntos de la cuadrícula para calcular la corrección ionosférica a lo largo de su línea de alcance óptico a cada satélite.

Además de correcciones de reloj, efemérides e ionosféricas, el SBAS evalúa y transmite parámetros que limitan la incertidumbre en las correcciones. Combinando estos cálculos de incertidumbre en las correcciones, con cálculos de las incertidumbres en su propia exactitud de mediciones de pseudodistancia, el receptor SBAS de usuario modela un error para su solución de navegación propia.

Es importante distinguir entre las zonas de cobertura y las zonas de servicio SBAS. La zona de cobertura se define por las huellas en tierra (foot prints) de las señales de los satélites geoestacionarios. Las zonas de servicio para un SBAS determinado se establecen por el estado dentro de la zona de cobertura SBAS. El estado es el responsable de designar los tipos de operaciones que pueden apoyarse dentro de una zona de servicio determinada.

5.4 PRECISIONES EN POSICIONAMIENTO

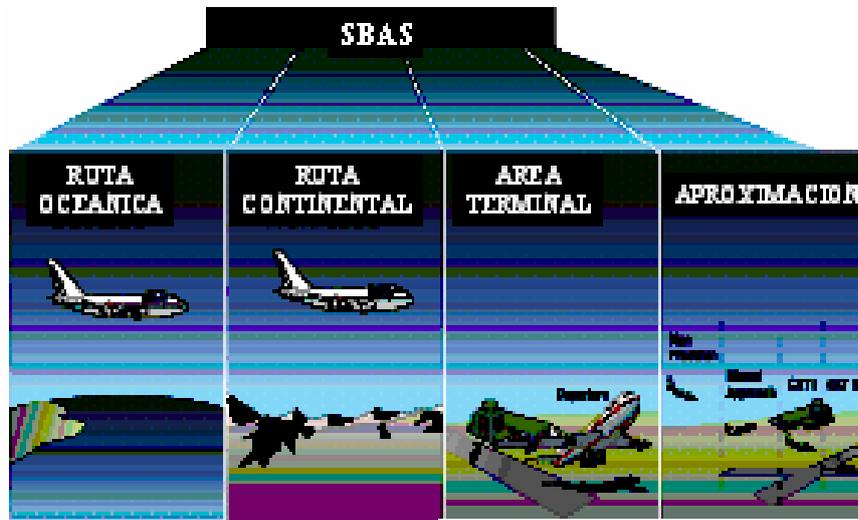
Al implementar el Sistema de Aumentación Basado en Satélites SBAS en Ecuador, este servicio brindará en la navegación las siguientes opciones:

- Capacidad de Navegación en Ruta y Aproximación de no Precisión.
- Capacidad de Navegación en Ruta & Aproximación de no Precisión y Aproximación de Precisión

Antes de desarrollar los puntos antes señalados, es importante mencionar las zonas de influencia de los Sistemas SBAS, para considerar su alta precisión, como se puede observar en la Figura N. 54. En rutas oceánicas, ruta continental, área terminal y en aproximaciones.

FIGURA N. 54

ZONAS DE INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS SBAS.



FUENTE: Presentación GNSS 2.1 por L. Andrada, AENA,pdf,2007

CAPACIDAD DE NAVEGACIÓN EN RUTA Y APROXIMACIÓN DE NO PRECISIÓN.

Este servicio es considerado el básico que brinde el sistema en el país, el sistema estará constituido por Estaciones Maestras, Estaciones Terrenas (GES), Estaciones de Referencia y Estaciones de monitoreo emplazados cubriendo en su totalidad el territorio ecuatoriano. El número de Estaciones Maestras, Estaciones terrenas y los lugares elegidos para la ubicación de estas se establecerán de acuerdo a resultados de pruebas finales que se realicen en el campo. Las estaciones de referencia y monitoreo serán implantadas de acuerdo a estudios teóricos de cobertura. (Autor: <http://es.wikipedia.org/wiki/SBAS>)

Para la parte del segmento espacial en la primera fase, es necesario realizar la ubicación de 2 satélites Geoestacionarios como se puede observar en la Figura N. 55 y su servicio para poder utilizarle de mejor manera tomando en cuenta la cobertura que estos brinden. Este sistema facilitara la infraestructura necesaria que permita la navegación básica y es el inicio del próximo nivel de performance del sistema.

FIGURA N. 55

CONFIGURACION SBAS PARA LA REGION SAM



FUENTE: <http://www.InteroperationandIntegrationofSatelliteBasedAugmentationSystems.htm>

CAPACIDAD DE NAVEGACIÓN EN RUTA & APROXIMACIÓN DE NO PRECISIÓN Y APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN.

Para que el sistema otorgue la capacidad de Aproximación de Precisión se requiere adicionar al sistema básico de aumentación un determinado número de estaciones de referencia que posibiliten mayor cobertura y garanticen la precisión de las correcciones. Se considera que la información obtenida de estas estaciones son datos de alta precisión y mejorara aun mas al ingresarles a pos proceso para ubicación y localización en trabajos de campo, aeronavegación y todos los servicios relacionados a la tecnología GPS.

Los SBAS, proveen una guía tridimensional para aproximaciones de precisión a las aeronaves dentro del área de servicio. Este método de operación mejora significativamente los instrumentos bidimensionales de navegación existentes que no pueden proveer referencias verticales precisas a los pilotos.

Provee gran precisión (hasta 5 m vertical y hasta 2 m horizontal) y disponibilidad (radiodifunde señales similares al GPS por varios satélites geoestacionarios) para aproximaciones de Categoría I, además de integridad (alto nivel de redundancia en el sistema y notificación de fallos en 6 s) para la seguridad del sistema GPS y apoyo a las operaciones de vuelo.

Reduce las posibilidades de accidentes contra tierra durante vuelos controlados y aproximaciones. (Autor: <http://www.senasa.es/documentacion.asp>.)

Para el proyecto CAR/SAM. Los estudios indican que es necesario adicionar 4 estaciones de referencia al sur del continente (Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay y sur de Brasil), y otro número similar de estaciones al norte del continente (Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y norte de Brasil). Los Aeropuertos fuera de la cobertura de la red o que requieran servicios de aproximación de mayor precisión y podrán ser atendidos por Sistemas de Aumentación de Área Local (LAAS) a solicitud. (Autor: http://gnss_71a_martinez.html)

En la fase de aplicación final del proyecto CAR/SAM como se observa en la Figura N. 56, el sistema podrá emplear un segmento espacial dedicado conformado por 3 satélites de comunicaciones de uso compartido con el sistema de Aumentación de Norte América, los costos estarán basados en el flujo y tipo de aeronaves que sobrevuele en cada región o estado.

Se debe considerar la cobertura que dispone un satélite geoestacionario, para poder establecer las diferentes conexiones en tierra que brinden mejor flujo de información, tomando en cuenta que se trata de un sistema de alta precisión en datos para navegación.

FIGURA N. 56

CONFIGURACION SBAS PARA LA REGION SAM PARA SERVICIO EN RUTA Y APROXIMACION DE NO PRECISION MAS APROXIMACION DE PRECISION



FUENTE: <http://www.GNSS1/GNSS7.htm>

Requisitos de Performance

Entre los requerimientos que la aviación exige a los sistemas de navegación de hoy podemos mencionar: La exactitud, la disponibilidad, la integridad y la continuidad. Luego que un sistema de navegación cumpla con todos o parte de estos requerimientos podrá ser categorizado como:

Medio único, medio primario, y medio suplementario.

A continuación se definirán estos requerimientos:

La exactitud significa el nivel de conformidad entre la posición estimada de una aeronave y su posición verdadera.

La disponibilidad es la proporción de tiempo durante el cual el sistema cumple con los requisitos de performance bajo ciertas condiciones.

La integridad es la función de un sistema que advierte a los usuarios de una manera oportuna cuando no debe ser usado dicho sistema.

La continuidad es la probabilidad que un sistema seguirá disponiéndose durante una fase determinada.

Medios de navegación: suplementario, principal y único

La OACI ha definido a los sistemas de navegación aérea como:

Medio suplementario.- Sistema de navegación que debe utilizarse conjuntamente con un sistema certificado como medio único. Debe satisfacer los requisitos de exactitud y de integridad para una determinada operación o fase del vuelo.

Medio principal.- Sistema de navegación aprobado para determinada operación o fase de vuelo que debe satisfacer los requisitos de exactitud y de integridad pero que no es necesario que satisfaga los requisitos de plena disponibilidad y continuidad del servicio. Se mantiene la seguridad limitando los vuelos a períodos específicos de tiempo, y mediante restricciones reglamentarias apropiadas.

Medio único.- Sistema de navegación para determinada operación o fase del vuelo que debe posibilitar satisfacer, en dicha operación o fase del vuelo, los cuatro requisitos de performance:

Exactitud, integridad, disponibilidad y continuidad de servicio.

La alta precisión en las medidas del GPS es lograda principalmente utilizando estaciones de referencia las cuales recopilan información de posición GPS, geográfica y condiciones atmosféricas del lugar para ser luego procesadas en las estaciones maestras donde son elaborados modelos matemáticos que permiten obtener las correcciones de los errores GPS. Las causas de error más importantes en las medidas de la posición GPS son los retardos de la señal en

la ionosfera y troposfera, los errores de efemérides, y los errores introducidos a propósito.

Los errores GPS dejan de relacionarse con los errores obtenidos en las estaciones de referencia conforme las distancias entre los usuarios y las estaciones de referencia se incrementen. Si las separaciones de distancia son suficientemente pequeñas aquellos errores GPS son iguales y podrán cancelarse.

Si uno deseara incrementar el área de cobertura de correcciones GPS y, al mismo tiempo, minimizar el número de receptores de referencia fijos, será necesario modelar las variaciones espaciales y temporales de los errores. En tal caso estaríamos hablando del GPS diferencial de área amplia.

Para aplicaciones en tiempo real, las correcciones de los parámetros de cada satélite deberán ser transmitidas a los usuarios a través de equipos de radio VHF o si se requiere una amplia cobertura a través de satélites Geoestacionarios que emitan pseudo códigos con información de corrección.

A continuación se muestra en la Tabla N. 09 un resumen de los beneficios de la utilización del GPS en las fases de vuelo.

TABLA N. 09

BENEFICIOS DEL GPS EN LAS FASES DE VUELO

FASES DE VUELO	PREVIO A SALIDA Y DEPEGUE	SALIDA	EN RUTA	LLEGADA	APROXIMACION Y ATERRIZAJE
SEGURIDAD		Posición exacta Navegación mas precisa	Posición exacta Navegación mas Precisa	Posición exacta Navegación mas precisa	Posición exacta Navegación mas precisa
EFICIENCIA	Rutas GNSS mas cortas permiten que se cargue menos combustible y mas pasajeros	Optimización de rutas Navegación con mayor precisión Posibilidad de reducción del ángulo de ascenso(aumento de la carga máxima disponible)	Posición exacta se puede optimizar las rutas y navegarlas con mayor precisión	Optimización de rutas Navegación con mayor precisión	Optimización de rutas Navegación con mayor precisión Aproximación de no-precisión utilizando criterios aprobados, sin la necesidad de equipo Terrestre.
CONFIABILIDAD	Confirmación previa de la disponibilidad de navegación GPS a lo largo de la ruta	El GPS esta operativo casi 100% del tiempo	El GPS esta operativo casi 100% del tiempo	El GPS esta operativo casi 100% del tiempo	El GPS esta operativo casi 100% del tiempo
FLEXIBILIDAD	Posibilidad de servicio a nuevos destinos donde se requieran rutas demasiado largas y/o procedimientos de aproxima por instrumentos.				

FUENTE: mailto:apea@corpac.gob.pe,2006

5.5 TECNOLOGIAS DE PRODUCCION YA EXPERIMENTADAS, DE BAJO COSTO BASADAS EN NAVEGACION AEREA

Un elemento de ayuda a la navegación aérea son las comunicaciones tierra-aire. Es precisa una perfecta comunicación por radio entre la aeronave y el control de tierra para una total seguridad del vuelo. Estas comunicaciones se realizan en las bandas aeronáuticas de VHF y UHF. También se emplean las frecuencias de HF entre las compañías y sus aviones cuando éstos se encuentran a grandes

distancias de sus bases. En este caso se emplean transmisores de SSB y antenas de grandes dimensiones para conseguir comunicaciones seguras. En la Figura N. 57 se puede ver una antena logarítmica para comunicaciones a larga distancia.

FIGURA N. 57

ANTENA LOGARÍTMICA



FUENTE: http://www.ea4nh.com/articulos/navegacion_aerea/navegacion_aerea.htm

En la siguiente tabla se muestran algunas bandas donde se pueden escuchar las transmisiones aeronáuticas.

TABLA N. 10

BANDAS PARA ESCUCHAR LAS TRANSMISIONES AERONÁUTICAS.

4.650 KHz	11.400 KHz
4.750 KHz	13.200 KHz
6.545 KHz	13.360 KHz
6.765 KHz	15.010 KHz
8.815 KHz	15.100 KHz
9.040 KHz	17.900 KHz
11.175 KHz	18.030 KHz

FUENTE: http://www.ea4nh.com/articulos/navegacion_aerea/navegacion_aerea.htm

En la Figura N. 58 tenemos un conjunto de antenas de VHF y UHF para las comunicaciones de los aviones con los centros de control. Para estas comunicaciones se emplea la modulación de amplitud, AM, por lo que es relativamente sencillo escuchar las conversaciones de los pilotos y los controladores, bien en ruta o durante las aproximaciones a los aeropuertos.

FIGURA N. 58

ANTENAS DE VHF Y UHF



FUENTE: http://www.ea4nh.com/articulos/navegacion_aerea/navegacion_aerea.htm

La denominada Banda Aeronáutica, comprendida entre 108 MHz y 137 MHz, está dividida en dos sub-bandas, de 108 MHz a 118 MHz para las radioayudas, ILS, DME, VOR, y a partir de 118 MHz para las comunicaciones vocales, en la modalidad de AM. En la primera sub-banda se pueden escuchar, entre otras, señales en morse así como información meteorológica correspondientes a distintos servicios. La sub-banda correspondiente a las comunicaciones vocales se divide según los servicios utilizados. Una división aproximada de esta banda aeronáutica puede ser la siguiente:

TABLA N. 11

DIVISIÓN APROXIMADA DE BANDAS AERONÁUTICAS

108.000 - 117.975 MHz	Radio-ayudas
118.000 - 121.400 MHz	Torre de Control
121.500	Frecuencia de emergencia
121.600 - 122.90	Control de aproximación
122.700 - 123.900	Servicios varios
123.450	Aire - Aire
124.000 - 128.800	Llegadas y Salidas
128.825 - 132.000	Operaciones de Compañía
132.000 - 135.975	Rutas
136.000 - 136.975	DataLink

FUENTE: http://www.ea4nh.com/articulos/navegacion_aerea/navegacion_aerea.htm

Esta división de frecuencias puede sufrir variaciones según el espacio aéreo de que se trate. El espacio aéreo se divide en sectores atendidos por distintos controladores que utilizan distintas frecuencias. Para el sector del Ecuador, debe existir sectores de responsabilidad para cada controlador.

5.6 INTERCONEXION DE REDES

En la aplicación del Proyecto de grado, se va a trabajar con la tecnología GPRS para la transmisión de datos al usuario.

GPRS, son las siglas de General Packet Radio System, Sistema General de Transmisión de Datos mediante Paquetes de Información. Es una tecnología basada en paquetes, lo que significa que los datos están divididos en paquetes que se transmiten en breves ráfagas sobre una red IP. Este diseño es mucho más eficiente que las redes conmutadas por circuitos, dando lugar a una reducción de los costos operativos de la red. El diseño de paquetes beneficia a los usuarios en dos formas primordiales.

Primero, GPRS provee una conexión "siempre activa" ("always-on") que no exige que el usuario deba conectarse cada vez que desea obtener acceso a datos.

Segundo lugar, los usuarios sólo pagan por los datos en sí, en lugar de pagar por el tiempo de aire empleado en establecer una conexión y descargar los datos.

Al ser una evolución de los sistemas GSM, GPRS conlleva una serie de diferencias o de avances respecto a estos. Así, la estructura del sistema GSM fue diseñada para dar primacía a la voz. Por el contrario, en GPRS, se ha dado mayor importancia a la transmisión de datos.

En la industria se considera que GPRS es el paso intermedio entre las redes GSM, o de segunda generación, y las redes UMTS, o de tercera generación. Por ello hay gente que denomina a esta tecnología como de generación 2,5.

La rapidez con GPRS el acceso vía WAP a Internet o a una Intranet puede hacerse a una velocidad máxima de 50 Kbits/s (con posibilidades de llegar a los 170 Kbits/s), frente a los 9,6 Kbits/s que como máximo soportaban las redes GSM.

La eficacia con GPRS no sólo se produce por el óptimo aprovechamiento de la red, sino también porque se abre la puerta a nuevas posibilidades tales como el envío de MMS, datos, etc. a mayor velocidad que con redes anteriores. Así aparecerán nuevos servicios que requieran de una conexión permanente a Internet, destacando en este sentido las posibilidades que se abren a campos como la Telemedicina.

5.7 CANALES DE DIFUSION DE DATOS

La red GPRS consta principalmente de 3 elementos claramente diferenciados:

A. El Terminal emisor y receptor, en el que se diferencian:

- Terminales que soportan GPRS y GSM simultáneamente. Son terminales que permiten al usuario recibir llamadas mientras se está conectado a Internet (similar a ADSL).
- Terminales que soportan redes GPRS y GSM pero que no permiten un tráfico simultáneo (similar a las conexiones a Internet con MODEM analógico).
- Terminales que no soportan la conexión simultánea, con lo que el cliente debe seleccionar que tipo de conexión desea utilizar.

B. La estación base: es la estación encargada de recoger las señales emitidas por el terminal y transferirlas a la red GPRS. C. La red interna de las operadoras, que está formada por :

- El nodo SGSN: es el servidor interno que soporta los servicios de GPRS.
- El nodo GGSN: es el nodo que actúa como pasarela entre la red GPRS y las redes de datos (Internet, intranets, etc.).

GPRS es vista en el mundo de la telefonía como una clara impulsora de los servicios de valor añadido, ya que con su aparición han comenzado a surgir servicios de valor añadido que requieren de una conexión permanente a redes de datos, siendo los servicios de entretenimiento móvil uno de los ejemplos más claros.

(Autor:http://www2.uca.es/serv/sc/telefonía/movil/telefoniamovil_QUEESGPRS.htm.)

5.8 PLANES DE SISTEMAS SATELITALES DE NAVEGACIÓN GLOBAL (GNSS)

La Unión Europea plantea de forma gradual establecer un sistema de navegación por satélite que provea tres tipos de servicios: alineación/localización, monitorización de integridad y correcciones diferenciales. Asimismo, se desarrollarán servicios de "aumento" para aplicaciones específicas en áreas locales. (Autor,GNSS1/GNSS.htm,2006).

La línea estratégica europea en materia de navegación por satélite se orienta hacia dos objetivos claros: primero, aumentar y enriquecer los servicios actuales basados en GPS y GLONASS y en segundo lugar, asegurar el papel de Europa en la próxima generación de sistemas y servicios.

El programa Europeo se orienta al futuro con un Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS) y se está ya aplicando en dos fases:

- Fase de transición que se construye sobre los sistemas GPS/GLONASS existentes. Esta fase, conocida como **GNSS-1**, aumenta las señales disponibles actualmente del GPS/GLONASS proporcionando mejoras en la disponibilidad, precisión e integridad.
- Fase orientada hacia el **GNSS-2** que será utilizado completamente para servicios y aplicaciones civiles.

El aumento que se produce en la primera fase u "overlay" se desarrolla a través del programa europeo **EGNOS** "European Geostationary Navigation Overlay Service". Su capacidad operacional avanzada se alcanzará en el año 2010 y servirá de fuente primaria de navegación y posicionamiento incluso en aplicaciones de navegación aérea (aproximación y aterrizaje).