



ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL

Proyecto RLA/03/902 – "Transición al GNSS en las Regiones CAR/SAM – SACCSA"
Séptima Reunión del Comité de Coordinación (RCC/7)
(San Carlos de Bariloche, Argentina, 11 al 15 de octubre de 2010)

**Cuestión 9 del
Orden del día:**

**Otros asuntos
9.1 Otras aplicaciones de SACCSA**

APLICACIONES Y BENEFICIOS DEL GNSS / SACCSA EN OTROS SECTORES ADICIONALES AL AERONÁUTICO

(Nota presentada por la Secretaría)

RESUMEN

Esta nota informativa presenta un panorama general sobre posibles aplicaciones y beneficios de la utilización del GNSS y de SACCSA en otros sectores y usuarios de los Estados adicionalmente al aeronáutico.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Esta nota pretende dar una visión general sobre los posibles servicios, aplicaciones y beneficios que se pueden obtener con el empleo del GNSS, y especialmente mediante la utilización de los servicios más avanzados que podría proporcionar SACCSA en otros sectores no aeronáuticos.

1.2 En el **Apéndice** de esta nota se presenta un panorama general con informaciones sobre aplicaciones no aeronáuticas del GNSS y de SACCSA que podrán ser muy útiles y beneficiosas para otros sectores y usuarios de los Estados adicionales al campo aeronáutico.

APÉNDICE

PANORAMA SOBRE APLICACIONES Y BENEFICIOS DEL GNSS INCLUYENDO SACCSA EN OTROS SECTORES ADICIONALES AL AERONÁUTICO

1 INTRODUCCIÓN

El empleo de los sistemas GNSS no benefician solamente al sector aeronáutico, sino que cubren las necesidades de muchas aplicaciones en la sociedad. Estas aplicaciones van aumentando día a día y hacen que el concepto de beneficio social aumente, constituyendo un servicio de los Estados a los ciudadanos para el desarrollo de sus aplicaciones y servicios.

En esta nota se pretende dar una visión general sobre los posibles servicios y aplicaciones que se pueden obtener con el empleo del GNSS, al objeto de que se puedan transmitir a las respectivas administraciones esta visión de forma que su desarrollo e implantación no involucre solamente al sector aeronáutico, sino que implique a todos los sectores que se verán beneficiados.

2 SERVICIOS BASADOS EN LA LOCALIZACIÓN

Los servicios basados en la localización, o LBS, son servicios que proporcionan contenidos con información de localización de agentes móviles y sensibles a la localización del usuario móvil, todo ello tratado y presentado para satisfacer las necesidades del usuario. Para ello, se recurre a una combinación de:

- Posicionamiento
- Información geográfica (GIS)
- Otros contenidos
- Comunicaciones mediante telecomunicaciones móviles de datos y/o Internet

Sobre la base de esto, se pueden generar servicios específicos, tales como:

- Servicios móviles de información sensible a la localización, como es el caso de información turística, ocio, tráfico, viajes, etc.
- Servicios de asistencia y seguridad, como es el caso de la asistencia en carretera, discapacitados, personas amenazadas, antirrobo, recuperación de vehículos, etc.
- LBS para la gestión de recursos móviles, como es la gestión de flotas de vehículos, de trenes, gestión de mercancías, gestión de activos, etc.
- LBS para cobros y gestión automática de movimientos, como es el caso del cobro automático en autopistas, cobro por uso de infraestructura, etc.

2.1 Definición del servicio LBS

En un servicio LBS, se suministran los equipos móviles bajo condiciones de venta, alquiler o arrendamiento con opción de compra, incluyendo la instalación y mantenimientos de estos equipos, así como la comunicación entre los móviles y la central, dando estas comunicaciones a través de GSM/SMS, GPRS o radio troncal. Asimismo, se almacenan y procesan los datos de localización para la generación de informes, alarmas, estadísticas, etc. y se garantiza el acceso a los datos e informes generados en tiempo real o diferido, según las condiciones pactadas de servicio, siendo dicho acceso vía Internet.

Esto implica que el cliente no compra ningún equipo (salvo que desee tener en propiedad parte o la totalidad del equipo embarcado), siendo el proveedor del servicio quien proporciona dichos equipos y la infraestructura de proceso y control, con lo que

el cliente sólo abona una cuota mensual de acuerdo al tipo de servicio contratado, y dado que esta cuota se realiza bajo el modelo de renta, está sujeta a beneficios fiscales. La responsabilidad sobre el servicio dado y los equipos instalados, es del proveedor del servicio LBS.

Las aplicaciones LBS se pueden aplicar a multitud de conceptos, que van desde la gestión de flotas, tanto terrestres como marítimas, al control de mercancías, etc. Para ello, se establece una interrelación entre las diferentes partes, de forma que los equipos móviles embarcados determinan la posición, velocidad y tiempo del vehículo y la envía a través del enlace de comunicaciones al proveedor de servicios LBS, quien graba los datos, los integra sobre una cartografía (GIS) y los gestiona de acuerdo al tipo de aplicación y usuario (ferroviario, flota de camiones, mercancías peligrosas, etc.); por otro lado, el usuario y cliente último (es el responsable o dueño de la gestión de las flotas, y quien ha contratado el servicio), se conecta a través de Internet con el gestor de clientes del proveedor de servicios LBS, usando la correspondiente clave de acceso a los datos, y desde este gestor, accede a toda la información referente a la flota de vehículos bajo su responsabilidad (no puede acceder a ninguna otra información de otros usuarios), este usuario adquiere esta información y la graba en el ordenador instalado en sus oficinas, grabando la información suministrada y usándola de acuerdo a sus necesidades o criterios.

El usuario sólo paga una cuota mensual por el servicio y tenencia de los equipos, no teniendo que pagar por ningún equipo, ni por conceptos añadidos.

Los beneficios que se obtienen del uso de los servicios LBS, los describiremos de una forma esquemática:

- Mejor asignación del tipo de vehículo / servicio que el cliente precisa
 - Constatación de los servicios prestados, lo que es muy útil ante la facturación, gestión de reclamaciones, auditorías, etc.
 - Aporta una prueba documental que puede ser utilizada como base de una relación transparente con el cliente
 - Permite ofrecer modalidades de contratación y tarifas sobre una información objetiva, pudiendo facturar nuevos conceptos, como los tiempos de espera
 - Permite negociar los precios en base a datos objetivos
- **Eficiencia operacional en el control y reducción de costes:**
 - Reducción de la carga de trabajo del soporte en oficina.
 - Control de uso del vehículo.
 - Control del gasto de combustible.
 - Control del gasto de mantenimientos.
 - Control de los partes de servicio y las remuneraciones.
 - Control de rutas utilizadas.
 - Reducción de costes de comunicaciones.
 - Control de la calidad de conducción, reduciendo las sanciones de tráfico.
 - Aportación de pruebas documentales que sirven como base a la negociación con los seguros.
 - Aporta medios de seguridad que permiten la reducción de las primas de seguros.
 - Proporciona mecanismos de control que permiten implantar esquemas de retribución variable en función de los servicios realizados.
- **Eficiencia operacional: en la asignación y utilización de recursos:**
 - Mejora el aprovechamiento de los recursos disponibles al
- **Mejora la atención y relación con el cliente:**
 - Mejor información al cliente sobre su carga / servicio
 - Mejor tiempo de respuesta

proporcionar datos que ayudan a la correcta toma de decisiones.

- Reduce los tiempos muertos ocasionados por la falta de información o control (orientación al conductor, control de paradas imprevistas, etc.).

- **Planificación:**

- Planificación de rutas sobre históricos objetivos, tales como la identificación de rutas con recorridos ineficaces; la identificación de paradas con tiempos muertos mayores; información precisa de las condiciones históricas en tramos y zonas concretas.
- Planificación de los recursos necesarios en base a datos objetivos y fiables, ajustando los recursos a la demanda.
- Planificación del negocio sobre proyecciones de costes objetivas y detalladas.
- Planificación de precios sobre datos de costes objetivos y fiables.

- **Seguridad**

- Constancia de datos históricos fiables que permiten evaluar de forma objetiva la calidad de conducción (prevención).
- Control de los límites de velocidad.
- Control del uso del vehículo para aplicaciones sin cobertura del seguro.
- Facilita el control de ejecución del mantenimiento preventivo de los vehículos.
- Mejora la seguridad del vehículo, conductor y carga, con lo que aumenta la rapidez de respuesta en caso de avería, accidente o robo.

terráqueo. Fue a principios de los años 90 cuando se empezó a hablar del GPS gracias al uso que estos usuarios hacían del mismo, lo que comenzó a despertar la curiosidad de todos al ver esas nuevas antenas que aparecían en los puertos deportivos con las siglas GPS en las mismas.

Este sector, reúne una serie de características que le hacen muy interesante a la hora de determinar el uso y las aplicaciones GNSS adaptado al mismo. Por enumerar algunas, cabría destacar:

- La navegación es en dos dimensiones, por lo que hay que determinar latitud, longitud, tiempo y velocidad. Para algunas aplicaciones, se tendrá en cuenta la precisión vertical (batimetrías, hidrografía, oceanografía, dragados, construcción, gestión de contenedores, operaciones de carga, aspectos legales).
- Hay parámetros de navegación muy sensibles y con fuerte impacto económico en la operación del buque, como es la velocidad (una variación de un nudo implica un incremento de consumo significativo, que puede llegar a ser de varias toneladas en un trayecto de un par de días). La determinación de rutas óptimas que permitan ahorrar en distancia o tiempo de navegación, así como el rápido trazado de rutas alternativas que minimicen el impacto de tormentas u otros fenómenos.
- La obra muerta (parte del casco que está fuera del agua cuando está a plena carga) y la superestructura (lo que está construido por encima de la cubierta principal), tienen una gran superficie, lo que hace que tengan un importante “efecto vela” y cualquier ráfaga de viento, por pequeña que sea, induce un desplazamiento que debe ser compensado.
- Los barcos llegan a tener registros de 500.000 Tm a plena carga, y esloras (longitud del barco) de más de 350 m, con mangas (anchura) superiores a los 50 m, lo que hace que las inercias en el desplazamiento sean muy elevadas, y

3 APLICACIONES MARÍTIMAS

El sector Naval fue el precursor en el uso del GPS para la navegación oceánica y las regatas de veleros que circunvalaban el globo

las maniobras sean muy lentas y ocupen mucho espacio, lo que exige anticipación y precisión a la hora de realizar las maniobras.

Veamos los diferentes tramos de navegación que se deben cubrir:

- **Navegación Oceánica:** navegación en la que no se requiere una gran precisión ni integridad, siendo suficiente las del servicio GPS.
- **Navegación costera:** tipo de navegación cerca de la costa y con posibles complicaciones ante la presencia de obstáculos (bancos de arena, rocas, agujas, etc.), lo que exige una precisión, del orden de la decena de metros, y una integridad más elevada que la anterior, pero relajada frente a los requisitos aeronáuticos.
- **Navegación de aproximación al puerto:** esta navegación se caracteriza por la embocadura del barco a la bocana del puerto y la necesidad de corrección constante de trayectoria para

compensar el efecto vela y el de las corrientes, lo que exige una alta precisión, de unos pocos metros, y una integridad elevada.

- **Navegación en puerto:** este tipo de navegación se hace bien de forma autónoma, a muy baja velocidad, o mediante el uso de remolcadores, concluyendo, empezando, según sea el caso, con el atraque o desatraque del buque en el muelle asignado. Esto implica una alta precisión, del orden de un metro, y una integridad elevada.
- **Navegación interior y de aguas fluviales:** esto cubre la navegación en lagos o ríos navegables, lo que hace necesario una elevada precisión e integridad.

Con esto, la Organización Marítima Internacional (IMO) ha elaborado la siguiente tabla de requisitos GNSS, para la navegación en general, en función de la navegación que se esté cursando:

REQUISITOS GNSS DEL IMO PARA NAVEGACIÓN GENERAL								
NAVEGACIÓN	PARÁMETROS A NIVEL SISTEMA				PARÁMETROS A NIVEL SERVICIO			
	Precisión absoluta	Integridad			% de Disponibilidad por 30 días	% de Continuidad sobre 3 horas	Cobertura	Intervalo (segundos)
	Horizontal (metros)	Límite de Alerta (metros)	Tiempo de Alarma (segundos)	Riesgo de integridad (cada 3 horas)				
Oceánica	10	25	10	10^{-5}	99.8	N/A	Global	1
Costera	10	25	10	10^{-5}	99.8	N/A	Global	1
Aproximación a puerto y aguas restringidas	10	25	10	10^{-5}	99.8	99.97	Regional	1
Puerto	1	25	10	10^{-5}	99.8	99.97	Local	1
Aguas interiores	10	25	10	10^{-5}	99.8	99.97	Regional	1

Por otro lado, debemos tener en cuenta que en el ámbito marítimo aparecen otra serie de necesidades y aplicaciones, que deben ser tenidas en cuenta, y que cada una de ellas dará origen a diferentes tablas de requisitos. Analizaremos a continuación cada uno de ellos:

3.1 Aplicaciones para la gestión del tráfico y maniobras

Estas aplicaciones se centran en maniobras específicas a realizar por rompehielos y remolcadores, y que se centran fundamentalmente en operaciones portuarias o en áreas muy específicas, que por sus condiciones (como son densidades o grosores concretos de hielo) exigen un tratamiento local en una línea de navegación dada. Por otro lado, la implantación de avisos automáticos de colisión, exige un mínimo de prestaciones para que dicha función sea implementable y fiable.

Desde el punto de vista de gestión del tráfico, los centros de control y seguimiento de tráfico marítimo, necesitan conocer la ruta seguida por los barcos, a la vez que estos la determinan por si mismos de acuerdo a los planes de navegación establecidos. Estas rutas, deben de estar coordinadas dar capacidad de gestión de las mismas mediante al coordinación barco-barco o tierra-barco, incluyendo la gestión del tráfico en una coordinación tierra-barco. Por último, y como fase final del proceso de navegación, el atraque/desatraque automático es una función a implementar en el futuro, ganando en autonomía tanto el barco como las operaciones portuarias. Las operaciones portuarias se realizan en entornos reducidos, con áreas de movimiento pequeñas y donde la inercia en el desplazamiento de los buques, unidos al impacto del viento en la obra muerta (efecto vela), dificulta las operaciones y añaden un plus de riesgo que debe ser controlado y minimizado.

3.2 Aplicaciones de búsqueda y rescate (SAR), hidrografía, oceanografía, ingeniería naval, construcción, gestión y mantenimiento y gestión de ayudas a la navegación.

Este apartado se basa en necesidades de alta precisión para aplicaciones de tipo científico, de ingeniería y de búsqueda y rescate

(esta aplicación exige unas altas prestaciones por la criticidad de la misma y las condiciones meteorológicas en que puede llegar a realizarse). Debemos tener en cuenta que dentro de la ingeniería naval, se incluyen no solo las actividades de construcción de barcos, sino otras relacionadas con los tendidos de cables y oleoductos y dragados para facilitar la navegación marítima y fluvial.

Dentro de la hidrografía, se podrían incluir las batimetrías, que necesitan de una alta precisión por cuanto son de especial importancia en la elaboración de las cartas náuticas y, especialmente, en las digitales.

En la construcción, se incluyen las actividades de construcción portuaria, así como las de astilleros, donde una primera aproximación de los bloques de los barcos es fundamental para su posterior ajuste de alta precisión mediante guiado láser.

La gestión de ayudas a la navegación, se basa en el guiado que se dará al buque en áreas costeras y portuarias, complementando a los faros y ayudas de posicionamiento radioeléctrico.

3.3 Aplicaciones pesqueras, de recreo y de ocio

Este último bloque de prestaciones, se pueden incluir en los básicos de navegación general, por cuanto sus usuarios se caracterizan por requerir una posición en un área concreta en lugar de en un punto, o se refiere a actividades de tipo privado, deportivo o de ocio.

Tal y como se ve en las tablas, los requisitos del usuario marítimo son variados según la operación o uso que se requiera, lo que dificulta establecer una pauta común a todos ellos, salvo que se engloben en un concepto de partida, que es un sistema basado en requisitos más estricto, lo que permitirá dar cumplimiento a todo lo que requiere este sector. Por ello, los sistemas desarrollados sobre la base de los requerimientos aeronáuticos, son suficientes para dar servicio al sector marítimo en cualquiera de sus aplicaciones, bien sobre la base del uso del SBAS (alcance regional) o incluyendo el GBAS (alcance local).

Desde el punto de vista de aplicaciones, podemos dividir estas en:

- Navegación y maniobras.
- Control/seguimiento de buques y control de tráfico marítimo.
- Control/seguimiento de contenedores.
- Gestión de flotas.
- Localización y SOS.

3.4 Navegación y maniobras

La mejora del conocimiento de la posición por parte de los buques, así como un mejor control en la velocidad de los mismos, permitirá optimizar las rutas y ajustar las velocidades de forma óptima, con lo que se conseguirá una importante reducción en el

Este tipo de navegación es especialmente crítico, por cuanto exige una alta pericia en el control del buque, corrigiendo la derrota de forma continua y manteniendo la localización de

agujas o bancos que puedan poner en peligro la integridad del casco del barco, algo que en la

actualización se hace en base a las cartas marinas, tanto en papel como en formato electrónico. Como es lógico, se hace imprescindible el levantamiento cartográfico de los fondos marinos con una alta precisión, tanto en la localización de agujas, como el impacto de las mareas sobre las mismas, ya que ello puede determinar el horario de paso por un punto dado y el calado máximo en ese punto de paso.

En el caso de los puertos, las bocanas de los mismos son estrechas (teniendo en cuenta las dimensiones y pesos de los buques, junto al impacto del “efecto vela” ante vientos

consumo de combustible y, en consecuencia, en los costes operativos.

Los sistemas GNSS, y la información de navegación que se obtienen de los mismos, se pueden combinar con otras fuentes, tales como las correderas (medición de velocidad), inerciales o sistemas radioeléctricos, pudiendo conjuntarse dicha información en los pilotos automáticos para, al igual que ocurre en los aviones, obtener soluciones de navegación híbridas que permiten una garantía e integridad óptima. Desde el punto de vista de las maniobras, estas se pueden automatizar u optimizar. Esto es especialmente importante en las maniobras en puertos o en la navegación por zonas complejas, como estrechos o ríos.

transversales a la dirección del barco), y las zonas de maniobra dentro de los mismos son escasa, lo que exige que siempre se incorpore en el puente de mando del barco un Práctico, que es un comandante de marina mercante que conoce perfectamente el puerto, las corrientes marinas que le afectan vientos dominantes, muelles, etc. El uso del GNSS sería una ayuda fundamental, por cuanto permitiría visualizar en tiempo real la posición del barco, tanto en el puente de mando como a las autoridades portuarias, respecto al puerto y sus instalaciones, facilitando la labor de la tripulación y mejorando la seguridad de la operación.

3.5 Control/seguimiento de buques y Control de tráfico marítimo.

Actualmente existe un sistema de control de tráfico y seguimiento de buques denominado AIS (Automatic Identification System), que permite realizar un seguimiento en tiempo real de los buques dentro del área de cobertura, a la vez que puede dibujar un mapa con todo el tráfico marítimo de una zona costera determinada, un país o una región completa.

Con el empleo de sistemas SBAS, este control será mucho más efectivo y podrá añadir un componente legal y de seguridad.

3.6 Control/seguimiento de contenedores.

Basta darse un paseo por una central de contenedores, para apreciar que hay miles de ellos en cualquier parte, con cargas de todo tipo y pertenecientes a multitud de operadores, lo que hace que la logística a aplicar en su gestión sea muy compleja, y suponga una complicada coreografía el movimiento y distribución de los mismos.



Para ello, cada contenedor contará con una un receptor GNSS acoplada a un transmisor (pueden ser de diferentes tipos, UMTS, satélite, etc.) que cada cierto tiempo reportará su posición a una central, a la vez que grabará dicha posición para un posterior volcado. En el caso de estar en un lugar sin acceso ni alcance de las comunicaciones, se grabarán los datos y en el momento de estar de nuevo en área de cobertura, enviará dichos datos a la central de control, con lo que los contenedores estarán permanentemente localizados.

Normalmente, las funciones que se incorporan son:

- Batería de larga duración. Hasta 3 años sin ser necesario recargar
- Auto apagado cuando no se detecta movimiento
- Acelerómetro para detectar movimiento

- Intervalos de envío de datos programable.
- Programable en forma remota
- Detección de instrucciones o manipulación por personas no autorizadas
- Entradas y salidas para disparo de alarmas en forma remota

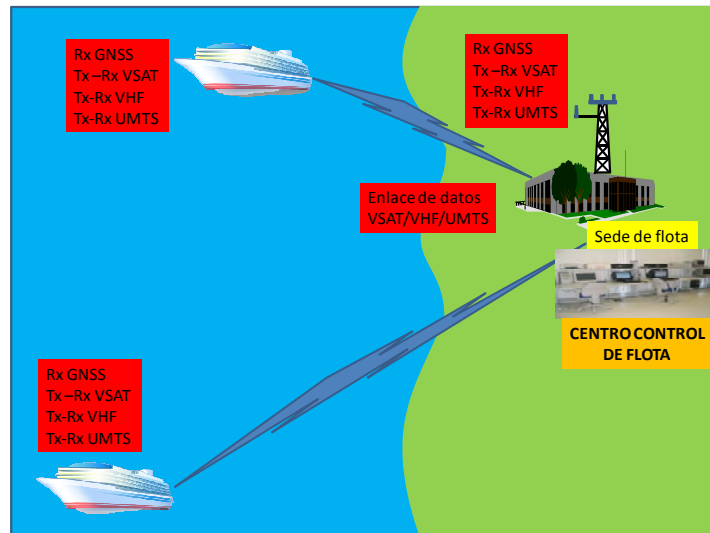
Esta aplicación no es exclusivamente marítima, sino que cubre todo el ciclo del contenedor, incluyendo la carga y tipo de carga, por lo que entra en una aplicación más global que es el control, seguimiento y gestión de contenedores, y que impacta, además de en las aplicaciones marítimas, en el transporte por carretera y el ferroviario.

3.7 Gestión de flotas.

El sector marítimo es un sector diverso en donde confluyen propietarios de un solo barco y armadores o compañías que tienen flotas de varias unidades. Como ejemplo se podría poner a los armadores con varios barcos de pesca o grandes compañías de transporte.

Si bien su objetivo de negocio es diferente, si hay un punto en común en todos ellos, que es el conocimiento de la posición exacta de cada barco y la información pertinente de cada uno de ellos (velocidad, tiempo de navegación, pasajeros, carga, situación de navegación, etc.).

Si recordamos el capítulo dedicado a los Servicios Basados en Localización, vemos que existen una serie de herramientas y aplicaciones que permiten gestionar flotas de vehículos desde un centro de control único. Esto es aplicable a cualquier tipo de flotas, ya sean camiones, coches, barcos o aviones, pues los principios son los mismos, y lo que varía es la lógica de gestión y dinámica de los vehículos, así como el medio y gestión de las comunicaciones.



Básicamente, el sistema se compone de un centro de control en tierra, localizado en la sede de la flota a gestionar, a bordo de los barcos que componen dicha flota se equipa un receptor GNSS, una pantalla de visualización y el equipo de comunicaciones bidireccional, que puede ser VHF, UMTS o VSAT.

Los barcos transmiten su posición al centro de control de flota de la naviera que visualiza en pantalla los datos de los mismos, tales como latitud, longitud, velocidad, origen, destinos, tiempos, etc. Con esta información, puede conocer en tiempo real las acciones a tomar con cada uno de los barcos (por ejemplo, a que puerto debe dirigirse para obtener una determinada carga, que régimen poner para reducir los consumos de combustible, planificar rutas, etc). La información se retransmite a los barcos para que estos sepan las acciones u órdenes a seguir, a la vez que se le puede suministrar la posición del resto de la flota (esto puede ser importante en el caso de petroleros, cruceros, pesqueros, etc.).

Este tipo de gestión de flotas se suele realizar directamente por la propia naviera, toda vez que son datos que pueden ser confidenciales y no suelen darse a terceros (salvo para investigar accidentes), por lo que difícilmente se contrataría con un servicio LBS genérico.

3.8 Localización y SOS.

Otro aspecto importante es la posibilidad de automatizar maniobras de emergencia. Un ejemplo serían las maniobras de rescate ante un aviso de hombre al agua, en las que el barco debe realizar una maniobra muy precisa, de forma que si el naufrago cae por babor, debe ser recogido por estribor. Evidentemente, una ayuda o incluso una automatización de esta maniobra, redundaría en un importante incremento de las posibilidades de rescate (pensemos que en la mar, incluso con esta en calma, es difícil ver la a una persona en cuanto esté a poco más de cien metros).

Evidentemente, esta no es la única aplicación, ya que cualquier emergencia se verá beneficiada del hecho de poder indicar con una alta exactitud la posición del barco en problemas, así como el tiempo de emisión del mensaje de socorro, lo que permitirá a los servicios de búsqueda y rescate una mayor celeridad y precisión en la actuación por cuanto irán directamente al punto de notificación de emergencia y no al área donde se ha producido la misma.

4 APLICACIONES FERROVIARIAS

El mundo de las aplicaciones ferroviarias es más complejo de lo que a priori podría parecer, dado que, si bien es cierto que desde el punto de vista de la determinación de la posición es relativamente fácil de gestionar (si nos centramos en los raíles, un tren se mueve en una sola dimensión, hacia delante o hacia atrás, pero no lateral o verticalmente), desde el punto de vista de la gestión de trenes o aplicaciones la cosa se complica, ya que no es lo mismo un tren de alta velocidad que un tren de cercanías o de mercancías, lo que hace que el nivel de exigencias y prestaciones a los sistemas GNSS reparen algunas sorpresas.

Si bien en un contexto general, la gestión ferroviaria se basa en una gestión de flotas, tanto a nivel de un convoy completo como de vagones individuales, y la gestión de contenedores, con lo que se podría generalizar dentro de una aplicación LBS adaptada, a la hora de analizar las características de las diferentes unidades ferroviarias, aparecen diferencias que establecen el nivel de prestaciones necesarias y los requisitos a aplicar, incluyendo la necesidad de combinar el GNSS con otros sensores.

De forma genérica, podemos resumir las aplicaciones ferroviarias en el siguiente cuadro:

APLICACIONES FERROVIARIAS DEL GNSS		
Aplicación	Descripción	Impacto
Control de trenes	Sistema de control y señalización, que esté preparado para ser usado con trenes de alta velocidad, en base al uso del GNSS para localizar al tren en tiempo real. Esta aplicación es crítica en seguridad, y en consecuencia entra en aplicaciones SoL. Podría requerir aumentaciones locales por el reducido tiempo de alarma.	Tiene el potencial de reducir el equipamiento de seguimiento, y en consecuencia, reduce los costes. Además, tiene el potencial de incrementar la capacidad de la red en base a la reducción de la separación de los trenes.
Supervisión de trenes	El GNSS constituye un sistema simple para trenes lentos que operan sobre vías simples, siendo una aplicación crítica para la seguridad y que puede ser realizada usando sistemas SBAS como EGNOS.	Al reducir equipo de a bordo, se reducen costes. Esta aplicación es muy importante, dado que el 80% de los trenes del mundo circulan por vías simples.
Gestión de flotas	Consiste en un sistema que informa de la posición del tren en tiempo real, enviando esta información a una red de centros de control de gestión de flota.	No se requiere una alta precisión, por lo que no se considera una aplicación crítica para la seguridad. Se puede realizar con un GNSS.
Gestión de carga	Sistema de gestión que informa de la localización de los vagones de mercancías de forma individual, con lo que se facilita la vigilancia y control de los mismos desde un centro de control. Los receptores GNSS deberán tener su propia fuente de alimentación y enlace de radio. Actualmente hay equipos con varios años de autonomía.	Por razones de economía, este sistema podría ser el favorito entre los responsables de gestión y control de estos vagones y sus mercancías.

APLICACIONES FERROVIARIAS DEL GNSS		
Aplicación	Descripción	Impacto
Información al pasajero	Los trenes están incrementando de forma significativa los medios de información al pasajero en forma audible y visual. Esta información suele dar el nombre de la estación actual y la próxima; tiempo a la próxima estación; velocidad; etc. Actualmente ya se usa el GNSS para obtener estos datos.	No es una aplicación crítica para la seguridad, y se puede dar solo con GNSS. En algunos países, como el Reino Unido, es obligatorio disponer de estos elementos e información.

A nivel de prestaciones, en las aplicaciones críticas para la seguridad, hay que tomar como referencia los requisitos aeronáuticos de APV II, excepto para la integridad, donde en ciertos casos es necesario llegar a 10^{-10} .

4.1 Control de trenes de alta velocidad

Sistema de control y señalización, que esté preparado para ser usado con trenes de alta velocidad, en base al uso del GNSS para localizar al tren en tiempo real. Esta aplicación es crítica en seguridad, y en consecuencia entra en aplicaciones SoL. Podría requerir aumentaciones locales por el reducido tiempo de alarma.

Dada las especiales características de los trenes de alta velocidad, hace que esta aplicación sea crítica, toda vez que unidades moviéndose a más de 300 Km/h, deben ser controladas en tiempo real con un alto nivel de precisión y, sobre todo INTEGRIDAD. De hecho, se está estimando que el nivel de integridad deberá ser de 10^{-10} (esto contrasta con los 10^{-7} del sector aeronáutico).



(unos 380 sg para alcanzar los 320 Km/h), ya que ello nos va a determinar la capacidad de la vía, y en consecuencia, la cadencia y número de trenes que pueden ir por la misma. Esto hace que se establezca un límite de separación entre trenes de 5 a 7 minutos.

Todo esto hace que sea necesario aplicar sistemas tipo "Safety of live", por lo que será necesario disponer de señales mejoradas, tipo SBAS o GBAS complementado con sistemas como el Sistema Europeo de Control de Trenes (ETCS) y los correspondientes sistemas ERTMS (European Rail Traffic Management System) nacionales. Ello lleva a la necesidad de contar con odómetros y sensores en los raíles, ya que los tiempos de alarma, inferiores a 1 sg, no se pueden alcanzar con el GNSS por sí solo, si bien, el GNSS permite la localización exacta del tren en tiempo real, pudiendo quitar dicha función de los sistemas de gestión.

4.2 Supervisión de trenes

El GNSS constituye un sistema simple para trenes lentos que operan sobre vías simples, siendo una aplicación crítica para la seguridad y que puede ser realizada usando sistemas SBAS como EGNOS. Estos trenes se caracterizan por no tener un sistema de gestión y control como los del AVE, además de que por el tiempo que llevan en servicio, no se disponía de los mismos cuando fueron puestos en marcha. En este sentido, el GNSS supone un método barato y sencillo de instalar para poder

realizar el control y gestión de los mismos. Además, hay que tener en cuenta que el 80 % de este tipo de trenes circula por vías simples, lo que implica la necesaria distribución de convoyes para que se crucen en puntos preestablecidos en un instante dado.

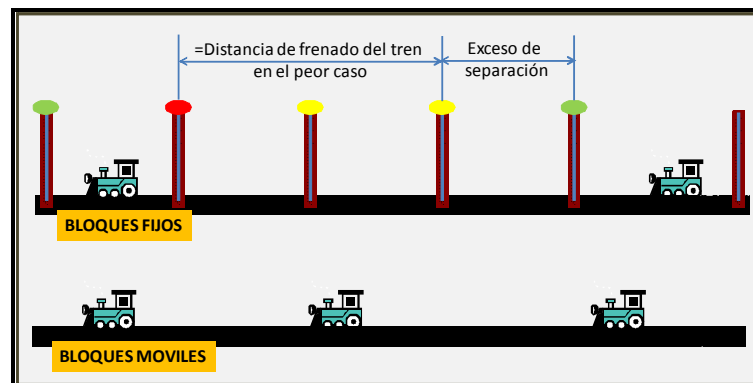
Esta supervisión la deberá realizar el proveedor del servicio ferroviario, que será el responsable del tráfico a lo largo de las vías bajo su responsabilidad.

Veamos dos ejemplos de las ventajas del uso del GNSS:

- 1) Con los sistemas tradicionales basados en señales luminosas, la distancia entre trenes se basa en una estimación de la distancia de frenado, teniendo en cuenta el peor caso posible, más una separación por exceso que representa un plus de seguridad ante los tiempos de reacción ante las señales luminosas. Esto hace que se limite de forma importante la capacidad de las vías y la cadencia del tráfico de trenes en las mismas.

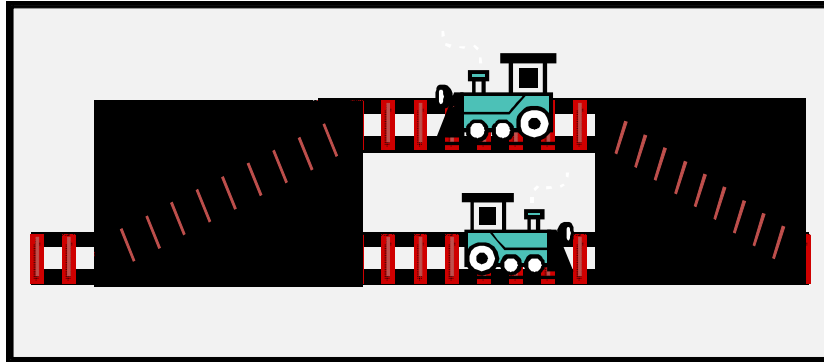
Si consideramos los trenes como un conjunto de bloques, con los sistemas tradicionales estos se deben entender

como bloques fijos separados por una misma distancia en base a los criterios indicados anteriormente, lo que hace que el sistema sea enormemente ineficiente para poder obtener unos mínimos criterios de seguridad. Ahora bien, si instalamos un sistema a bordo del tren, donde el maquinista sea consciente de su posición y de la posición de los demás trenes en la vía, a la vez que estas posiciones son conocidas por un centro de control, se puede considerar cada tren como un bloque móvil, ya que las separaciones se pueden adaptar a las características de cada uno, a la vez que se puede reducir de forma significativa el exceso de separación



- 2) Otro apartado importante en el control de trenes, es la separación de los mismos para permitir cruces, para lo cual, se usan vías paralelas en lugares predeterminados a los que hay que

hacer llegar a los trenes en un tiempo dado y reencaminarlos a la vía paralela, donde tienen que parar y esperar a que pase el tren que va en dirección contraria.



Con la implantación de los sistemas GNSS, y en base al conocimiento en tiempo real de la posición y velocidad de los trenes, se puede optimizar este proceso, haciendo que los tiempos de parada sean mínimos. Para ello, se controla en tiempo real a ambos trenes, y se comunica a los maquinistas la velocidad óptima para la coordinación en el cruce, con lo que, además de dar a conocer a los maquinistas la posición de su tren respecto al otro, se sabe permanentemente la situación en la red de todos los trenes, con el incremento en seguridad y agilidad de las operaciones que ello conlleva.

4.3 Gestión de flotas

Consiste en un sistema que informa de la posición del tren en tiempo real, enviando esta

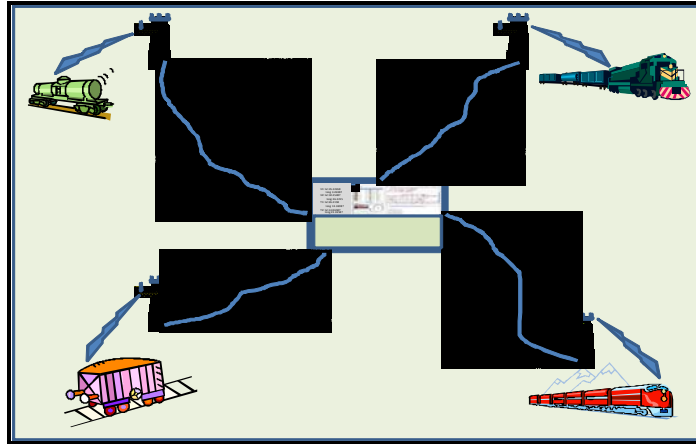
La gestión se basa en la aplicación del concepto LBS de flotas, pero adaptada a los trenes, siendo el operador del servicio de localización, el propio operador y/o dueño de la flota de trenes.

En el caso de los vagones, estos irán equipados con receptores GNSS y emisores UHF o GSM/UMTS, acoplados a baterías que les

información a una red de centros de control de gestión de flota. Así mismo, permite conocer la posición de los diferentes vagones que componen una flota de trenes, con independencia de que estos formen parte de un convoy o estén en espera de formar parte de uno.

Esta aplicación es de vital importancia para los grandes operadores de trenes, sobre todo de mercancías, ya que la localización exacta de los diferentes trenes y vagones es muy complicada, y más cuando se opera a nivel internacional, lo que implica que los vagones pueden estar a miles de kilómetros de distancia (hay casos, como los servicios ferroviarios alemanes, donde en ciertos momentos pueden desconocer el paradero de hasta un 5% de sus vagones, habiendo localizado algunos de ellos en la Siberia).

permita una larga autonomía. La comunicación se realizará con el centro de control de flota de la compañía, e contendrá datos de posición, carga, y tiempo en espera. Por su parte, los trenes dispondrán de un sistema similar, pero alimentando por la propia energía del tren, enviando datos de posición, velocidad, trayecto, estimación de llegada a destino y tiempos de espera.



Dado que no se requiere una alta precisión, no se considera una aplicación crítica para la seguridad, por lo que se puede realizar con un receptor GNSS sin aumentaciones.

4.4 Gestión de carga

Consiste en un sistema de gestión que informa de la localización de los vagones de mercancías y los contenedores de forma individual, con lo que se facilita la vigilancia y control de los mismos desde un centro de control. Los receptores GNSS deberán tener su propia fuente de alimentación y enlace de radio. Actualmente hay equipos con varios años de autonomía.

Esta aplicación se da sobre los contenedores y los vagones (según el caso) o la combinación de ambos (vagones portacontenedores). En el caso de los contenedores, en el capítulo de aplicaciones marítimas se ha descrito el proceso, el cual sería de aplicación al transporte ferroviario, ya que los contenedores se utilizan tanto en transporte por carretera, como de ferrocarril o marítimo, en base a la normalización en cuanto a dimensiones y cargas. Para los vagones, se

aplicaría lo descrito en el punto anterior, pero incluyendo un nuevo campo en el apartado de información de seguimiento, en el que figure el tipo de carga, origen, destino y características específicas de la misma.

4.5 Información al pasajero

Los trenes están incrementando de forma significativa los medios de información al pasajero en forma audible y visual. Esta información suele dar el nombre de la estación actual y la próxima; tiempo a la próxima estación; velocidad; etc. Actualmente ya se usa el GNSS para obtener estos datos.

Esta información se puede obtener de un receptor GNSS, sin necesidad de aumentación, por lo que no es crítica para la seguridad. Con esto, se puede dar información de dos tipos:

- En la estación se sabrá el tiempo que queda para la llegada del tren, destino del tren y el andén de parada.
- En el tren se tendrá información de velocidad, tiempo de viaje, destino, tiempo a destino y andén de parada.

5 APLICACIONES EN EL TRANSPORTE POR CARRETERAS

El transporte por carretera supone una aplicación de masas que puede llegar a incluir a todos los usuarios, si bien hay aplicaciones y usuarios específicos que por sus especiales

características, suponen un factor diferenciador a tener en cuenta.

Debemos considerar que, en este tipo de aplicaciones, la base de partida y aplicación son

los Servicios Basados en la Localización, por lo que no entraremos a detallar este aspecto y partiremos de los mismos para analizar este tipo de usuario.

5.1 Mercado de masas

El mercado de masas incluye a cualquier usuario de la red viaria que pueda verse beneficiado del empleo de los sistemas GNSS. El primer ejemplo es el uso de los navegadores individuales de los coches, que nos permiten saber dónde estamos y la ruta a seguir para llegar a un destino dado, además de poder seleccionar el destino por el nombre (un hotel, restaurante, hospital, calle, etc.), sin necesidad de indicar la dirección, o simplemente introduciendo unas coordenadas geográficas.

Este sistema es un receptor que no interactúa con elementos externos. Ahora bien, supongamos que le damos la capacidad de comunicarse con un proveedor de ciertos servicios, como por ejemplo una autopista de peaje. Normalmente, ahora se abona el uso de la autopista en las casetas del peaje, bien por pago manual, de tarjeta o del telepeaje. Esto hace que se ralentice el tráfico y se formen largas colas de vehículos que en muchos casos hacen perder la supuesta ventaja de rapidez de este tipo de vías. Una solución a esta situación, es equipar a los vehículos con receptores GNSS de alta integridad (garantía de que la posición indicada es la real, y con precisiones mejores de un metro), dicho receptor enviará al proveedor del servicio de peaje la indicación de su posición en el momento de entrar en la autopista, y enviando esta información de nuevo al salir de la misma. Con ello, se puede facturar por los kilómetros recorridos de forma automática, sin tener que esperar en los peajes (es el denominado road tolling).

Manteniendo el mismo concepto, es posible establecer servicios de emergencia, de forma que ante un accidente o incidente grave, el sistema puede comunicar con una central la situación exacta del vehículo para que los servicios de emergencias acudan de forma directa y optimizando la ruta a recorrer, con el consiguiente ahorro de tiempo. Este servicio

puede llegar a automatizarse, de forma que el sistema sea capaz de detectar la colisión del vehículo (por ejemplo mediante sensores de inercia), y enviar el mensaje de socorro.

Estas aplicaciones son directas, y suelen enviar datos al proveedor de un servicio, si bien no a un gestor de flotas o autoridad responsable de las mercancías peligrosas.

5.2 Gestión de flotas y mercancías

Actualmente, hay empresas de transporte de pasajeros y mercancías que gestionan grandes flotas de vehículos que deben estar permanentemente localizados y conocer su velocidad y tiempos de llegada a destino, para poder gestionar su disponibilidad e informar a los pasajeros o emisores de carga.

Este tipo de usuario, es el mejor ejemplo de aplicación directa del concepto LBS pudiendo delegar en un tercero el servicio de gestión, o ser ellos mismos los gestores de toda la flota y del servicio asociado para ello. Normalmente, es el número de vehículos que componen una flota y el tipo de los mismos (lo que está directamente relacionado con el tamaño de la empresa), lo que determina el modelo a elegir.

Los equipos móviles embarcados determinan la posición, velocidad y tiempo del vehículo y la envía a través del enlace de comunicaciones al proveedor de servicios LBS, quien graba los datos, los integra sobre una cartografía (GIS) y los gestiona de acuerdo al tipo de aplicación y usuario (flota de camiones, autobuses); por otro lado, el usuario y cliente último (es el responsable o dueño de la gestión de las flotas, y quien ha contratado el servicio), se conecta a través de Internet con el gestor de clientes del proveedor de servicios LBS, usando la correspondiente clave de acceso a los datos, y desde este gestor, accede a toda la información referente a la flota de vehículos bajo su responsabilidad (no puede acceder a ninguna otra información de otros usuarios), este usuario adquiere esta información y la graba en el ordenador instalado en sus oficinas, grabando la información suministrada y

usándola de acuerdo a sus necesidades o criterios.

El usuario solo paga una cuota mensual por el servicio y tenencia de los equipos, no teniendo que pagar por ningún equipo ni por conceptos añadidos. Lógicamente, si el tamaño de la flota así lo sugiere, es el propio usuario el que se constituye en su propio proveedor del servicio.

5.3 *Aplicación de transporte escolar*

El transporte escolar está regulado, lo que implica que hay una autoridad que debe velar por el cumplimiento de la normativa; por otro lado, el servicio corre a cargo de unos operadores que suministran las flotas de autobuses y su operación, dando el servicio requerido, y finalmente, hay una serie de entidades que son las que se benefician de este servicio, como son los colegios y los padres.

Desde el punto de vista de **la autoridad**, esta debe velar por la seguridad y la fiscalización de los operadores, por lo que el servicio vertical debe monitorizar en tiempo real a los vehículos y registrar los históricos de los recorridos completos (control de la calidad de la conducción, gestión de incidentes, evidencias de accidentes o penalizaciones, infracciones, etc.).

Los **operadores** son responsables de la calidad del servicio y la gestión de las flotas dedicadas al mismo, por lo que tendrán que garantizar un servicio al cliente determinando donde se encuentra cada autobús y cuándo llegará, registrando todos los parámetros para disponer de una relación transparente y objetiva. Finalmente, desde el punto de vista de la seguridad, deberán poder registrar y controlar la calidad de la conducción y disponer de alarmas de asistencia a los vehículos (control y gestión del mantenimiento).

Finalmente, **los padres, colegios y aseguradoras**, podrán seguir y disponer de esta información, si así es requerida, para controlar la calidad del servicio contratado, investigar incidentes o accidentes, saber donde está un autobús en un momento dado, poder

determinarla hora de llegada, los incidentes que puedan haber acaecido en la ruta, etc.

5.4 *Transporte de mercancías peligrosas*

Este transporte implica a todos los medios (Carretera, ferroviario y marítimo), pero en todos los casos los criterios son los mismos, tal y como se indicó en el capítulo de los LBS:

Este tipo de transporte está muy regulado por la autoridad, y su ejecución involucra a los operadores de las flotas de camiones que transportan la carga, a los cargadores o empresa que gestiona la mercancía (pueden ser los productores de la misma) y a las compañías aseguradoras.

La autoridad es la responsable de regular este tipo de transporte y establecer los métodos de control del mismo, todo ello bajo la premisa de máxima seguridad, para lo cual podría exigir una monitorización en tiempo real de los vehículos, con alarmas ante la violación de áreas restringidas a su paso en base al tipo de mercancía transportada, dando alarmas por exceder el límite máximo de velocidad establecido o asignado (esto se basa en el volumen, peso o peligrosidad de la carga) y realizando un registro completo con los históricos de recorridos, velocidad, datos del vehículo, conductor, paradas, etc. (esto es básico para la gestión de incidentes, evidencias ante accidentes o establecimiento de penalizaciones y/o multas).

El transporte corre a cargo de los **operadores de las flotas** de transporte, quienes son responsables de la carga durante la duración del transporte, por lo que necesitarán tener conocimiento en tiempo real de donde está la misma y las condiciones en que se desarrolla el transporte. Por ello, tendrán responsabilidad en seguridad, debiendo disponer de alarmas ante violación de áreas restringidas a su paso y alarmas de asistencia ante posibles problemas (mecánicos, pinchazo, etc.). Dado que están dando un servicio a un cliente, tendrán que disponer de una gestión más eficiente y rápida del proceso de entrega de la mercancía, con un seguimiento del servicio (donde está, cuando llegará) y un

registro del mismo, asegurando una relación transparente y objetiva. Todo ello, conlleva una mayor eficiencia operacional con una reducción de la carga de trabajo con una mayor eficiencia en el seguimiento y control del vehículo, generando informes operacionales que les permite conocer en todo momento donde está el vehículo, lo que permite su control y una reducción en los costes de operación y como consecuencia, el proceso de entrega de la mercancía es más eficiente. Todo esto, permite una mejor planificación del negocio, permitiendo un ajuste de inversiones, recursos y precios, todo ello soportado por un registro histórico de las operaciones realizadas y disponiendo de las correspondientes herramientas de generación de los informes operacionales.

En este tipo de transporte, la figura del **cargador**, que es el que suministra la mercancía (por ejemplo un productor de gas licuado), tienen una responsabilidad clara sobre la mercancía y su control. Por ello, el aspecto de seguridad aparece de nuevo como elemento clave, debiendo tener en todo momento conocimiento de las posibles violaciones de violación de áreas restringidas al paso de la mercancía con la generación de las alarmas correspondientes. Por otro lado, se mejora el servicio al cliente mediante una garantía de entrega más rápida y eficiente mediante el seguimiento del servicio y un registro del mismo (básicamente es la misma información del operador de flotas, pero derivada al cliente final que es quien recibe la mercancía. Evidentemente, al igual que en el caso del operador, esto se traduce en una mayor eficiencia operacional y una reducción de los costes ante la mayor eficiencia del operador. Y como resultado de todo esto, hay una clara mejora de la imagen del cargador. Como se ve, hay un claro paralelismo entre los datos y resultados del operador y el cargador, la mayor diferencia es que el operador responde ante el cargador y este lo hace ante el destinatario final, y ambos ante la autoridad.

Finalmente, las aseguradoras podrán establecer una clara contención de riesgos (lo que se traduce en una reducción de primas) y dispondrán de las herramientas y datos

necesarios para poder realizar un análisis casuístico del global de asegurados.

5.5 *Otras Aplicaciones Críticas*

Existen otros tipos de aplicaciones que suelen ser transportes puntuales y que no tienen una continuidad en el tiempo. Son los transportes especiales de grandes cargas (bien por su volumen, bien por su peso) o determinadas mercancías peligrosas no usuales (contenedores con residuos nucleares, grandes piezas industriales o de obras públicas, etc.).

Este tipo de transportes tienen un impacto importante sobre el tráfico de las carreteras por las que discurren, además de tener que conocer si se pueden ver afectados, por razones de peso o tamaño, por estructuras como puentes o zonas con deficiencias en el firme. En este sentido, las autoridades de tráfico deben estar informadas y tener el conocimiento en tiempo real de la situación y dinámica del transporte para, de esa forma, ir ajustando el tráfico en la carretera por la que circula, además de establecer las medidas de seguridad vial necesarias para mitigar posibles accidentes.

El formato es similar al de transporte de mercancías peligrosas, pero de forma puntual, es decir, se contrata el servicio por un transporte concreto durante un periodo de tiempo que va desde el inicio del plan de transporte hasta la entrega de la mercancía o el regreso del vehículo especial a su lugar de origen.

Supongamos el transporte de una carga pesada y de longitud elevada. Existen dos problemas. Por un lado, el peso de la carga hace que sea necesario planificar la ruta para pasar por puentes que soporten elevadas cargas (como anécdota, en el traslado de cierto componente de un reactor nuclear de la Central de Trillo, hubo que desviar el transporte para pasar por un puente romano, ya que los puentes modernos localizados a lo largo de la ruta no soportaban el peso transportado). Por otra parte, la elección de la mejor ruta impacta sobre el tráfico a lo largo de la misma, por lo que es necesario cortar el mismos o establecer las restricciones correspondientes. En este sentido,

el conocimiento del lugar exacto en que se encuentra el transporte, así como su velocidad y tiempo previsto de paso por determinados lugares (cruces, puentes, poblaciones, etc.) permite adecuar el tráfico de forma óptima, de manera que el impacto sea el menor posible. Para lograr esto, las autoridades de tráfico, las compañías aseguradoras, los responsables de seguridad, los responsables de la carga y el transportista, deberán saber en tiempo real todos los datos necesarios. En su tratamiento, se usará la lógica de mercancías peligrosas.

El transporte por carreteras, constituye el mayor mercado potencial por número de usuarios, ya que cualquier vehículo se transforma de forma automática en un potencial cliente para una aplicación dada. Del mismo modo, ante servicios abiertos o de acceso libre, como es el caso del SBAS, podrá beneficiarse de sus prestaciones, si bien no de aplicaciones, ya que estas irán siempre sujetas a un proveedor de las mismas y, en consecuencia, al contrato y pago correspondiente.

6 OTRAS APLICACIONES

El uso del GNSS se ha extendido a todos los sectores de la sociedad, la industria, el transporte, etc., lo que supone tener uno de los sistemas más flexibles de cuantos han sido ideados por el ser humano. En este capítulo haremos una breve referencia a otras aplicaciones, todas ligadas entre sí desde el punto de vista de filosofía de uso y desarrollo, pero con los matices que las hacen independientes y propias para el sector para el que han sido desarrolladas.

Este tipo de aplicaciones se caracteriza por la necesidad de una alta precisión y flexibilidad, más allá de parámetros de disponibilidad, continuidad o integridad. No obstante, esa aseveración es genérica, ya que hay matices que hacen necesarios disponer de todas las variables referidas, ya que algunas aplicaciones combinan algunas de las vistas anteriormente. Por ejemplo, las aplicaciones petroleras, pueden requerir a su vez aplicaciones aeronáuticas y marítimas, ya que una plataforma en alta mar se verá sujeta a dichos principios, pues dispone de helipuerto y se ve sujeta a las necesidades de exploración marítima.

6.1 Aplicaciones Geodésicas

El uso del GNSS se ha extendido de forma masiva en las observaciones geodésicas, ya que constituye un elemento de vital importancia para el establecimiento de puntos de referencia geodésicos y para el control del mismo en tiempo real, lo que abre la posibilidad de

implantar redes de monitorización geodésica en tiempo real que permiten observar cualquier variación que se pueda producir en la superficie de la tierra.

Los GPS utilizados se basan en estaciones de referencia (GPS diferencial) y receptores de alta precisión, que al estar localizados en lugares fijos durante largos periodos de tiempo, permiten eliminar todos los sesgos y obtener altísimas precisiones que llegan a estar por debajo del centímetro.

Normalmente, podemos establecer dos tipos de aplicaciones:

Por un lado, está la monitorización de la red geodésica, para lo que se emplean receptores GNSS localizados de forma permanente en puntos fijos. Un ejemplo de esto, sería la falla de San Andrés, en California, donde hay una red a lo largo de la misma que detectan la menor variación que se pueda producir, y se usa en la determinación de la tensión que se produce y de esta forma poder estar alerta ante posibles terremotos.

Por otra parte, la medición de puntos concretos de forma puntual, para lo que se utilizan receptores portátiles, ligados a estaciones de referencia o en base a tomas de datos durante largos periodos de tiempo en el mismo lugar. Esto permite determinar posiciones 3D en un corto espacio de tiempo en comparación con los métodos anteriores basados en triangulación, usando teodolitos y

partiendo de un punto de referencia geodésica conocido, lo que podía complicar mucho el trabajo si dicho punto estaba localizado a una larga distancia del punto a medir.

6.2 Aplicaciones petroleras

El uso del GNSS en aplicaciones petroleras supone un importante avance en el proceso de localización, delimitación y ubicación de los yacimientos y torres de extracción, toda vez que se puede realizar un seguimiento en

tiempo real de todos estos aspectos. Hay que destacar, que estas aplicaciones incluyen algunas de las vistas hasta ahora, como es el caso de aplicaciones marítimas y aeronáuticas, toda vez que hay plataformas de extracción en alta mar y helipuertos asociados a centros de extracción, en algunos casos con un tráfico importante, a lo que hay que añadir la fijación de rutas no públicas, en las que el helicóptero realiza labores de análisis para fijar zonas de posibles prospecciones.

Normalmente, las compañías petroleras hacen un uso completo de las posibilidades del GNSS, equipando a sus flotas de camiones, helicópteros, buques y plataformas, para realizar un control pormenorizado de las mismas. Desde el punto de vista de los requisitos, nos podemos remitir a los indicados en las tablas de aplicaciones marítimas en los referidos a exploración y navegación, así como operaciones en puerto; para los helicópteros se aplicarán los requisitos aeronáuticos, y en el caso de las flotas de camiones, se aplicarán los criterios de gestión de flotas y mercancías peligrosas.

6.3 Aplicaciones en obras públicas

Las obras públicas se han visto beneficiadas del uso del GNSS como medio de posicionamiento y control de estructuras, así como para la localización y situación de maquinarias.

6.3.1 Monitorización de estructuras

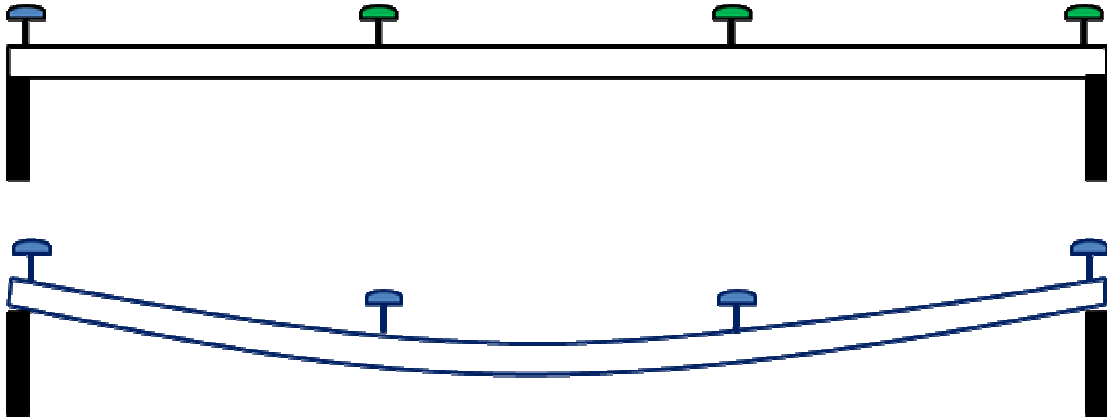
Las grandes estructuras requieren un control continuado que garanticen su

estabilidad y durabilidad. Esto es especialmente crítico en el caso de puentes y viaductos, por cuanto recorren grandes tramos en suspensión y descansan sobre pequeños puntos en el terreno. Para ello se recurre a los sistemas de detección y control de deformaciones.

Hasta ahora, se solía comprobar periódicamente el correcto estado del conjunto mediante teodolitos y sensores que detectaban grandes desplazamientos. Sin embargo, esto no permitía conocer en tiempo real cualquier variación que pudiese producirse por circunstancias varias, tales como fuertes vientos que hacen vibrar o desplazar la estructura (esto es especialmente crítico en el caso de los puentes colgantes). Así mismo, las variaciones que se puedan producir en los puntos de asentamiento del puente son vitales para la estabilidad del mismo, por lo que se monitoriza que dichos puntos estén dentro de unos parámetros preestablecidos (la corteza terrestre se mueve en horizontal y vertical, por lo que los extremos de los puentes no son fijos, sino que se sitúan sobre un entramado móvil que es el que lo asienta sobre los anclajes).

Por último, los tableros son controlados a lo largo de su longitud para comprobar que no se deforman o ponen en peligro la integridad

estructural de toda la construcción. De forma esquemática, esto se realiza de la siguiente forma:



Como se puede apreciar, una deformación del tablero se traduce en una variación en la altura de las antenas, por lo que es posible determinar el alcance de dicha deformación en tiempo real, además de almacenar las que se van produciendo y determinar de forma automática el “estado de salud” de la estructura.

Este mismo principio es aplicable al caso de las presas, por cuanto son estructuras sometidas a grandes presiones y que se pueden ver afectadas por movimientos telúricos, lo que puede suponer un importante riesgo para la presa y las consecuencias que puede acarrear su posible rotura.

6.3.2 Topografía, mediciones, posicionamiento en mapa y marcación de puntos

Normalmente, la localización y marcación de puntos, se realizaba partiendo de un punto de referencia geodésico y, mediante teodolitos, se iba triangulando y marcando los diferentes puntos que delimitaban una vía o construcción determinada. Este trabajo era lento y complejo, que exigía de una alta especialización por parte de los operarios responsables del proceso y exigía verificaciones para evitar, o minimizar, los posibles errores.

Con la llegada del GPS, esta tarea se facilita de forma importante, por cuanto basta con disponer de un receptor geodésico GPS (con capacidad de poder funcionar con estaciones de referencia diferenciales o DGPS), para poder establecer los diferentes puntos de forma rápida y precisa, simplificando la tarea y dando

una alta garantía de precisión en el posicionamiento, además de no exigir la alta cualificación del personal responsable, por cuanto se simplifica el proceso, exigiendo una menor plantilla.



estos
med
un
marc
con
signi
prec
infor
form
neces

de
las
s en
erán
ano,
muy
e la
esta
en
sea

6.3.3 Localización, gestión y guiado de maquinaria

En las grandes obras públicas, como construcción de presas, puentes, carreteras o vías férreas, se manejan grandes cantidades de unidades de maquinaria pesada que deben estar localizadas y coordinadas entre sí en todo momento, al objeto de poder disponer de la más adecuada para cada caso y optimizar su uso y rendimiento.

A esto hay que añadir la necesidad de coordinar perfectamente los tiempos en el traslado de hormigón u otros materiales que

deben de cumplir con unos requisitos muy estrictos en cuanto a condiciones de humedad y fraguado, lo que hace que los vehículos que los transporten deben cumplir unos tiempos muy precisos en el traslado desde el lugar de producción hasta el lugar de entrega.

Evidentemente, la aplicación del concepto de gestión y localización de flota (ver capítulo correspondiente), es de gran ayuda, ya que solventa de forma sencilla el problema, ayudando a establecer la “coreografía” necesaria para optimizar los equipos y coordinar sus acciones.



Otro aspecto importante es el guiado de la maquinaria, al objeto de situarla en el punto exacto donde debe operar y marcar el área que cubre dicha operación, lo que implica un ahorro en tiempo y un menor impacto en la zona de obras.

6.4 Recursos naturales

El uso de las aplicaciones basadas en GNSS en las explotaciones de recursos naturales, puede ser altamente beneficioso, no solo desde el punto de vista de la explotación en sí, sino desde la vertiente del control del producto y de la trazabilidad del mismo.

Entre las aplicaciones más destacadas están la agricultura de precisión, el control de cabañas ganaderas y la pesca.

La agricultura de precisión permite establecer de forma precisa el tamaño y contorno de los campos, y en consecuencia, su superficie. Esto lleva a la posibilidad de establecer de forma precisa los diferentes procesos, tales como el arado óptimo en función de la superficie y tipo de tierra; optimización del abonado, lo que repercute en un ahorro en costes y un menor impacto medioambiental; fumigación precisa, centrándolos solo en el campo y cosecha a fumigar, con los beneficios que ello conlleva; proceso de cosechado automatizado, lo que permite determinar con

alta exactitud el área cosechada (importante en el caso de concentraciones parcelarias y cooperativas donde es necesario establecer la producción de cada propietario de la misma) y los rendimientos obtenidos, además de optimizar y disminuir el número de recorridos realizados por los tractores y máquinas cosechadoras.



Otro apartado importante desde el punto de vista agrícola, es el referente a la agrimensura y, por consiguiente, el catastro, ya que el uso del GNSS permite determinar exactamente las lindes y superficies de los diferentes campos y propiedades.

En ganadería, cada vez es más frecuente el tener cabañas ganaderas con denominación de origen, lo que implica tener un control exhaustivo de todo el proceso desde el nacimiento hasta el matadero. Esto es especialmente importante en el caso de la ganadería extensiva, donde los animales deben de estar en el campo, generalmente en estado de semilibertad y alimentándose de pastos o frutos concretos.



Para ello, se incorpora un receptor GPS y un emisor VHF en el animal (generalmente sujeto con correajes), lo que permite enviar los datos a una central de proceso y conocer el área de movimiento y alimentación de dicho animal, que coincide con el global de la cabaña a controlar.

Desde el punto de vista de las actividades pesqueras, el seguimiento por GNSS del lugar donde se efectúan las capturas, permite delimitar la trazabilidad del producto y la legalidad del mismo (cumplimiento de cuotas, áreas de exclusión de pesca, seguimiento de acuerdos con terceros países, etc.).

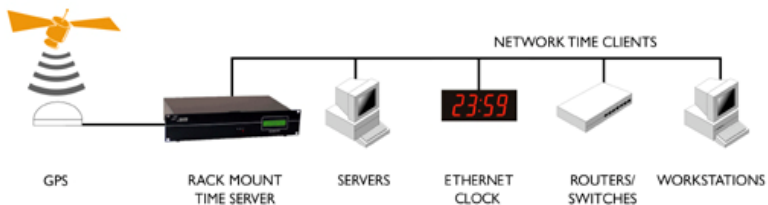
Como se va viendo, las aplicaciones del GNSS son múltiples y cubren cualquier campo imaginable, constituyendo el sistema más revolucionario y que más ha calado en todos los aspectos de la sociedad de cuantos se han ideado, ya que conjuga posicionamiento, con control de tiempos, navegación, localización, seguimientos, etc. Las aplicaciones son tantas que sería muy prolijo, amén de tedioso, irnos centrando de una en una, toda vez que las bases de partida son las mismas y las diferencias son el desarrollo de los programas informáticos dedicados a cada una de dichas aplicaciones. No obstante, y al objeto de dar una visión general de todo lo que se puede hacer, veremos a continuación, en forma puntual, otras muchas aplicaciones:

- Redes bancarias
- Bases de tiempo
- Redes de comunicaciones
- Sistemas de seguridad

6.5 Sincronización

Se basan en el uso del patrón tiempo del GNSS, unificando el mismo a todos los usuarios de un servicio concreto, y asegurando

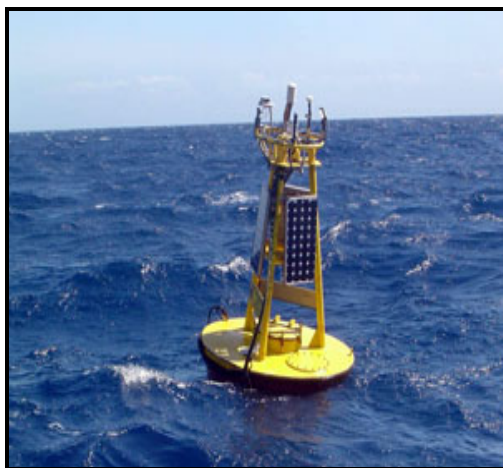
una alta exactitud a un coste bajo (comparado con el coste de los relojes atómicos) y manteniendo una perfecta sincronización en todo momento. Entre otras, las aplicaciones más destacables son:



6.6 Ciencia

Como una derivación de todas las aplicaciones vistas hasta ahora, se pueden generar multitud de aplicaciones de uso científico, como por ejemplo:

- Altura de océanos, olas.
- Seguimiento de fauna.
- Estudios sísmicos/volcanes.
- Estudios atmosféricos.
- Determinación de actitud.
- Movimientos de la corteza terrestre.
- Topografía, Geología, Batimetrías.



6.7 Asuntos Sociales

Guiado de ciegos.
Seguimiento de personas (niños, alzheimer).
Control de órdenes de alejamiento.
Control de presos.



6.8 Rescate y emergencias

- Trazado áreas búsqueda con perros.
- Guiado servicios de emergencia.
- Optimización de recursos de rescate.
- Reducción de tiempos de actuación.
- Localización rápida lugar de emergencia.
- Sistemas de control de emergencias.



6.9 Ocio

- Senderismo
- Golf
- Entrenamiento
- Información turística
- Localización fotografías
- Juegos localización

