



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**EL SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO  
GEOESTACIONARIO —EGNOS—**

**Antonio José León Quiñones**  
Asesorado por: Ing. Herman Igor Véliz Linares

Guatemala, septiembre de 2005



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EL SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO  
GEOESTACIONARIO —EGNOS—**

**TRABAJO DE GRADUCACIÓN**

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

**ANTONIO JOSE LEÓN QUIÑONES**  
**ASESORADO POR: ING. HERMAN IGOR VÉLIZ LINARES**

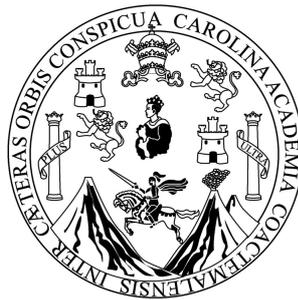
**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005**



# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECADO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Virginia Victoria Tala Ayerdi
EXAMINADOR	Ing. Elizabeth Domínguez Alvarado
EXAMINADOR	Ing. José Ricardo Morales Prado
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EL SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO  
GEOESTACIONARIO —EGNOS—**

tema que me fue asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha febrero de 2004.



Antonio José León Quiñones



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. DTG.378.05

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **EL SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO GEOSTACIONARIO (EGNOS)**, presentado por el estudiante universitario **Antonio José León Quiñones**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, Septiembre de 2005

/cdes





*El Director de la Escuela de Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación titulado "EL SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO GEOESTACIONARIO", presentado por el estudiante **ANTONIO JOSÉ LEÓN QUIÑONES**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

*ID Y ENSEÑAD A TODOS*

*Ing. Jorge Armin Mazariegos Rabanales*  
**DIRECTOR**  
**INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

*Guatemala, 09 de septiembre del 2005*





Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 22 de Julio de 2005

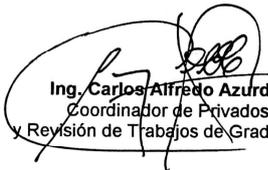
Ingeniero  
**Luis Alberto Vettorazzi España**  
Director de la Escuela de Ingeniería  
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Vettorazzi:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **ANTONIO JOSÉ LEÓN QUIÑONES**, titulado: "**EL SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO GEOESTACIONARIO (EGNOS)**", y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribime,

Atentamente,

  
**Ing. Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados  
y Revisión de Trabajos de Graduación





Guatemala, Julio de 2005

Ingeniero  
Carlos Alfredo Azurdia Morales  
Coordinador de Privados y Revisión de Tesis  
Escuela de Ciencia y Sistemas

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente, me permito informarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado: **EL SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO GEOESTACIONARIO (EGNOS)**, elaborado por el estudiante Antonio José León Quiñones, a mi juicio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Agradeciéndole de antemano la atención que le preste a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente,



~~Herman Igor Veliz Linares~~  
Ingeniero en Ciencia y Sistemas  
Asesor



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>ABREVIATURAS</b>	VII
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>1 NAVEGACION POR SATÉLITE</b>	1
1.1 Historia de la navegación por satélite reseña histórica	1
1.2 Desarrollo de técnicas globales geodésicas	1
1.3 Triangulación óptica global	2
1.4 Trilateración global electromagnética	3
1.5 Interferometría	4
1.6 Sistema Transit	4
1.7 NAVSTAR. Sistema de posicionamiento global -GPS-	5
1.7.1 El GPS hoy	7
1.7.2 Principios básicos del funcionamiento de GPS	8
1.7.3 La triangulación desde los satélites	8
1.7.4 Midiendo las distancias a los satélites	10
1.7.5 Control perfecto del tiempo	13
1.7.6 Conocer dónde están los satélites en el espacio	15
1.7.7 Corrigiendo errores	16
1.8 Satélites GLONASS	18
1.8.1 Códigos del sistema GLONASS	20
1.8.1.1 Código C/A	21
1.8.1.2 Código P	21
1.8.2 El mensaje de navegación	22
1.8.2.1 El mensaje de navegación C/A	23
1.8.2.2 El mensaje de navegación P	24
1.8.3 Desarrollo futuro del sistema GLONASS	25
1.8.3.1 Mejoras en el segmento tierra	25
1.8.3.2 GLONASS diferencial	25
1.8.3.3 El primer nivel	27
1.8.3.4 El segundo nivel	28
1.8.3.5 El tercer nivel	28
1.9 GPS versus GLONASS	28
1.9.1 Uso de GPS y GLONASS conjuntamente	31

1.9.2	Errores del GPS y GLONASS	31
1.9.2.1	Error ionosférica	32
1.9.2.2	Error atmosférico	32
1.9.2.3	Disponibilidad selectiva	32
1.9.2.4	Error del receptor	33
1.9.2.5	Error de efemérides	33
1.9.2.6	Dilución de Precisión, DOP	34
1.9.2.7	Error de multitrayectoria	34
1.9.2.8	Puesta En Estación	35
<b>2</b>	<b>“EGNOS” SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO GEOESTACIONARIO</b>	<b>37</b>
2.1	Antecedentes de “EGNOS”	37
2.2	“¿Que es EGNOS?”	39
2.3	Descripción del sistema y de los servicios “EGNOS”	41
2.4	Sistema “GNSS-2”	43
2.5	Objetivos del Sistema “EGNOS”	44
2.6	Arquitectura de “EGNOS”	45
2.6.1	Segmento espacial	45
2.6.2	Segmento terrestre	46
2.7	Funcionalidades Principales	47
2.8	Niveles de Servicio	48
2.9	Programación y Financiación	49
2.10	Ventajas de “EGNOS”	50
2.11	Perspectiva de futuro	53
2.12	Extensión de EGNOS a Latinoamérica	54
2.13	Viabilidad e implantación de un sistema piloto	57
<b>3</b>	<b>APLICACIONES DE EGNOS</b>	<b>59</b>
3.1	Cuadro resumen de aplicaciones	60
3.2	Investigación sísmica	63
3.3	Cartografía	63
3.3.1	Aplicación de la cartografía en la evaluación de proyectos	64
3.3.2	Cartografía regional para planificación	65
3.3.3	Sistemas de cartografía automática LIS	66
3.3.4	Control del fraude	67
3.3.5	Sistemas de Información geográficos GIS	67
3.4	Agricultura de precisión	68
3.4.1	Utilidad en Agricultura de Precisión	69
3.4.2	Monitoreo del Rendimiento	69
3.4.3	Componentes básicos del monitor de rendimiento	71
3.4.4	Monitor de rendimiento Instantáneo o de tiempo real	72

3.4.5	Componentes necesarios de un monitor de rendimiento	72
3.4.6	Consola del monitor	73
3.4.7	Información suministrada por el operario	74
3.4.8	Información suministrada por el monitor	74
3.4.9	Cosechando Con Monitor de Rendimiento con DGPS	74
3.5	Aplicaciones del “GPS” en el sector forestal	76
3.5.1	La Teledetección en el mundo forestal	78
3.6	El GPS como ayuda en el control de plagas agrícolas	79
3.7	Sistema Básico de Control de Una Flota de Autobuses	81
3.7.1	Segmento de Control	85
3.7.2	Ordenador Central	88
3.8	GPS en los taxis	91
3.8.1	El sistema de pago de taxis	91
3.8.2	Mejor servicio de taxi	92
3.8.3	Automatización del cambio de zona o tarifa	92
3.8.4	Control del fraude	93
3.8.5	Servicios adicionales	93
3.9	Evitar los atascos de tráfico	94
3.10	Antena multi-propósito en vehículos	95
3.11	Navegando en la ciudad	96
3.12	Seguimiento de vehículos con cargas valiosas o peligrosas	98
3.13	Navegación satelital en las vías férreas	98
3.14	Navegación segura en los fiordos	99
3.15	Autonomía para las personas ciegas	100
3.16	Helicópteros salvando vidas	101
3.17	Doctores a distancia vía satélite	102
3.18	Supervisión médica remota de pacientes	103
3.18.1	Revisión remota de signos vitales	103
3.19	Las aplicaciones en Guatemala	104
<b>4</b>	<b>EL SISTEMA GALILEO</b>	<b>109</b>
4.1	Diseño del sistema	110
4.2	Beneficios de Galileo para el usuario	112
4.2.1	Prestaciones	113
4.2.2	Regiones de servicio	113
4.2.3	Clases de servicio	113
4.2.4	Responsabilidad	114
4.2.5	Garantía del servicio	114
4.2.6	Servicios de valor añadido	114
4.2.7	Compatibilidad e interoperabilidad	115
4.3	Aplicaciones de Galileo	115
4.3.1	El mercado	115
4.3.2	Transporte por carretera	116

4.3.3	Infomovilidad	117
4.3.4	Aviación civil	117
4.3.5	Sector marítimo	118
4.3.6	Ferrocarriles	118
4.3.7	Otras aplicaciones	118
4.4	Financiamiento de Galileo	119
4.4.1	El concepto de la Comisión Europea	119
4.4.2	La Asociación Público Privada, APP	120
4.5	Calendario de Galileo	121
4.6	Cooperación internacional	121
4.7	Importancia del proyecto para la unión europea	122
4.8	En la actualidad	123
<b>CONCLUSIONES</b>		125
<b>RECOMENDACIONES</b>		127
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		129
<b>BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA</b>		131

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. La triangulación de los satélites	9
2. La constelación GLONASS	19
3. El sistema de aumentación de cobertura amplia	40
4. Los diferentes componentes de EGNOS	45
5. La extensión del proyecto EGNOS a Latinoamérica	54
6. Representación esquemática de los componentes de un monitor de rendimiento con posicionamiento satelital y su ubicación en la cosechadora	73
7. Esquema de un SAE y sus diferentes componentes	89
8. Los componentes del sistema GALILEO	111

### TABLAS

I. Comparación entre el sistema GPS y GLONASS	30
II. Cuadro resumen de aplicaciones de EGNOS	60



## ABREVIATURAS

<b>AENA</b>	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea.
<b>AEA</b>	Asociación de Aerolíneas Europeas.
<b>AEE</b>	Agencia Europea del Espacio.
<b>AIS</b>	Sistema de Identificación Automático.
<b>AM/FM</b>	Mapeo Automatizado/Facilidades Administrativas.
<b>ASQF</b>	Sistema orientado a actividades de soporte a la calificación del sistema para los distintos modos de transporte.
<b>AOC</b>	Capacidad Operacional Avanzada.
<b>AOR-E</b>	INMARSAT III Región Este del Océano Atlántico.
<b>AP</b>	Agricultura de Precisión.
<b>APP</b>	Asociación Público Privada.
<b>ARTES-9</b>	Investigación Avanzado de en Telecomunicaciones y Sistemas Búsqueda de 9 elementos.
<b>ATM</b>	Gestión del Tránsito Aéreo.
<b>AVL</b>	Localización automática de vehículos.
<b>CAD</b>	Diseño Asistido por Computadora.
<b>CAR</b>	Región Caribe de OACI.
<b>CAT- 1</b>	Aproximación de precisión de Categoría I.
<b>CEAC</b>	Conferencia europea de Aviación Civil.
<b>CNS/ATM</b>	Comunicaciones, Navegación, Vigilancia/Gestión del Tránsito Aéreo.
<b>CPE</b>	Compañía de Propósito Especial.
<b>DGDP</b>	Dilación Geométrica de la Precisión.
<b>DGPS</b>	Sistema Diferencial de Posicionamiento Global.
<b>DOD</b>	Departamento de Defensa de EE.UU.
<b>DOT</b>	Departamento de Transporte de EE.UU.
<b>DVP</b>	Plataforma de Desarrollo y Validación.
<b>EC</b>	Comunidad Europea.
<b>EGNOS</b>	Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario
<b>EOIG</b>	Consorcio Europeo de Operadores.
<b>ERT</b>	Técnica de Rango Electromagnético.
<b>ESA</b>	Agencia Espacial Europea.
<b>EUR</b>	Región Europa de OACI.
<b>EUROCONTROL</b>	La Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea FANS: Futuro Sistema de Navegación Aérea.
<b>FOC</b>	Plena Capacidad Operacional.
<b>GALILEO</b>	Sistema Europeo de Navegación por Satélite de segunda

	generación.
<b>GEO</b>	Orbita Terrestre Geoestacionaria.
<b>GIS</b>	Sistema de Información Geográfica.
<b>GLONASS</b>	Sistema Global Orbital de Navegación por Satélite Ruso.
<b>GNOS</b>	Servicio de Cubierta de Navegación Geoestacionario Europeo.
<b>GNSS</b>	Sistema Global de Navegación por Satélite.
<b>GNSS-1</b>	EGNOS.
<b>GNSS-2</b>	GALILEO.
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global.
<b>HISPASAT</b>	Sistema Español de Comunicaciones por Satélite.
<b>IBDN</b>	Base Internet de Navegación Distribuida.
<b>ICC</b>	Centro de control e Integridad.
<b>INMARSAT</b>	Organización Internacional de Comunicaciones Marítimas por Satélite.
<b>IIP</b>	Señal de Navegación de Alta Precisión.
<b>LADS</b>	Sistema Diferencial de Área Local.
<b>LIS</b>	Land Information Systems.
<b>MCC</b>	Estaciones Centrales Maestras de Control.
<b>MEO</b>	Órbita de Media Altitud.
<b>MEMS</b>	Sensores Microelectro Mecánico.
<b>MSAS</b>	Servicio de Aumentación por Satélites Multifuncionales.
<b>NASA</b>	Agencia Espacial Americana.
<b>NLES</b>	Estaciones Terrenas de Navegación.
<b>NOAA</b>	Nacional para la Administración Oceánica y Atmosférica.
<b>NPA</b>	Servicio de Aproximaciones de no Precisión en Latinoamérica.
<b>NPO</b>	Corporación Científica de Producción de Mecanismos Aplicados.
<b>NVDI</b>	Índice de Vegetación Normalizado.
<b>OACI</b>	Organización Internacional de Aviación Civil.
<b>OSI</b>	Interconexión de Sistema Abiertos.
<b>OSS</b>	Estaciones de Sincronización y Orbitografía.
<b>PACF</b>	Sistema orientado a actividades de soporte a las operaciones.
<b>PC</b>	Computador Personal.
<b>PDAS</b>	Ayudantes Digitales Personales.
<b>PRN</b>	Ruido Pseudo Aleatorio.
<b>RADS</b>	Sistema Diferenciales de Área Regional.
<b>RNII KP</b>	Instituto Ruso de Investigación de Ingeniería de Vehículos Espaciales.
<b>RIMS</b>	Estaciones Supervisoras de Integridad y Telemetría
<b>SA</b>	Disponibilidad Selectiva.
<b>SAC</b>	Servicio Adicional de Acceso Controlado.
<b>SAE</b>	Sistemas de ayuda a la explotación.
<b>SBAS</b>	Sistema de aumentación de cobertura amplia.
<b>S-DAB</b>	Satélite de Transmisión Audio Digital.
<b>SIN</b>	Sistema de Navegación Inercial.

<b>SISNET</b>	Señal en el Espacio a través de Internet.
<b>SP</b>	Señal de Navegación de Precisión Estándar.
<b>TELANY</b>	Telemedicina donde quiera.
<b>TSF</b>	Instalaciones de pruebas y simulación.
<b>TSNII VKS</b>	Instituto Central de Investigación de las Fuerzas Espaciales Rusas.
<b>TRANSIT</b>	Sistema de Navegación por Satélite.
<b>UDS</b>	United Differential System.
<b>VFR</b>	Reglas del Vuelo Visuales.
<b>WAAS</b>	Servicio de Aumentaciones de Área Extensa.
<b>WAD</b>	Diferencial de Área Grande.
<b>WADS</b>	Sistema Diferencial de Área Grande.



## RESUMEN

El presente trabajo es acerca de la comunicación y navegación por satélite. Realiza un monitoreo de la información proporcionada por la Agencia Espacial Europea, de los estudios técnicos relacionados con la implementación del programa **Sistema Global de Navegación por Satélite “GNSS”**.

En vista de que los primeros sistemas de navegación fueron desarrollados durante la guerra fría, con fines militares, los sistemas actuales “GPS” de Estados Unidos y “GLONASS” de Rusia poseen las siguientes limitaciones: no satisfacen todos los requisitos de exactitud y precisión exigidos por la sociedad civil y como consecuencia de ellos, su uso adolece de una serie de restricciones; están bajo control militar por lo que, en caso de conflicto bélico, la disponibilidad del servicio no está asegurada; No existe ningún tipo de garantía legal o de seguridad respecto del funcionamiento del sistema. No existe un marco de responsabilidad legal, claramente definido, en caso de accidentes provocados por fallo de estos sistemas.

El sistema Europeo GNSS ha sido desarrollado con la filosofía de superar estas limitaciones de origen de los sistemas existentes en la actualidad, ofreciendo un servicio superado a la sociedad Civil Europea y del Mundo

El estudio Consta de 4 capítulos, el primero realiza un estudio histórico respecto a la evolución de los sistemas de comunicación y navegación, a partir de los viajes realizados por las culturas antiguas en aras de suministros comerciales, tanto por vía terrestre como marítima, hasta el advenimiento de la era satelital que revolucionó la comunicación y navegación. Y, luego, desarrolla la evolución de los sistemas modernos por satélite a partir del SPUTNIK Ruso, hasta la fecha presente.

El segundo capítulo habla de los Servicios de aumentación proporcionados por **EGNOS**, Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario, los elementos del sistema, los beneficios que ofrece, descripción técnica del programa y arquitectura del sistema sus aplicaciones.

El tercer capítulo muestra un resumen de las aplicaciones actuales de los sistemas de posicionamiento geográfico por satélite actual y las aplicaciones que está desarrollando la Comunidad Económica Europea; algunas ya en operación en la actualidad, a saber: transporte por carretera, info. movilidad, aviación civil, sector marítimo, ferrocarriles, agricultura, explotación petrolera, geodesia y topografía, trazado de mapas topográficos y de recursos naturales, tecnología espacial de interés, gestión de desastres, etc..

El cuarto capítulo aborda **GALILEO**, Sistema Europeo de Navegación por Satélite de segunda generación: ¿Cuáles son los beneficios de Galileo para el Usuario?, presentaciones, regiones de servicio, clases de servicio, responsabilidad, garantía de servicio, servicios de valor añadido, compatibilidad e interoperabilidad, futuras aplicaciones en el mercado, ¿Cómo se financia Galileo?. El concepto de la comisión Europea, principios de funcionamiento de la asociación pública privada, APP. ¿Cual es el calendario de Galileo? y su aplicación a América Latina en los próximos años.



## INTRODUCCIÓN

Investigar los avances de la ciencia y tecnología, debe ser una inquietud permanente en los profesionales dedicados a las Ciencias y Sistemas. Esta investigación proporciona información de primera mano en español, en el campo de la comunicación y navegación por satélite.

**EGNOS**, Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario es un sistema de carácter regional que tiene por objeto complementar y mejorar el servicio proporcionado por los sistemas **GPS**, Sistema de Posicionamiento Global, y **GLONASS**, Sistema Global Orbital de Navegación por Satélite Ruso. Sistemas que fueron desarrollados, respectivamente, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y la antigua Unión Soviética. Con lo que Europa pondrá a la disposición de la sociedad civil un servicio europeo de navegación por complemento geoestacionario con acceso controlado.

Debido a la oferta global de aplicaciones que ofrece esta nueva generación de satélites geoestacionarios. Y en razón de que los satélites forman parte del sistema de comunicación mundial, que encaja con las redes de computadora, específicamente, de la capa Física del modelo de referencia **OSI**, interconexión de sistemas abiertos, de suma importancia es el conocimiento de estos nuevos sistemas, por la tendencia creciente hacia la Globalización de la Economía Mundial, y por el auxilio que estos medios informáticos ofrecen en este titánico esfuerzo.

Para la sociedad guatemalteca, la presente investigación servirá como referencia para determinar los beneficios que proporcionará esta tecnología que en un futuro próximo se extenderá a Latinoamérica y en un futuro a mediano plazo será tomado como un sistema único y unificado a nivel mundial que vendrá a reemplazar las tecnologías anteriores como son GPS y GLONASS.

Este trabajo analiza el **Sistema Global de Navegación por Satélite “GNSS”**, el cual está dividido en dos partes GNSS-1 o **EGNOS** y GNSS-2 o **GALILEO**. Y Trata la diversidad de aplicaciones que esta tecnología ofrece al usuario. **EGNOS** inicia operaciones, a partir del presente año 2003 en Europa. En tanto **GALILEO** será puesto en funcionamiento en el año 2008. Ambos proyectos cubrirán América Latina y, por consiguiente, Guatemala, ampliando la oferta actual de esta modalidad de servicio.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Hacer una recopilación técnica de los servicios europeos de navegación por complemento geostacionario, EGNOS, y sus proyecciones futuras.

### **Específicos**

- Investigar acerca de la navegación por satélite.
- Describir como se desarrolla el proyecto EGNOS, cuáles son sus servicios, los elementos del sistema y los beneficios para la sociedad civil.
- Describir las características técnicas y arquitectónicas de EGNOS.
- Proporcionar una referencia de las diferentes aplicaciones que pueden ser montadas en esta tecnología en diferentes ramas de la ciencia y tecnología.
- Dar a conocer una introducción a los nuevos sistemas de posicionamiento global geostacionarios o proyecto GNSS-2, Galileo, que vendrá a sustituir a la generación actual de satélites.



# **1 NAVEGACION POR SATÉLITE**

## **1.1 Historia de la navegación por satélite reseña histórica**

Cuando las civilizaciones antiguas dejan de ser solamente cazadores recolectores, e inician el desarrollo de la agricultura, surge la necesidad de conocer el momento exacto de efectuar las plantaciones de cultivos. Los Sabios de la antigüedad observan entonces a las estrellas, encontrando en ellas puntos de referencia para descifrar el misterio del clima y su influencia sobre la materia viva, descubren las reglas de desplazamiento de los cuerpos celestes, esencia de la concepción del tiempo y del espacio. Antecedente primigenio de las ciencias astronómicas y geodésicas contemporáneas. Hoy día mediante las mediciones satelitales, sabemos que las estructuras monolíticas de STONEHENDGE y las pirámides de Egipto fueron alineadas por medio de observaciones celestes y sorprendentemente los constructores ya conocían la definición del punto vernal.

## **1.2 Desarrollo de técnicas globales geodésicas**

Con el desarrollo de la navegación y el apareamiento de países mercantilistas que buscan nuevos horizontes comerciales allende el mar, surge la necesidad del conocimiento de la forma de la tierra, de los mares y continentes dando inicio a la Cartografía y Geografía contemporáneas.

Los métodos iniciales para conocer la superficie de la tierra fueron: la triangulación, posteriormente combinada con trilateración y poligonación, no obstante estos métodos se hallaban limitados por la íntervisibilidad entre los puntos. Los Geodestas subían a las cimas de las montañas o construían torres especiales de medición para poder extender la línea de visión más allá de lo normal. La serie de triángulos medidos eran generalmente orientados o fijados a puntos observados astronómicamente. Las posiciones medidas astronómicamente pueden tener unos cientos de metros de error (30 metros idealmente). Con estos métodos, grandes áreas, países y continentes fueron relevados; pero estas grandes áreas se hallaban posicionalmente aisladas de otras al utilizar distintos sistemas de referencia.

### **1.3 Triangulación óptica global**

En el siglo XX, con el desarrollo de la navegación aérea y la presencia del hombre y la tecnología en el espacio cósmico, surgen nuevas metodologías para la medición Geodésica y geográfica. Algunos de los primeros intentos para determinar la relación posicional entre continentes fue el uso de mediciones del tiempo en que las estrellas permanecen ocultas por la Luna. El lanzamiento del satélite Ruso SPUTNIK en octubre de 1.957, permitió un gran desarrollo en la determinación del campo gravitatorio terrestre y la diferencia entre algunos datos mundiales.

En tanto que, otra forma de vincular distintos sistemas de referencia se lograron mediante sistemas que se basan en métodos fotogramétricos terrestres, el principal problema de esta técnica era que se necesitaba simultáneamente cielo despejado en un mínimo de dos sitios de observación, separados estos por aproximadamente unos 4.000 Km.

Este equipamiento fue excesivamente costoso. Así las mediciones por dirección óptica, en fotografías, fueron suplantadas por las ERT, *Electromagnetic Ranging Technique*, por su capacidad de independencia meteorológica, gran precisión y bajo costo.

#### **1.4 Trilateración global electromagnética**

Las primeras pruebas con técnicas electromagnéticas fueron logradas durante la Segunda Guerra Mundial para posicionar aviones, el método fue denominado HIRAN. Luego este método se utilizó para medir un arco entre Norteamérica y Europa.

Un significativo quiebre tecnológico, ocurrió cuando científicos de todo el mundo experimentaron con desvíos Doppler en señales transmitidas por satélite. Estas señales Doppler se convirtieron en observables que permitían determinar el tiempo exacto de máximo acercamiento de un satélite. Con este dato, sumado a la posibilidad de conocer las efemérides satelitales acordes a las leyes Keplerianas, se puede conocer con precisión la posición de cualquier punto del planeta.

## **1.5 Interferometría**

Con la aparición del radiotelescopio, se podían recibir y registrar conjuntos de señales que provenían de los cuerpos celestes. Se usaban relojes atómicos de tal modo que dos telescopios ubicados muy separados uno de otro registraban digitalmente las señales a la misma hora y en el mismo tiempo base.

Las señales registradas fueron mostradas en el tiempo de referencia sobre un osciloscopio y cuando se lograba una alineación perfecta, el lapso relativo multiplicado por la velocidad de la luz nos da una medida indirecta de la distancia entre las antenas de los radiotelescopios. Este método, por uso de "correlación" de las ondas emitidas por cuerpos celestes, también permitía determinar distancias intercontinentales con muy alta precisión.

## **1.6 Sistema Transit**

El primer sistema de navegación basado en satélites. Entra en servicio en 1965. A principio de los 60 los departamentos de defensa, transporte y la agencia espacial norteamericanas (DOD, DOT y NASA respectivamente) tomaron interés en desarrollar un sistema para determinar la posición basado en satélites.

El sistema debía cumplir los requisitos de globalidad, abarcando toda la superficie del globo; funcionamiento continuo sin afectarle las condiciones atmosféricas; altamente dinámicas, para posibilitar su uso en aviación y precisión.

El sistema TRANSIT estaba constituido por una constelación de seis satélites en órbita polar baja, a una altura de 1074 Km. Tal configuración conseguía una cobertura mundial pero no constante. La posibilidad de posicionarse era intermitente, pudiéndose acceder a los satélites cada 1.5 h. El cálculo de la posición requería estar siguiendo al satélite durante quince minutos continuamente.

TRANSIT trabajaba con dos señales en dos frecuencias, para evitar los errores debidos a la perturbación ionosférica. El cálculo de la posición se basaba en la medida continua de la desviación de frecuencia Doppler de la señal recibida y su posterior comparación con tablas y gráficos. El error de TRANSIT estaba en torno a los 250 m. Su gran aplicación fue la navegación de submarinos y de barcos.

### **1.7 NAVSTAR. Sistema de posicionamiento global -GPS-**

La entonces URSS tenía un sistema igual que el TRANSIT, de nombre TSICADA. La guerra fría obligo a los Estados Unidos de América a invertir en un sistema de navegación, que dejara a la URSS definitivamente atrás. Se concibió un sistema formado por 24 satélites en órbita media, que diera cobertura global y continua.

El primer satélite se lanzó en 1978, y se planificó tener la constelación completa ocho años después. Unido a varios retrasos, el desastre del Challenger paró el proyecto durante tres años. Por fin, en diciembre de 1983 se declaró la fase operativa inicial del sistema GPS. El objetivo del sistema GPS era ofrecer a las fuerzas de los Estados Unidos la posibilidad de posicionarse, disponer de la posición geográfica, de forma autónoma o individual, de vehículos o de armamento, con un coste relativamente bajo, con disponibilidad global y sin restricciones temporales. La iniciativa, financiación y explotación corrieron a cargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el GPS se concibió como un sistema militar estratégico.

En 1984 un vuelo civil de Korean Airlines fue derribado por la Unión Soviética al invadir por error su espacio aéreo. Ello llevó a la administración Reagan a ofrecer a los usuarios civiles cierto nivel de uso de GPS, llegando finalmente a ceder el uso global y sin restricciones temporales.

Desde 1984, con muy pocos satélites en órbita, aparecieron tímidamente fabricantes de receptores GPS destinados al mundo civil, *Texas Instruments* y *Trimble Navigation*.

### 1.7.1 El GPS hoy

Las aplicaciones disponibles se orientan principalmente a sistemas de navegación y aplicaciones cartográficas: Topografía, Geodesia, Sistema de Información Geográfica, GIS, Recreación (deportes de montaña, náutica, expediciones de todo tipo, etc.), Patrones de Tiempo y Sistemas de Sincronización, aplicaciones diferenciales que requieran mayor precisión además de las aplicaciones Militares y Espaciales.

En cuanto a los usuarios actuales del GPS, los más importantes son: la navegación marítima, la aérea y la terrestre. Con una flota de 46 millones de embarcaciones en todo el mundo, de los que el 98% son de recreo, la navegación marítima. Recreo, pesqueros, mercantes, petroleros, dragados y plataformas petrolíferas son perfectos candidatos al uso del GPS.

En cuanto a la navegación aérea con unos 300.000 aviones en todo el mundo. El equipamiento de GPS para navegación intercontinental o entre aeropuertos tiene un crecimiento anual del 5%, aproximadamente unas 15.000 unidades. Sin embargo en aproximación el GPS no tiene la suficiente integridad y precisión aunque la FAA esta financiando el proyecto WAAS, *Wide Area Augmentation System*, que refuerza el sistema GPS y será útil para aproximaciones de clase I, en EEUU.

Pero el mayor usuario potencial del GPS en el mundo es la navegación terrestre. Con 435 millones de automóviles y 135 millones de camiones. Las aplicaciones con más desarrollo son: sistemas de navegación independiente, sistemas de seguimiento automático, control de flotas, administración de servicios, etc. Solo en los EEUU

existen 25.000 autobuses equipados con GPS y en Japón hay ya un millón y medio de vehículos privados que cuentan con sistema GPS en su equipamiento.

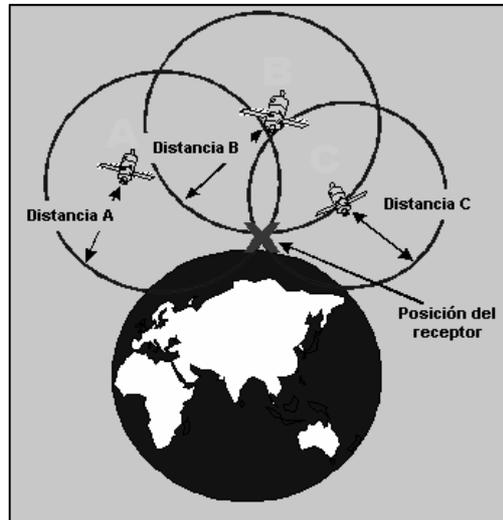
### **1.7.2 Principios básicos del funcionamiento de GPS**

- Triangulación. La base del GPS es la "triangulación" desde los satélites.
- Distancias. Para "triangular", el receptor de GPS mide distancias utilizando el tiempo de viaje de señales de radio.
- Tiempo. Para medir el tiempo de viaje de estas señales, el GPS necesita un control muy estricto del tiempo y lo logra con ciertos trucos.
- Posición. Además de la distancia, el GPS necesita conocer exactamente donde se encuentran los satélites en el espacio. Orbitas de mucha altura y cuidadoso monitoreo, le permiten hacerlo.
- Corrección. Finalmente el GPS debe corregir cualquier demora en el tiempo de transmisión.

### **1.7.3 La triangulación desde los satélites**

El GPS consiste en utilizar los satélites como puntos de referencia en la tierra. Esto se logra mediante la medición de la distancia entre al menos tres satélites y un punto de referencia local. Se puede ilustrar geométricamente con el siguiente ejemplo:

**Figura 1:** Muestra la triangulación de los satélites.



La distancia al primer satélite resulta ser de 11,000 millas. Estar a 11,000 millas de un satélite determinado significa que la posición en el universo está limitada a la superficie de una esfera que tiene como centro dicho satélite y cuyo radio es de 11.000 millas. La distancia del segundo satélite es 12.000 millas, esto implica la existencia de una segunda esfera que se encuentra a 12.000 millas del segundo satélite. En otras palabras, localizado en algún lugar de la circunferencia que resulta de la intersección de las dos esferas.

Si ahora se mide la distancia a un tercer satélite de 13.000 millas del mismo, esto limita la posición aún más, a los dos puntos en los cuales la esfera de 13.000 millas corta la circunferencia que resulta de la intersección de las dos primeras esferas.

O sea, que midiendo la distancia a tres satélites se limita el posicionamiento a solo dos puntos posibles. Para decidir cual de ellos es la posición verdadera, se puede efectuar una nueva medición a un cuarto satélite. Pero normalmente uno de los dos puntos posibles resulta ser improbable por su ubicación demasiado lejana de la superficie terrestre y puede ser descartado sin necesidad de mediciones posteriores. Una cuarta medición, de todos modos es muy conveniente por otra razón que se analiza adelante.

#### **1.7.4 Midiendo las distancias a los satélites**

Sabiendo que la posición se calcula a partir de la medición de la distancia hasta por lo menos tres satélites. Pero, ¿cómo medir la distancia hacia algo que está flotando en algún lugar en el espacio? Esto se hace midiendo el tiempo que tarda una señal emitida por el satélite en llegar al receptor de GPS. Matemáticamente, se explica: "Si un auto viaja a 60 kilómetros por hora durante dos horas, ¿qué distancia recorrió?

$$\textit{Velocidad (60 km/h) x Tiempo (2 horas) = Distancia (120 Km.)}$$

En el caso del GPS estamos midiendo una señal de radio, que sabemos que viaja a la velocidad de la luz, alrededor de 300.000 Km. por segundo. Queda el problema de medir el tiempo de viaje de la señal. El problema de la medición de ese tiempo es complejo. Los tiempos son extremadamente cortos. Si el satélite estuviera justo sobre nuestras cabezas, a unos 20.000 Km. de altura, el tiempo total de viaje de la señal sería aproximadamente mas de 0.06 segundos. Se necesita por lo tanto relojes muy precisos.

Pero, aún admitiendo que se posee relojes con la suficiente precisión, ¿cómo se logra medir el tiempo de viaje de la señal? Suponiendo que el GPS, por un lado, y el satélite, por otro, generan una señal auditiva en el mismo instante exacto. Y suponiendo también que, parados al lado de nuestro receptor GPS, podamos oír ambas señales, Obviamente es imposible "oír" esas señales porque el sonido no se propaga en el vacío. Oiríamos por lo tanto dos versiones de la señal.

Una de ellas inmediatamente, la generada por nuestro receptor GPS y la otra con cierto atraso, la proveniente del satélite, porque tuvo que recorrer alrededor de 20.000 Km. para llegar hacia nuestro receptor. Se puede afirmar que ambas señales no están sincronizadas. Si se quiere saber cual es la magnitud de la demora de la señal proveniente del satélite se puede retardar la emisión de la señal del GPS hasta lograr la perfecta sincronización con la señal que viene del satélite.

El tiempo de retardo necesario para sincronizar ambas señales es igual al tiempo de viaje de la señal proveniente del satélite. Suponiendo que sea de 0.06 segundos. Al conocer este tiempo, se multiplica por la velocidad de la luz y se obtiene de esta forma distancia hasta el satélite.

$$\begin{aligned} & \textit{Tiempo de retardo (0.06 seg.)} \times \textit{Velocidad de la luz (300.000 Km. /seg.)} \\ & = \textit{dist. (18.000 Km.)} \end{aligned}$$

Así es, básicamente, como funciona el GPS. La señal emitida por el GPS y por el satélite es algo llamado Código Pseudos Aleatorio. Este Código Pseudos Aleatorio es una parte fundamental del GPS. Físicamente solo se trata de una secuencia o código digital complicado. O sea una señal que contiene una sucesión muy complicada de pulsos de "unos" y "ceros".

La señal es tan complicada que casi parece un ruido eléctrico generado por el azar. De allí su denominación de "Pseudos Aleatorio". Hay varias y muy buenas razones para tal complejidad.

La complejidad del código ayuda a asegurar que el receptor de GPS no se sintonice accidentalmente con alguna otra señal. Siendo el modelo tan complejo es altamente improbable que una señal cualquiera pueda tener exactamente la misma secuencia.

Dado que cada uno de los satélites tiene su propio y único Código Pseudos Aleatorio, esta complejidad también garantiza que el receptor no se confunda accidentalmente de satélite. De esa manera, también es posible que todos los satélites transmitan en la misma frecuencia sin interferirse mutuamente. Esto también complica a cualquiera que intente interferir el sistema desde el exterior al mismo. El Código Pseudos Aleatorio es un medio de seguridad que le da la posibilidad al Departamento de Defensa de EEUU de controlar el acceso al sistema GPS.

Pero hay otra razón para la complejidad del Código Pseudos Aleatorio, una razón que es crucial para conseguir un sistema GPS económico. El código permite el uso de la "teoría de la información" para amplificar las señales de GPS.

Por esa razón las señales débiles emitidas por los satélites pueden ser captadas por los receptores de GPS sin el uso de grandes antenas. Cuando al inicio se explica el mecanismo de emisión de las señales por el GPS y el satélite, se asumió que ambos comenzaban la emisión de la señal exactamente al mismo tiempo. ¿Pero cómo se asegura que todo esté perfectamente sincronizado?

### **1.7.5 Control perfecto del tiempo**

Si la medición del tiempo de viaje de una señal de radio es clave para el GPS, los relojes empleados deben ser exactísimos, dado que si miden con un desvío de un milésimo de segundo, a la velocidad de la luz, ello se traduce en un error de 300 Km. Por el lado de los satélites, la medición es casi perfecta porque llevan a bordo relojes atómicos de increíble precisión. ¿Pero que pasa con el receptor GPS, aquí en la tierra? Recordemos que ambos, el satélite y el receptor GPS, deben ser capaces de sincronizar sus Códigos Pseudos Aleatorios para que el sistema funcione. Si el receptor GPS tuviera que alojar relojes atómicos, cuyo costo está por encima de los 50,000 \$ a 100.000 \$, la tecnología resultaría demasiado costosa y nadie podría acceder a ellos. Los diseñadores del sistema GPS encontraron una solución que permite resolver el problema con relojes mucho menos precisos en los GPS. Esta solución es uno de los elementos clave del sistema GPS y, como beneficio adicional, significa que cada receptor de GPS es en esencia un reloj atómico por su precisión.

El secreto para obtener una medición tan perfecta es efectuar una medición satelital adicional. Resulta que si tres mediciones perfectas pueden posicionar un punto en un espacio tridimensional, cuatro mediciones imperfectas pueden lograr lo mismo. Esta idea es fundamental para el funcionamiento del sistema GPS.

Una medición adicional remedia el desfase del tiempo. Si todo fuera perfecto, es decir que los relojes de los receptores GPS lo fueran, entonces todos los rangos, distancias a los satélites se interceptarían en un único punto, que indica nuestra posición. Pero con relojes imperfectos, una cuarta medición, efectuada como control cruzado, No interceptará con los tres primeros.

De esa manera la computadora del GPS detectará la discrepancia y atribuirá la diferencia a una sincronización imperfecta con la hora universal. Dado que cualquier discrepancia con la hora universal afectará a las cuatro mediciones, el receptor buscará un factor de corrección único que siendo aplicado a sus mediciones de tiempo hará que los rangos coincidan en un solo punto.

Dicha corrección permitirá al reloj del receptor ajustarse nuevamente a la hora universal y de esa manera se tiene un reloj atómico en la palma de la mano. Una vez que el receptor de GPS aplica dicha corrección al resto de sus mediciones, se obtiene por lo tanto un posicionamiento preciso.

En consecuencia cualquier GPS debe ser capaz de sintonizar al menos cuatro satélites de manera simultánea. En la práctica, casi todos los GPS en venta actualmente, acceden a más de 6 y hasta 12 satélites simultáneamente.

Ahora bien, con el Código Pseudos Aleatorio como un pulso confiable para asegurar la medición correcta del tiempo de la señal y la medición adicional como elemento de sincronización con la hora universal, tenemos todo lo necesario para medir la distancia a un satélite en el espacio. Sin embargo, para que la triangulación funcione es necesario conocer no sólo la distancia sino conocer dónde están los satélites con toda exactitud.

### **1.7.6 Conocer dónde están los satélites en el espacio**

Hasta el momento se asume que se conoce dónde están los satélites en sus órbitas y de esa manera también se asume utilizarlos como puntos de referencia. ¿Pero, cómo saber donde están exactamente? Todos ellos están flotando a unos 20.000 Km. de altura en el espacio. Un satélite a gran altura se mantiene estable. La altura de 20.000 Km. es en realidad un gran beneficio pues está fuera de la atmósfera. Eso significa que orbitará de manera regular y predecible mediante ecuaciones matemáticas sencillas. En tierra, los receptores de GPS tienen un almanaque programado en sus computadoras que les informan donde está cada satélite en el espacio, en cada momento. El Control Constante agrega precisión. Las órbitas básicas son muy exactas pero con el fin de mantenerlas así, los satélites de GPS son monitoreados de manera constante. Para eso utilizan radares muy precisos que controlan constantemente la altura, posición, y velocidad exacta de cada satélite. Los errores que se inspeccionan son los llamados errores de efemérides, o sea evolución orbital de los satélites. Estos errores se generan por influencias gravitacionales del sol y la luna y por la presión de la radiación solar sobre los satélites. Estos errores son generalmente muy sutiles pero si se quiere una gran exactitud deben tomarse en cuenta.

Una vez que se ha medido la posición exacta de un satélite, vuelven a enviar dicha información al propio satélite. De esa manera el satélite incluye su nueva posición corregida en la información que transmite a través de sus señales a los GPS. Esto significa que la señal que recibe un receptor de GPS no es solamente un Código Pseudo Aleatorio. También contiene un mensaje de navegación con información sobre la órbita exacta del satélite. Con un tiempo perfecto y la posición exacta del satélite podríamos pensar que estamos en condiciones de efectuar cálculos perfectos de posicionamiento. Sin embargo se debe resolver otros problemas.

### **1.7.7 Corrigiendo errores**

Hasta este punto se han tratado los cálculos del sistema GPS de manera muy abstracta, como si todo el proceso ocurriera en el vacío. Pero en el mundo real hay muchas cosas que le pueden suceder a una señal de GPS para transformarla en algo menos que matemáticamente perfecta.

Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema un buen receptor de GPS debe tener en cuenta una amplia variedad de errores posibles. En primer lugar, se ha afirmado que se puede calcular la distancia a un satélite multiplicando el tiempo de viaje de su señal por la velocidad de la luz. Pero la velocidad de la luz sólo es constante en el vacío. Una señal de GPS pasa a través de partículas cargadas en su paso por la ionosfera y luego al pasar a través de vapor de agua la troposfera pierde algo de velocidad, creando el mismo efecto que un error de precisión en los relojes. Hay dos formas de minimizar este tipo de error. Se podría predecir cual sería el tipo de error de un día promedio. A esto se le llama modelación y puede ayudar pero, por supuesto, las condiciones atmosféricas raramente se ajustan exactamente al promedio previsto.

Otra manera de manejar los errores inducidos por la atmósfera es comparar la velocidad relativa de dos señales diferentes. Esta medición de doble frecuencia es muy sofisticada y solo es posible en receptores GPS muy avanzados.

Los problemas para la señal de GPS no terminan cuando llega a la tierra. La señal puede rebotar varias veces debido a obstrucciones locales antes de ser captada por el receptor GPS. Este error es similar al de las señales fantasma que se pueden observar en la recepción de televisión. Los buenos receptores GPS utilizan sofisticados sistemas de rechazo para minimizar este problema.

Aún siendo los satélites muy sofisticados no tienen en cuenta minúsculos errores en el sistema. Los relojes atómicos que utilizan son precisos, pero no perfectos. Pueden ocurrir minúsculas discrepancias que se transforman en errores de medición del tiempo de viaje de las señales y aunque la posición de los satélites es controlada permanentemente, tampoco pueden ser controlados a cada segundo. De esa manera pequeñas variaciones de posición o de efemérides pueden ocurrir entre los tiempos de monitoreo.

La geometría básica por si misma puede magnificar estos errores mediante un principio denominado "Dilación Geométrica de la Precisión", o DGDP. Suena complicado pero el principio es simple. En la realidad suele haber más satélites disponibles que los que el receptor GPS necesita para fijar una posición, de manera que el receptor toma algunos e ignora al resto.

Si el receptor toma satélites que están muy juntos en el cielo, las circunferencias de intersección que definen la posición se cruzarán a ángulos con muy escasa diferencia entre sí. Esto incrementa el área gris o margen de error acerca de una posición. Si el receptor toma satélites que están ampliamente separados, las circunferencias interceptan a ángulos prácticamente rectos y ello minimiza el margen de error. Los receptores buenos son capaces de determinar cuales son los satélites que dan el menor error por Dilación Geométrica de la Precisión.

## **1.8 Satélites GLONASS**

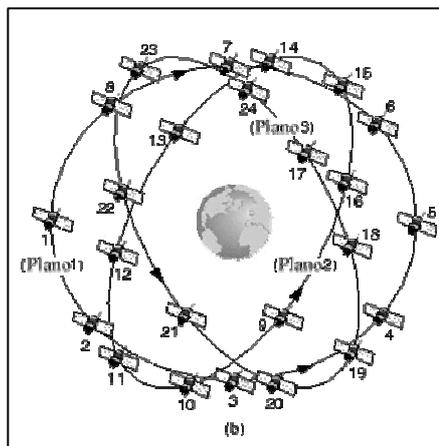
El sistema GLONASS es un sistema de navegación por satélite similar al GPS pero con importantes diferencias. El sistema está administrado por las Fuerzas Espaciales Rusas para el Gobierno de la Confederación Rusa y tiene importantes aplicaciones civiles además de las militares.

Al igual que en el sistema GPS, existen dos señales de navegación: la señal de navegación de precisión estándar, SP, y la señal de navegación de alta precisión, HP. La primera está disponible para todos los usuarios tanto civiles como militares que deseen emplearla en todo el mundo, y permite obtener la posición horizontal con una precisión de entre 57 y 70 metros, la posición vertical con una precisión de 70 metros, las componentes del vector velocidad con precisión de 15 cm. por segundo y el tiempo con precisión 10 segundo.

Estas características pueden ser mejoradas empleando sistemas diferenciales similares a los empleados con GPS y utilizando métodos especiales de medida. La constelación completa está formada por 21 satélites activos y 3 de reserva situados en tres planos orbitales separados  $120^\circ$ . Esto permite que sobre el 97% de la superficie terrestre se vean al menos 4 satélites de forma continua, frente a los 5 satélites, al menos que pueden ser vistos en el 99% de la superficie terrestre si la constelación es de 24 satélites GPS. De los 24 satélites de la constelación GLONASS, periódicamente se seleccionan los 21 que resultan dar la combinación más eficiente y los 3 restantes son dejados en reserva. Se ha planteado la posibilidad de aumentar la constelación a 27 satélites, de los cuales 24 estarían activos.

Si uno de los 21 satélites operativos se avería, el sistema baja al 94.7% su probabilidad de éxito. El sistema de mantenimiento de la constelación prevé la activación de uno de los satélites en reserva o el lanzamiento de 3 satélites para sustituir a los averiados o ser dejados en reserva para usos futuros.

**Figura 2:** Muestra la Constelación GLONASS



La primera nave tipo GLONASS, el COSMOS 1413, fue lanzado el 12 de Octubre de 1982, y el sistema GLONASS comenzó a operar oficialmente el 24 de Septiembre de 1993 por decreto del Presidente de la Federación Rusa, Boris Yeltsin.

Cada satélite GLONASS describe una órbita circular a 19100 Km. respecto a la superficie terrestre con una inclinación de 64.8°. El periodo orbital es de 11 horas y 15 minutos. La configuración del sistema GLONASS proporciona datos de navegación a usuarios que se encuentren incluso por encima de los 2000 Km. sobre la superficie terrestre.

### **1.8.1 Códigos del sistema GLONASS**

Al igual que el sistema GPS, cada satélite modula su frecuencia portadora L1 con dos cadenas de secuencias PRN, Código C/A para uso civil y código P para uso militar, sumadas "módulo 2" con el mensaje de navegación. La portadora L2 es modulada exclusivamente por la suma "módulo 2" del código P y el mensaje de navegación. Los códigos C/A y P son iguales para todos los satélites, por lo que no permiten la identificación de los satélites como ocurre en GPS.

### **1.8.1.1 Código C/A**

Se trata de un código PRN, Ruido pseudos aleatorio, generado mediante un registro de desplazamiento de 9 bits, lo que proporciona una longitud de 511 chips. Este código se transmite a 0.511 Mchips/s, por lo que se repite cada 1 milisegundo. Esto produce componentes de frecuencia no deseados a intervalos de 1 KHz. que pueden dar lugar a correlaciones cruzadas no deseables entre fuentes de interferencias. No existe posibilidad de correlaciones cruzadas entre señales de distintos satélites debido a que emplean frecuencias distintas, FDMA. Tiene las características necesarias de auto correlación, y se elige un código corto para permitir la rápida adquisición del código por parte del usuario. La velocidad de transmisión implica que un chip tarda  $1.96 \times 10^{-6}$  segundos en transmitirse, lo que significa 587 metros.

### **1.8.1.2 Código P**

Se trata de un código PRN secreto dedicado al uso militar, por lo que la información disponible sobre éste código es poca y ha sido obtenida tras el análisis realizado por organizaciones independientes. Es un código generado mediante un registro de desplazamiento de 25 bits, por lo que la longitud es de 3355431 chips. Se transmite a 5.11 Mchips/s y se repite cada 1 segundo, ya que está truncado.

El código P es mucho más largo que el C/A y también presenta características de auto correlación. Se producen componentes de frecuencia no deseables a intervalos de 1 Hz, pero los problemas de correlaciones cruzadas no son tan importantes como en el código C/A. Evidentemente, al igual que sucede con el código C/A, no existe posibilidad de correlaciones cruzadas entre distintos satélites.

El código P gana en propiedades de correlación respecto al C/A, pero pierde en cuanto a propiedades de adquisición ya que hay 511 millones de cambios de fase posibles. Para solucionar este problema se emplea el código C/A, que es adquirido previamente para reducir el número de posibilidades y permitir de este modo la adquisición del código P de forma más rápida. Esto es posible debido a que el código P se transmite exactamente a una velocidad 10 veces superior a la del código C/A.

### **1.8.2 El mensaje de navegación**

A diferencia del GPS, el GLONASS emplea dos mensajes de navegación diferentes que van sumados en modulo 2 a los códigos C/A y P respectivamente. Ambos mensajes de navegación son transmitidos y su función primaria es la de proporcionar información acerca de las efemérides de los satélites y la distribución de los canales.

La información contenida en las efemérides permite al receptor GLONASS conocer exactamente la posición de cada satélite en cada momento. Además de las efemérides, en el mensaje de navegación hay otro tipo de información como:

- cronometraje de épocas;
- bits de sincronización;
- bits de corrección de errores;
- estado de salud del satélite;
- edad de los datos;
- bits de reserva.

También puede ser incluida información que permita el uso de los sistemas GPS y GLONASS simultáneamente.

#### **1.8.2.1 El mensaje de navegación C/A**

Cada satélite GLONASS emite un mensaje de navegación C/A constituido por una trama que a su vez está formada por 5 subtramas. Cada subtrama contiene 15 palabras de 100 bits cada una. Cada subtrama tarda 15 segundos en ser emitida, por lo que una trama completa es emitida cada 2.5 minutos.

Las tres primeras palabras de cada subtrama contienen las efemérides propias del satélite, y llegan al receptor cada 30 segundos. El resto de palabras contiene información de efemérides aproximadas del resto de satélites de la constelación.

Cada trama tiene la información del almanaque de 5 satélites, por lo que es necesario leer todas las tramas para conocer las efemérides aproximadas de todos los satélites, lo que lleva 2.5 minutos.

Mediante el almanaque, el receptor puede localizar rápidamente los satélites más apropiados, captarlos y leer sus efemérides exactas para proceder a realizar las medidas con toda precisión. Al igual que en GPS, las efemérides tienen varias horas de validez, por lo que el receptor no necesita estar leyendo continuamente el mensaje de navegación para calcular la posición exacta.

### **1.8.2.2 El mensaje de navegación P**

No existen publicaciones oficiales sobre el código P, pero diversas organizaciones e investigadores individuales han estudiado este mensaje y han publicado sus resultados. Cada satélite GLONASS emite una trama formada por 72 subtramas. Cada subtrama contiene 5 palabras de 100 bits. Una subtrama tarda 10 segundos en ser emitida, por lo que la trama completa tarda 12 minutos en ser emitida.

Las tres primeras palabras de cada subtrama contienen las efemérides detalladas del propio satélite, por lo que estas llegarán al receptor cada 10 segundos una vez establecida la recepción. El resto de palabras contienen el almanaque de los demás satélites, y es necesario leer las 72 subtramas para tener la información de todos los satélites.

### **1.8.3 Desarrollo futuro del sistema GLONASS**

Las autoridades rusas proyectan realizar ciertos cambios en el sistema GLONASS que afectarían tanto al segmento tierra, técnicas diferenciales y segmento espacio.

#### **1.8.3.1 Mejoras en el segmento tierra**

Ciertas ampliaciones proyectadas para el segmento tierra relacionadas con el sistema de control del tiempo/fase, permitirán una precisión de 100 nano segundos para el sistema de tiempos GLONASS y de 1  $\mu$  segundo para UTC (CIS). Además, el OFFSET entre los sistemas de tiempo GLONASS y GPS será insertado en el mensaje de navegación para permitir la utilización conjunta de ambos sistemas. Más tarde el centro de control GLONASS será automatizado.

#### **1.8.3.2 GLONASS diferencial**

A finales de los años 70 comenzó en Rusia la investigación en el campo del sistema GLONASS diferencial, lo que significa que esta investigación comenzó al tiempo que se desarrollaba el sistema GLONASS. Los científicos del Instituto Central de Investigación de las Fuerzas Espaciales Rusas, TSNII VKS, el Instituto Ruso de Investigación de Ingeniería de Vehículos Espaciales, RNII KP, y la Corporación Científica de Producción de Mecanismos Aplicados, NPO PM, tomaron parte activa en esta investigación.

Pero, debido a diversas causas, la implementación del sistema GLONASS diferencial en Rusia no llegó a su fin. La falta de disponibilidad selectiva en el GLONASS fue decisiva para que esto ocurriera, ya que la precisión estándar del sistema resultaba suficiente para los usuarios rusos.

Actualmente está en proyecto la creación de sistemas diferenciales de área local, LADS, y de área regional, RADS, para el control del tráfico aéreo y marítimo, pero debido a la necesidad de canales específicos para la transmisión de las correcciones diferenciales, su uso por parte de usuarios particulares es problemática.

En Rusia existe la tendencia a crear una red de sistemas diferenciales departamentales orientada a usuarios específicos. Estos sistemas son los LADS pero sus zonas operativas no cubren la totalidad del territorio ruso. Una posible solución sería incrementar el número de LADS para dar servicio a la totalidad del territorio, pero resulta demasiado caro. Por este motivo existen propuestas para emplear otro tipo de sistemas diferenciales.

En 1994, el Instituto Central de Investigación de las Fuerzas Espaciales Rusas junto con el Centro de Coordinación de Información Científica de las Fuerzas Espaciales Rusas, KNITS VKS, llevaron a cabo el proyecto del futuro sistema diferencial ruso en el que se emplearían las infraestructuras de las bases de tierra del Complejo Ruso de Control de Vehículos Espaciales. Este sistema diferencial sería capaz de dar servicio a la totalidad de usuarios en Rusia.

Para poder alcanzar los requerimientos necesarios, surge el concepto UDS, *United Differential System*, a fin de que el desarrollo de los WADS, *Wide Area Differential System*, y LADS en Rusia no se hagan aisladamente unos de otros.

El UDS determina que el sistema diferencial ruso debe tener una estructura con tres niveles que incluyen a los sistemas WADS, RADS y LADS. Cada nivel del UDS es el sistema autónomo llevando a cabo sus tareas.

### **1.8.3.3 El primer nivel**

El primer nivel del UDS es el WADS y mediante las estaciones diferenciales de este 1<sup>er</sup> nivel se pueden realizar las siguientes tareas:

Recoger y procesar los datos recibidos de las estaciones de monitorización, las estaciones diferenciales del 2<sup>o</sup> y 3<sup>er</sup> nivel, para corregir los parámetros del modelo regional de la ionosfera, efemérides, correcciones del reloj y datos de integridad. Transmitir la información del WADS necesaria a las estaciones diferenciales del 2<sup>o</sup> y 3<sup>er</sup> nivel o directamente a los usuarios.

Interacción entre el WADS y el Centro de Control GLONASS. El número necesario de estaciones de 1<sup>er</sup> nivel está entre 3 y 5, y la precisión lograda en un área de radio entre 1500 y 2000 Km. es de entre 5 y 10 metros. Para la red de estaciones diferenciales de 1<sup>er</sup> nivel es posible la utilización de la infraestructura del Complejo Ruso de Control de Vehículos Espaciales.

#### **1.8.3.4 El segundo nivel**

El segundo nivel del UDS es el RADS, que será creado para cubrir regiones desarrolladas con un buen número de usuarios y con cierta capacidad económica. Las estaciones RADS pueden ser situadas en zonas con tráfico intenso (aéreo, terrestre o marítimo), zonas con condiciones meteorológicas adversas etc. La precisión obtenida es de entre 3 y 10 metros en un área de 500 Km.

#### **1.8.3.5 El tercer nivel**

El tercer nivel es el LADS, que será desarrollado en regiones específicas para proporcionar aplicaciones económicas, científicas o de defensa. También se podrá, entre otras cosas, realizar trabajos departamentales especiales como el postprocesado de datos. Las estaciones LADS permitirán una precisión de decímetros en un área en torno a varias decenas de Km. El LADS puede ser creado en versión móvil. Se esperaba que el desarrollo de las RADS y LADS se llevara a cabo entre 1996 y 1997, y después serían integradas en el UDS entre 1998 y el 2000.

### **1.9 GPS versus GLONASS**

En la tabla que se adjunta, podemos ver las diferencias entre las dos constelaciones, la estructura de la señal y las especificaciones del GPS y GLONASS para un posicionamiento preciso. Como se observará, los dos sistemas son muy similares.

En Diciembre de 1993, GPS completó su Capacidad Operativa Inicial logrando cobertura mundial en cuatro dimensiones, con 24 satélites operativos en órbita. Estos satélites no han tenido ningún problema y han superado su vida útil planeada de 5 años, llegando incluso a los 11 años de vida útil. Ellos continúan lanzándose periódicamente y cada vez con nuevas características que robustecen al sistema GPS.

Sin embargo, GLONASS ha tenido problemas importantes con la prematura pérdida de servicio de sus satélites, y el tamaño de la constelación ha quedado en cerca de 12 satélites. La red de satélites GLONASS comenzó en el año 1993 con 13 satélites operativos, luego se añadieron 3 nuevos satélites en un lanzamiento ese mismo año, pero conforme transcurrió el tiempo y la vida útil de los satélites se cumplía, el número de satélites ha ido reduciéndose.

Tabla I: muestra una comparación entre el sistema GPS y GLONASS describiendo sus aspectos más importantes

Constelación	GPS	GLONASS
Número de Satélites	24	24
Número de Planos Orbitales	6	3
Inclinación de la órbita (en grados)	55°	65.8°
Radio de la órbita (en Km.)	26560	25510
Período (hh:mm)	11:58	11:16
Retransmisión del seguimiento	Día sideral	8 días siderales
Separación de los planos orbitales	60°	120°
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL</b>	<b>GPS</b>	<b>GLONASS</b>
Señal portadora (Mhz)	L1 : 1575.42 L2 : 1227.60	L1 : 1602+0.5625n L2 : 1246+0.4375n
Código	CDMA Código C/A en L1 Código P en L1 y L2	FDMA Código C/A en L1 Código P en L1 y L2
Frecuencia del código (Mhz)	Código C/A : 1.023 Código P : 10.23	Código C/A : 0.511 Código P : 5.11
<b>NORMAS DE REFERENCIA</b>	<b>GPS</b>	<b>GLONASS</b>
Sistema de coordenadas	WGS84	PZ90
Tiempo	UTC (USNO)	UTC (US)
<b>ESPECIFICACIÓN DE PRECISIÓN (95%)</b>	<b>GPS</b>	<b>GLONASS</b>
Horizontal metros	10-25 metros	50-70
Vertical	140	150

### **1.9.1 Uso de GPS y GLONASS conjuntamente**

Los receptores duales GPS-GLONASS ofrecen mejor desempeño que los receptores individuales de cada sistema. Con los dos sistemas integrados se tiene una mayor rapidez de recepción de señales debido al mayor número de satélites en un tiempo dado y en cualquier parte. Asimismo se tiene una mayor cobertura en ambientes de muchas obstrucciones.

El GLONASS con tres planos orbitales, el GPS con seis, y la diferente inclinación de sus planos orbitales, ofrecen una disponibilidad complementaria en función de latitud. Con el GLONASS se favorecen las latitudes extremas debido al alto grado de inclinación de sus planos orbitales, mientras que con el GPS se favorecen las latitudes medias.

Un receptor con capacidad de operar con los dos sistemas ofrecerá lo mejor de ambos. En adición al aumento del número de satélites disponibles, y a la mejora de la geometría.

### **1.9.2 Errores del GPS y GLONASS**

Los sistemas GPS y GLONASS están sujetos a varios errores que afectan la precisión de la posición calculada. Estos errores en conjunto pueden estar en el rango de 10 a 25 metros, dependiendo del tipo de receptor, la posición relativa del satélite y la magnitud de otros errores.

### **1.9.2.1 Error ionosférica**

El error más significativo se ocasiona durante el paso de la señal del satélite a través de la ionosfera de la Tierra. La ionosfera es una capa de partículas cargadas eléctricamente, que cubre a la tierra entre aproximadamente 130 y 190 Km. Sobre la superficie. Al desplazarse las señales de radiofrecuencia a través de la ionosfera, se hacen más lentas en una magnitud que varía dependiendo de la hora del día, la actividad solar y otros factores.

### **1.9.2.2 Error atmosférico**

Se introduce otro error cuando la señal pasa a través de la atmósfera. El vapor de agua de la atmósfera hace más lentas a las señales de radiofrecuencia y reduce adicionalmente la exactitud del sistema.

### **1.9.2.3 Disponibilidad selectiva**

Desde la puesta en servicio del sistema GPS, el DOD de los Estados Unidos ha introducido intencionalmente un error en el sistema, llamado disponibilidad selectiva, SA, con el objeto de negar los beneficios de la exactitud del sistema GPS en situaciones bélicas (error de  $\pm 100$  metros).

A partir del 01-Mayo-2000 el gobierno de los Estados Unidos de América decidió retirar esta disponibilidad selectiva por lo que el error de posición ahora esta en el rango de 10 á 25 metros para cualquier usuario y teniendo la capacidad de activar la disponibilidad selectiva para que afecte a una determinada región del mundo, en caso de ser necesario.

#### **1.9.2.4 Error del receptor**

El receptor de a bordo puede introducir una cierta cantidad de error durante las diversas etapas del procesamiento de las señales recibidas de los satélites. Estos errores pueden ser causados por el ruido térmico, la precisión del software, y el error de vías entre canales de recepción.

#### **1.9.2.5 Error de efemérides**

Posición del satélite. Este error se refiere a que un satélite puede estar realmente en una posición un poco distinta a la que viene transmitiendo hacia los receptores.

### **1.9.2.6 Dilución de Precisión, DOP**

La geometría posicional de los satélites que se están utilizando para determinar la ubicación del receptor influye en la exactitud de los cálculos de la posición. Cuando se requiere de mayor exactitud se recurre a diferentes técnicas de corrección diferencial, o aumentación, los cuales comparan la posición calculada versus la posición real de un punto de referencia, medido, obteniéndose una cantidad de error que es retransmitida, generalmente por radiofrecuencias, a los usuarios para que se hagan los ajustes del caso.

### **1.9.2.7 Error de multitrayectoria**

Los efectos de la multitrayectoria de la señal GPS ocurren cuando la señal no solo es recibida directamente desde el satélite sino desde las superficies cercanas a la antena del receptor debido a la reflexión de la señal. La señal de multitrayectoria se superpone con la señal directa y produce errores de fase, los cuales traen como consecuencia medidas erradas de las distancias a los satélites.

Estos efectos tienen características periódicas y pueden llegar a causar errores que alcancen amplitudes de algunos metros con las técnicas tradicionales de medida de pseudos rango. Con receptores especiales que usan técnicas diferentes, *Carrier Phase*, estos errores se reducen a unos cuantos centímetros, también se puede evitar este efecto utilizando diseños de antenas apropiadas.

### **1.9.2.8 Puesta En Estación**

Al momento de instalar la antena sobre el punto a medir, básicamente se sigue el mismo procedimiento de un Teodolito:

Debe realizarse un correcto centrado de la antena sobre el punto, utilizando una base de nivelación con plomada óptica. Un equipo geodésico determina la línea con precisión de 5 mm. Una antena descentrada supera el ese rango de precisión.

Es recomendable medir la altura de antena al inicio de la sesión y al finalizar, para verificar que no se halla movido la misma y que las lecturas de altura tomadas sean correctas.

También deben situarse las estaciones en lugares sin obstrucción posible y evitar superficies que provoquen efecto multirayectoria, como frentes o laterales de edificios, techos a dos aguas de chapa, etc.



## **2 “EGNOS” SERVICIO EUROPEO DE NAVEGACIÓN POR COMPLEMENTO GEOESTACIONARIO**

### **2.1 Antecedentes de “EGNOS”**

Considerando la importancia estratégica, económica y política que para Europa significa contar con un sistema de navegación por satélite. La Comisión de la Unión Europea inicia el desarrollo del Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario “EGNOS” en 1994. Los Ministros de Transporte de la “Conferencia Europea de Aviación Civil” propusieron el desarrollo de un componente europeo del Sistema Global de Navegación por Satélite, GNSS. En diciembre del mismo año, el Consejo de Ministros de la Unión Europea aprobó una Resolución por la que se instaba a la Comisión a elaborar un Plan de Acción que pusiera en marcha un sistema de navegación para Europa, utilizable por todos los medios de transporte.

EGNOS es, para los gobiernos de la Unión Europea, un proyecto de alta prioridad política para evitar el monopolio de Estados Unidos y promover el desarrollo industrial tecnológico y comercial europeo en este campo.

Con el objeto de asegurar una adecuada coordinación e integración de las acciones desarrolladas por las anteriores organizaciones existe un acuerdo de entendimiento Tripartito (EC/ESA/EUROCONTROL, 1998). Este Grupo Europeo Tripartito lleva a cabo la gestión institucional y técnica del Programa EGNOS, asignando a cada una de las partes los siguientes cometidos y responsabilidades:

- Agencia Europea Espacial, **ESA**, desarrolla el programa ARTES-9, a través del cual se evolucionará hacia un sistema global de navegación por satélite, y que, en una primera fase, desarrollará EGNOS. Este sistema proporcionará niveles de calidad de servicio garantizando: continuidad, integridad, precisión y disponibilidad, a todos los modos de transporte, permitiendo infinidad de aplicaciones comerciales.
- La **Unión Europea**: Define los requisitos de los diferentes usuarios. Apoya al diseño y desarrollo del segmento usuario receptor de EGNOS, incluyendo el análisis de su integración en los vehículos. Proporcionar los enlaces de satélites mediante el alquiler de transpondedores y de las estaciones de acceso a los mismos. Realización de los ensayos de validación encaminados a verificar las prestaciones del segmento usuario.
- **EUROCONTROL**: Suministra los requisitos de la aviación civil. Realiza ensayos y pruebas de validación para los usuarios aeronáuticos del EGNOS, contribuyendo al proceso de certificación para la aviación civil.

Además, dadas las peculiaridades del GNSS cobertura global, operación multinacional, usuarios multimodales, etc. y con el objeto de garantizar para su eficaz utilización ciertas cuestiones de gran importancia como responsabilidad legal, seguridad, recuperación de costes, etc., se considera la necesidad de crear una **Agencia GNSS Europea** que actúe como proveedor del sistema, asegurando a los Estados y usuarios su correcto funcionamiento.

Los principales proveedores de servicios de navegación aérea europeos participan en la definición de requisitos del EGNOS y supervisan el diseño y desarrollo del sistema. Estas organizaciones, que están integradas en una "agrupación" o entidad denominada Consorcio Europeo de Operadores "EOIG" que asumen igualmente la gestión y operación del servicio EGNOS.

En 1999, el "Consejo de Ministros de Transportes de la Unión Europea" aprobó el inicio del programa denominado **Galileo**. Segunda fase del GNSS. Su objetivo es el desarrollo y operación de una nueva generación de satélites civiles europeos de navegación,

Este sistema, que se espera entre en servicio para el año 2008, junto con GPS/GLONASS y los sistemas de aumentación como EGNOS, proporcionarán un servicio de navegación por satélite como medio primario con cobertura mundial aún más seguro y eficaz.

## 2.2 "¿Que es EGNOS?"

El Servicio Europeo de Navegación por complemento Geoestacionario "EGNOS" es un sistema de carácter regional Europeo que tiene por objeto complementar y mejorar el servicio proporcionado por los Sistemas de Posicionamiento Global "GPS" y Sistema Global Orbital de Navegación por Satélite "GLONASS".

Estos sistemas fueron desarrollados, respectivamente, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, DOD, y la antigua Unión Soviética con fines militares. Éste es el principal motivo por el que ambos sistemas no satisfacen las necesidades de los usuarios civiles más exigentes, como es la aviación civil.

El Programa EGNOS está siendo desarrollado en paralelo con otros dos sistemas regionales de Estados Unidos y de Japón. Los tres sistemas tendrán unas prestaciones similares y serán totalmente compatibles e ínter operables. Mediante su uso conjunto y con futuras extensiones, se espera poder llegar a proporcionar un servicio uniforme de navegación con cobertura mundial.

Organización de Aviación Civil “OACI” ha denominado conjuntamente a estas tres iniciativas como "sistemas de aumentación de cobertura amplia" en los cuales el usuario recibe la información de aumentación a través de un transmisor embarcado en un satélite geostacionario “SBAS”.

**Figura 3:** Muestra el Sistema SBAS.



### **2.3 Descripción del sistema y de los servicios “EGNOS”**

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 para aplicaciones específicas en áreas locales.

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.

- Fase de transición que se construye sobre los sistemas GPS/GLONASS existentes. Esta fase, conocida como EGNOS, aumentará las señales disponibles actualmente proporcionando mejoras en: disponibilidad, precisión e integridad.
- Fase orientada hacia el GALILEO que será utilizado completamente para servicios y aplicaciones civiles.

El aumento que se producirá en la primera fase se desarrollará a través del programa europeo “EGNOS”. Su capacidad operacional servirá de fuente primaria de navegación y posicionamiento incluso en aplicaciones de navegación aérea: aproximación y aterrizaje.

Luego alcanzará la capacidad operacional completa del sistema EGNOS y tendrá la suficiente redundancia como para considerarse un sistema de navegación autónomo para la mayoría de las aplicaciones que se demanden. El segmento espacial de EGNOS está configurado por transponedores ubicados en los satélites de la serie 3 de INMARSAT. Esta organización proporciona capacidad de transponedor bajo contrato de alquiler por cinco años con una posible prórroga a otros cinco.

El segmento terrestre de EGNOS proporcionará el núcleo de red para tres servicios de navegación: alineación, monitorización de integridad y correcciones diferenciales de área extensa. El sistema de alineación está compuesto por cuatro estaciones de referencia, dos por cada transponedor EGNOS, un Centro de Control de la Misión y dos estaciones de enlace ascendente, una por cada satélite. Los servicios de alineación están disponibles desde comienzos del año 1998.

La segunda fase en el desarrollo de EGNOS es el servicio de integridad, a través del cual los márgenes de error de las señales de radionavegación del GPS, GLONASS y EGNOS serán radiodifundidos. El servicio de integridad de EGNOS permitirá a los usuarios conocer en 10 segundos si una señal de radionavegación proveniente de satélite está fuera de sus márgenes de tolerancia, permitiendo tomar acciones con la suficiente anticipación.

La tercera función de EGNOS se conoce como servicio diferencial de área extensa, la cual radiodifunde señales de corrección diferencial para mejorar la precisión de la navegación por satélite, llegando a valores de 5 a 10 metros de precisión.

La capacidad operacional completa se alcanzó alrededor del año 2002. Desde entonces, EGNOS tiene la suficiente redundancia y seguridad, como para ser considerado como un sistema autónomo, para la mayoría de las aplicaciones, incluidas las relacionadas con las maniobras de aproximación y aterrizaje de aeronaves.

#### **2.4 Sistema “GNSS-2”**

Los esfuerzos de investigación europeos se están canalizando hacia el desarrollo de tecnologías que permitirán la puesta en marcha de la Segunda Generación de Sistemas de Ayuda a la Navegación por Satélite, GNSS-2 o GALILEO. Se incluirán los satélites y el equipamiento de tierra y de usuario.

El futuro sistema GALILEO verá la luz en el umbral del año 2005. Mientras tanto, se deberá mantener la compatibilidad con los sistemas GPS, GLONASS y EGNOS combinados con una mezcla de satélites geoestacionarios y no geoestacionarios.

En este sentido, la instalación de transpondedores (cargas útiles) para navegación a bordo de los satélites geoestacionarios de la serie 3 de INMARSAT, se puede considerar como un primer paso decisivo hacia este sistema.

## 2.5 Objetivos del Sistema “EGNOS”

Como ya se ha expuesto, EGNOS se corresponde con la componente europea de GNSS-1, complementando a los actuales sistemas de navegación por satélite, GPS y GLONASS. El proyecto técnico está siendo desarrollado por la Agencia Espacial Europea dentro del programa denominado “ARTES-9”. EGNOS será implantado en 2 etapas:

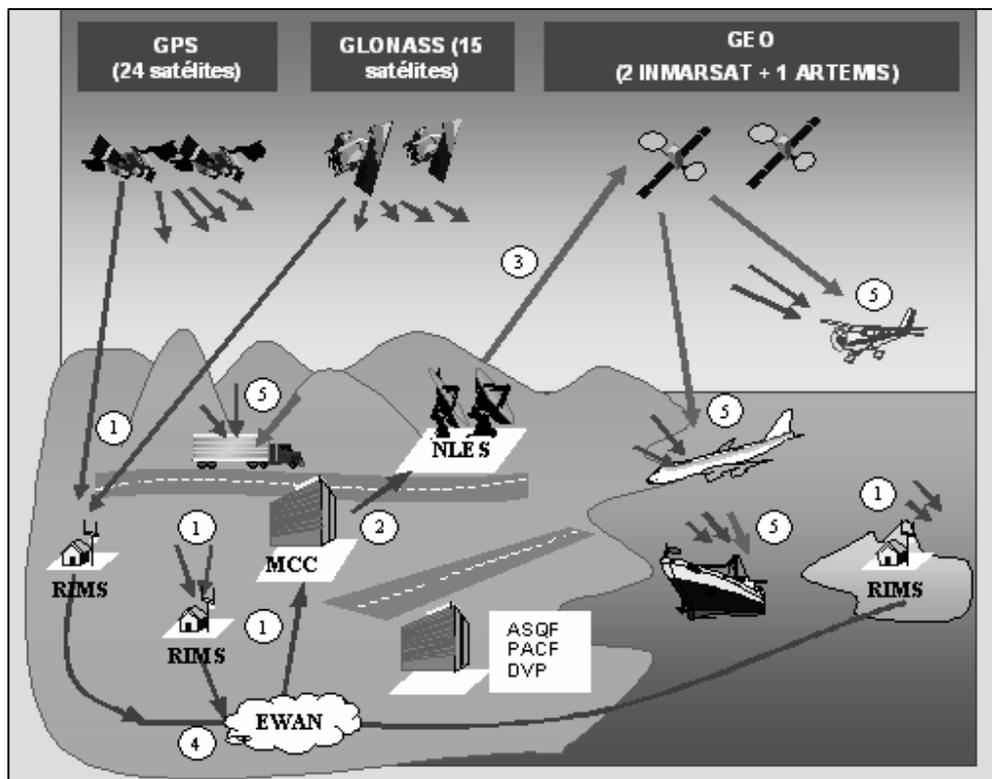
- Capacidad Operacional Avanzada “AOC” 1998 – 2002: El sistema cumple los requisitos exigidos por la aviación civil para operar en vuelo oceánico, ruta continental, aproximaciones de no precisión y aproximaciones de precisión de Categoría 1, especial. Estos requisitos implican un aumento de los niveles de integridad, disponibilidad y precisión respecto a los que proporcionan los sistemas GPS y GLONASS.
- Plena Capacidad Operacional “FOC” 2002 – 2008: En un principio, el sistema desarrollado en esta etapa será diseñado de forma que la transición a su uso como medio de navegación para todas las fases de vuelo no necesite un esfuerzo posterior de desarrollo respecto a la primera etapa. La transición “EGNOS AOC-FOC” estaría basada únicamente en la adición de las redundancias necesarias en satélites geoestacionarios, GEO, y elementos del segmento de tierra.

## 2.6 Arquitectura de “EGNOS”

El sistema está compuesto por tres segmentos:

- segmento espacial;
- segmento terrestre;
- segmento usuario.

**Figura 4:** Muestra los diferentes componente de EGNOS.



### **2.6.1 Segmento espacial**

Transponedores en cada uno de los satélites geoestacionarios INMARSAT-III que cubren la región del océano Indico para la primer etapa “AOC” y transponedores adicionales en otros satélites geoestacionarios para la segunda etapa “FOC”.

### **2.6.2 Segmento terrestre**

Estaciones Supervisoras de Integridad y Telemetría, RIMS: Contribuyen a la función telemétrica, a partir de triangulaciones, utilizando como sensores estaciones en algunos casos ya existentes. Asimismo, el control de integridad y el cálculo de los errores de distancia para la emisión de correcciones diferenciales se basan en la información captada por estas estaciones que se emplazarán por toda Europa y resto de área EGNOS.

Estaciones Centrales Maestras de Control “MCC”: Realiza las funciones de control y supervisión del sistema y el cálculo de las correcciones. Se prevén cuatro estaciones maestras de control en Europa: Madrid, Londres, Frankfurt, Roma. Estaciones Terrenas de Navegación “NLES”: Recibe la señal de la Estación Maestra de Control “MCC” y la configura de manera que pueda ser transmitida por los satélites geoestacionarios y aparecer ante el usuario en formato GPS. Se utilizarán las ya existentes de Aussague Francia, operada por France Telecom y la de Raisting Alemania, operada por DBP Telekom.

Instalaciones de pruebas y simulación “TSF”: Serán las encargadas de simular las diferentes condiciones que se pueden dar dentro de un entorno de área amplia, proporcionando las referencias necesarias para probar y evaluar, tanto en tierra como en vuelo, los diferentes equipos y sistemas que puedan ser usados en el futuro. Asimismo, permitirán en un futuro, desarrollar nuevos modelos o mejorar los existentes, tanto a nivel SW como HW. Ahora mismo, dentro de las Instalaciones de pruebas y simulación, se han propuesto 3 tipos de plataformas o instalaciones: Plataforma de Desarrollo y Validación “DVP” Orientadas a actividades de soporte al desarrollo, integración y validación del sistema PACF Orientada a actividades de soporte a las operaciones del sistema. ASQF Orientada a actividades de soporte a la calificación del sistema para los distintos modos de transporte.

## **2.7 Funcionalidades Principales**

El sistema EGNOS proporcionará las siguientes funciones, que constituyen los incrementos requeridos para complementar las prestaciones de la constelación GPS/GLONASS:

Telemetría: Transmisión de señales GPS desde tres satélites geoestacionarios (INMARSAT III AOR-E, INMARSAT III IOR y el ARTEMIS). Al aumentar el número de satélites de navegación, incrementará la disponibilidad, continuidad y precisión del servicio.

Integridad: Distribución de información de integridad. Esto ensanchará la integridad del servicio de seguridad GPS/GLONASS/EGNOS de navegación hasta el nivel requerido para la aviación civil que no requiere precisión.

Precisión: Distribución de correcciones diferenciales. Esto incrementará la exactitud del servicio GPS/GLONASS/EGNOS de navegación y las prestaciones en general hasta alcanzar el nivel exigido para aproximaciones de categoría I.

Con el desarrollo de estas funciones, se pueden identificar tres niveles de servicio en la utilización del GPS/GLONASS más EGNOS:

## **2.8 Niveles de Servicio**

Nivel 1: Nivel preoperacional. Consiste en la transmisión de señales similares al GPS desde los satélites GEO mediante telemetría. Con el aumento del número de satélites disponibles se incrementa la disponibilidad. El Nivel 1 se corresponde con el mínimo suministrado por el sistema EGNOS y se garantiza en todo el área de cobertura geoestacionaria.

Nivel 2: Suministro del servicio de telemetría y de integridad, mediante la emisión de información de integridad. El aumento de integridad permitirá que el servicio cumpla los requerimientos de la aviación civil hasta aproximaciones de no precisión en el área de cobertura de la Conferencia Europea de Aviación Civil “CEAC” donde se reciban 2 señales geoestacionarias.

Nivel 3: Suministro del servicio de telemetría, integridad y precisión mediante la emisión de correcciones diferenciales. Supondrá un aumento del nivel de precisión que permitirá cumplir los requerimientos de la aviación civil, en principio hasta aproximaciones de precisión categoría 1 en, al menos, la parte terrestre de la Conferencia Europeo de Aviación Civil “CEAC” donde se reciban 2 señales geoestacionarias.

## **2.9 Programación y Financiación**

Se pueden distinguir dos fases diferenciadas para el desarrollo del servicio EGNOS con Capacidad Operacional Avanzada “AOC” dentro del Programa ARTES-9:

- fase inicial. Definición del diseño preliminar del sistema y realización de ensayos iniciales. Esta fase concluyó en 1998.
- fase de implantación. Desarrollo e implantación de las funciones de telemetría, integridad y precisión, correspondientes a los niveles de servicio 1 preoperacional, 2 y 3 respectivamente.

Las fuentes de financiación del programa EGNOS-AOC son fundamentalmente:

- la **Unión Europea**, que se hace cargo, entre otros costes, del pago del alquiler, al menos, de 2 transpondedores INMARSAT (segmento espacial).
- la **ESA**, que financia el coste del segmento terrestre, a través de las contribuciones que hagan los Estados miembros (delegaciones nacionales), así como por **organizaciones nacionales interesadas** (suministradores de servicios de tránsito aéreo de Alemania, España, Italia, Francia, Reino Unido, Suiza y Portugal). Asimismo, la Unión Europea también financia esta parte del sistema.

## 2.10 Ventajas de “EGNOS”

EGNOS ofrecerá múltiples beneficios e introducirá mejoras considerables en cuanto a calidad y seguridad en todos los modos de transporte: aéreo, marítimo, terrestre por carretera o ferrocarril. Asimismo, abrirá nuevos campos en toda una multitud de diferentes aplicaciones tales como la agricultura, pesca, geodesia, y otros. En el caso español, algunas de las mejoras que proporcionará EGNOS al transporte aéreo, y que justifican la inversión en este programa, se resumen en:

- Beneficios para los proveedores de servicio: Disminución de los costos de provisión de un servicio ATS de mayor calidad tanto en el espacio aéreo español como en toda el área de Conferencia Europea de Aviación Civil.

- Beneficios para las aerolíneas: Equipo de navegación a bordo más simple y válido para todas las fases de vuelo salida, ruta, aproximación y aterrizaje. Rutas más directas, no restringidas por el emplazamiento de las radio ayudas terrestres, lo que se traduce en ahorros de tiempo o combustible y una menor contaminación. Cumplimiento con los requisitos actuales y futuros de navegación de área “RNAV”. Mínimos de aterrizaje más bajos Aproximación de precisión de categoría “CAT-I” en la totalidad de las pistas, reduciendo los retrasos, cancelaciones y desvíos al aeropuerto alternativo, e incrementando la seguridad de las operaciones. Capacidad de navegación fuera del área “CEAC” gracias a la interoperabilidad con Servicio de Aumentación de Área Extensa “WAAS” y Servicio de Aumentación por Satélites Multifuncionales “MSAS”. Otros: mayor capacidad de pista, aproximaciones instrumentales curvas de precisión.

Actualmente no existe un estudio detallado de los beneficios que EGNOS proporcionará al resto de los modos de transporte. En el modo marítimo por ejemplo, el sistema podría facilitar:

- un control y planificación más seguro y eficiente de las rutas de navegación, tanto oceánicas como de aproximación y maniobra en puertos y navegación interior.
- una mejora de los sistemas de vigilancia tanto en el movimiento de barcos pesqueros en las cercanías de aguas fronterizas (sistema automático de identificación embarcación-tierra, embarcación-embarcación) incluso en condiciones de baja visibilidad, como en el seguimiento y control de mercancías peligrosas, valiosas o perecederas.

- servicios adicionales tales como información de condiciones meteorológicas, localización de bloques de hielo, obstáculos, bancos de pesca e información sobre puertos cercanos operativos, etc.

Y, en general, se considera que los beneficios fundamentales de la aplicación de estos sistemas posibilitarán:

- una gestión y seguimiento más eficaz y flexible de los servicios de transporte comercial y privado gracias a la posibilidad de monitorizar el estado de la ruta a seguir y localizar vehículos de forma precisa y en tiempo real. Esto podría conllevar una disminución de las duraciones de las rutas, un ahorro de combustible y una reducción de la contaminación, que se traducirían en un aumento de la capacidad, productividad, puntualidad, mejora de la conexión entre diversos medios de transporte, y mejora del control de mercancías, posibilitando la notificación automática de incidencias y pérdida de mercancías.
- una mejora de la gestión y planificación de los servicios de rescate, búsqueda, emergencia y seguridad. Entre otros, permitiría un mejor control de las flotas posibilitando la determinación de los vehículos más cercanos y/o adecuados para atender a cualquier incidente, acortando así los tiempos de actuación.
- operaciones más autónomas y sistemas de guiado y control de ruta más precisos y con mejores niveles de actuación que en definitiva resultarán en un notable incremento de la seguridad.

## **2.11 Perspectiva de futuro**

En 1999, el Consejo de Ministros de Transportes de la Unión Europea aprobó el inicio de la segunda fase del GNSS GALILEO. Su objetivo es el desarrollo y operación de una nueva generación de satélites civiles europeos de navegación, programa denominado Galileo.

Este sistema, que se espera entre en servicio para el año 2008, junto con GPS/GLONASS y los sistemas de aumentación como EGNOS, proporcionarán un servicio de navegación por satélite como medio primario con cobertura mundial aún más seguro y eficaz.

Por otra parte, y dentro del contexto de cooperación técnica de OACI para la implantación de los sistemas “Gestión de Tránsito Aéreo/ Comunicaciones, Navegación y Vigilancia” “CNS/ATM” en las regiones Caribe “CAR” y Sudamérica “SAM”, Europa, a través del Grupo Tripartito, ha identificado dos áreas de cooperación consistentes en un posible estudio de viabilidad de la implantación de los sistemas GNSS en Latinoamérica y la posible implantación de un sistema piloto EGNOS.

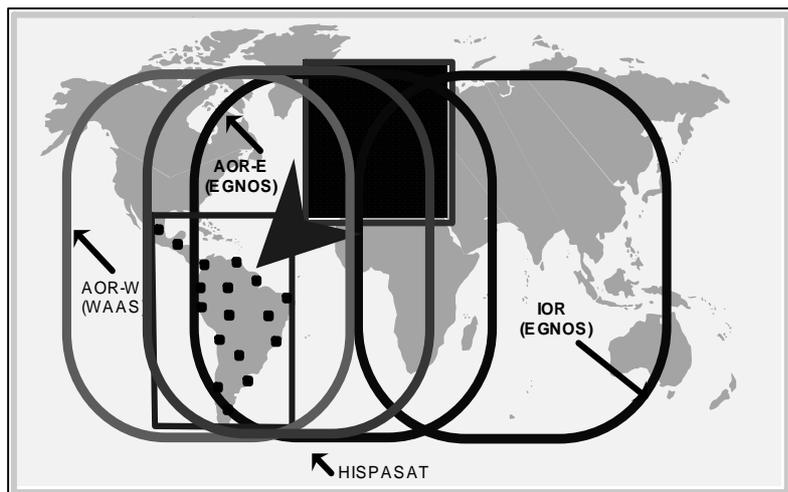
De producirse la extensión de EGNOS a Latinoamérica, el futuro sistema de navegación aérea quedaría armonizado y optimizado, incrementando la capacidad del espacio aéreo sin detrimento de los niveles de seguridad y haciendo frente a la futura demanda del transporte aéreo.

Dicha extensión proporcionaría una mayor eficacia en el uso del espacio aéreo en esta parte del mundo, permitiendo la racionalización del sistema actual de radio ayudas terrestres para la navegación. Además de esto, proporcionaría beneficios operacionales para el flujo de tráfico aéreo euro-latinoamericano, y abriría oportunidades de cooperación entre Europa y América Latina en el campo de la navegación por satélite.

## 2.12 Extensión de EGNOS a Latinoamérica

Los satélites INMARSAT-III AOR-E e HISPASAT (todavía no incluido en el sistema EGNOS) tienen cobertura sobre Latinoamérica por lo que sería posible recibir ambas señales en esa región. Asimismo, existe la posibilidad de recibir la señal del satélite AOR-W, perteneciente al sistema WAAS estadounidense, en un principio ínter operable con las señales europeas.

**Figura 5:** Muestra la extensión del proyecto EGNOS a Latinoamérica.



La posible extensión de EGNOS a Latinoamérica se realizaría mediante el despliegue en esa región de estaciones terrestres específicas. Actualmente existen dos opciones posibles (De Mateo et al., 1997) de topología del segmento de tierra. En ambas opciones, el sistema está compuesto de ciertos elementos pertenecientes y compartidos con el Sistema “básico” EGNOS de Europa, además de un segmento terrestre adicional específicamente desarrollado para suministrar servicio a Latinoamérica. El segmento terrestre de ambas opciones desplegaría el mismo número de Estaciones Supervisoras de Integridad y Telemetría “RIMS” y la situación geográfica sería idéntica. Las 2 opciones se diferencian únicamente en la existencia de Estaciones Centrales Maestras de Control “MCC” y Regional “RMCC” localizada en Latinoamérica:

- En la primera, opción sin RMCC o topología 1, existen un número de estaciones Supervisoras de Integridad y Telemetría “RIMS” desplegadas en el continente latinoamericano y todas ellas conectadas con las Estaciones Maestras de Control “MCC” en Europa mediante enlaces VSAT. Como sistema de comunicaciones se podría usar el sistema MERCURE de la Agencia Espacial Europea “ESA”, con cobertura de los satélites INTELSAT 603 y 708, o satélites HISPASAT.

- En la segunda, opción con RMCC o topología 2, además de existir un determinado número de estaciones Supervisoras de Integridad y Telemetría “RIMS” desplegadas en Latinoamérica conectadas a las Estaciones Centrales Maestras de Control “MCC” en Europa por medio de enlaces VSAT, mediante el posible uso del sistema MERCURE y la utilización de satélites HISPASAT con carga de comunicaciones, éstas estarían a su vez conectadas a una estación “MCC” regional “RMCC”, a su vez conectada a las “MCC” en Europa mediante enlaces VSAT. Dicha “RMCC” no es imprescindible para la operación del Sistema EGNOS y/o de su extensión, pero es conveniente ya que podría ejercer funciones de monitorización y predicción de prestaciones de servicio además de monitorización y control de la red latinoamericana de estaciones “RIMS”.

Se ha llevado a cabo un estudio preliminar para determinar el número y localización de estaciones “RIMS” necesarias para proporcionar un servicio de aproximaciones de no-precisión “NPA” en Latinoamérica. Suponiendo doble cobertura de satélites geoestacionarios en el área de servicio latinoamericana, INMARSAT-III, AOR-E e HISPASAT2B, se necesitarían 6 “RIMS” para proporcionar un servicio de esas características. Es importante señalar que las simulaciones realizadas son preliminares, por lo que sería necesario llevar a cabo análisis más detallados para corroborar los resultados obtenidos.

De producirse la extensión de EGNOS a Latinoamérica, el futuro sistema de navegación aérea quedaría armonizado y optimizado incrementando la capacidad del espacio aéreo sin detrimento de los niveles de seguridad y haciendo frente a la futura demanda del transporte aéreo. Dicha extensión proporcionaría un uso óptimo del espacio aéreo en esta parte del mundo, permitiendo la racionalización del sistema actual de radio ayuda terrestre para la navegación.

Además de esto, proporcionaría beneficios operacionales para el flujo de tráfico aéreo Euro- Latino Americano, y abriría oportunidades de cooperación entre Europa y América Latina en el campo de la navegación por satélite.

### **2.13 Viabilidad e implantación de un sistema piloto**

Dentro del contexto de cooperación técnica de OACI para la implantación de los sistemas CNS/ATM en las regiones CAR, Caribe, y SAM, Sudamérica, Europa (a través del Grupo Tripartito) ha identificado dos posibles áreas de cooperación consistentes en un posible estudio de viabilidad para estudiar más en detalle la implantación de los sistemas GNSS en Latinoamérica, y la posible implantación de un sistema piloto.

Una vez identificados los requisitos operacionales latinoamericanos (analizándose la situación actual, planes de ampliaciones futuras, estructura del espacio aéreo, usuarios y flotas y tendencias futuras), el Grupo Tripartito podría dar apoyo en los análisis de las diferentes arquitecturas estudiándose en detalle sus ventajas e inconvenientes.

Dichas actividades de apoyo incluirían propuestas de planes de implantación con un calendario de instalación de los equipos e infraestructura, el estudio de posibles escenarios financieros y actividades de divulgación y entrenamiento.

Por otra parte, la implantación de un sistema piloto serviría como vehículo para demostrar la capacidad técnica del sistema extendido en condiciones operacionales reales. Dicho sistema se compondría de:

- “RIMS” portátiles con terminales VSAT;
- conexión de las “RIMS” portátiles con “MCC” Europea mediante enlaces VSAT;
- avión de ensayos en vuelo;
- recolección y análisis de datos.

En resumen, el sistema de navegación por satélite EGNOS, constituirá un elemento clave para el desarrollo y operación de las redes transeuropeas del transporte. Su posible extensión a Latinoamérica constituirá un eslabón fundamental de integración entre las redes transeuropeas con las redes transamericanas de transportes.

### **3 APLICACIONES DE EGNOS**

El Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geostacionario, EGNOS, Ofrece verdaderamente una amplia gama de aplicaciones, que abarcan un extenso abanico que va desde aplicaciones científico-tecnológicas, económico-sociales, hasta aplicaciones comerciales y de uso personal. En el área científico tecnológica el sistema EGNOS establece una red de Sistemas de Información Geodésico, GIS, que permiten una visión extraterrestre de la geografía mundial, que facilita la actualización de los mapas geodésicos con amplia precisión, proporcionando una invaluable ayuda en el ordenamiento de los territorios, la planificación urbana y regional, manejo del medio ambiente y los recursos naturales, prevención de desastres, organización de la agricultura, manejo de los recursos hidrológicos, organización de los sistemas de transporte y navegación. Cabe destacar su aplicación en servicios a la comunidad tales como: telemedicina, rescates en regiones remotas, diagnósticos a larga distancia, ayuda a personas no videntes, etc. Y también en aplicaciones de GPS'S personales como: topografía, mapas catastrales, seguridad personal, etc.

### 3.1 Cuadro resumen de aplicaciones

<b>Espacio</b>	Posicionamiento de satélites. Determinación de la orientación de los mismos. Seguimiento en el lanzamiento y Exactitud en la exploración.
<b>Geodesia</b>	Integración del Sistema de Información Geodésico, GIS. Correlaciones entre sensores múltiples.
<b>Modelos geológicos y topográficos.</b>	Los geólogos aplican el sistema para estudiar el movimiento lento y constante de las placas tectónicas, para la predicción de terremotos en regiones geológicamente activas.  En topografía, el sistema GPS constituye una herramienta básica y fundamental para realizar el levantamiento de terrenos y los inventarios forestales y agrarios.
<b>Estudio de fenómenos atmosféricos.</b>	Cuando la señal GPS atraviesa la troposfera el vapor de agua, principal causante de los distintos fenómenos meteorológicos, modifica su velocidad de propagación. El posterior análisis de la señal GPS es de gran utilidad en la elaboración de modelos de predicción meteorológica.
<b>Localización y navegación en regiones inhóspitas.</b>	El sistema GPS se utiliza como ayuda en expediciones de investigación en regiones de difícil acceso y en escenarios caracterizados por la ausencia de marcas u obstáculos. Ejemplo las regiones polares o desérticas.
<b>Cartografía</b>	Acceso cartográfico a puntos remotos. Proporciona una única medida con validez global. Aumenta la eficiencia y reduce los costos.
<b>Medio Ambiente</b>	Monitoreo de reservas de pesca. Medidas de mareas y corrientes. Control de derrames petrolíferos u otros. Mantenimiento de la biomasa. Los modelos o tendencias ambientales pueden reconocerse eficientemente con sistemas de recaudo de información GNSS, y los mapas temáticos pueden ser creados fácilmente.
<b>Referencias Horarias</b>	Sincronización precisa en redes de telecomunicaciones. Redes celulares/Llamadas digitales. Transacciones/inversiones bancarias. Redes de distribución eléctrica; sincronización, localización de averías.

<b>Agricultura</b>	Limpieza del campo preciso para minimizar aplicaciones, permitiendo cobertura máxima de terreno en tiempo cortó. Capacidad para trabajar en condiciones de baja visibilidad tales como lluvia, polvo, neblina y oscuridad. Optimización en la siembra, abonado y recolección. Seguimiento en campo abierto del ganado. Mejoras en la aplicación de insecticidas.
<b>Energía</b>	Explotación del fondo marino. Exploración de recursos. Perforaciones petrolíferas. Control de residuos nucleares.
<b>Transporte</b>	<p><b>Navegación y control de flotas de vehículos.</b> El sistema GPS se emplea en planificación de trayectorias y control de flotas de vehículos. La policía, los servicios de socorro (bomberos, ambulancias), las centrales de taxis, los servicios de mensajería, empresas de reparto, y algunas compañías ferroviarias utilizan ya el sistema GPS.</p> <p><b>Organización del tráfico en tiempo real</b> se alcanzan altos niveles de seguridad y movilidad para todos los usuarios del sistema de transporte terrestre. Provisión de información exacta de ubicación con mapas electrónicos para proveer sistemas de navegación en el vehículo.</p> <p><b>Sistemas de alarma</b> conectados a sensores dotados de un receptor GPS para supervisión del transporte de mercancías tanto contaminantes de alto riesgo.</p>
<b>Aviación</b>	Información continua, confiable, y de posición precisa para todas las fases del vuelo (despegue, navegación, aproximación y aterrizaje). Elección de rutas más directas sin las limitantes impuestas por la situación del equipo de tierra, haciendo posible el ahorro en tiempo y dinero. Reduce demoras de aeronaves debido a la capacidad aumentada y más eficiente gestión de tránsito aéreo, particularmente durante mal tiempo. Aumenta la seguridad en áreas terminales de aeropuertos. Reduce y simplifica el equipo electrónico de abordó.
<b>Operaciones Marinas</b>	Navegación en Fiordos. Aproximación y entrada a puerto. Servicios de tráfico de embarcaciones. Maximizar la utilización de los canales de navegación. Ubicación precisa de botes en caso de emergencia.

<b>Sincronización de señales.</b>	La industria eléctrica utiliza el GPS para sincronizar los relojes de sus estaciones monitoras a fin de localizar posibles fallos en el servicio eléctrico. La localización del origen del fallo se realiza por triangulación, conociendo el tiempo de ocurrencia desde tres estaciones con relojes sincronizados.
<b>Seguridad Pública</b>	Respuesta y despacho rápido de los servicios de emergencia. Disminución del tiempo de respuesta al lugar exacto, reduciendo así la severidad de daños y fatalidades. Búsqueda y rescate. Seguimiento de vehículos de emergencia. Localización de vehículos robados.
<b>Salud Pública:</b>	<b>Telemedicina. Diagnósticos remotos. Rescates remotos. Visión a los ciegos,</b> sistemas GPS para ayuda en la navegación de invidentes por la ciudad.
<b>Recreación</b>	<b>Información de posición</b> altamente exacta permite a los aventureros hacer exploraciones seguras en cualquier parte del mundo. Equipos económicos, relativamente pequeños y portátiles.
<b>Turismo</b>	<b>Sistema de localización</b> en guiado de visitas turísticas a fin de optimizar los recorridos entre los distintos lugares de una ruta. <b>Canales temáticos virtuales</b> Ejemplo: guía gastronómica con información local sobre restaurantes, para usuarios en el negocio de turismo, como empresas hoteleras. <b>Navegador de Web:</b> video, textos y gráficas. Información en vivo o grabada de acuerdo a las necesidades locales.
<b>Construcción E Ingeniería Civil</b>	En este campo se utiliza la alta precisión del sistema GPS para monitorizar en tiempo real las deformaciones de grandes estructuras metálicas o de cemento sometidas a cargas. Mejora de trazados. Exactitudes por debajo del centímetro.

En los siguientes acápites se describen las aplicaciones ya desarrolladas bajo el sistema EGNOS o GPS en operación.

### **3.2 Investigación sísmica**

La posibilidad de conocer la posición exacta de un punto tiene una aplicación directa en el control de desplazamientos a diversas escalas. En el Norte de California se está llevando a cabo un estudio para controlar los desplazamientos de la corteza terrestre en la zona del Pacífico Norte y Bahía de San Francisco. Su principal objetivo es detectar estos movimientos con antelación suficiente para poder predecir posibles terremotos y activar los servicios de protección. La metodología seguida para desarrollar este proyecto ha consistido en la instalación de una red de 25 GPS que están tomando datos de posición de forma ininterrumpida durante las 24 horas del día. Los archivos por los GPS se comparan, post procesado, con los archivos RINEX tomados por una estación de referencia, de este modo se puede llegar a obtener precisiones milimétricas.

### **3.3 Cartografía**

Esta rama recibe un importante auge a partir de la posibilidad del cartógrafo de contar con la tecnología informática, como para procesar imágenes de satélites, realizar relieves de territorios con satélites artificiales tipo GPS para posicionamiento, utilizar programas para cartografía asistida por computadora, la teoría y técnicas de manejo de bases de datos, la fotogrametría totalmente ya digitalizada, instrumental electrónico de todo tipo y los programas para crear sistemas de informaciones geográficas y simulaciones virtuales de terrenos en diferentes estadios de la naturaleza o un proyecto.

Todo lo dicho ha hecho que la cartografía temática llegue a un esplendor pocas veces visto y cuyo objetivo, el suministrar con la ayuda de símbolos cualitativos - cuantitativos sino también posibilitando la realización de verdaderas “maquetas electrónicas” que permitan simular diferentes escenarios de situaciones para así poder ayudar a la planificación y gestión del territorio y del medio ambiente, actuando antes que el hecho suceda o ayudando a gestionar el fenómeno una vez iniciado éste.

### **3.3.1 Aplicación de la cartografía en la evaluación de proyectos**

En el proceso de planificación, pensando como el control y gestión del espacio geográfico, la cartografía está llamada a cumplir un papel sumamente importante. Sin conocer con que se cuenta, donde esta ubicado, en que cantidad y calidad existen y cuales son las relaciones entre los distintos elementos componentes del sistema, difícilmente se podrá llegar a una correcta toma de decisión, o solo será parcial ya que no considerará todas las variables que interactúan en el modelo real del problema a resolver. Analizar el espacio geográfico; es una operación que se inscribe en el marco de un proyecto de investigación científica o de ordenamiento territorial. Un mapa es una herramienta crucial para entender dicho espacio geográfico, es una herramienta de comunicación al servicio de una acción. El espacio que nos rodea es una realidad que de alguna manera afectará las instalaciones y actividades de los hombres y, al mismo tiempo, las actividades e instalaciones de los hombres impactarán sobre el espacio geográfico de forma más o menos gravosa. Por ello es necesario conocerlo perfectamente para poder planificar las acciones en un marco de convivencia sustentable entre el hombre y el medio.

La cartografía es un instrumento eficaz de este conocimiento y enfrentamiento hombre-medio. Como acta de estado o inventario, base de reflexión y previsión o guía para la ejecución de proyectos, el mapa interviene en todas las etapas del contacto entre el hombre y su entorno.

### **3.3.2 Cartografía regional para planificación**

Para lograr los objetivos de una planificación relacionada con el medio geográfico, la exacta evaluación de los elementos del terreno es la condición indispensable para el éxito del programa; ya sea que se esté planificando una campaña militar o la ubicación más adecuada de un centro de salud. Entonces, la cartografía para el uso de planificadores es una cartografía descriptiva o de inventario, a pequeña o mediana escala, aunque si se está planificando la ubicación de una escuela en la ciudad, la escala deberá ser mayor. Los mapas descriptivos solo constatan y localizan los hechos y objetos reconocibles y adecuadamente seleccionados. Tanto los mapas topográficos, los analíticos y los de correlación son ejemplos de éstos. Son medios analíticos-visuales de almacenar información gráfica y alfanumérica en mapas y bases de datos relacionadas a los objetos del mapa y deben ser actualizados y aumentados periódicamente para que sean útiles. Estas herramientas nunca son neutras, proceden de las elecciones de los objetos y procesos a visualizar, así que comprometen la responsabilidad del cartógrafo. Y siempre esas elecciones afectan al mapa, más aun cuando la escala es más pequeña, pues el poder de síntesis entonces es crucial.

Solo basta pensar en un proceso de zonificación territorial, donde se busca dividir el mapa en áreas homogéneas según un criterio definido y que presenten entonces un máximo de igualdad o un mínimo de desigualdad.

Un mapa de vegetación por su estructura no es lo mismo que otro por especies; un mapa de industrias varía según se haga en relación a la cantidad de mano de obra que contraten o la materia prima que utilicen; más aún si se está dividiendo una región que relacione entre sí rasgos característicos, en este caso, cada autor, dará una regionalización diferente, pues su formación previa y conocimientos adquiridos le harán hacer una división particularizada. Incluso, una elección aparentemente neutra como el sistema proyectivo adoptado para el mapa, hace no solo, real la utilización para los fines buscados, sino que permitirá una visión geopolítica diferente. Así se podrá, por ejemplo, mostrar que una región es mayor a otra o centrar la atención en una región o en otra, según se necesite, desee o pretenda. De todas formas, los mapas de inventario son sin duda la base de cualquier intervención sobre el territorio. De allí la importancia de las series de mapas y atlas analógicos o digitales, en este caso, con el agregado de la información alfanumérica relacionada.

### **3.3.3 Sistemas de cartografía automática LIS**

Estos sistemas, LIS, *Land Information Systems*, son principalmente utilizados en gestión urbana, para la construcción de planos y la reproducción a diferentes escalas (catastro, gestión de permisos de construcción, plan de ocupación territorial).

Los sistemas CAD, *Computers Aids Design*, adaptados a la cartografía son utilizados como complemento o reemplazo de sistemas especializados y brindan solución suficiente en situaciones particulares.

### **3.3.4 Sistemas de cartografía temática AM/FM**

Los sistemas de cartografía temática, AM/FM, *Automated Mapping /Facilities Management*, son una categoría de sistemas que permiten relacionar datos cartográficos digitales y los datos numéricos georreferenciados para la realización de mapas temáticos complejos automáticamente.

### **3.3.5 Sistemas de Información geográficos GIS**

Los sistemas de análisis geográfico, GIS, *Geografic Information System*, son los que gestionan en forma integrada el conjunto de información geográfica. Permiten la adquisición de la información geográfica, su gestión, su búsqueda en forma selectiva y su tratamiento, con el fin de visualizarla en forma bruta o bien luego de procesarlas. Suman las funcionalidades de la cartografía temática y de la cartografía automática, posibilitando efectuar los tratamientos a nivel de entidades geográficas. Además, permiten la generación automática de zonas de influencia, cálculos de distancias mínimas u óptimas y, la modelación y puesta en marcha de relaciones espaciales entre entidades geográficas (proximidad, inclusión, intersección).

### **3.4 Agricultura de precisión**

La Agricultura de Precisión es el inicio de una revolución en la gestión de los recursos naturales. Basada fundamentalmente en las tecnologías de la información, en pocos años va a introducir a la agricultura en la era digital. Hasta la fecha, las herramientas más decisivas en el desarrollo de este concepto han sido las tecnologías de obtención, almacenamiento y procesado de información georeferenciada sobre las diversas propiedades de los campos de cultivo. Gracias al empleo de sistemas de posicionamiento geográfico por satélite, GPS, y de sistemas de información geográfica ,GIS, hoy en día es posible confeccionar mapas detallados sobre la topografía de un campo, sus características edáficas, el estado del cultivo, la presencia de malas hierbas, insectos o enfermedades, la cosecha obtenida, etc. Con la ayuda de esta información, y disponiendo de maquinaria agrícola adecuada (en gran parte ya desarrollada) es posible optimizar la gestión de los campos. Esto supone una clara reducción de los consumos y de los impactos ambientales. Asimismo, es posible relacionar entre sí los diversos mapas, lo que nos puede permitir comprender él porque de las diferencias existentes dentro del campo. La agricultura de precisión supone no sólo una revolución en la forma de hacer agricultura. También supone un cambio radical en nuestros planteamientos a la hora de investigar en agricultura. La AP es un concepto holístico, considerando la agricultura de una forma global. Por ello, requiere la integración de los trabajos realizados en diferentes campos: agronomía, fertilidad de suelos, riego, protección vegetal, Geoestadística, maquinaria agrícola.

### **3.4.1 Utilidad en Agricultura de Precisión**

Posicionar una máquina exactamente en tiempo real, (por ejemplo elaboración de mapas de rendimiento), y segundo, navegar por el lote ubicando los sitios, o sea que nos permite llegar a un punto con precisión (muestreo de suelo dirigido), o ubicar una máquina en movimiento variando la dosis al llegar a un determinado punto marcado a través de un mapa de aplicación.

### **3.4.2 Monitoreo del Rendimiento**

El monitoreo de rendimiento incluye la medición de la porción cosechada de un cultivo en el espacio y el tiempo, y la síntesis de esas medidas en forma de mapa gráfico. El monitoreo de rendimiento abarca la adquisición, análisis y síntesis de datos de rendimiento de los cultivos y su ubicación dentro de los lotes, y ha sido posible gracias al advenimiento de sensores apropiados, sistemas de posicionamiento precisos, y avances en la tecnología de las computadoras. El producto final es usualmente un mapa con distintos colores o tonos que muestra rangos de rendimiento dentro de un lote. Dentro de un lote se espera tener variación de rendimiento, pero hasta el reciente desarrollo del manejo de sitio específico, los productores aceptaban esta variabilidad en vez de manejarla. Con los mapas de rendimiento es posible identificar áreas dentro de un lote donde los rendimientos pueden ser mejorados o donde es necesario ajustar los insumos para optimizar la rentabilidad y minimizar la contaminación.

Debido a que el rendimiento de los cultivos es la base para la recomendación de insumos y un determinante de la rentabilidad, el monitoreo de rendimiento es esencial para el éxito del manejo de sitio específico. En el caso de tener algún lote de escasa variabilidad, demostrada por mapas de rendimiento anteriores, se lo puede utilizar para comparar distintos factores de manejo que inciden en el rendimiento, por ejemplo fecha de siembra, espaciamiento entre hileras, densidad de siembra, híbridos o variedades, dosis de fertilizantes, tipos, localización, momentos, etc. Mediante el monitoreo de rendimiento se puede evaluar este tipo de ensayos en el gran cultivo, con la ventaja de tener resultados representativos ya que se obtienen en el mismo ambiente. Esto es posible solamente si se cumplen algunas condiciones:

- la variabilidad del suelo es reducida o nula, lo que se podría deducir de mapas de rendimiento de varios años. De esta forma se tiene la seguridad de que los resultados obtenidos son atribuibles al factor comparado.
- se debe realizar una cuidadosa planificación y seguimiento del cultivo para conocer exactamente los factores involucrados y las posibles fuentes de variación.
- se debe uniformizar todos los factores menos el que se desee evaluar, para poder aislar la influencia de éste y obtener resultados confiables.

Hay una cantidad de formas de medición de rendimiento. La mayoría de los métodos desarrollados a través de los años han involucrado pesada del grano luego que ha sido trillado, separado y limpiado. El rendimiento en grano es expresado en términos de kilogramos o quintales por hectárea. Esto quiere decir que debe haber alguna manera de asociar las cantidades de grano medidas con áreas cosechadas en un lote. Por supuesto, el contenido de humedad del grano tiene un alto impacto en los rendimientos medidos.

Contenidos diferentes de humedad harán que un mismo volumen de dos muestras de un mismo grano tenga distintos pesos, los rendimientos de granos son, por ende, establecidos en términos de peso por unidad de área a un contenido de humedad específico.

### **3.4.3 Componentes básicos del monitor de rendimiento**

Para determinar el rendimiento instantáneo de los cultivos, se deben conocer tres cosas: el flujo de grano a través del sistema de grano limpio de la cosechadora, la velocidad de avance de la cosechadora, y el ancho de corte del cabezal. El flujo de grano es medido en la cosechadora cerca de la tolva de grano. El flujo es medido en unidades de volumen o masa por unidad de tiempo. La velocidad de avance puede ser medida en un número diferente de maneras, y tiene unidades de distancia por unidad de tiempo. El ancho de corte puede ser medido (en metros o número de surcos), pero es frecuentemente manejado por el operario de la cosechadora. Si la velocidad de avance y el ancho de corte son conocidos, el área cosechada por unidad de tiempo puede ser calculada. Si el peso o el volumen de grano cosechado por unidad de tiempo y el área cosechada por unidad de tiempo son conocidos, luego el rendimiento puede ser determinado.

#### **3.4.4 Monitor de rendimiento Instantáneo o de tiempo real**

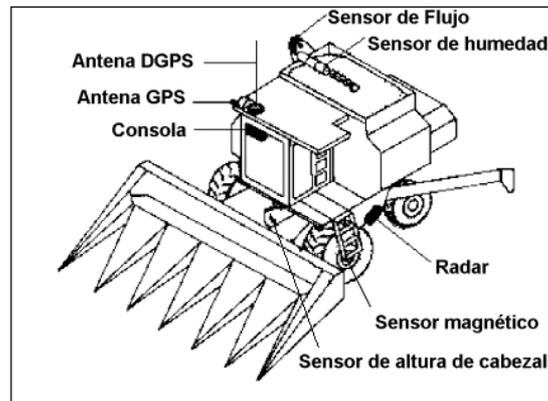
Estos monitores miden y graban los rendimientos sobre la marcha. Los datos necesarios para que trabaje un monitor son los siguientes:

- flujo de grano por unidad de tiempo;
- humedad del grano por unidad de tiempo;
- velocidad de avance de la cosechadora;
- ancho de corte del cabezal.

#### **3.4.5 Componentes necesarios de un monitor de rendimiento**

- Sensor de flujo de grano.
- Sensor de humedad del grano.
- Sensor de velocidad de avance.
- Switch de posición del cabezal.
- Consola del monitor.
- Receptor DGPS.

**Figura 6:** Representación esquemática de los componentes de un monitor de rendimiento con posicionamiento satelital y su ubicación en la cosechadora



El mapa de rendimiento permite cuantificar la variabilidad de rendimiento existente de un cultivo dentro de un lote, quedando grabado espacialmente. Cuando estos componentes trabajan en equipo pueden medir el flujo de grano y los rangos de trabajo, calcular, mostrar y grabar los rendimientos del cultivo.

### **3.4.6 Consola del monitor**

La consola está conectada a todos los sensores que suministran la información para calcular el rendimiento de grano en tiempo real. Existen datos que deben ser incorporados por el operario, para lo cual no existen sensores instalados (lote, carga, número de hileras y distanciamiento, humedad base a la que se quiere corregir el rendimiento, cargas de calibración de peso real, calibración de humedad real o cualquier referencia del lote).

### **3.4.7 Información suministrada por el operario**

- Nombre del lote.
- Nombre o número de la carga.
- Ancho de corte, número de hileras y distanciamiento.

### **3.4.8 Información suministrada por el monitor**

- Mide y muestra en la pantalla continuamente el rendimiento instantáneo (Tn/ha), humedad de grano instantánea (%), velocidad de avance (Km. /h.), flujo de grano (Tn/h.), superficie cosechada y calidad de recepción de la señal DGPS.
- Calcula, muestra en la pantalla y graba rendimiento promedio y máximo, humedad promedio y máxima, superficie, distancia, toneladas de grano húmedo y seco, día y hora de cosecha para cada lote.
- Si el monitor está recibiendo señal DGPS a través de un receptor, se pueden confeccionar mapas de rendimiento y humedad de grano.

### **3.4.9 Cosechando Con Monitor de Rendimiento con DGPS**

Mapa de rendimiento es la interpretación gráfica de una serie de datos Geoposicionados de rendimiento y humedad de granos obtenidos mediante la utilización de una cosechadora equipada con monitores de rendimiento y un receptor DGPS.

Coinciden muchos investigadores que la puerta de entrada a la Agricultura de Precisión es a través de los mapas de rendimiento. El mapa de rendimiento es la representación gráfica de datos Geoposicionados de rendimiento y humedad de grano, obtenidos mediante una cosechadora equipada con un monitor de rendimiento y un receptor DGPS.

El mapeo de rendimiento es realmente valioso cuando la información lograda permite que el productor tome mejores decisiones de manejo. Para que los mapas de rendimiento puedan ser de utilidad concreta en el diagnóstico agronómico acertado, debe existir un profundo conocimiento de los alcances de la información georeferenciada y además de la cuantificación de la variabilidad del rendimiento de un cultivo que posee un lote, a partir de ello se pueden planificar ensayos en el gran cultivo que pueden ser analizados con alguna ventaja sobre los métodos tradicionales de evaluación:

- el mapa de rendimiento ofrece una vista en planta, similar a una imagen aérea.
- Permite la obtención de mayor cantidad de resultados (promedios totales, parciales, datos puntuales, etc.);
- permite analizar factores de manejo con testigos apareados cruzando la variabilidad (relieve, fertilidad) con una cantidad de información desde 180 hasta 1500 datos por hectárea, de ambos tratamientos en forma cruzada con otros factores;
- permite el análisis de factores de manejo no planteados, que se manifiesten espontáneamente al realizar el mapa y al retroceder en la información con la planilla del cultivo del lote, encontrar la posible causa de manejo y cuantificarla.
- Permite realizar seguimientos a través del tiempo;
- posibilita realizar correlaciones con otras bases de datos georeferenciadas.

### 3.5 Aplicaciones del “GPS” en el sector forestal

Si la introducción de la tecnología GPS ha sido una auténtica revolución en muchos campos, uno de los más beneficiados ha sido la ingeniería forestal. La necesidad de realizar trabajos de topografía clásica en condiciones difíciles de espesas manchas forestales y abruptos terrenos hacía de estos trabajos una ardua tarea y una inversión de tiempo considerable.

La manejabilidad del GPS frente a las estaciones totales ha provocado que este sistema se considere como algo definitivo en el mundo forestal y que sus aplicaciones se hayan multiplicado. Entre las principales se pueden destacar los siguientes:

- **levantamientos de caminos;**
- **cálculo de superficies y límites de montes:** en estos casos la rapidez frente a la topografía clásica es muy superior. Una persona permanece al lado de la estación de referencia mientras que la otra lleva la estación móvil bien andando o sobre vehículo todo terreno;
- **certificaciones de trabajos:** mediciones de trabajos selvícolas realizados, repoblaciones, aplicaciones fitosanitarias, etc;
- **deslindes de montes:** además de la utilidad normal del GPS en los deslindes de montes, en algunos casos puede ser muy interesante. Por ejemplo, si se conoce por una cartografía antigua que anteriormente existía un hito con unas determinadas coordenadas y en la actualidad ha desaparecido, es posible "navegar" con el GPS y encontrar su posición exacta;

- **localización de muestreos:** calicatas abiertas, parcelas de seguimiento de repoblaciones, etc. Se puede diseñar el muestreo sobre cartografía en gabinete y posteriormente localizarla en el monte;
- **medida de superficies quemadas:** antes de la aparición del GPS se plasmaba sobre un mapa el perímetro de la zona quemada y posteriormente se planimetraba. En la actualidad es posible montar el GPS en un helicóptero y medir la superficie quemada desde el aire. Si hay varios incendios en la misma zona, por otro lado circunstancia del todo indeseable, se podría acceder a todos de forma rápida. Este sistema tiene la ventaja adicional que desde el aire se pueden observar con facilidad las zonas que quedan sin quemar dentro del perímetro incendiado y poder descontar esta superficie;
- **recomponer antiguos usos del monte:** en montes que han sufrido un aprovechamiento muy intenso a la largo de los años (agrícola, ganadero,...), es posible que en la actualidad su fisonomía sea muy diferente de la que tuvo años atrás e incluso sea imposible discernir antiguos límites, zonas de pasto, parideras, etc. En la actualidad se están llevando a cabo proyectos en los que se intenta averiguar y deslindar los antiguos aprovechamientos del monte. Para ello se parte de fotos aéreas antiguas en las que se identifican puntos de coordenadas conocidas para calibrar las ortofotos para posteriormente poder pasar la información al GPS y trabajar con él en campo.

### 3.5.1 La Teledetección en el mundo forestal

En esta misma sección hemos visto como el GPS es una herramienta definitiva para dar validez cartográfica a las imágenes tomadas por satélite, Teledetección. En este artículo vamos a describir las posibilidades de la Teledetección Espacial en un campo concreto, las aplicaciones forestales. Según las estadísticas de la FAO en el año 1.980 los bosques ocupaban a nivel mundial el 32,3% de las tierras emergidas.

Durante la década 1.980-1.990 los bosques tropicales han disminuido su superficie a un ritmo de 15,4 millones de hectárea por año. En este escenario se podría afirmar que los bosques tropicales desaparecerían en 125 años. Estas cifras muestran la importancia de una evaluación correcta de los recursos forestales así como el seguimiento de su evolución. Hasta ahora la teledetección ha permitido cuantificar fenómenos de tanta importancia como la deforestación del Amazona o los incendios tropicales.

Pero las futuras herramientas en el mundo forestal son muy amplias:

- actualización de la cartografía forestal: en España las experiencias realizadas por Instituto Cartográfico de Cataluña y la Agencia de Medio Ambiente de Andalucía pueden ser muy útiles;
- evaluación de riesgos de aparición de incendios: estas aplicaciones se basan en el seguimiento de la evolución experimentada en las áreas forestales de un índice de vegetación normalizado, NVDI, deducido del sensor AVHRR del satélite NOAA;

- detección de focos activos de incendios: a través de los canales térmicos 3 y 4 del sensor AVHRR del satélite NOAA;
- cartografía de superficies incendiadas: actualmente en España el Instituto Cartográfico de Cataluña y la Agencia de Medio Ambiente de Andalucía cartografían anualmente a escala 1:50.000 los incendios superiores a 50 ha;
- regeneración de áreas incendiadas: los nuevos sensores pueden tener gran interés en la planificación de estas actuaciones;
- identificación de cortas: puede tener gran interés de cara a la actualización de inventarios forestales;
- seguimiento de la salud de los bosques: en centro de Europa se han obtenido buenos resultados en el grado de defoliación y decoloración que presentan los bosques;
- control de la erosión: la determinación del riesgo de erosión y la evolución de la superficie afectada es una de las principales aplicaciones en la actualidad.

### **3.6 El GPS como ayuda en el control de plagas agrícolas**

En Colombia se han llevado a cabo experiencias apoyadas en GPS para controlar la propagación de un hongo que ataca seriamente a las plantaciones de plátano. El hongo denominado Sigatoca Negra es uno de los más dañinos para las plantaciones de Plátano. Para determinar la cantidad de infestación de las plantaciones antes de introducir la tecnología GPS, el encargado recogía una serie de muestras a lo largo de la plantación. Apuntaba los datos de forma manual y se determinaba el porcentaje de hojas sanas respecto a hojas infectadas. De esta forma se tenía una idea del grado de infección global de la plantación.

Para aumentar la eficiencia y precisión del trabajo realizado y, a su vez, conseguir que la información obtenida fuera útil para controlar la plaga, se optó por utilizar sistemas DGPS con correcciones en post-procesado. El operario recorre la plantación dotado de un GPS y un sencillo software. Cuando toma una muestra marca la posición del punto en el GPS y anota en un pequeño ordenador si la hoja está infectada o no. De este modo cuando el operario sale de la finca se tiene una información completa de todo el recorrido que ha realizado y de los puntos concretos donde hay ataque de hongo. Este sistema tiene unas ventajas evidentes a la hora de planificar los tratamientos.

En España también existe una bacteria que afecta muy gravemente a la familia de los Rosáceos a la que pertenecen varios árboles frutales y ornamentales. Entre los frutales el que más se ve afectado por esta bacteria es el peral. En la actualidad en las zonas dónde este cultivo es importante, como puede ser la Huerta de lleida, se están llevando a cabo sistemas de control muy rigurosos, que en las zonas de máximo riesgo llegan a la prospección de la enfermedad árbol por árbol. En el resto de la zona se realizan prospecciones selectivas en las que se priorizan las fincas con variedades más susceptibles. Para todo este tipo de trabajo de control la ayuda del sistema GPS puede ser de gran utilidad, ya que a la vez que se recorren las distintas parcelas para conocer el grado de infección se obtienen los datos de localización precisos y directamente trasladables a la cartografía.

### **3.7 Sistema Básico de Control de Una Flota de Autobuses**

La gestión del servicio de transporte de pasajeros en las grandes ciudades se hace día a día más complicada. Los procedimientos clásicos de Investigación Operativa Programación Lineal, Teoría de Colas y otros; son insuficientes cuando se enfrentan a la realidad del tráfico diario y su carácter aleatorio. Así se hace necesario acudir a sistemas dinámicos que permitan recibir y gestionar en cada instante la ingente cantidad de información asociada a este servicio, permitiendo una mayor agilidad y fiabilidad en el establecimiento de medidas correctoras y planes de contingencia. Las modernas tecnologías de información, combinadas con el GPS, aportan nuevas posibilidades de gestión dinámica, permitiendo una agilidad y rapidez de respuesta en el establecimiento de medidas correctoras, muy superior a las disponibles hasta ahora.

Los Sistemas de Ayuda a la Explotación, SAE, ofrecen una solución integral para el control y gestión de la flota de transporte urbano. Básicamente, un sistema de ayuda a la explotación es un conjunto de aparatos instalados en los autobuses y en el Centro de Gestión, que unidos a los programas de explotación, permiten conocer la posición, estado y datos relativos al servicio de la flota de autobuses. Esta información, una vez procesada y analizada en un Centro de Gestión, permite la toma de decisiones automáticas o manuales, para la mejora del nivel de servicio que reciben los usuarios y la reducción de costes de la explotación.

La implantación de un SAE para Transporte Urbano de Pasajeros permite disponer de:

- la exacta localización periódica de cada uno de los autobuses, de forma automática, y su representación en tiempo real sobre un mapa o sinóptico;
- informes sobre cada vehículo que incluyen tiempo de servicio y distancia recorrida en cada servicio, así como el número de pasajeros totales o por tramos horarios. Control sobre los servicios prestados por cada uno de los agentes;
- monitorización permanente de los parámetros físicos y mecánicos de cada uno de los autobuses, tales como velocidad instantánea, presión y nivel de aceite, temperatura del agua;
- activación de alarmas ante desviaciones de dichos parámetros frente a intervalos predeterminados, o en caso de posibles emergencias;
- información a usuarios de a bordo: Próxima parada, confluencia, información de la compañía;
- información en las paradas: Tiempo de espera para el siguiente autobús, información al usuario.

La implantación del SAE supone:

- aumento del grado de satisfacción de los usuarios debido a la reducción del tiempo de espera en las paradas y a la mayor información que se les proporciona;
- aumento de la eficiencia en la gestión de la flota de autobuses;
- mayor agilidad ante imprevistos al recibir instantáneamente la causa de alguna perturbación en el sistema y poder tomar medidas correctivas;
- mejora en la planificación del mantenimiento preventivo, gracias a la nueva información de la que se dispone;
- posibilita el envío y recepción de mensajes entre la Central y uno o varios vehículos de la flota.

Un Sistema integrado en la categoría de AVL (Localización automática de vehículos) es capaz de conocer la posición de los vehículos de la flota y representarlos sobre un mapa en la central de forma automática o bajo petición de la posición de un vehículo determinado. La determinación de la posición se obtiene basándose en un receptor del sistema de navegación GPS, que permite tener información instantánea sobre: la posición, velocidad y sentido de la marcha de los vehículos. El Sistema reúne las características típicas de un SAE, destacándose la siguiente operatividad:

- localización de cada uno de los vehículos de la flota de forma automática o bajo demanda;
- monitorización de la velocidad instantánea de cada uno de sus vehículos;
- reducción de tiempos de espera entre autobuses de una línea;
- integración a sistemas logísticos y de mantenimiento integrado de vehículos, de modo que el sistema puede indicar las operaciones de mantenimiento en función de la estadística de fallos en los vehículos;
- coordinación y optimización del servicio. Basado en obtener una mejor:
  - rapidez de servicio;
  - información sobre la situación de los vehículos en servicio;
  - ahorro energético, al poder estructurar mejor el servicio;
  - mejora del rendimiento mecánico de los vehículos que están permanentemente monitorizados y pueden ser objeto de un mantenimiento preventivo eficaz;
  - aviso inmediato de situaciones de emergencia, tales como pérdida de la señal del vehículo, velocidad superior a la acotada o abandono de la trayectoria definida;
  - aviso inmediato de situaciones de emergencia en el autobús, tales como avería mecánica vandalismo o secuestro.

El Sistema está concebido de modo modular y creciente, de forma que se adapta a las necesidades de la flota, pudiendo optarse por soluciones básicas y añadiendo elementos para obtener más prestaciones. Su modularidad permite disponer de varios niveles de integración de los vehículos del segmento móvil, pudiendo instalarse desde una "caja negra", que opera automáticamente sin intervención del conductor, un ordenador con datos internos sobre la zona de actuación o un Terminal remoto del ordenador central, con el fin de:

- efectuar consultas directas al ordenador central;
- enviar o recibir mensajes breves sin intervención acústica.

En sistemas de control de flotas de autobuses urbanos es necesario obtener una mayor precisión en la determinación de la posición. Para ello se dispone de un receptor GPS especial en el Centro de Control localizado en una posición geográfica fija y cuyas coordenadas son conocidas con exactitud. Este receptor sintoniza automáticamente con todos los satélites que tiene a la vista, calculando los errores en la posición dada por el receptor GPS para todas las combinaciones de satélites y transmitiendo esos errores al Segmento Móvil para su corrección. Con ello se obtiene una precisión en la determinación de la posición en ciudad de 1 metro durante el 5% del tiempo hasta 5 metros durante el 95%, independientemente de la disponibilidad selectiva o de la presencia de edificios.

Cuando el Sistema AVL requiere una transferencia de datos entre los dos segmentos, puede utilizarse esta vía para la transmisión de mensajes voluntarios o la conexión remota a una base de datos. Para conseguir esto es necesario disponer de una pequeña pantalla y un teclado, así como de un módulo software que establezca la comunicación.

Si la cantidad de interrogaciones de la posición o los datos a transferir es numerosa, es recomendable el uso de un canal único para los datos, con el fin de no entorpecer las comunicaciones.

### **3.7.1 Segmento de Control**

Las interfases de usuario de cada Centro de Control serán: la consola y los terminales gráficos de un ordenador de prestaciones adecuadas para soportar todo el Sistema. Un software único y modular permitirá el control del Sistema mediante un manejo por ventanas de cómoda operación.

Las funciones que soportará el Sistema en cualquiera de sus soluciones serán visualización del mapa de la ciudad y sus alrededores cercanos, con la posición de cada uno de los vehículos en el mapa y la zona de error de posición cuando sea superior a 10 metros:

- cambio de escala del mapa. Mediante el menú de ventanas;
- centrado sobre un vehículo. Mediante el empleo del cursor;
- centrado automático sobre un vehículo. El vehículo seleccionado permanecerá en una zona central de la pantalla, haciendo un centrado del vehículo, con el desplazamiento del mapa, cuando vaya a salir de la zona de centrado;

- programación del ciclo de llamada a los vehículos. Mediante el menú se podrá cambiar el ciclo de llamada a los vehículos para pedir su posición, estando previsto que el tiempo de refresco de la posición transmitida entre treinta segundos a cinco minutos;
- petición de la posición de un vehículo. Mediante menú se podrá pedir la posición individual de un vehículo fuera del ciclo de llamada;
- introducción de datos sobre los agentes de servicio en cada vehículo;
- introducción de datos sobre la línea de cada vehículo;
- introducción automática del tiempo de comienzo de cada recorrido en todas las líneas;
- introducción automática del tiempo de finalización del recorrido de cada línea;
- visualización de situaciones de emergencia en un vehículo, tales como:
  - pérdida de la señal del vehículo;
  - velocidad superior a la acotada;
  - abandono de la línea;
  - alarmas generadas por el conductor;
- en estos casos el CC avisará acústicamente y la pantalla de su controlador se centrará sobre el autobús que ha causado la activación de la alarma representando en una ventana los datos referentes al vehículo y la causa que ha provocado la alarma;
- módulo de comunicación de datos entre los dos segmentos. Para el caso en que la base de datos resida en el mismo ordenador, permitiendo el comportamiento de la UM como un Terminal remoto;
- módulo de gestión DGPS. Efectúa el cálculo de errores de la señal recibida y la transmite al Segmento Móvil;
- Recuento de servicios realizados. Con expresión de los servicios que están en curso.

- cálculo de kilómetros realizados por cada uno de los vehículos. Con inclusión de los kilómetros empleados en cada servicio;
- gestión de turnos del personal;
- lista de alarmas recibidas;
- envío y recepción de mensajes de texto, pudiendo estar previamente preparados en un fichero. El envío se podrá realizar de forma selectiva sobre un vehículo, sobre un grupo de vehículos o sobre la totalidad;
- lista de mensajes de texto transmitidos;
- petición de elaboración del "Diario de a bordo de la explotación", con opciones sobre su elaboración;
- mediante el cursor o el menú se podrá pedir una ampliación de información sobre un autobús. Dicha información será referente al: Número del coche, nombre de los agentes en el servicio, posición (calle, número, carretera, kilómetro), tiempo en servicio, tiempo para acabar el servicio, tiempo transcurrido en el trayecto, tiempo previsto para completar el trayecto.

Cuando la comunicación con los autobuses se efectúe de forma cíclica, mediante una interrogación del CC, se enviará un mensaje en el cual estarán contenidos: Datos sobre el sistema, si hay alguna variación; mensajes para representar en la pantalla del vehículo, si los hay; y petición de información. A su vez el móvil responde con los datos de su posición, velocidades y mensajes si los hay. El ordenador recibirá estos datos y actualizará la posición del móvil sobre el mapa que representa en la pantalla.

### 3.7.2 Ordenador Central

El ordenador central se conectará a la radio por medio de un MODEM adaptado al tipo de emisora en uso. Cuando se recibe una portadora en la central, la interfase discierne si la señal que le llega son datos, dando acceso al Sistema cuando sean datos los que lleguen. En este caso puede suceder que los datos sean debidos a:

- la respuesta a una petición de posición con o sin mensaje. El ordenador recibe los datos y los procesa refrescando la posición del móvil en la pantalla;
- un mensaje. En este caso una bandera indicativa de mensaje avisa el ordenador de que los datos que le llegan deben de ser tratados de distinta manera;
- una petición de datos de la base de datos, en cuyo caso los datos pasan directamente al ordenador que contiene la base.

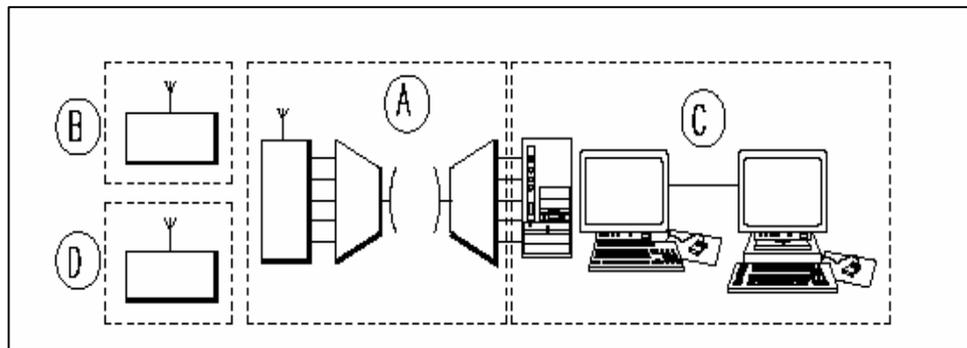
Para emitir pueden darse los siguientes casos:

- petición de posición sin mensaje. El CC toma el control de la emisión enviando un corto mensaje durante 50 msg. interrumpiendo la comunicación si se estuviese realizando;
- petición de posición conteniendo mensaje. Se procede como en el caso anterior, dependiendo la duración de la transmisión del contenido del mensaje. Siempre que el CC quiera mandar un mensaje a un móvil o grupo de móviles, el mensaje irá acompañado de una petición de posición, sirviendo la respuesta de la posición como comprobante de que el mensaje ha sido recibido;

- respuesta a la petición de datos de la base de datos. Se establecerá de modo independiente existiendo una bandera previa al mensaje para calificarlo como de acceso directo a la base de datos.

### Esquema De Un SAE

**Figura 7:** muestra el esquema de un SAE y sus diferentes componentes.



#### **(A) Red De Comunicación**

Basada en la utilización de canales de radio con cobertura de toda la ciudad y capaces de transmitir voz y datos en ambos sentidos, enlaza las unidades móviles con la estación base situada en algún punto elevado que domine todo el área de operación. Desde aquí, a través de un sistema de radio enlace por microondas, se establece la comunicación con el Centro de Gestión.

### **(B) Unidades Móviles**

Con sus dispositivos instalados a bordo tales como procesador, visualizadores, consola, sensores, receptor de posición GPS y sistemas de radio.

### **(C) Centro de Gestión**

Incorpora los sistemas de información necesarios para el tratamiento y representación de toda la información relativa al Sistema de Explotación, así como los elementos responsables de mantener la comunicación con los móviles y los paneles. Este Centro está diseñado siguiendo criterios de redundancia, para garantizar una alta disponibilidad. Está prevista la conexión del Centro de Gestión con el ordenador de gestión de los servicios centrales, para posibilitar la transferencia de información.

### **(D) Instalaciones Fijas**

Paneles informativos, cámaras de vídeo. Instaladas en lugares fijos y estratégicos de la ciudad, por concurrir en ellos un número apreciable de paradas de las diferentes líneas de autobús, están en comunicación directa con el Centro de Gestión, que actúa de centro de control.

### **3.8 “GPS” en los taxis**

Mediante el sistema GPS, el ordenador de abordo va registrando todo el recorrido hasta el final para fijar con precisión la distancia recorrida por el vehículo y, por tanto, la tarifa que debe pagar el cliente. Además, este ordenador permite también el pago con tarjeta de crédito y la expedición de facturas, lo que reducirá notablemente la posibilidad de fraude. No obstante, el GPS pierde la señal al introducirse en los pasos subterráneos, y luego el contador registra un salto de golpe cuando sale al exterior.

Otro de los aspectos que aportará el GPS, y que ya ha sido probado con éxito, es el de la seguridad, ya que el sistema permite tener localizado al vehículo en todo momento y, en caso de peligro, emitir una señal de aviso. El proyecto dotará a los taxis de un único Terminal, llamado Galileo, para la conexión a un centro servidor de colecta y telecarga con las aplicaciones necesarias para toda la operación de autorización y verificación de las transacciones. El Terminal podrá emitir facturas en diferentes idiomas y las actualizaciones de tarifas se podrán realizar en un futuro automáticamente gracias al GPS. Además, está previsto que se vayan incorporando nuevas funcionalidades, que permitan ofrecer más servicios tanto a taxistas como a usuarios.

#### **3.8.1 El sistema de pago de taxis**

El Terminal permitirá pagar la carrera con tarjetas de crédito, aumentará la seguridad de los taxistas y contribuirá a reducir el fraude en el sector.

Acaba de homologarse un Terminal de nueva generación que va a cambiar por completo el concepto tradicional de tomar un taxi, ya que permitirá pagar la carrera con cualquier tarjeta de crédito.

No sólo eso, el sistema Galileo integra además un taxímetro, un GPS y un teléfono móvil. El Terminal emite además un recibo en varios idiomas, y habla. Para los taxistas, este sistema puede representar un aumento de la seguridad, ya que gracias al GPS, será más fácil localizarlos en caso de emergencia. *First Data*, la empresa creadora de Galileo, espera empezar a instalar terminales en octubre del 2003, cuando finalice el actual periodo de pruebas.

### **3.8.2 Mejor servicio de taxi**

El dispositivo facilita asimismo la gestión de flotas. Las asociaciones de taxistas podrán aumentar su efectividad, y por tanto mejorar el servicio ahorrando tiempo y dinero a los clientes, al saber en todo momento dónde se encuentran los coches libres más cercanos al lugar donde se pretende iniciar el servicio.

### **3.8.3 Automatización del cambio de zona o tarifa**

Este sistema automatiza además el cambio de tarifa, ya sea por pasar de una zona a otra o para aplicar modificaciones oficiales de precios. El GPS que incluye el Terminal identifica el cambio de zona y permite actualizar las tarifas simultáneamente en todos los taxis desde un centro de gestión.

### **3.8.4 Control del fraude**

El Terminal Galileo, que fabricará en exclusiva la empresa española *Intelligent Data*, emitirá una factura en español, inglés o francés de cada carrera, independientemente del medio utilizado para pagar, en la que figurarán el número de kilómetros recorridos, la hora y lugar de recogida y destino del usuario, el número de licencia del conductor y el precio final con cada suplemento claramente desglosado, lo que facilitará las reclamaciones y dará mayor seguridad a los pasajeros frente al cobro fraudulento de servicios. Además, el Terminal, que incluye una interfaz de voz, permitirá a los invidentes o extranjeros escuchar todos estos datos en tres idiomas.

### **3.8.5 Servicios adicionales**

Por si fuera poco, el sistema incluye también un teléfono para el pasajero y manos libres para el conductor con todas las características (voz, SMS, etc.) de un móvil convencional. Se espera incluir otros servicios de valor añadido para el cliente en una segunda fase, como la realización de reservas en restaurantes u hoteles, o la compra de entradas, la recarga de móviles, etc. Para los bancos, el negocio no se limita a la operación de pago con la tarjeta, de la que se embolsan el 2,5 de cada transacción, sino que además se aseguran que los taxistas tengan cuentas en sus entidades.

### **3.9 Evitar los atascos de tráfico**

La experiencia de navegación en automóvil podrá revolucionarse mediante información móvil exterior accesible por el satélite. Los beneficios son información de tráfico al día, respaldo ilimitado y servicios de bases locales. Webraska proveedor de bases de servicios locales y software telemático, está trabajando con la Agencia Espacial Europea (ESA) para desarrollar un sistema llamado Base Internet de Navegación Distribuida (IBDN). El servicio ofrecerá a los usuarios finales detallada información de navegación en tiempo real sobre dispositivos móviles. Información de ruta se ofrecerá mediante un prontuario de direcciones de viaje calle por calle a automóviles, transporte público y peatones. Información al día y en tiempo real de las condiciones de tráfico se ve en un mapa en el dispositivo del usuario final el cual incluye mensajes de voz.

El sistema es compatible con los dispositivos móviles como los teléfonos inteligentes y PDAS que apoyan Windows y Java. La conexión Internet simple, vía satélite transmite los datos, comprimidos en 10 kbytes. Están disponibles varios servicios incluyendo: direcciones entre dos puntos; búsqueda espacial, que proporciona una serie de destinos de la base de datos, clasificados por tiempo de jornada, desde el punto de la salida del usuario; mapeo, que proporciona en la pantalla del teléfono, planos alrededor de un punto definido y una determinada posición, y brinda una breve lista de nombres de calles del área. Puede alertar a los motoristas cuando hayan realizado un giro equivocado.

IBDN supera las limitaciones de las redes actuales. Los beneficios incluyen exactitud de posición comparada a ID celular y cobertura de servicios mejorado con respecto a GSM. Las ediciones vagas que ocurren cuando un usuario viaja fuera de su casa y conecta con una red de computadoras, pueden resolverse. Estará disponible un mayor ancho de banda, por lo que los usuarios pueden transmitir más datos rápidamente.

### **3.10 Antena multi-propósito en vehículos**

Un nuevo sistema de antena de vehículo permitirá a los fabricantes combinar telecomunicaciones y aplicaciones de la navegación más un organizador de servicios multimedia en un solo dispositivo. La antena habilitará el uso de PCS, PDAS (los Ayudantes Digitales Personales), incluidas consolas y pantalla en automóvil así como los sistemas de bocinas. Estos dispositivos podrán recibir el volumen en banda ancha como audio video digital, así como facilitar el intercambio de grandes cantidades de datos. Aplicaciones de medios de comunicación como el video en demanda también serán posibles.

La antena también proveerá base a servicios de navegación. Los signos receptores de posiciones de satélites como el Sistema del Posicionamiento Global, GPS, Galileo y EGNOS proporcionarán información precisa sobre navegación en la localidad. El dispositivo también provee a los sistemas móviles de telecomunicación de prontuario de servicios de satélite con base a redes de telecomunicaciones en tierra. La compañía suiza Jast está desarrollando una antena multi-banda que proporcionará una plataforma de servicios de comunicación comercial. El sistema apunta principalmente a navegación y sistemas de comunicación para automóviles y barcos, pero también incluirán las necesidades de trenes y aviones.

Jast, empresa fundada por la Agencia Espacial Europea, ESA, ha completado la primera fase del proyecto. Tomando en cuenta las principales aplicaciones comerciales que la antena podrá proporcionar.

Los proveedores de servicio, diseñadores de sistema de satélite móviles así como los fabricantes del vehículo podrán usar la tecnología. El operador de satélite *Worldspace* actualmente realiza ensayos de resolución de la antena de Jast en los sistemas de Europa por medio de S-DAB, Satélite de Transmisión Audio Digital, ya se ha contactado a varios fabricantes de automóvil para desarrollar los dispositivos para la distribución postmercadeo.

### **3.11 Navegando en la ciudad**

Una nueva técnica para navegación urbana, suburbana, e interior usa GNSS para inicializar y periódicamente corregir un sistema de sensor inercial. Esto reduce el consumo de energía significativamente en un dispositivo de posicionamiento portátil, y proporciona las posiciones exactas a manejar por usuarios ambulantes durante 10 a 20 minutos en lo que GNSS arregla la posición.

Un sistema de navegación que funciona dentro de un dispositivo portátil como el ayudante digital personal, PDA, o un teléfono móvil debe ser pequeño, barato, y de baja potencia. Un chip GPS cumple los dos requisitos primeros, pero no con el tercero ya que el funcionamiento continuo con una sola carga de batería, reduce rápidamente el tiempo de operación del dispositivo portátil. Además, GPS no está disponible para aplicaciones internas, es actualmente de poca exactitud y fiabilidad en ambientes urbanos.

GPS solo ayuda a un sistema de la navegación inercial económico, para superar estos problemas parcialmente. Actualmente se desarrolla un dispositivo portátil que podría usarse en automóvil, y en recorridos a pie para obtener navegación continuada. Debido a espacio, costo, y requisitos de energía, el sistema de sensores micro electro-mecánico, MEMS, suministran una opción para tal dispositivo portátil. Ya están disponibles en el mercado en volúmenes grandes: sensores pequeños, brújulas, acelerómetros, y barómetros y la tecnología giroscopios MEMS continúa evolucionando, proporcionando nuevos y mejores modelos.

Usando MEMS en el sistema de la navegación inercial, SIN, se reduce significativamente el consumo de energía en el dispositivo. Aunque los sensores de MEMS típicos no pueden realizar la integración directa, doble de aceleración para posicionar, y así exige a la aplicación constreñir movimientos para obtener resultados comparables a las soluciones de GPS, tal sistema de navegación vehicular y pedestre combinada proporciona exactitud relativamente buena. En ambos modos, algoritmos especiales cubren posiciones típicas dónde GPS no puede usarse sin apareamiento de errores en tiempo relativamente pequeño. En un vehículo, dividiendo el cálculo de la navegación en partes según las reducciones de las paradas detectadas la tasa de crecimiento de error típico ilimitado INSS. A cada parada del vehículo, el sistema realiza una nueva inicialización. En la navegación pedestre, el sistema usa algoritmos de reconocimiento de paso y agrega una longitud de paso estimada con derrotero conocido respecto a la posición anterior estimada.

### **3.12 Seguimiento de vehículos con cargas valiosas o peligrosas**

Implementa innovadoras técnicas para monitorear vehículos de carga, mediante un satélite reforzado que posiciona datos ha ser recibido en los dispositivos portátiles. Los propietarios de flotas de carga, clientes de transporte y autoridades locales pueden usar el sistema para rastrear y supervisar con precisión y continuamente el movimiento de mercancías de transporte peligroso o valioso en tiempo real. La comunicación directa entre los vehículos de transporte y los centros administrativos de las empresas fleteras permite recibir mensajes en el caso de desviación de rutas programadas u ocurrencia de eventos anómalos.

Esta técnica es consolidada por **ESA** y se ha desarrollado en cooperación con **Telespazio**. Funciona permitiéndoles el acceso directo a los usuarios a signos de **EGNOS** que contienen la información sobre la fiabilidad y exactitud de los signos del posicionamiento enviados por **GPS** y **GLONASS**. Además del sector de transporte seguro, EGNOS TRAN se usa también en la seguridad personal, RECLUTAS (Sistemas de Información Geográficos) las aplicaciones y mando de tráfico de aire.

### **3.13 Navegación satelital en las vías férreas**

Integral, ha desarrollado un sistema que usa la información de bases de navegación por satélite para la señalización y dirección de tráfico de vías férreas. Los datos de navegación vendrán del Servicio de Cubierta de Navegación Geostacionario Europeo, EGNOS, permitiendo decisiones autónomas y fiables de posición del tren, velocidad y mando bajo prácticamente cualquier condición medioambiental.

También apoyará la dirección de tráfico ferrocarril. Una unidad móvil se instala a bordo del tren. Esta unidad incluye un receptor de Sistema del Posicionamiento Global GPS/EGNOS, una interfaz estándar al suministro de poder del tren y odómetro, sensores suplementarios que permiten posicionar en cuenta-muerta cuando GPS/EGNOS esta oculto, una base de datos digital, una unidad de comunicación, una unidad del procesamiento y software.

### **3.14 Navegación segura en los fiordos**

La Supervisión de operaciones marinas en las extensiones lejanas del litoral traicionero de Noruega podría hacerse simple y exacta. Una nueva técnica proporcionará a las autoridades valiosa información para rastrear naves y carga. La técnica permitirá obtener datos del Servicio de Cubierta de Navegación Geoestacionario Europeo, EGNOS bajo prácticamente cualquier condición y en particular a bordo de las naves. El sistema permitirá a la policía, a funcionarios de aduana, el ejército, centros de búsqueda y rescate así como autoridades costeras y del puerto, supervisar el tráfico en sus aguas territoriales. Embarcaciones reciben señales de satélite, con el apoyo de ESA, el Kongsberg-Seatex de Noruega ha desarrollado una nueva técnica dónde la señal de EGNOS es retransmitida a los usuarios marítimos mediante el Sistema de Identificación Automático, AIS, pronto será obligatorio para la mayoría de las embarcaciones. El sistema mostrado en Trondheim apunta a superar la disponibilidad reducida de señales en algunas áreas debido a la existencia de obstrucciones físicas o presencia de latitudes altas. Los vacíos en la cobertura se superan usando la técnica de la Red Regional Terrestre Aumentada EGNOS TRAN. En tanto existen varias aplicaciones, incluyendo aviación civil, camino y transporte marítimo. La infraestructura será de beneficio ya que proporciona la identificación del barco de forma automática.

La cobertura geográfica y la exactitud de la posición superan al radar. Con la coordinación perfeccionada y el sistema de guía de tráfico de naves puede evitarse colisiones y catástrofes medioambientales con mayor facilidad. Adicionalmente, la información sobre clima y condiciones del agua, sobre seguridad y planes de navegación pueden ser transferidos electrónicamente.

### **3.15 Autonomía para las personas ciegas**

Tormes ha desarrollado un sistema basado en GPS para guiar a las personas ciegas. El sistema "Tormes", nombrado así, en homenaje a un español del siglo XVI, es una computadora con un teclado Braille y tecnología de navegación de satélite que proporciona direcciones verbales. Este navegador personal proporcionará ruteo y una guía de información. La exactitud dada por GPS no es precisa para esta aplicación. ESA desarrolló una nueva opción: basada en EGNOS, Servicio de Cubierta de Navegación Geostacionario Europeo. EGNOS corrige la señal y proporciona una exactitud de 2 metros ha cambio de sólo 15 a 20 metros de GPS. También alerta a los usuarios sobre cualquier problema con la señal, ofreciendo información integral. EGNOS se transmite a tierra vía satélites geostacionarios, a veces la señal es bloqueada por los edificios. Provocando el efecto del cañón. Para resolver este problema, ingenieros de ESA tienen la idea de enviar los datos a Internet vía conexión de GSM, un proyecto llamado SISNET, Señal en el Espacio a través de Internet. Esto hace accesible la señal de EGNOS en cualquier lugar del centro de la ciudad. Las personas ciegas con este dispositivo podrían distinguir las calles.

### **3.16 Helicópteros salvando vidas**

El Servicio de Emergencia por helicóptero se ocupará de evacuaciones de emergencia y transporte Inter.-hospital en Europa. La información de la navegación mejorada de EGNOS podría reducir la cancelación de vuelos debido al tiempo adverso. Aunque la mayoría de los helicópteros modernos tiene capacidad de Vuelo Instrumental éste normalmente no se usa porque no se adaptan a las características de vuelo.

La mayoría de las operaciones médicas todavía se realizan bajo las Reglas del Vuelo Visuales, VFR. Cuando la visibilidad es reducida, por mal tiempo, el uso de VFR incrementa los factores de riesgo en las operaciones médicas por helicóptero. Cualquier sistema de aterrizaje de helicóptero debe proporcionar ayudar en condiciones de aterrizaje difícil como lo es en cuevas empinadas en cuyo caso el helicóptero utiliza patas múltiples. EGNOS proporciona este principio fuera del sistema convencional de Aterrizaje al apoyarse en el Sistema de Satélite de Navegación Global, GNSS. Ensayos han demostrado buena calidad de señal EGNOS aun en condiciones de ambiente electromagnético, que afecta el giro de las aspas de los helicópteros y provoca otros efectos ocultos. El receptor facilita orientación precisa, en casos de conducción manual o pilotaje automático, con éxito. Al instalar el sistema IFR a los helicópteros, EGNOS proporciona beneficios reales a los Servicios de Emergencia. Reduce el ruido a nivel de tierra, y es más seguro volar en las condiciones de tiempo adversas. Un servicio más fiable con menos vuelos cancelados significa más vidas salvadas.

### **3.17 Doctores a distancia vía satélite.**

La tecnología ESA telemedicina permite a los médicos especialistas realizar consultas a distancia con pacientes a centenares de kilómetros. La alta resolución de imágenes de video enviadas vía satélite ha convertido tele consultas un procedimiento de rutina en buena parte de Europa. las Agencias involucradas con tele consultas de satélite iniciaron en 1996, cuando ESA proporcionó un sistema de comunicación de satélite para unirse a los hospitales italianos con un hospital de campo en Sarajevo, Bosnia, habilitando tele consultas tanto a pacientes civiles como militares - también videoconferencias en vivo o la transmisión de datos de pacientes por multimedia para diagnóstico posterior.

Accediendo a la experiencia de médicos especialistas localizada a centenares de millas de distancia, se redujo el sentimiento de aislamiento profesional percibido por los doctores médicos en el hospital de campo, en particular al enfrentar problemas que eran nuevos a ellos. Después de seis años de extendida, una red de Euromednet opera todavía en una base ESA y proyecta habilitar un servicio de Tele centro, RCST, llevando tele consultas a lugares remotos de Canadá. La experiencia ha permitido la aplicación permanente del Proyecto "SmartLabrador", una red satélite terrestre híbrida que proporciona los servicios de red de banda ancha a 26 comunidades en el área rural de Labrador. Hoy una variedad de servicios de tele consultas se proporciona a través de la red, incluso clínicas de autismo y tele psiquiatría.

### **3.18 Supervisión médica remota de pacientes**

Sitios aislados móviles como aviones y barcas pueden también beneficiarse con tele consultas. Dado que aviones y barcos llevan a más pasajeros aumenta la posibilidad de que ocurra una emergencia médica durante los viajes. Un proyecto llamado Tecnologías Marinas Interactivas de Satélite ofrece servicios de enfermería inalámbrica a un superferry canadiense. Durante 2002 se llevaron a cabo 23 tele consultas entre la barca y el hospital de Terranova, incluyendo cuatro consultas de emergencia vivas. Otro proyecto ESA telemedicina llamado TelAny, *Telemedicine Anywhere*, se implementó el año pasado, uniendo barcas noruegas al hospital de Onshore. Otro programa de TelAny permitió a cardiólogos italianos supervisar la salud de cinco pacientes del corazón con marcapasos remotamente.

#### **3.18.1 Revisión remota de signos vitales**

Datos de sensores implantados fueron grabados con un lector y luego transmitidos a un PC por medio de un módem satelital, poniéndose a disposición del doctor en 30 segundos. Cada paciente era libre continuar su vida normal, en tanto sólo tenía que visitar el hospital si su doctor lo pedía. Debido al aumento de la proporción de personas mayores en Europa, tales supervisiones remotas de pacientes crónicos podrían volverse un elemento significativo de la prevención del cuidado de la salud, en personas de la tercera edad de los suburbios de Europa. A pesar del gran potencial, la telemedicina en general y la vía satélite en particular todavía están en fase inicial.

Resumen de aplicaciones del programa de Telemedicina:

- telemedicina y el anciano;
- telemedicina en alivio de desastres y emergencias;
- telemedicina para los hospitales en las áreas remotas;
- tele consultas, segunda opinión y aspectos reguladores;
- telemedicina, educación médica e investigación clínica;
- desarrollo de tecnología de telemedicina en las comunicaciones del satélite.

### **3.19 Las aplicaciones en Guatemala**

En nuestro país el uso de estos aparatos y aplicaciones, GPS, se presenta aproximadamente en la década de los noventas, a partir de esa fecha empiezan a surgir una serie de empresas dedicadas al soporte y asesoría en implementación de Sistema de Información, GIS.

En Guatemala el uso de aplicaciones utilizando el Sistema de Posicionamiento Global, GPS, cada día es más fuerte, aunque restringido solo a algunos campos de la ciencia.

Actualmente podemos encontrar empresas en Guatemala dedicadas a desarrollar y fomentar el uso de aplicaciones utilizando los sistemas de posicionamiento global, GPS. Algunas de ellas cuentan con el soporte y representación ESRI, la empresa líder a nivel mundial en desarrollo de software y aplicaciones GIS; TRIMBLE, empresa líder en la fabricación de equipos GPS de alta precisión; y ERDAS, empresa líder en el manejo y análisis de imágenes de satélite y sensores remotos.

Las aplicaciones que desarrollan dichas empresas son:

- implementación de Sistemas de Información Geográfica (GIS);
- sistema de Posicionamiento Global (GPS);
- análisis de Imágenes Satelitales y Fotogrametría;
- gestión de Bases de Datos;
- topografía;
- generación de Mapas Temáticos inteligentes (ITM);
- redes Geodésicas;
- catastros.

Productos y servicios:

- venta de imágenes de satélite, radar y fotografía aérea;
- asesoría y venta de imágenes;
- procesamiento de imágenes;
- fotocomposición;
- ortorectificación;
- clasificación;
- modelos Digitales del Terreno.
- elaboración de Mapas Digitales;
- mapas Temáticos (GPS) Construcción de Mapas Temáticos y levantamientos topográficos vías GPS;
- georeferenciación de Mapas, Imágenes y Datos Geográficos;
- geocodificación de Direcciones a puntos geográficos;
- bases de Datos Geoespaciales de Guatemala;

- aplicaciones para Windows CE Aplicaciones para POCKET PC, integración con GPS, Boletas Electrónicas para captura de datos, etc.;
- capacitación en productos GIS: ARCVIEW, ARCINFO, ARCIMS, Extensiones ARCGIS, Cartografía, etc.

Es importante observar que en nuestro país la aplicación no se encuentra muy diversificada, restringiéndose a un más al campo de la geodesia y topografía. A continuación se presenta un breve listado de algunos ejemplos que las empresas guatemaltecas han otorgado servicios aplicando la tecnología, GPS:

- estudio de superficie de la comunidad Quetzal II, Nentón, Huehuetenango mediante tecnología GPS, febrero del 2000;
- levantamiento GPS del catastro agrícola de la finca San Buena Aventura, en Petén. Enero del 2000;
- geoposicionamiento de la finca El Soch, Chicamán, Quiché. Secretaría de la paz Presidencia de la Republica. Enero del 2000;
- geoposicionamiento de detalle con tecnología GPS diferencial de fincas Cañeras en el Ingenio de la Unión, Escuintla. Noviembre 1999;
- levantamiento catastral topográfico de unificación de 150 inmuebles en el complejo portuario Santo Tomas de Castilla, Puerto Barrios, Izabal. Septiembre 1999;
- estudio de superficie con tecnología GPS conflicto finca Santa Victoria. Comunidad de Concepción en Sololá. Febrero de 1998;
- levantamiento GPS del uso actual de la finca los Quezquezques en San Juan Sacatepéquez, propiedad de Agroindustrial Magna. S.A. agosto 1999;
- levantamiento GPS del catastro agrícola de la finca San Agustín en Patulul. Propiedad de San Sebastián S.A. abril 1998.

Con el sistema EGNOS concluido en su totalidad, Guatemala podría verse beneficiada en la prestación de servicios públicos principalmente en los campos de la salud, agricultura, los medios de transporte, infomovilidad y otras aplicaciones. Todo dependerá del nivel de importancia y conocimiento sobre las bondades que EGNOS ofrece a las sociedades modernas y las políticas de planificación y desarrollo a mediano y largo plazo que contemplen su aplicación para beneficio de las poblaciones urbanas y rurales.



## **4 EL SISTEMA GALILEO**

Galileo es una iniciativa de la Unión Europea “UE” y de la Agencia Europea del Espacio “AEE”, destinada al desarrollo, implantación y operación de un avanzado sistema de navegación por satélite, de titularidad civil y cobertura global. Galileo es el segundo paso de Europa en el campo de las tecnologías de navegación por satélite. El primero es el servicio de aumento “EGNOS”, promovido por el Grupo Tripartito, que incluye a la comisión Europea, a la AEE y a Eurocontrol.

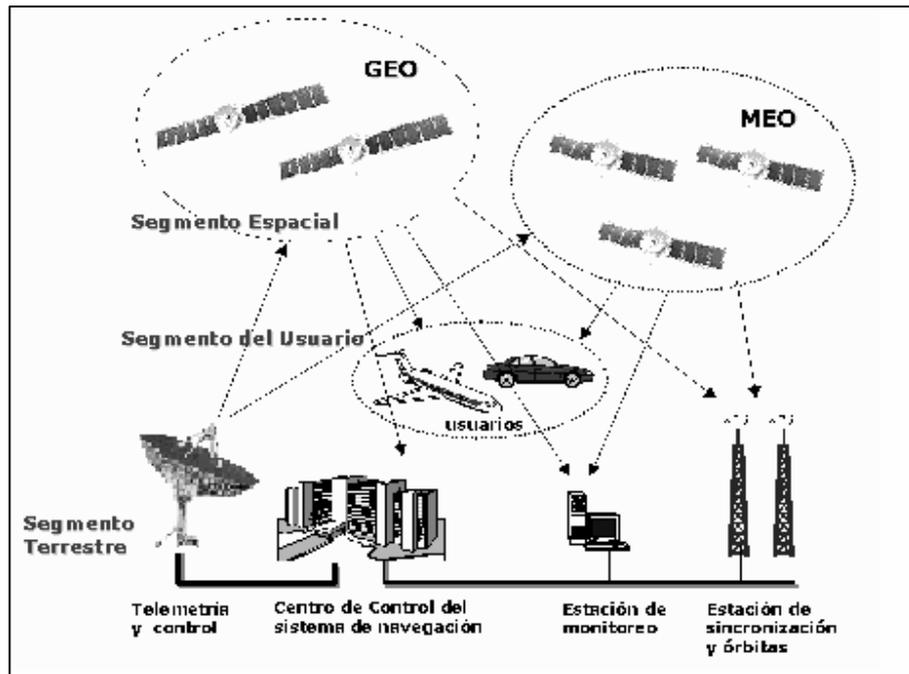
EGNOS permite mejorar las prestaciones de los sistemas militares existentes, GPS y GLONASS, sobre su área de cobertura. Galileo, con sus 30 satélites, repartidos en tres órbitas circulares de entre 22.000 y 24.000 Km. de altitud, distribuirá señales de navegación por satélite a usuarios de todo el mundo. La infraestructura de tierra para Galileo incluirá una red de estaciones de vigilancia, así como los sistemas de control y las estaciones de tierra asociadas a la operación de los satélites. Galileo se diseñará con una arquitectura abierta, interoperable con el sistema GPS y dispuesta para la incorporación de sistemas de aumento, de acuerdo con los requisitos de servicio que definan. Se entiende por interoperable que un receptor Galileo podrá explotar simultáneamente las señales recibidas de los satélites Galileo y GPS.

Los satélites Galileo, con un peso total aproximado de 600 Kg. con una carga útil aproximada de 110 Kg. y un consumo de potencia de 1.7 Kw., serán capaces de entregar la señal hacia la tierra con más potencia que la señal del sistema GPS, lo cual permite que la señal de Galileo sea menos interferible. El gran reto del sistema Galileo será la sincronización entre los satélites y las terminales en tierra. Galileo empleará relojes atómicos de cesio en tierra, en contraste con GPS que utiliza estos relojes en sus satélites. Los satélites de Galileo estarán equipados con relojes de rubidio, que permiten precisiones en el orden de nanosegundos. El cálculo orbital será llevado a cabo en tierra.

#### **4.1 Diseño del sistema**

La propuesta para Galileo está basada en una constelación de satélites de órbita media “MEO” y satélites geoestacionarios “GEO”, combinados con la apropiada infraestructura terrestre y sistemas de soporte. El segmento espacial incluye la constelación de satélites que proveen las señales a los usuarios. El segmento terrestre consta de las estaciones de telemetría y control requeridas para subir y recibir datos de los satélites Galileo; por otra parte, el centro de control de satélites es responsable de monitorizar y controlar cada uno de los satélites.

**Figura 8:** Muestra los componentes del sistema GALILEO.



El segmento misión comprende las diversas aplicaciones y sistemas necesarios para administrar y controlar el sistema. El segmento misión abarca Estaciones Centrales Maestras de Control “MCC”, Centros de Control e Integridad “ICC”, Estaciones de Sincronización y Orbitografía “OSS” y Estaciones Supervisoras de Integridad y Telemetría “RIMS”.

El “MCC” desempeña las siguientes tareas: generar todos los parámetros de referencia a ser usados por el sistema (tiempo, parámetros de sincronización, calendarización), monitorizar, validar y controlar las otras partes del segmento; archivar datos; evaluar y monitorizar el desempeño del sistema; administrar el sistema de navegación de Galileo.

Más allá del “MCC”, el “ICC” monitoriza y valida el desempeño de las señales de los satélites Galileo en el espacio, usando datos de las estaciones de control y medición, tales como el “RIMS” y “OSS”. El “OSS” forma una red global de estaciones que proveen datos que permiten computación a bordo de ephemeris, posiciones orbitales de los satélites, y parámetros para sincronizar los relojes de los satélites Galileos con el tiempo de Galileo. Los “RIMS” son estaciones remotas que actúan como sitios de colección de datos de la señal en el espacio. El segmento del usuario comprende los diferentes tipos de receptores encargados de procesar las señales de los satélites Galileo y de otros sistemas como el EGNOS, GPS y GLONASS.

## **4.2 Beneficios de Galileo para el usuario**

A continuación se describen los beneficios que prestara el sistema Galileo una vez concluido, los cuales abarcan la prestaciones, regiones de servicio, clases de servicios, responsabilidad, garantía del servicio, sus servicios de valor añadido y la compatibilidad e interoperabilidad.

#### **4.2.1 Prestaciones**

Las prestaciones de Galileo superarán a las actualmente proporcionadas por el servicio de posicionamiento de acceso libre ofrecido por GPS en la actualidad. La precisión en la solución de navegación será, para todos los usuarios, de unos pocos metros.

#### **4.2.2 Regiones de servicio**

Galileo será un sistema global, que proporcionará sus servicios en todo el mundo. Su arquitectura abierta permitirá desplegar sistemas de aumento regionales para satisfacer los requisitos de los usuarios en diversas regiones.

#### **4.2.3 Clases de servicio**

Galileo ofrecerá al menos dos servicios diferentes. El servicio básico será de uso público y gratuito. Además se ofrecerá un servicio adicional de acceso controlado “SAC” con garantías de continuidad y calidad especiales, que estará disponible únicamente para usuarios registrados.

#### **4.2.4 Responsabilidad**

Los usuarios del servicio de acceso controlado se beneficiarán además del respaldo de cláusulas de transferencia de responsabilidad que limitarán sus riesgos comerciales en caso de fallo del servicio.

#### **4.2.5 Garantía del servicio**

Las aplicaciones críticas en seguridad son aquellas en la que un fallo inadvertido del sistema puede causar un riesgo fatal (por ejemplo en la aviación civil). Las aplicaciones críticas en seguridad requieren superar un proceso de certificación y normalización internacional. Gracias a su carácter civil, a sus prestaciones mejoradas y las garantías ofrecidas sobre el servicio, Galileo será capaz de cumplir estos exigentes requisitos.

#### **4.2.6 Servicios de valor añadido**

Galileo permitirá el desarrollo de nuevas aplicaciones de valor añadido basadas en la combinación de una señal de tiempo y posicionamiento garantizada con otras tecnologías de comunicaciones móviles. La mejora de las prestaciones permitirá asimismo el mayor desarrollo de otras ya existentes en la actualidad.

#### **4.2.7 Compatibilidad e interoperabilidad**

Galileo proporcionará, junto con un renovado GPS, el futuro Sistema Global de Navegación por Satélite, GNSS. Galileo y GPS serán sistemas independientes, pero totalmente compatibles e interoperables con objeto de proporcionar el mayor beneficio a los usuarios. La combinación de ambas señales resultará crucial para alcanzar los niveles de prestaciones requeridos por algunas aplicaciones.

### **4.3 Aplicaciones de Galileo**

El sistema Galileo beneficiará a toda la comunidad Europea con una gran variedad de aplicaciones que abarcan la mayor parte del mercado mundial, en donde se encuentran los transportes carreteros, la infomovilidad la aviación civil, los sectores marítimos y ferrocarrileros entre otras aplicaciones que se describen a continuación.

#### **4.3.1 El mercado**

El mercado para los servicios basados en la navegación por satélite es enorme, no sólo en volumen sino en variedad. Tan sólo el mercado europeo de equipos de navegación por satélite entre los años 2005 y 2025 se ha estimado en más de 90.000 millones de US\$. El mercado de servicios de valor añadido superará los 112.000 millones en el mismo período. Los sistemas de navegación por satélite serán piedra angular en la construcción de la futura Sociedad de la Información.

En los últimos años, han aparecido nuevas y prometedoras aplicaciones. El eje del mercado se ha desplazado desde las más tradicionales en aviación y navegación marítima, hacia las aplicaciones de transporte por carretera y de infomovilidad. Más del 77% del volumen de mercado está ya en este segmento. Las aplicaciones marítimas, ferroviarias y de aviación civil suponen un porcentaje mucho menor, pero la certificación de los servicios ofrecidos por Galileo hará aumentar su peso relativo.

#### **4.3.2 Transporte por carretera**

El tráfico rodado en todo el mundo está experimentando un incremento importantísimo, como resultado de la creciente demanda de movilidad y de los limitados recursos para adaptar adecuadamente la infraestructura de carreteras a la demanda. La conclusión lógica es la necesidad de implantar sistemas de gestión del tráfico basados en sistemas globales de posicionamiento y en servicios de comunicaciones complementarios a éstos.

En los sistemas de gestión de tráfico basados en la navegación por satélite, el conductor recibe información actualizada sobre el tráfico y el estado de las carreteras. Su navegador embarcado, empleando esta información, su propia base de datos, el destino seleccionado y las preferencias del conductor, determina la ruta y la velocidad óptimas.

En la gestión de flotas públicas y privadas, Galileo permitirá a los operadores supervisar la posición de su flota, regular la frecuencia de operación y planear ésta de manera dinámica.

El conocimiento preciso de la posición del vehículo permitirá implantar sistemas de emergencia en caso de siniestro que se convertirán en una característica común de todos los automóviles en el futuro.

### **4.3.3 Infomovilidad**

La interoperabilidad ofrecida por Galileo con otros sistemas de navegación existentes en la actualidad, por ejemplo GPS, permitirá mejorar substancialmente las prestaciones de los sistemas de navegación por satélite en áreas urbanas, donde se concentra la mayor parte de la demanda para las aplicaciones de localización. Galileo transformará el concepto de posicionamiento en el de gestión de la movilidad personal.

### **4.3.4 Aviación civil**

La combinación de la navegación por satélite con sistemas de comunicaciones adecuados ofrecerá rutas más cortas, accesos más rápidos a los aeropuertos mediante procedimientos de control de tráfico simplificados y, en definitiva, un uso más eficiente de los medios aeronáuticos y aeroportuarios.

Galileo permitirá operaciones de aproximación y aterrizaje en la mayoría de los aeropuertos cumpliendo los requisitos CAT-1, mejorando la seguridad del pasaje y reduciendo considerablemente el coste de la infraestructura en tierra.

#### **4.3.5 Sector marítimo**

En este sector, la navegación por satélite se utiliza en todas las fases de un viaje. Se utilizará también para el control de flotas pesqueras y para el seguimiento de contenedores, lo que representa un excelente ejemplo del carácter multimodal de Galileo.

#### **4.3.6 Ferrocarriles**

El mercado de aplicaciones ferroviarias está aún poco desarrollado. Sin embargo, el potencial es enorme si se pueden garantizar las prestaciones. Tanto la gestión de la flota, como el control de la señalización y de la propia red se beneficiarán de Galileo.

#### **4.3.7 Otras aplicaciones**

La navegación por satélite se utiliza también en campos tan distantes del de transporte como la agricultura, donde permite optimizar el uso de fertilizantes y pesticidas y maximizar la cosecha, en una técnica conocida como "cultivo de precisión".

El posicionamiento preciso juega un papel vital en las prospecciones petrolíferas y en la explotación y operación de plataformas marinas, así como para la delimitación precisa de concesiones.

Las aplicaciones en geodesia y topografía están ya muy extendidas. Las tecnologías satelitales, con el uso de técnicas de mejora, pueden determinar por ejemplo las deformaciones de una presa con precisión submilimétrica.

Los satélites no sólo proporcionan información de posición, sino también una señal de tiempo universal muy precisa. Su uso como base de tiempos para la sincronización de redes de comunicaciones y como base de frecuencias para plantas de energía está creciendo muy rápidamente.

#### **4.4 Financiamiento de Galileo**

La ejecución del financiamiento asignado al proyecto Galileo será verificado por medio de una comisión Europea, bajo los principios de funcionamiento de la Asociación Pública Privada.

##### **4.4.1 El concepto de la Comisión Europea**

Galileo proporcionará un servicio básico de acceso gratuito, tal y como está previsto para GPS en la actualidad. En estas condiciones, es obvio que Galileo no podrá financiarse recurriendo exclusivamente a la inversión privada. Como sucede con un cierto número de proyectos en el contexto de Redes Transeuropeas, será necesaria una importante financiación pública.

En particular, durante las fases de definición, pruebas y validación, durante las que se realizará el diseño y el desarrollo de la infraestructura necesaria, la financiación pública será crítica. La Comisión Europea y la AEE han establecido, por tanto, un plan de financiación con tres claves:

- importante apoyo público europeo, a través de los presupuestos de la UE (programa TEN) y del programa Galileo SAT de la AEE;
- definición de las acciones legislativas que permitan obtener ingresos estables;
- desarrollo de una Asociación Público Privada (APP) para obtener la financiación complementaria necesaria.

#### **4.4.2 La Asociación Público Privada (APP)**

El concepto de APP normalmente implica la participación de entidades privadas en la prestación de un servicio público que ha sido normalmente proporcionado por los gobiernos. Dada la amplia variedad de situaciones sociales y políticas en Europa, esta asociación puede tomar diferentes formas:

- el sector privado opera infraestructuras públicas;
- el sector privado establece, posee y opera infraestructuras que transfiere al sector público;
- el sector privado anticipa los fondos necesarios para implantar la infraestructura;
- el sector privado proporciona un servicio público como un subproducto de otros servicios de valor añadido.

Muchos de los esquemas de APP se implantan por medio de una "Compañía de Propósito Especial" (CPE), creada por los inversores estratégicos. Con la creciente presión presupuestaria, algunos de los gobiernos europeos se sienten especialmente atraídos por la posibilidad de obtener financiación privada para el proyecto.

La prestación de un servicio público puede ofrecer oportunidades para el sector privado de generar negocios adicionales, permitiendo a éste proporcionar el servicio público a un coste inferior. En muchos casos, el sector público también se beneficia directamente de la explotación de los beneficios adicionales.

#### **4.5 Calendario de Galileo**

De acuerdo con el plan actual, Galileo entrará en operación en el año 2008, comenzándose a emitir señales de navegación en el 2005. Como quiera que el tiempo de puesta en servicio sea crítico para el éxito comercial de Galileo, el plan de validación y pruebas en órbita, que se realizará sobre un número de satélites entre 3 y 5, se solapará con la producción en serie y el despliegue de la constelación.

#### **4.6 Cooperación internacional**

Hay un consenso claro con los Estados Unidos de Norteamérica sobre el hecho de que dos sistemas independientes, GPS y Galileo, mejorarán la robustez y las prestaciones del sistema global de navegación por satélite, y podrán proporcionar un medio primario de navegación en aplicaciones críticas.

Además, Galileo, por su arquitectura abierta permite la extensión de los servicios de acceso controlado a otras áreas geográficas. Existen diferentes modalidades de cooperación, que van desde la participación en el despliegue del sistema global hasta el puro desarrollo de aplicaciones de valor añadido sobre el servicio de navegación básico. En cualquier caso, para permitir la operación del sistema es necesario alcanzar un consenso global en la extensión del espectro asignado a los servicios de radionavegación por satélite.

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, WRC-2000, se acordó la asignación de frecuencias adicionales en las bandas C y L a este servicio para permitir el despliegue completo de un sistema de navegación global por satélite constituido por diversos sistemas independientes, pero complementarios, capaces de proporcionar las redundancias requeridas para alcanzar las prestaciones demandadas por los usuarios. La atribución a este uso de las frecuencias, que deberá ser confirmada en la próxima Conferencia Mundial WRC-2003, permitirá el despliegue del sistema en todo el mundo.

#### **4.7 Importancia del proyecto para la unión europea**

En el plano tecnológico: Galileo permitirá a Europa adquirir la independencia tecnológica que busca en este campo como la que ha sabido conquistar en otros con Ariane o Airbus. Sin Galileo, el desarrollo, e incluso la supervivencia, de las ramas europeas de las nuevas tecnologías estarían gravemente amenazados; con Galileo.

El avance técnico que lograrán las industrias europeas que participen en el proyecto les dará una ventaja competitiva considerable en el sector, pero también en numerosas aplicaciones derivadas.

En el plano económico: según diversos estudios efectuados, el mercado de equipos y servicios que generaría este programa se evalúa en torno a los 10 millardos de euros al año, al mismo tiempo que se crearían en Europa más de 100.000 empleos muy cualificados; a la inversa, la marginación europea de este sector llevaría a la desaparición en su día de numerosos empleos en las industrias electrónica, aeronáutica y espacial.

En el plano estratégico y político: una tecnología punta y una economía fuerte son, de entrada, bases fundamentales para la influencia y la capacidad de atracción de Europa en el mundo. Por otra parte, la Unión Europea se ha declarado claramente abierta a que los países terceros que quieran unirse al proyecto participen en la investigación, el desarrollo y la puesta en servicio industrial del proyecto Galileo, lo cual sólo puede redundar en un fortalecimiento de las relaciones y los intereses comunes con estos países, aparte de la posibilidad de elección que se ofrecerá al mundo entero.

#### **4.8 En la actualidad**

Actualmente existen 2 sistemas de localización por satélite, GPS, Estados Unidos, y GLONASS, Rusia, aunque este último ha dejado de ser plenamente operativo. Estos dos sistemas proveen actualmente la posición: altitud, longitud, elevación y tiempo exacto, a millones de usuarios alrededor del mundo.

A través de las señales que emiten sus satélites y el cálculo de coordenadas desde tierra a través de receptores provistos con relojes muy precisos. Otra de las características similares de estos dos sistemas es que ambos emplean cada uno 24 satélites ubicados en una órbita media de alrededor de 20,000 Km.

Pero a pesar de ello, ambos sistemas son incompatibles e ínter operables entre sí. Aunque GPS y GLONASS ofrecen sus señales a usuarios civiles, su operación sigue estando bajo el control militar. Ambos sistemas tienen las siguientes desventajas:

- son sistemas bajo control unilateral de una autoridad nacional de defensa;
- ausencia de garantías de servicio y de responsabilidad jurídica de terceros;
- los sistemas civiles tienen una prioridad más baja;
- baja disponibilidad en áreas urbanas y en regiones de altas latitudes del norte de Europa;
- la precisión es moderada para aplicaciones que requieren una rápida determinación de la posición;
- a los usuarios no se les informa inmediatamente de los errores que ocurren en el sistema;
- falta de visibilidad del futuro desarrollo y costes en un entorno comercial civil.

La localización por satélite está teniendo un gran auge hoy en día, y el sistema de Estados Unidos, GPS, ha sido el más utilizado, en gran medida porque los principales fabricantes de receptores operan exclusivamente con las frecuencias del sistema estadounidense. Hablar de localización por satélite es hablar de GPS, pero hay que tener en cuenta que GPS es tan sólo uno de los sistemas de localización por satélite que existen en la actualidad.

## CONCLUSIONES

1. El proyecto EGNOS, está destinado a crear el primer sistema de posicionamiento y navegación por satélite, concebido para necesidades civiles, tiene aplicaciones rentables y destinadas a multiplicarse en campos muy diversos, en el segmento espacial, el segmento terrestre y el usuario, con utilidad real tanto para los ciudadanos como para las empresas.
2. El sistema EGNOS no cabe duda proporcionará a Guatemala una oportunidad de acceder a un medio eficaz de posicionamiento global, cuya diversidad de aplicaciones en el campo civil, serán de gran utilidad tanto en el desarrollo científico tecnológico como económico y social. En el campo de la ciencia nuestro país se verá favorecido en cuanto al desarrollo de las ciencias geográficas, las que actualmente presentan un rezago considerable, fundamentales para el conocimiento y desarrollo del potencial de los recursos naturales, en bien de nuestro desarrollo económico. Innumerables servicios sociales, tales como la navegación, los sistemas de comunicación, salud pública y otros, serán más eficientes con los aportes del tal sistema.
3. EGNOS es vital para el porvenir de las industrias europeas de alta tecnología, que se beneficiarán de los importantes contratos derivados del proyecto y de un avance tecnológico esencial en la competencia mundial del mañana. Y también para Guatemala puesto que siendo un mercado de usuarios se beneficiaría con dichos servicios, que potencializarán al país en el marco de la globalización económica. Es crucial para Europa y el mundo entero poder elegir y no depender del monopolio actual del sistema americano GPS, menos avanzado, menos eficaz y menos seguro.

4. EGNOS no es caro, su montaje financiero no implica aportación alguna de los presupuestos nacionales sino que la inversión estará, totalmente, cubierta por el presupuesto de la Unión Europea.
5. EGNOS ofrece una precisión superior y constante gracias, especialmente, a la estructura de su constelación de satélites y de su sistema de repetidores en tierra, condición imprescindible para ciertas aplicaciones que requieren una garantía de precisión métrica, ya que, sólo así puede evitarse un choque a la entrada de un puerto o localizarse un vehículo robado, aunque se encuentre en un garaje.
6. Este sistema posee una fiabilidad superior ya que comporta un "mensaje de integridad", que informa, inmediatamente, al usuario de los errores que puedan aparecer, además de que ofrece una cobertura sin riesgos de las zonas difíciles.
7. EGNOS garantiza una verdadera continuidad de servicio público, que es indispensable en nuestras sociedades modernas, sobre todo, en relación con la responsabilidad contractual.

## **RECOMENDACIONES**

1. Por ser EGNOS un sistema en desarrollo que será concluido en el año 2008 con su segunda fase GALILEO, debe ser sujeto a nuevas investigaciones por parte de estudiantes de carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas con el fin de profundizar y familiarizarse con el, hasta llegar a desarrollar aplicaciones, tanto de software como hardware, que hagan posible la utilización de esta tecnología de punta en nuestro país.
2. Como ya se ha analizado en este trabajo de tesis, el servicio europeo de navegación por complemento geostacionario, EGNOS, se convierte en una herramienta indispensable para el desarrollo técnico científico de alta precisión en múltiples campos de las ciencias, por lo que se debe fomentar su estudio por parte de los estudiantes de las diferentes carreras a las que el sistema ofrece múltiples aplicaciones.
3. En el área académica, desde ya debe incorporarse el conocimiento de este sistema en redes y telecomunicaciones, en geografía, y sus aplicaciones en el desarrollo urbano, regional, arquitectónico, ingeniería civil, ciencias médicas y otros.
4. Impulsar a las empresas nacionales o internacionales a compartir sus experiencias técnicas científicas, así como las aplicaciones exitosas de GPS y/o EGNOS desarrolladas tanto en Guatemala como en países europeos.

5. Crear de un programa de capacitación donde se prepare a los profesionales guatemaltecos de distintas carreras en el dominio, aplicación y manejo de esta tecnología para que en un futuro cercano se aproveche en las diferentes ramas de la ciencia.
6. Organizar y desarrollar seminarios, foros y conferencias sobre los alcances y avances de EGNOS, donde participen representantes de los sectores gubernamentales, no gubernamentales, iniciativa privada y académicos, fomentando así el conocimiento de EGNOS como base para modernizar los sistemas públicos de transporte, salud, sector agrícola, otros.
7. Principalmente, el Estado Guatemalteco debe negociar con la Comunidad Económica Europea, cuanto antes, el acceso a este medio, creando espacios de aplicación en cuanto a la sociedad civil y organizaciones del sector privado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARIAS SERRANO, LUIS ÁNGEL y otros. “EGNOS. La contribución Europea a Un Sistema mundial de navegación por satélite. Dirección de Navegación Aérea. España: 1-8pp.2001.
2. ARIAS SERRANO, LUIS ÁNGEL. Un servicio Europeo de Navegación Por Satélite. EGNOS. Dirección de Navegación Aérea. España: 1-12pp. 2001.
3. GREGORIO LARA ALFONSO, MARIA LUIS. “Red Galileo”. España: 1-23pp. 2003.
4. POZO RUZ, A. y Otros. “Sistemas de posicionamiento global, GPS. Análisis de Errores, aplicaciones y futuro”. Madrid España: 1-9pp.2002. Ingenieros de telecomunicación. Universidad de Málaga
5. “EL PROYECTO EUROPEO GALILEO”. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. España: 3-14pp. 2002.
6. “SISTEMAS DE NAVEGACIÓN Y LOCALIZACIÓN POR SATÉLITE”. España, Documento de antecedentes No 4: 1-19pp. 1998.



## **BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA**

1. <http://www.esa.int>. Agencia Espacial Europea. 2002 - 2003.
2. <http://www.aena.es>. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea. 2002.
3. [http://europa.eu.int/index\\_es.htm](http://europa.eu.int/index_es.htm). Europa La Unión Europea en Línea
4. <http://www.galileosworld.com/galileosworld>. Galileos World. 2002 – 2003.
5. <http://www.geosistec.com>. Geosistemas y Tecnología Avanzada S.A.

