



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)

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 (99.7% de probabilidad), la posición vertical con una precisión de 70 metros (99.7% de probabilidad), las componentes del vector velocidad con precisión de 15 cm/s (99.7% de probabilidad) y el tiempo con precisión 1?s (99.7% de probabilidad). Estas características pueden ser mejoradas empleando sistemas diferenciales similares a los empleados con GPS y utilizando métodos especiales de medida (medida de fase).

La constelación completa está formada por 21 satélites activos y 3 de reserva situados en tres planos orbitales separados 120°. 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.

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. Desde aquél primer lanzamiento hasta Enero de 1996 la constelación ha ido pasando por diversas etapas :

Bloque	GLONASS	COSMOS	Fecha	Fecha	ESTADO	NN
1	-	1413	12.10.82	10.11.82	retirado desde	30.03.84 1
2	-	1490	10.08.83	02.09.83	retirado desde	29.10.85 2
2	-	1491	10.08.83	31.08.83	retirado desde	09.06.88 3



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

3 - 1519 29.12.83 07.01.84 retirado desde 28.01.88 4
3 - 1520 29.12.83 15.01.84 retirado desde 16.09.86 5
4 - 1554 19.05.84 05.06.84 retirado desde 16.09.86 6
4 - 1555 19.05.84 09.06.84 retirado desde 17.09.87 7
5 - 1593 04.09.84 22.09.84 retirado desde 28.11.85 8
5 - 1594 04.09.84 28.09.84 retirado desde 16.09.86 9
6 - 1650 18.05.85 06.06.85 retirado desde 28.11.85 10
6 - 1651 18.05.85 04.06.85 retirado desde 17.09.87 11
7 - 1710 25.12.85 17.01.86 retirado desde 06.03.89 12
7 - 1711 25.12.85 20.01.86 retirado desde 17.09.87 13
8 - 1778 16.09.86 17.10.86 retirado desde 05.07.89 14
8 - 1779 16.09.86 17.10.86 retirado desde 24.10.88 15
8 - 1780 16.09.86 17.10.86 retirado desde 12.10.88 16
9 - 1838 24.04.87 - lanzamiento fallido 17
9 - 1839 24.04.87 - lanzamiento fallido 18
9 - 1840 24.04.87 - lanzamiento fallido 19
10 - 1883 16.09.87 10.10.87 retirado desde 06.06.88 20
10 - 1884 16.09.87 09.10.87 retirado desde 20.08.88 21
10 - 1885 16.09.87 05.10.87 retirado desde 07.03.89 22
11 - 1917 17.02.88 - lanzamiento fallido 23
11 - 1918 17.02.88 - lanzamiento fallido 24
11 - 1919 17.02.88 - lanzamiento fallido 25
12 - 1946 21.05.88 01.06.88 retirado desde 10.05.90 26
12 234 1947 21.05.88 03.06.88 retirado desde 18.09.91 27
12 233 1948 21.05.88 03.06.88 retirado desde 18.09.91 28
13 - 1970 16.09.88 20.09.88 retirado desde 21.05.90 29
13 - 1971 16.09.88 28.09.88 retirado desde 30.08.89 30
13 236 1972 16.09.88 03.10.88 retirado desde 12.08.92 31
14 239 1987 10.01.89 01.02.89 retirado desde 03.02.94 32
14 240 1988 10.01.89 01.02.89 retirado desde 17.01.92 33
14 - 1989* 10.01.89 Satélite geodésico
15 - 2022 31.05.89 04.07.89 retirado desde 23.01.90 34
15 - 2023 31.05.89 15.06.89 retirado desde 18.11.89 35
15 - 2024* 31.05.89 Satélite geodésico
16 242 2079 19.05.90 20.06.90 retirado desde 17.08.94 36
16 228 2080 19.05.90 17.06.90 retirado desde 27.08.94 37
16 229 2081 19.05.90 11.06.90 retirado desde 20.01.93 38
17 247 2109 08.12.90 01.01.91 retirado desde 10.06.94 39
17 248 2110 08.12.90 29.12.90 retirado desde 20.01.94 40
17 249 2111 08.12.90 28.12.90 retirado desde 15.08.96 41
18 750 2139 04.04.91 28.04.91 retirado desde 14.11.94 42
18 753 2140 04.04.91 28.04.91 retirado desde 04.06.93 43
18 754 2141 04.04.91 04.05.91 retirado desde 16.06.92 44
19 768 2177 30.01.92 24.02.92 retirado desde 29.06.93 45
19 769 2178 30.01.92 22.02.92 parte de la constelación 46



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

19 771 2179 30.01.92 18.02.92 parte de la constelación 47
20 756 2204 30.07.92 19.08.92 parte de la constelación 48
20 772 2205 30.07.92 29.08.92 retirado desde 27.08.94 49
20 774 2206 30.07.92 25.08.92 retirado desde 26.08.96 50
21 773 2234 17.02.93 14.03.93 retirado desde 17.08.94 51
21 759 2235 17.02.93 25.08.93 parte de la constelación 52
21 757 2236 17.02.93 14.03.93 parte de la constelación 53
22 758 2275 11.04.94 04.09.94 parte de la constelación 54
22 760 2276 11.04.94 18.05.94 parte de la constelación 55
22 761 2277 11.04.94 16.05.94 parte de la constelación 56
23 767 2287 11.08.94 07.09.94 parte de la constelación 57
23 770 2288 11.08.94 04.09.94 parte de la constelación 58
23 775 2289 11.08.94 07.09.94 parte de la constelación 59
24 762 2294 20.11.94 11.12.94 parte de la constelación 60
24 763 2295 20.11.94 15.12.94 parte de la constelación 61
24 764 2296 20.11.94 16.12.94 parte de la constelación 62
25 765 2307 07.03.95 30.03.95 parte de la constelación 63
25 766 2308 07.03.95 05.04.95 parte de la constelación 64
25 777 2309 07.03.95 05.04.95 parte de la constelación 65
26 780 2316 24.07.95 26.08.95 parte de la constelación 66
26 781 2317 24.07.95 22.08.95 parte de la constelación 67
26 785 2318 24.07.95 22.08.95 parte de la constelación 68
27 776 2323 14.12.95 07.01.96 parte de la constelación 69
27 778 2324 14.12.95 reserva parte de la constelación 70
27 782 2325 14.12.95 18.01.96 parte de la constelación 71

Y de esta manera se han ido actualizando en los años sucesivos.

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.

Características de las Señales GLONASS.

Las descripciones de las señales GLONASS se refleja en los documentos ICD. Los satélites GLONASS transmiten dos señales de ruido pseudoaleatorio. Los satélites GLONASS llevan a bordo relojes de atómicos de Cesio con un oscilador de frecuencia fundamental de 5 MHz. A partir de esta frecuencia fundamental se pueden obtener o modular los códigos C/A y P, de frecuencias 0.511 MHz y 5.11 MHz respectivamente. En la señal también se introduce un mensaje de 50 bits por segundo. La banda L1 funciona en la frecuencia $1602 + 0.5625 \cdot k$ MHz, donde k es el canal (0-24), lo genera un rango de frecuencias que van desde 1602 - 1615.5 MHz. La banda L2 funciona en la frecuencia $1246 + 0.4375 \cdot k$ MHz, lo que genera un rango de frecuencias que van desde 1246 - 1256.5 MHz.



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

Algunas transmisiones GLONASS crean interferencias con las señales astronómicas de radio, que usan las bandas de frecuencia de 1610.6 - 1613.8 y 1660 - 1670 MHz, que corresponden a los canales GLONASS del 15 al 20. Además, las transmisiones GLONASS de frecuencias superiores 1610 MHz tienen interferencias con las señales del servicio de satélites para comunicaciones móviles en las frecuencias que van desde 1610 - 1626.5 MHz. Para solucionar esto, y por la necesidad de minimizar las interferencias, las autoridades encargadas del Sistema GLONASS decidieron reducir el número de frecuencias usadas (y por lo tanto el número de canales), y bajar el intervalo de frecuencias utilizadas. Así, el sistema constará de 12 canales de frecuencia, mas dos adicionales para los test de control. De esta forma la banda L1 se encontrará entre 1598.0625 - 1604.25 MHz y la banda L2 se encontrará entre 1242.9375 - 1247.75 MHz. Los actuales y futuros canales de frecuencias GLONASS se pueden resumir de la forma siguiente:

Frecuencias iniciales:

$$fL1 = 1602 + 0.5625 \cdot k \text{ MHz (k = 0, \dots, 24)}$$

$$fL2 = 1246 + 0.4375 \cdot k \text{ MHz (k = 0, \dots, 24)}$$

En 1998:

1602 - 1608.8 MHz (canales 1 - 12)

1614.4 - 1615.5 MHz (canales 22 - 24)

1246 - 1251.25 MHz (canales 1 - 12)

1255.625 - 1256.5 MHz (canales 22 - 24)

Los canales 15-20 no están en uso y el ICD estipula el uso de los canales de frecuencia 13, 14, y 21 en circunstancias excepcionales.

Entre 1998-2005:

1602 - 1608.8 MHz (canales 0 - 12)

1246 - 1251.25 MHz (canales 0 - 12)

A partir de 2005:

1598.1 - 1604.25 MHz (canales -7 - 4)

1242.9375 - 1247.75 MHz (canales -7 - 4)

Los canales 5 y 6 serán utilizados para test de control.

Pero la cuestión que se plantea es cómo introducir los 24 satélites de la constelación completa en sólo 12 canales. Lo que se plantea es introducir dos satélites antipodales de un mismo plano en el mismo canal, esto es, satélites separados 180° de argumento



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

de latitud, de forma que un usuario colocado en cualquier punto de la Tierra nunca recibirá señales simultáneas de los dos satélites sitiados en el mismo canal.

GLONASS transmite el código P en ambas bandas L1 y L2 y el código C/A, de momento sólo en la banda L1, pero está programado que la Constelación GLONASS-M lo transmita también en la banda L2 para uso civil.

El código C/A tiene una longitud de 511 chips y se propaga con una velocidad de 511 Kchips/s y por lo tanto con una repetibilidad de 1 milisegundo. El código P tiene una longitud de $5.11 \cdot 10^6$ chips y se propaga con una velocidad de 5.11 Mchips/s, cuya repetibilidad es de 1 segundo. A diferencia de los satélites GPS, todos los satélites GLONASS transmiten los mismos códigos. Esto es así porque en GLONASS la identificación de los satélites se hace por la frecuencia de las portadoras y no por el PRN de los códigos como se hace en GPS.

Los errores que se pueden cometer en el posicionamiento absoluto de un punto con el código C/A utilizando el Sistema GLONASS son de unos 60 m (99.7%) en horizontal y de unos 75 m (99.7%) en vertical. Esta precisión es comparable a la que ofrece el Sistema GPS sin la Disponibilidad Selectiva.

Sistemas de Tiempo.

Todos los satélites del sistema GLONASS están equipados con relojes de cesio que son corregidos dos veces al día, lo que permite una precisión de 15 nanosegundos en la sincronización de tiempos de los satélites respecto al Sistema de Tiempos GLONASS. El Sistema de Tiempos GLONASS (GLONASST) es generado en la Central de Sincronización de Tiempos de Moscú, cuyos relojes de hidrógeno tiene una variación diaria inferior a 5×10^{-14} . El sistema GLONASS proporciona referencias de tiempo en el Sistema de Tiempos GLONASS, mantenido en Moscú y en el sistema UTC (CIS), mantenido en el Centro Meteorológico Principal del Servicio Ruso de Tiempos y Frecuencias de Mendeleev (VNIIFTRI). La introducción del UTC en lugar del TAI (Tiempo Atómico Internacional) se debe a que el TAI es un sistema de tiempo continuo que no tiene en cuenta la disminución de la velocidad de la tierra respecto al Sol, que en la actualidad implica 1 segundo al año, lo que significaría un problema para la sincronización con el día solar. El tiempo GPS (GPST) no es incrementado un segundo cada año, por lo que la diferencia de tiempos GLONASS y GPS no es igual cada año.

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



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

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.

Código C/A :

Se trata de un código PRN (Ruido pseudoaleatorio) 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 ms. Esto produce componentes de frecuencia no deseada 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 autocorrelación, 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 1.96×10^{-6} segundos en transmitirse, lo que significa 587 metros.

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 s, ya que está truncado.

El código P es mucho más largo que el C/A y también presenta características de autocorrelación. 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, por lo que no es necesario el empleo de la palabra HOW utilizada en GPS.

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 a 50 bps, y su función primaria es la de proporcionar información a cerca de las efemérides de los satélites y la distribución de los canales. La información contenida en las efemérides permite al receptor GLONASS conocer



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

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 (offset entre los sistemas de tiempos respectivos, diferencias entre los modelos WGS-84 y PZ-90, etc...)

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 (almanaque). Cada subtrama tiene la información del almanaque de 5 satélites, por lo que es necesario leer todas las subtramas 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 tiene varias horas de validez, por lo que el receptor no necesita estar leyendo continuamente el mensaje de navegación para calcular la posición exacta.

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 contiene 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



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

satélites, y es necesario leer las 72 subtramas para tener la información de todos los satélites.

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.

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 ns para el sistema de tiempos GLONASS y de 1?s 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.

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.

En 1990-91 los trabajos en este campo volvieron a revitalizarse debido a extensión del sistema DGPS incluso en territorio ruso y a que ciertas compañías extranjeras mostraron gran interés en introducirse en el mercado ruso de equipamiento. Bajo estas circunstancias, el interés de los usuarios rusos y de los fabricantes de equipos diferenciales aumentó considerablemente y los trabajos para la creación de estaciones diferenciales para diversas aplicaciones se aceleraron.

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



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

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 práctica 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.

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

- ? Recoger y procesar los datos recibidos de las estaciones de monitorización, las estaciones diferenciales del 2º y 3er 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 2º y 3er nivel o directamente a los usuarios.
- ? Interacción entre el WADS y el Centro de Control GLONASS.

El número necesario de estaciones de 1er 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 1er nivel es posible la utilización de la infraestructura del Complejo Ruso de Control de Vehículos Espaciales.

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 m en un área de radio 500 Km.

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



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

torno a varias decenas de Km. El LADS puede ser creado en versión móvil. El 3er nivel incluye también los pseudolitos.

El desarrollo de las RADS y LADS se llevó a cabo entre 1996 y 1997, y después se integraron en el UDS entre 1998 y el 2000.

Sistema de Referencia. DATUM PZ-90.

Las efemérides GLONASS están referidas al Datum Geodésico Parametry Zemli 1990 o PZ-90, o en su traducción Parámetros de la Tierra 1990 o PE-90. Este sistema reemplazó al SGS-85, usado por GLONASS hasta 1993.

El sistema PZ-90 es un sistema de referencia terrestre con coordenadas definidas de la misma forma que el Sistema de Referencia Internacional Terrestre (ITRF). Las constantes y parámetros del PZ-90 se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 2. Parámetros del Datum PZ-90.

Parámetro	Valor
Rotación de la Tierra	$72.92115 \cdot 10^{-6}$ rad/s
Constante Gravitacional	$398600.44 \cdot 10^9$ m ³ /s ²
Constante Gravitacional de la atmósfera	$0.35 \cdot 10^9$ m ³ /s ²
Velocidad de la luz	299792458 m/s
Semieje mayor del elipsoide	6378136 m
Aplanamiento del elipsoide	1 / 298.257839303
Aceleración de la gravedad en el Ecuador	978032.8 mgal

La realización del Sistema PZ-90 por medio de la adopción de coordenadas de estaciones de referencia ha dado como resultado el desfase en el origen y orientación de los ejes, así como la diferencia en escala con respecto al ITRF y al Sistema WGS-84 también.

Sector Usuario.

El Sistema GLONASS es un sistema militar y civil. Todos los usuarios militares y civiles constituyen el Sector Usuario. El desarrollo y diseño de nuevos receptores por parte de los fabricantes está en continua evolución.

Un equipo de recepción de señales GLONASS, al igual que uno de GPS, está formado por una antena y un receptor. La antena suele llevar un plano de tierra para evitar el



KOLLNER LABRAÑA & CIA. LTDA

Servicio Técnico SOKKIA
Laboratorio de Calibración
Arriendo y Venta

efecto multipath, es decir, la recepción de señales reflejadas en el suelo u otros objetos, que empeoran la precisión. Los receptores disponen de un reloj para sincronizar las señales recibidas.

Existen dos generaciones de receptores GLONASS. La primera generación contenían 1,2 y 4 canales. La segunda generación son ya mucho más compactos y ligeros, incluyendo 5, 6 y 12 canales, usados para aplicaciones civiles y capaces de operar con las dos constelaciones GPS/GLONASS.

Fuera de Rusia, hay un número considerable de fabricantes e investigadores que han diseñado y construido receptores GLONASS o GPS/GLONASS incluyendo doble frecuencia y códigos C/A y P. Algunos de ellos eran prototipos desarrollados para ganar experiencia con GLONASS, y otros para aplicaciones específicas.

Entre las principales marcas de los receptores GLONASS o GPS/GLONASS se encuentran:

- GEOTRACER 2404: 12 canales GPS y 12 canales GLONASS.
- Magnavox: 8 canales GLONASS.
- 3S Navigation: 12 canales GNSS para navegación.
- GG-24 Astech: 12 canales GPS y 12 canales GLONASS.
- Sercel Scorpio 6001: 16 canales GPS/GLONASS.