

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DE INGIENERIA



ULL

TRABAJO FIN DE GRADO
SISTEMA COSPAS-SARSAT

Álvaro Luis Luis

JULIO 2015

TRABAJO FIN DE GRADO

Título: *Sistema COSPAS-SARSAT*

Autor: *Álvaro Luis Luis*

Tutor: *Carlos Alonso Dehesa*

Tribunal:

Fecha de lectura:

Calificación:

Índice

Índice.	Página 2
1. Resumen del Sistema.	Página 4
2. Historia.	Página 6
3. Descripción del sistema.	Página 10
3.1 Segmento espacial.	Página 10
3.1.1 Sistema LEOSAR.	Página 10
A. Dispositivos SARR.	Página 12
- Receptores SARR.	Página 13
- Transmisores SARR.	Página 14
B. Dispositivos SARP.	Página 15
- SARP-2.	Página 15
- SARP-3.	Página 19
3.1.2 Sistema GEOSAR.	Página 23
A. Repetidores SARR en satélites GOES.	Página 24
B. Repetidores SARR en el satélite INSAT-3A.	Página 26
C. Repetidores SARR en satélites ELEKTRO-L1.	Página 27
D. Repetidores SARR en los satélites MSG.	Página 28
3.2 Segmento de tierra.	Página 30
3.2.1 Estaciones LUTs.	Página 30
A. LEOLUT.	Página 30
B. GEOLUT.	Página 33
3.2.2 Centro de control de Misión.	Página 34
3.2.3 RCCs y SPOCs.	Página 37
3.3 Segmento Usuario.	Página 38
3.3.1 ELTs.	Página 38
3.3.2 EPIRBs.	Página 39
3.3.3 PLBs.	Página 40
3.3.4 Modelos de los dispositivos usados por el sistema.	Página 40
A. Fase de terminación del procesamiento de balizas de 121.5 MHz.	Página 40
B. Radiobalizas de 406 MHz.	Página 40

3.3.5 Estructura del mensaje de las balizas.	Página 42
3.3.6 Requisitos a cumplir por las normativas marinas.	Página 43
4. Evolución del sistema.	Página 44
4.1 Sistema MEOSAR.	Página 44
4.1.1 Segmento Espacial.	Página 45
4.1.1.1 DASS.	Página 46
A. Estructura del sistema.	Página 46
B. Carga útil.	Página 46
4.1.1.2 SAR/GALILEO.	Página 46
A. Estructura del sistema.	Página 46
B. Carga útil.	Página 47
4.1.1.3 SAR/GLONASS.	Página 48
A. Estructura del sistema.	Página 48
B. Carga útil.	Página 48
4.1.2 Segmento de Tierra.	Página 48
4.1.3 Segmento de Usuario.	Página 49
4.1.4 Capacidades avanzadas del sistema.	Página 49
4.1.4.1 Enlace de retorno a la baliza.	Página 49
A. Confirmación de lectura.	Página 50
B. Otros servicios.	Página 51
C. Estructura del enlace de retorno.	Página 52
4.2 Nueva Generación de Balizas.	Página 53
4.2.1 Diseños de la segunda generación de balizas.	Página 54
4.2.2 Estructura del mensaje de la baliza.	Página 54
4.2.3 Primeras pruebas.	Página 56
4.3 Cronología de la evolución del sistema.	Página 56
5. Conclusión.	Página 57
Anexo A. MCC en España. MCC en Maspalomas.	Página 58
Anexo B. Registro de radiobalizas.	Página 61
Anexo C. Funcionamiento de un CSS.	Página 63
Glosario	Página 66
Bibliografía.	Página 70

1. Resumen del Sistema.

El programa internacional COSPAS-SARSAT es un sistema por satélite que detecta y localiza las señales de emergencia de balizas activadas por aviones, barcos y excursionistas que se encuentran en peligro y distribuye esta información a las autoridades SAR.

Incluyendo los cuatro países originales en el Acuerdo, actualmente se han asociado formalmente 41 Estados y 2 organizaciones, los cuales participan activamente en la gestión y el funcionamiento del sistema. Cabe destacar que a dichos países asociados se les denominan "los participantes".

La misión del programa es proporcionar de manera precisa, fiable y en tiempo real, datos referentes a la localización de las balizas de socorro, para ayudar a las autoridades en la búsqueda y rescate de las personas en peligro. El objetivo del sistema COSPAS-SARSAT es reducir, en la medida de lo posible, los retrasos en la retransmisión de los alertas de socorro a los servicios de búsqueda y salvamento, y el tiempo necesario para localizar a una persona en peligro en el mar o en tierra y prestar asistencia a dicha persona, lo cual tiene un impacto directo en la probabilidad de su supervivencia.

Para lograr este objetivo, los participantes del COSPAS- SARSAT implementan, mantienen, coordinan y operan, un sistema de satélites capaces de detectar transmisiones de alerta de radiobalizas que cumplan con las normas de funcionamiento y especificaciones del COSPAS- SARSAT, para determinar su posición en cualquier parte del mundo.

El sistema se divide en tres grandes partes: Segmento espacial, constituido por los distintos Satélites; Segmento de tierra, formado por el conjunto de instalaciones para el procesamiento (LUT, GEOLUT, MCC, RCC) y transmisión de las señales; y segmento del Usuario, constituido por las distintas balizas existentes.

En la siguiente figura se muestra el funcionamiento del programa por partes:

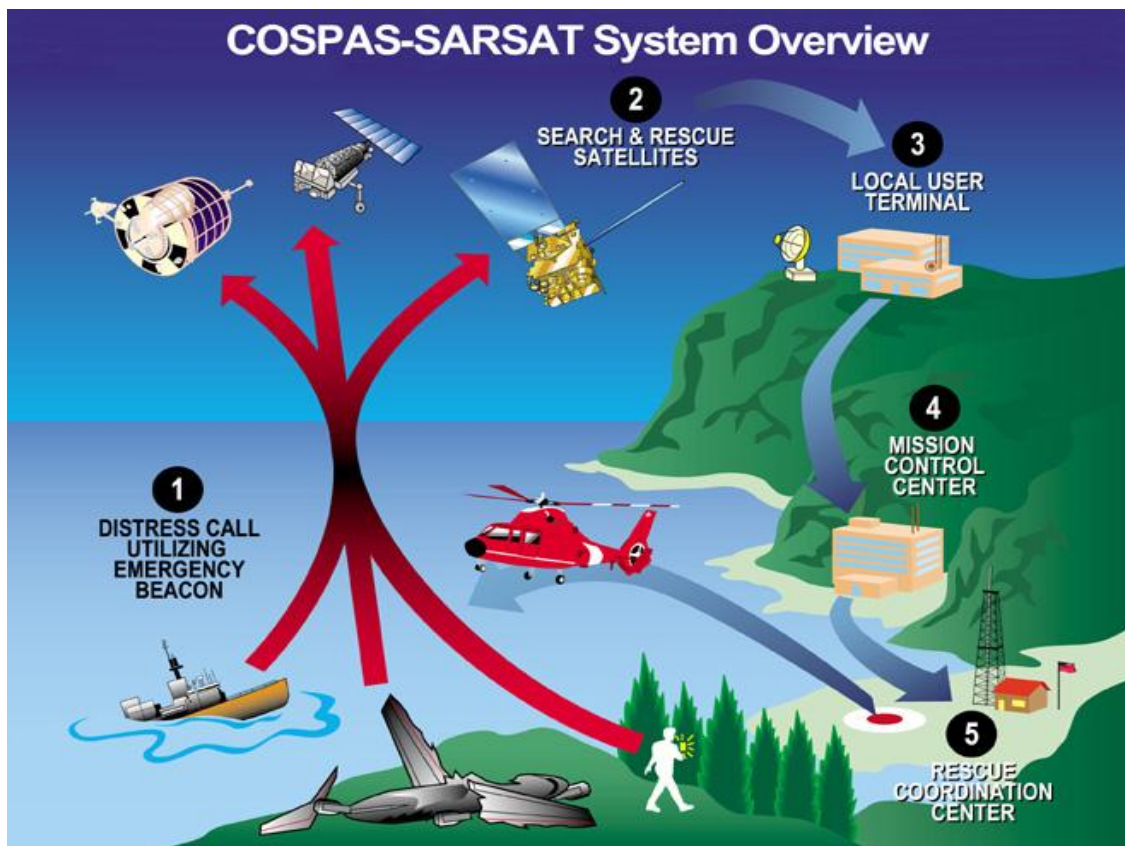


Figura 1: Descripción del programa.

1. En situaciones de "peligro inminente", cuando hay vidas en riesgo, las radiobalizas de emergencia se activan.
2. Las señales de emergencia son recibidas por los satélites, que lo retransmiten a las 38 estaciones de tierra (operan de forma automática) en todo el mundo. Estas estaciones se llaman terminales locales de usuario.
3. Las transcripciones se encaminan a un MCC en el país que opera la LUT. En estos mensajes se incluyen la ubicación de baliza si el mensaje es recibido por uno de los satélites de baja órbita terrestre. Las alertas recibidas por los satélites geoestacionarios proporcionan alerta instantánea y pueden incluir información de ubicación si el dispositivo dispone de un sistema de posicionamiento.
4. Después del procesamiento, las alertas se transmiten dependiendo de la ubicación de la baliza o país de registro a cualquier otro MCC o al RCC más cercano.
5. Los Centro de Coordinación de Salvamento dispondrán de los medios necesarios para rescatar a las personas en peligro.

2. Historia.

En la década de los 60s, algunos aviones y buques de la marina comenzaron a llevar pequeños transmisores de radio que funcionaban con baterías, operando en la frecuencia internacional de socorro, 121,5 MHz, y podían activarse en una situación de emergencia. Estos transmisores, llamados ELT en los aviones y RLS en barcos, emitían una señal de baja potencia que podía ser recogida por un receptor de una torre de control del tráfico aéreo cercana al lugar de la emergencia o por una aeronave en los alrededores del accidente, ya que solo proporcionaba una cobertura de alcance visual, aunque no indicaba con precisión el lugar exacto donde se producía la emergencia.

En 1970, un avión que transportaba a dos congresistas de los Estados Unidos, se estrelló en algún lugar remoto de Alaska. Se produjo una masiva operación de búsqueda y salvamento, pero no se encontró rastro alguno de dicha aeronave ni sus ocupantes. En consecuencia a este accidente, el Congreso de los Estados Unidos de América ordenó que todas las aeronaves en el país llevaran un ELT.

En la década de los 70s, varios países experimentaron de forma independiente la localización y detección de radiobalizas de emergencia mediante la utilización de satélites. En 1975, se produjo un acuerdo entre Canadá, Francia y EE.UU para llevar a cabo un sistema conjunto de detección y localización de radiobalizas de emergencia, denominándose SARSAT. La plataforma espacial seleccionada para este programa fue la de EE.UU, utilizando sus satélites de órbita polar de baja altitud, los cuales eran usados mayormente para la meteorología. De manera que se le añadió un transpondedor proporcionado por Canadá y un procesador de multifrecuencia proporcionado por Francia.

Durante el mismo periodo, la Unión Soviética también estaba considerando la ayuda de los satélites para detectar y localizar los barcos en peligro en todo el mundo, usando la frecuencia 406 MHz, denominándose el proyecto como **COSPAS**, que traducido significa el sistema espacial para la búsqueda de buques en peligro. Debido a que era de utilidad para ellos a causa de su gran flota pesquera mundial y que le proporcionaba la oportunidad de demostrar la

capacidad espacial que poseían, decidieron proporcionar su segmento espacial, para que la señal de las balizas de emergencia existentes fueran también compatibles con los receptores de los satélites estadounidenses, dando la oportunidad que buscaban los gobiernos estadounidenses y soviéticos para expandir la colaboración bilateral entre ambas naciones, dando una continuación al apretón de manos en el espacio entre el Apolo y Soyuz producido a mediados de 1975.

A finales de 1979, se produjo un MOU entre Canadá, Francia, EE.UU y URSS, para la interoperabilidad de los dos sistemas, que permitió el desarrollo internacional de un sistema de satélites coordinado para la detección y localización de balizas de emergencia, denominándose **COSPAS-SARSAT**. Una característica importante en esta cooperación fue que no se pasaron fondos entre los participantes, ya que cada parte pagaba por su propio hardware y servicio.

En julio de 1982, fue lanzado el primer satélite COSPAS y dos meses después tuvo lugar el primer rescate, cuando tres hombres fueron rescatados en las montañas de la Columbia Británica, en Canadá, tras el accidente de su avioneta. El RCC notificó que estaban desaparecidas, pero que no había información disponible sobre donde se habían estrellado con el avión. El RCC era consciente de que el gobierno canadiense estaba empezando a trabajar con el sistema COSPAS y llamó a Ottawa para determinar si algún satélite podría estar disponible. El siguiente satélite que pasaría sobre esa área se esperaba para la mañana del 10 de septiembre. Los datos de su paso se procesaron y se detectó una señal de radiobaliza situada al norte de la Columbia Británica. Tras conocer este dato, se envió una aeronave de búsqueda a la coordenadas de la señal y, casi inmediatamente después de llegar al área, se detectó una señal débil en su radiogoniómetro. Al final, un helicóptero de rescate se dirigió al lugar donde se originaba dicha señal. Los tres pasajeros habían sufrido lesiones graves, pero habían sobrevivido al accidente. Las autoridades canadienses determinaron que el lugar del accidente se encontraba a 16 Km de distancia respecto a la ubicación determinada por el satélite y que el rescate oportuno de las víctimas del

accidente no hubiera sido posible sin los datos de satélite. Y, por supuesto, el costo de la búsqueda fue mínimo.

En 1983 se lanzó el segundo satélite COSPAS y el primero SARSAT.

El 5 de Octubre de 1984, se revisó y actualizó el MOU, lo que reflejó la finalización de la fase de demostración técnica, produciendo el traspaso de la administración del sistema COSPAS-SARSAT a la agencia NOAA, la cual sigue administrando el sistema hoy en día.

EN 1985, el sistema COSPAS-SARSAT fue declarado oficialmente operacional y el 1 de Julio de 1988, los cuatro Estados que proporcionaban el segmento espacial, firmaron el Acuerdo del Programa Internacional COSPAS-SARSAT, que garantizó la continuidad del sistema y de su disponibilidad para todos los Estados sobre una base no discriminatoria. En virtud al ICSPA, una serie de Estados participantes se han podido asociar con el programa y participar en la operación y gestión del COSPAS-SARSAT.

En un principio, el COSPAS- SARSAT estuvo compuesto originalmente por satélites LEO, de forma que el segmento espacial del sistema se denominaba sistema LEOSAR. Este sistema calcula la localización de radiobalizas de socorro utilizando el efecto Doppler en las señales recibidas de las balizas. Sin embargo, debido a los patrones de órbita de los satélites, la cobertura no era continua y era posible que hubiera retrasos entre la activación de la baliza y la generación de un mensaje de alerta. Debido a esto, en 1998, tras varios años de pruebas, COSPAS-SARSAT decidió aumentar el sistema LEOSAR, incorporando formalmente instrumentos SAR para la detección de 406 MHz en satélites de órbita geoestacionaria. Cada satélite GEO proporciona una cobertura continua por la región geográfica definida por su posición, reduciendo los retrasos de detección asociados al sistema LEOSAR.

Aunque con el sistema GEOSAR se eliminaba los inconvenientes del sistema LEOSAR, estos también tenían su talón de Aquiles, ya que debido a su gran altura y posición fija con respecto a la Tierra no podían localizar de forma independiente una baliza a no ser que ésta tuviera un receptor de navegación incorporado para que transmita su posición. A pesar de estas debilidades

proporciona una visibilidad continua a gran parte de la Tierra y por lo tanto mejora la constelación global COSPAS- SARSAT.

En 2000, los Estados Unidos, la Comisión Europea y la Federación de Rusia comenzaron las consultas con la organización COSPAS-SARSAT sobre la viabilidad de la instalación de nuevos instrumentos de búsqueda y salvamento en sus respectivos satélites GNSS para incorporar una capacidad para detectar frecuencias de 406 MHz para el sistema COSPAS-SARSAT, denominando a este sistema como sistema MEOSAR. El sistema MEOSAR estadounidense se denomina SAR/GPS (DASS), el sistema europeo SAR/Galileo y el sistema ruso es denominado SAR/GLONASS.

El 1 de febrero de 2009, las frecuencias 121.5 y 243 MHz de las balizas de emergencia fueron eliminados (de conformidad con la decisión del Consejo del año 2000). La decisión de detener el procesamiento de balizas de 121.5 / 243 MHz se debe a la poca fiabilidad de estas frecuencias y a las numerosas alertas falsas, impactando negativamente en la eficacia de los servicios de salvamento, dejando únicamente la frecuencia 406 MHz.

Treinta años después de la creación del sistema COSPAS-SARSAT, un nuevo capítulo se abre para el programa internacional con la integración del sistema MEOSAR.

3. Descripción del programa.

Actualmente, el sistema COSPAS- SARSAT se puede dividir en:

- Segmento espacial.
- Segmento de Tierra.
- Segmento de Usuario.

3.1 Segmento Espacial.

Está compuesto por satélites LEO y GEO que contienen instrumentos SAR. Los instrumentos SAR se componen de repetidores, procesadores y antenas.

3.1.1 Sistema LEOSAR.

El sistema LEOSAR está constituido actualmente por 5 satélites: NOAA-15, NOAA-18, NOAA-19, proporcionados por la NOAA y METOP-B, METOP-A, proporcionados por la EUMETSAT. Estos satélites se encuentran en órbitas polares de baja altura. En la siguiente tabla podemos observar las características de cada uno de los satélites LEO.

Parámetros	Unidad	NOAA-15	NOAA-18	NOAA-19	METOP-A	METOP-B
Tipo de orbita	N/A	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
Altitud	Km	807	854	870	817	817
Inclinación	Grados	98.5	98.74	98.7	98.7	98.7
Periodo	Min	101.1	102.12	102.14	101.36	101.36
Huella	KM	6000	6000	6000	6000	6000

Tabla 1: Parámetros Orbitales satélites LEO

En la siguiente imagen se puede observar la cobertura proporcionado por un satélite LEO.

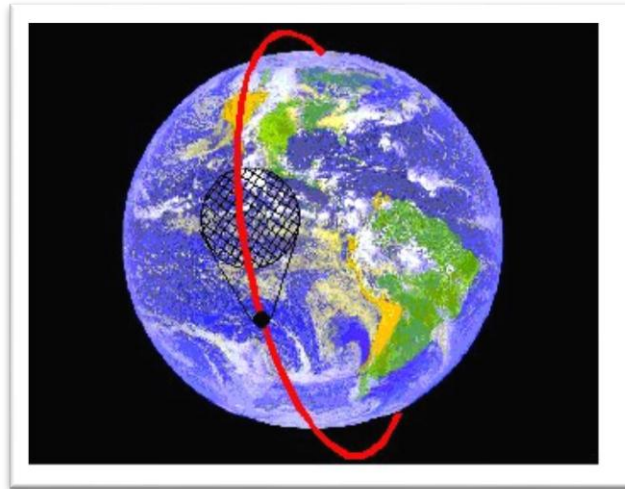


Figura 2: Cobertura de satélites LEO

Gracias a la baja altitud de estos satélites, son capaces de calcular la localización de una radiobaliza activada mediante el efecto Doppler.

El efecto Doppler, es el cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador.

Como se ha explicado anteriormente, los satélites LEO llevan a bordo dispositivos que detectan las señales de las radiobalizas cuando el satélite pasa por encima. Estos dispositivos pueden ser:

- SARR.
- SARP-2 o SARP-3.

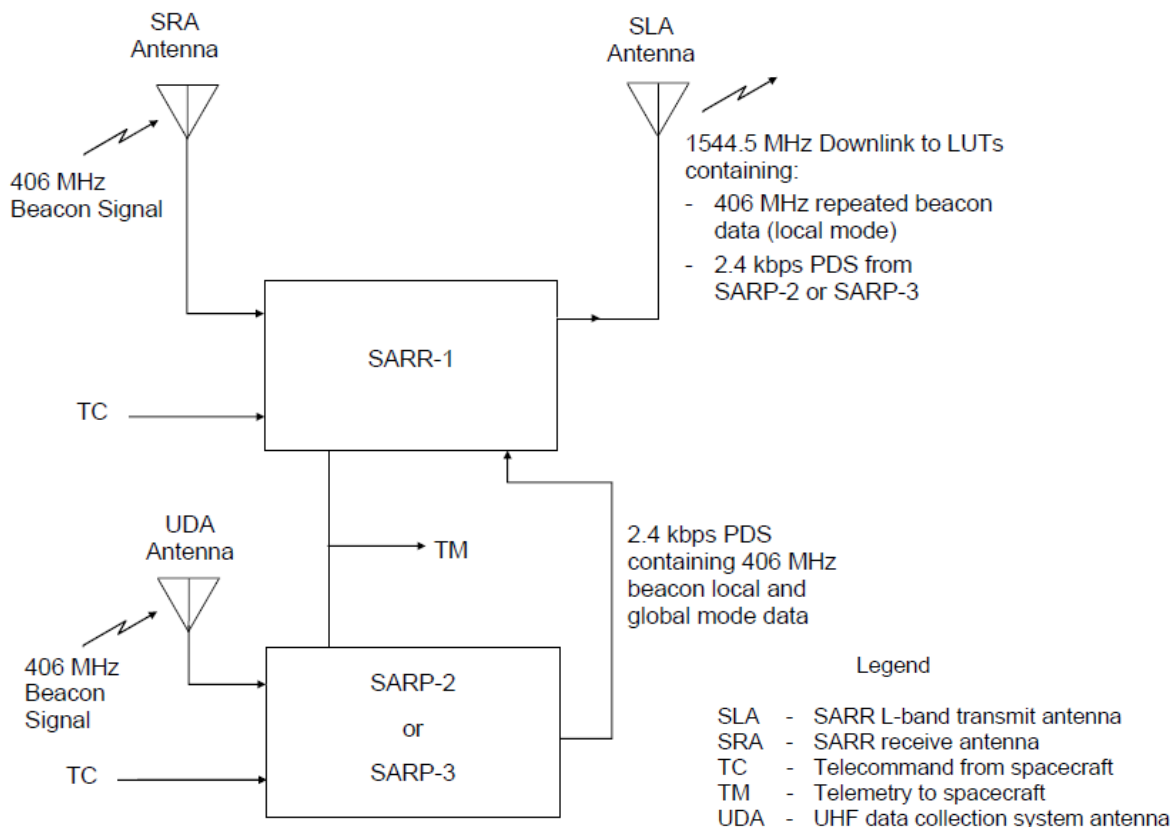


Figura 3: Diagrama funcional de interface de los satélites LEO con receptores SARR y SARP

A. Dispositivo SARR.

Este instrumento recibe y retransmite las señales transmitidas por las balizas de socorro hasta las LUT en tiempo real. El procesamiento de dichas señales se realiza a continuación en el LUT. El instrumento SARR es aportado por el Departamento Canadiense de Defensa Nacional, como parte de la contribución de Canadá al sistema.

Como se muestra en la Figura 4, el SARR está configurado de forma redundante y se compone de las siguientes unidades:

- Dos receptores de doble conversión de 406,05 MHz.
- Dos transmisores de banda L moduladas en fase a 7,2 W.
- Dos unidades de alimentación, telemetría y comando.

Cabe destacar que el uso de los transmisores y receptores A y B son seleccionados por el segmento de control a través del PTC. El PTC también

genera los voltajes necesarios para el sistema de repetidores y contiene interfaces para todos los canales de telemetría repetidor y de mando.

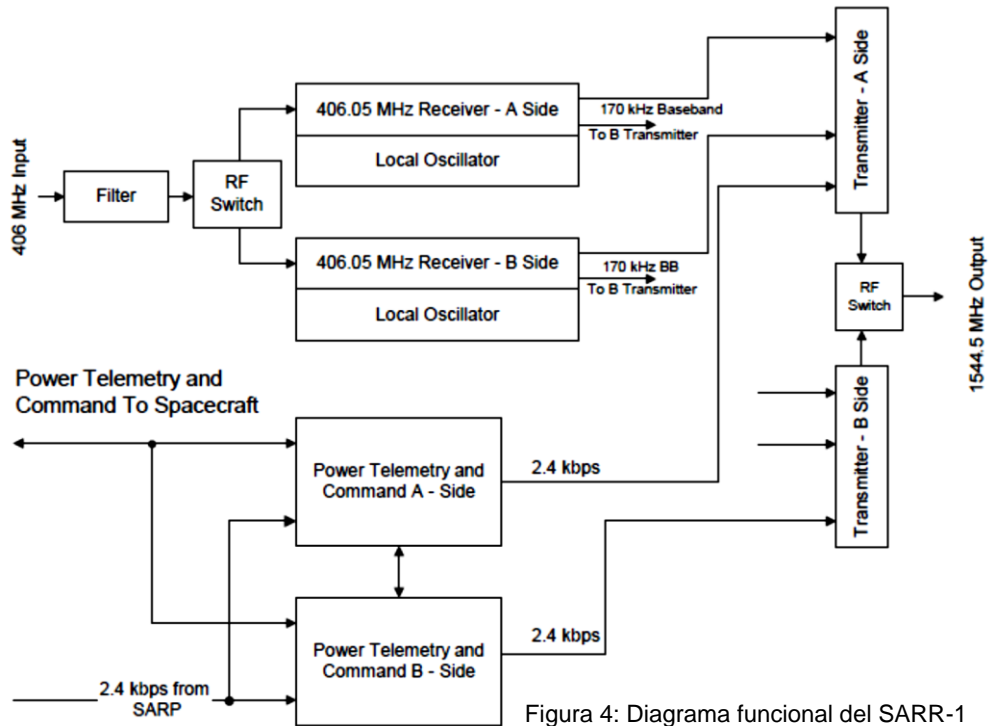


Figura 4: Diagrama funcional del SARR-1

- Receptores SARR.

Cabe destacar que los receptores de 406 MHz tienen un AGC y proporcionan dos salidas a los dos transmisores.

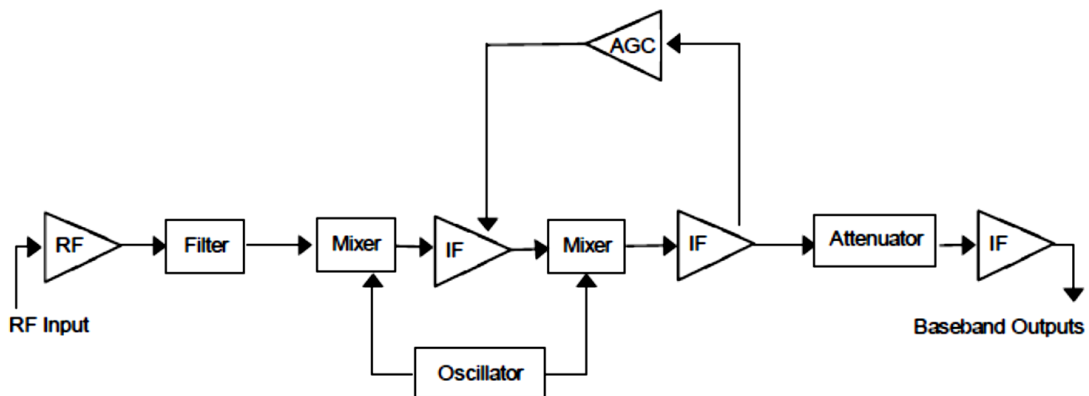


Figura 5: Diagrama del receptor SAAR-1

La característica del filtrado de la señal en el receptor se da en la siguiente figura:

Relative Signal Level in dB

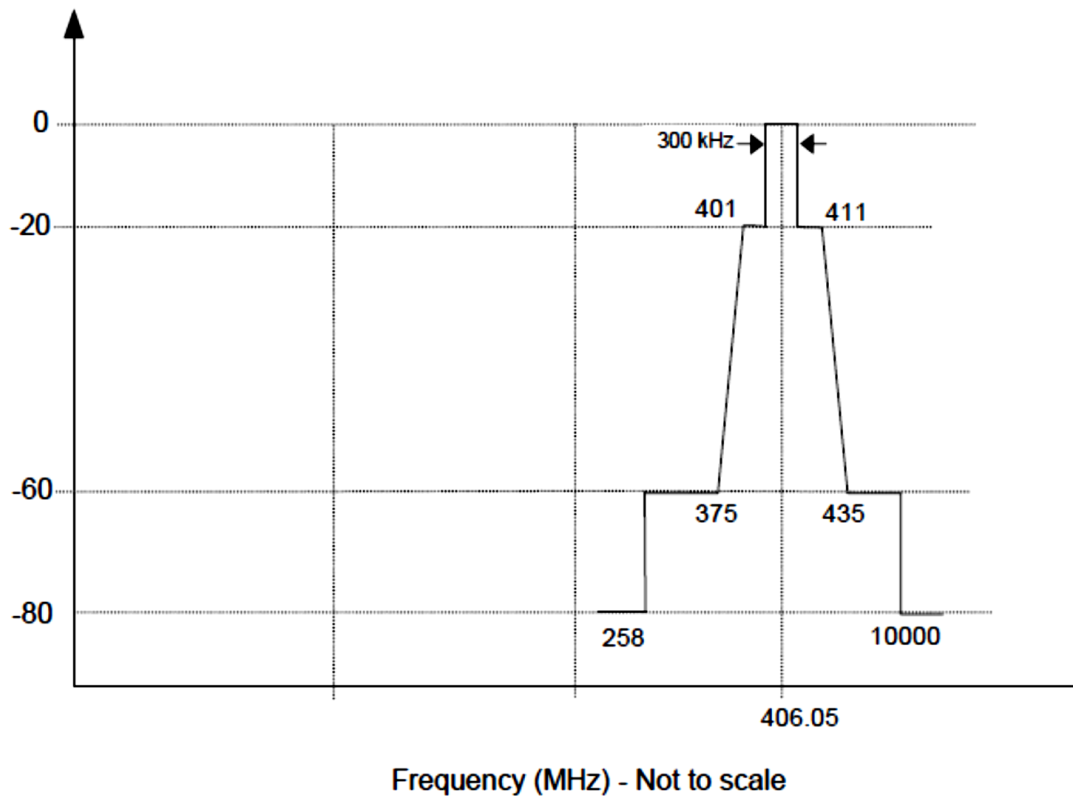


Figura 6: Características paso-banda del receptor

- **Transmisores SARR.**

Como se muestra en la Figura 7, cada uno de los transmisores tiene cuatro entradas; uno para cada uno de los dos receptores 406 MHz, uno para el canal PDS y uno de repuesto.

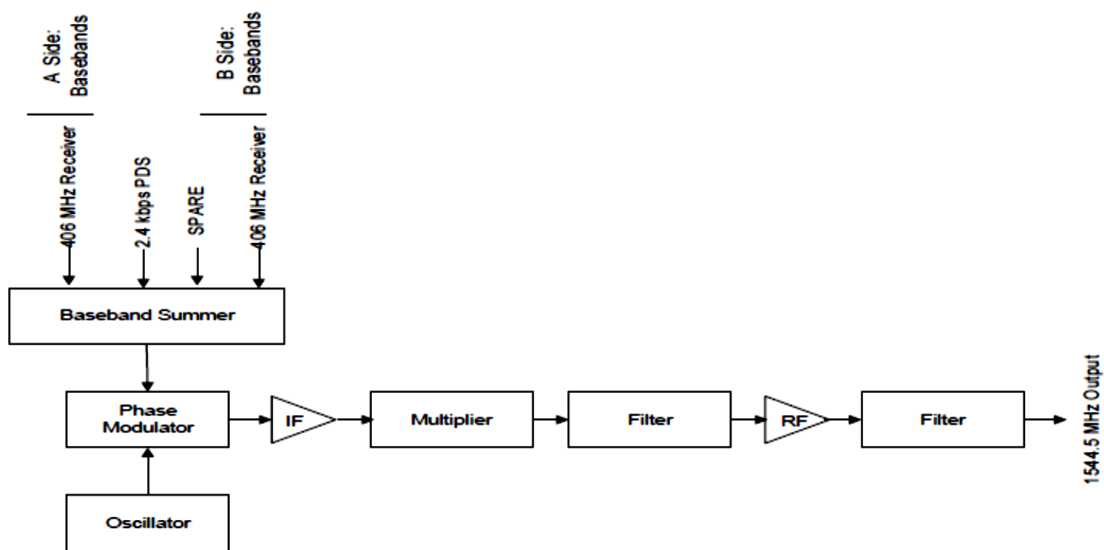


Figura 7: Diagrama funcional del transmisor

En el modulador de fase obtenemos una frecuencia de 386.125 MHz. Después de la modulación, la frecuencia de salida se multiplica por 4 y pasa a través de filtros para eliminar la distorsión, obteniendo una frecuencia de salida de 1544,5 MHz.

Antes de entrar en el modulador de fase lineal, las señales a modular son amplificadas por un amplificador de banda ancha, el cual limita la señal de entrada.

B. Dispositivo SARP.

El Instrumento SARP es capaz de detectar, demodular y medir la frecuencia de llegada de las señales recibidas. La principal ventaja de la SARP es que no requiere una visibilidad en tierra continua, ya que puede transmitir sus datos almacenados a cualquier LEOLUT durante 24 horas. Cabe destacar que los SARP son capaces de procesar tres señales de socorro en paralelo.

En los satélites actuales, se utilizan los SARP-2 y SARP-3, los cuales son las nuevas generaciones de este dispositivo.

- SARP-2.

El instrumento SARP-2 ha mejorado el rendimiento con respecto a la primera generación, en la capacidad del sistema, el ancho de banda y en la protección contra interferencias.

Tiene tres unidades de recuperación de datos, para mejorar la fiabilidad y la capacidad del sistema. Cada DRU comprende un bucle "Phaselock" con nuevos circuitos, principalmente digitales, un sincronizador de bits utilizando un nuevo diseño digital y un formateador.

Cabe destacar que los circuitos lógicos utilizan el algoritmo de transformación rápida de Fourier que actúa sobre la señal de búsqueda para realizar un análisis espectral sobre el receptor para determinar la frecuencia y el nivel de la señal entrante.

Este dispositivo está diseñado para evitar una asignación continua de los DRU para señales de interferencia, lo que los hace disponibles para procesar señales de baliza. Para localizar el generador de la interferencia, que tiene una frecuencia estable, la unidad de control (situado en la estación de control en la Tierra) puede activar una orden a cualquiera de las DRU (pero sólo uno a la vez) para generar "pseudo-mensajes", (mensajes que no tienen datos de identificación válidos, pero tienen puntos válidos de tiempo / frecuencia), que puede ser procesados por los LUTs para localizar dichas fuentes de interferencia. El tiempo promedio entre la generación de los pseudo-mensajes son de al menos 10 segundos. Mientras que la DRU está en este modo de búsqueda de señales de interferencia, los otros dos DRU continúan procesando señales de baliza.

La capacidad de la memoria se ha aumentado aproximadamente 400 kbits, para tener en cuenta el almacenamiento de los pseudo-mensajes. Además, para simplificar el hardware de la lectura de los mensajes, los mensajes cortos están seguidos por ceros, de forma que ocupen el mismo espacio de memoria que un mensaje largo.

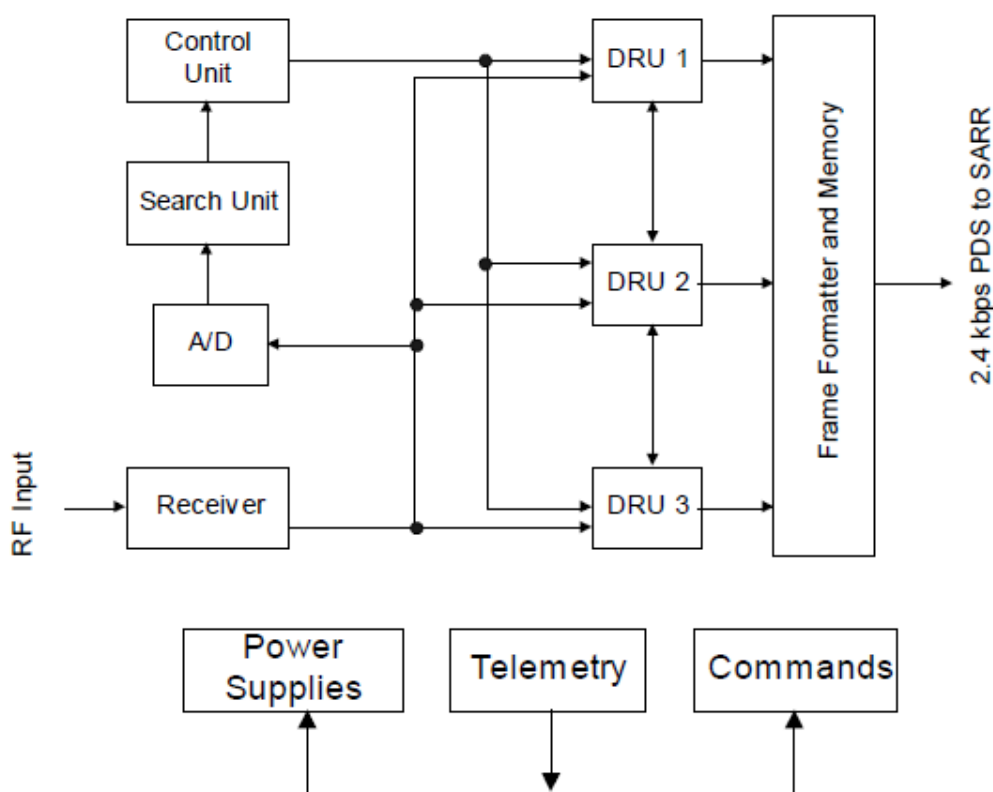


Figura 8: Diagrama funcional del SARP-2

El SARP-2 transmite los mensajes en bloques de 25 palabras. Todos los mensajes se componen con la siguiente información:

- Palabra 0: Palabra de sincronización en formato hexadecimal, (42BB1F) seguido de 6 bits que describen: si es un mensaje de radiobaliza o pseudo-mensaje, la DRU que utiliza, el tamaño del mensaje y si es un mensaje actual o antiguo y luego el nivel de señal.

El nivel recibido está dada por: $(dBm) = 0.564L - 140$, donde L es el nivel de 6 bits convertida a forma decimal.

- Palabra 1: El código de tiempo se cuantifica en pasos de "S" ms y sincronizado con el inicio de la cuenta Doppler. El último bit es un bit de paridad. La cuantificación viene dada por:

$$s = \frac{T}{F_r} = \frac{99360}{5203205 \text{ Hz}} \approx 19.096 \text{ ms}$$

Donde F_r es la frecuencia del oscilador (5203205 Hz) y T es el tiempo UTC, proveniente de:

$$T = T_0 + 2^{23}ks + s(M_d + 1)$$

M_d = valor del código de tiempo decimal de 23 bits de a bordo

T_0 = tiempo de reinicio a cero del contador, elegido arbitrariamente

k = Número de reinicios a cero del contador, entre el tiempo T_0 y el tiempo T.

- Palabras de 2 a 4: El mensaje de la radiobaliza, de 72 bits.
- Palabra 5 (en el mensaje corto): Los últimos 15 bits del mensajes de la radiobaliza seguidos por 9 ceros.
- Palabra 5 (en el mensaje largo): Los últimos 24 bits del mensaje de la radiobaliza.
- Palabra 6 (en el mensaje corto) y palabra 7 (en el mensaje largo): La palabra Doppler, de 23 bits con la paridad. La frecuencia a la entrada del receptor de satélite, F_{in} , que está dada por:

$$F_{in} = F_r((aN) + b) Hz$$

$$\text{Donde } a = \frac{1}{2^{19} \times 624} \approx 3.05664845002 \times 10^{-9}$$

$$b = 78 + \frac{1}{2^{26}} + \frac{16}{624} + \frac{15.5}{2^{24} \times 624} \approx 78.02564104137$$

Fr es la frecuencia del oscilador (5203205 Hz) y N es la cuenta Doppler en formato decimal.

- Palabra 6 (en el mensaje largo): Los últimos 23 bits del mensaje de la radiobaliza seguida de un cero.
- Palabra 7 (en el mensaje corto): La palabra cero en formato hexadecimal.

Word #	MSB	Word Content(24 bits)						LSB
0	Sync word (12 bits) Notes:	pseudo (1b) (1)	DRU (2b) (2)	Format (1b) (3)	latest (1b) (4)	RT/PB (1b) (5)	level (6b) (6b)	
1	Time code (23 bits)			Parity (1 bit) (note 6)				
2	Beacon data (24 bits)							
3	Beacon data (24 bits)							
4	Beacon data (24 bits)							
5a	Beacon data (15 bits)			9 0's				
6a	Doppler word (23 bits)			Parity (1 bit) (note 6)				
7a	"zero word" (24 bits) = 000001 (hex)							

Figura 9: Formato Bit de un mensaje corto.

Word #	MSB	Word Content(24 bits)						LSB
0	Sync word (12 bits) Notes:	pseudo (1b) (1)	DRU (2b) (2)	Format (1b) (3)	latest (1b) (4)	RT/PB (1b) (5)	level (6b) (6b)	
1	Time code (23 bits)			Parity (1 bit) (note 6)				
2	Beacon data (24 bits)							
3	Beacon data (24 bits)							
4	Beacon data (24 bits)							
5b	Beacon data (24 bits)							
6b	Beacon data (23 bits)			zero bit (1 bit)				
7b	Doppler word (23 bits)			Parity (1 bit) (note 6)				

Figura 10: Formato Bit de un mensaje largo.

*Notas:

- (1) "1" = pseudo-mensaje; "0" = mensaje de la radiobaliza.
- (2) "01" = DRU1; "10" = DRU2; "11" = DRU3.
- (3) "1" = mensaje largo; "0" = mensaje corto.
- (4) "1" = mensaje más reciente; "0" = otros.
- (5) "1" = mensaje en tiempo real; "0" = mensaje repetido.
- (6) Paridad: "1" = número impar de "1s" en el código de tiempo de 23 bits o el código Doppler 23-bit.

- SARP-3.

Los procesadores SARP-3, además de las funciones del SARP-2, incluyen una capacidad para procesar un nuevo tipo de radiobaliza de socorro que aumentará el rendimiento al proporcionar un mejor balance en el enlace. Cabe destacar que estas balizas no están disponibles todavía para su uso operativo.

La estructura básica del formato de los datos que proporciona imita el formato proporcionado por el SARP-2, sin embargo, hay algunos pequeños cambios en la posición de algunos de los bits.

El procesamiento digital empleado por el SARP-3, permite suministrar la relación señal/ruido (S/n) de los mensajes de las radiobaliza que procesa. Asimismo, el comando del operador de satélites puede ser ordenado para transmitir mensajes HK en el flujo de datos de 2,4 kbps. Estos mensajes se transmiten a la recepción del segmento de tierra francesa y deben ser ignorados por todos los demás LEOLUT. Los mensajes de HK se estructuran de la siguiente manera:

- Palabra 2 = 110 011 100 011 111 000 000 000
- El código BCH proporcionado en palabras 4 y 5 es consistente con los datos en las palabras 2, 3,4 y 5, los cuales protege.

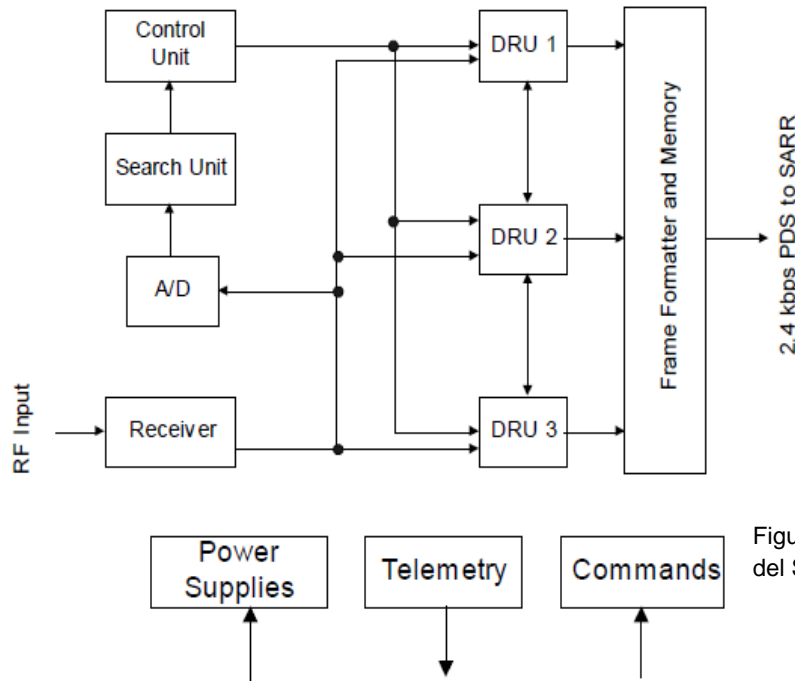


Figura 11: Diagrama funcional del SARP-3

El SARP-3 transmite los mensajes en bloques de 25 palabras. Todos los mensajes se componen con la siguiente información:

- Palabra 0: Palabra de sincronización en formato hexadecimal, (42BB1F) seguido de 8 bits que describen: si es un mensaje de radiobaliza o pseudo-mensaje, la DRU que utiliza, el tamaño del mensaje y si es un mensaje actual o antiguo y luego el nivel de señal.

El nivel recibido, P_e , está dada por:

$$P_e(\text{dBm}) = -140 + NIVEL \times 0.55$$

Donde NIVEL es un valor entre 0 y 63 definido por los seis bits finales de la palabra 0.

- Palabra 1: El código de tiempo se cuantifica en pasos de "S" ms y sincronizado con el inicio de la cuenta Doppler. El último bit es un bit de paridad. La cuantificación viene dada por:

$$s = \frac{T}{Fr} = \frac{200000}{10^7 \text{ Hz}} \approx 19.096 \text{ ms}$$

Donde Fr es la frecuencia del oscilador (≈ 10 MHz) y T es el tiempo UTC, proveniente de:

$$T = T_0 + 2^{23}ks + s(M_d + 1)$$

M_d = valor del código de tiempo decimal de 23 bits de a bordo

T_0 = tiempo de reinicio a cero del contador, elegido arbitrariamente

k = Número de reinicios a cero del contador, entre el tiempo T_0 y el tiempo T .

- Palabra 2 a 4: Formato del mensaje seguido por el mensaje de la radiobaliza de 71 bits.
- Palabra 5 (en el mensaje corto): Los últimos 16 bits del mensaje de la radiobaliza seguidos por 8 ceros.
- Palabra 5 (en el mensaje largo): Los últimos 24 bits del mensaje de la radiobaliza.
- Palabra 6 (en el mensaje corto) y palabra 7 (en el mensaje largo): La palabra Doppler, de 23 bits con la paridad. La frecuencia a la entrada del receptor de satélite, F_{in} , que está dada por:

$$F_{in} = \left(\frac{8121}{200} x F_0 + Doppler x 0.015 \right) x \frac{F_r}{F_0} Hz$$

Donde $F_0 = 10^7$ Hz es la frecuencia nominal del oscilador, F_r es la frecuencia exacta del oscilador y Doppler, es igual al valor entero de entre -2^{22} y $+2^{22}-1$, el cual está definido por 23 bits con complemento a dos.

- Palabra 6 (en el mensaje largo): Los últimos 24 bits del mensaje de la radiobaliza seguida de un cero.
- Palabra 7 (en el mensaje corto): La palabra cero "H000001" en formato hexadecimal.

Word #	MSB	Word Content(24 bits)					LSB
0	Sync word (12 bits) Notes:	S/No (3b) (1)	Type (1b) (2)	latest (1b) (3)	RT/PB (1b) (4)	level (6b)	
1	Time code (23 bits)				Parity (1 bit) (note 5)		
2	Format (1b) (note 6)	Beacon data (23 bits)					
3	Beacon data (24 bits)						
4	Beacon data (24 bits)						
5a	Beacon data (16 bits)			8 0's			
6a	Doppler word (23 bits)				Parity (1 bit) (note 5)		
7a	"zero word" (24 bits) = H000001 (hex)						

Figura 12: Formato bit del mensaje corto del SARP-3.

Word #	MSB	Word Content(24 bits)					LSB
0	Sync word (12 bits) Notes:	S/No (3b) (1)	Type (1b) (2)	latest (1b) (3)	RT/PB (1b) (4)	level (6b)	
1	Time code (23 bits)				Parity (1 bit) (note 5)		
2	Format (1b) (note 6)	Beacon data (23 bits)					
3	Beacon data (24 bits)						
4	Beacon data (24 bits)						
5b	Beacon data (24 bits)						
6b	Beacon data (24 bits)						
7b	Doppler word (23 bits)				Parity (1 bit) (note 5)		

Figura 13: Formato bit del mensaje largo del SARP-3.

*Notas:

(1) S / n en 8 pasos que se definen en la siguiente tabla:

Code	S/N ₀	Code	S/N ₀
000	32.3 (31 ≤ S/No < 33.7)	100	45.2 (43.0 ≤ S/No < 47.4)
001	34.8 (33.7 ≤ S/No < 35.9)	101	50.1 (47.4 ≤ S/No < 52.8)
010	37.5 (35.9 ≤ S/No < 39.2)	110	55.5 (52.8 ≤ S/No < 58.3)
011	41.1 (39.2 ≤ S/No < 43.0)	111	62.1 (58.3 ≤ S/No < 66)

(2) "1" = Balizas actuales; "0" = nuevo tipo de baliza.

(3) "1" = mensaje más reciente; "0" = otros.

(4) "1" = Mensaje en tiempo real; "0" = mensaje repetidos.

(5) Paridad: "1" = número impar de "1s" en el código de tiempo de 23 bits o la palabra Doppler 23-bit.

(6) "1" = mensaje largo; "0" = mensaje corto.

3.1.2 Sistema GEOSAR.

El sector espacial del sistema GEOSAR consta de instrumentos de búsqueda y salvamento a bordo de satélites en órbita geoestacionaria. Se encuentra constituido actualmente por 6 satélites: GOES-13, GOES-15, proporcionados por EE.UU; MSG-2, MSG-3, proporcionados por la EUMETSAT; ELEKTRO-L1, suministrado por Rusia y el INSAT-3A, proporcionado por la India. En la siguiente tabla podemos observar las características de cada uno de los satélites GEO.

Satélites	Posición en latitud	Posición en longitud	Tipo de orbita
GOES-13	0°	75° W	Geoestacionaria
GOES-15	0°	135° W	Geoestacionaria
MSG-1	0°	9.5° E	Geoestacionaria
MSG-2	0°	0°	Geoestacionaria
ELEKTRO-L1	0°	76° E	Geoestacionaria
INSAT-3 ^a	0°	93.5° E	Geoestacionaria

Tabla 2: Parámetros Orbitales satélites GEO

Los instrumentos SAR son repetidores de radio que reciben señales de balizas de socorro en la banda de 406-406,1 MHz y transmiten estas señales a los GEOLUT, para el procesamiento de identificación de la radiobaliza y sus datos asociados.

Los instrumentos de los satélites GEOSAR fueron desarrollados por distintos países, dando lugar a diferencias en los diseños de los repetidores que afectan a la señal de salida que a continuación describiremos.

En la siguiente figura se observa un diagrama funcional básico de los instrumentos de búsqueda y salvamento en los satélites GEOSAR.

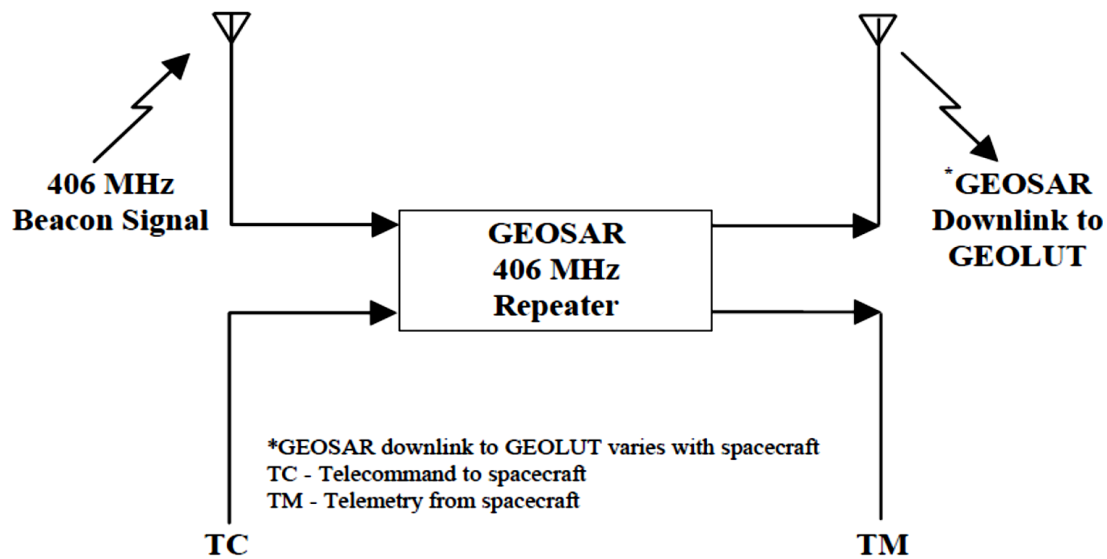


Figura 14: Diagrama funcional de los satélites GEO

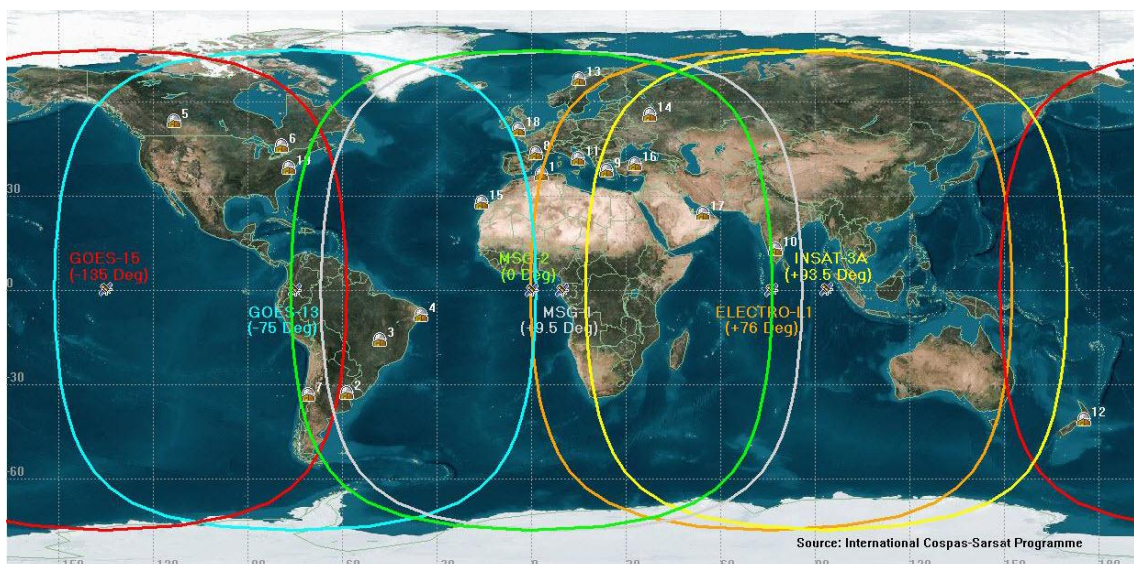


Figura 15: Cobertura de los satélites GEO

A. Repetidores SAR en satélites GOES.

El repetidor se compone de las siguientes unidades:

- dos amplificadores de 406 MHz.
- dos receptores de conversión dual a 406 MHz.
- dos transmisores de fase modulada en banda L a 3W.
- una antena receptora de 406 MHz y una antena de transmisión a 1544,5 MHz.

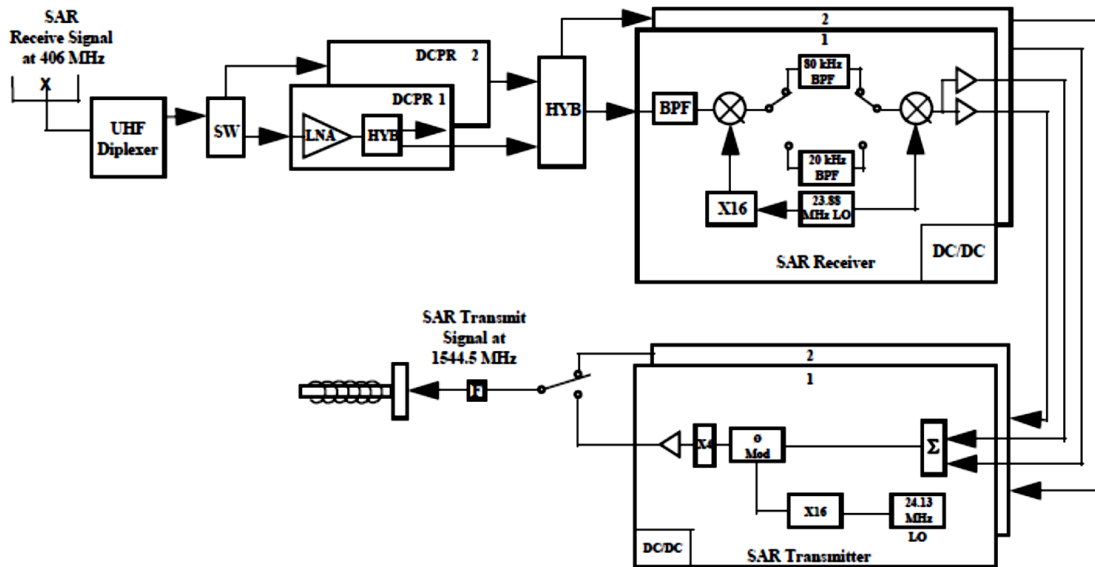


Figura 16: Diagrama funcional del repetidor de un satélite GOES

Las señales de las radiobalizas se reciben en la antena UHF y alimentan a través del duplexer de antena, uno de los amplificadores de bajo ruido de la plataforma repetidora de recopilación de datos.

Los amplificadores de bajo ruido del DCPR se utilizan como parte de la implementación SAR para conseguir un circuito eficiente en el espacio. Las salidas de bajo ruido del amplificador están conectadas a los receptores SAR. La señal aplicada al receptor seleccionado es convertida por el filtro de paso de banda de acuerdo con uno de los dos modos de ancho de banda a seleccionar; un modo de banda estrecha de 20 kHz o un modo de banda ancha de 80 kHz. La ganancia total del receptor SAR puede ser seleccionado en el modo fijo de ganancia o en el modo ALC.

Modo	Frecuencia de banda (MHz)	Paso banda del receptor 3 dB (KHz)
Banda estrecha con ALC	406.025	20
Banda estrecha con ganancia fija	406.025	20
Banda ancha con ALC	406.050	80
Banda ancha con ganancia fija	406.050	80

Tabla 3: Modo de operación del repetidor

La salida de los receptores se proporciona a los transmisores de búsqueda y salvamento. El transmisor SAR selecciona la fase de modulación de la señal, multiplicando la señal a 1544,5 MHz, y amplificando la portadora a 3 W.

La señal modulada en fase tiene el índice de modulación nominal ajustada de tal manera que la supresión de la portadora es de 3 dB con el receptor en el modo ALC o con el receptor en el modo de ganancia fijo que funciona con dos señales de baliza más el ruido.

B. Repetidores SAR en el satélite INSAT-3A.

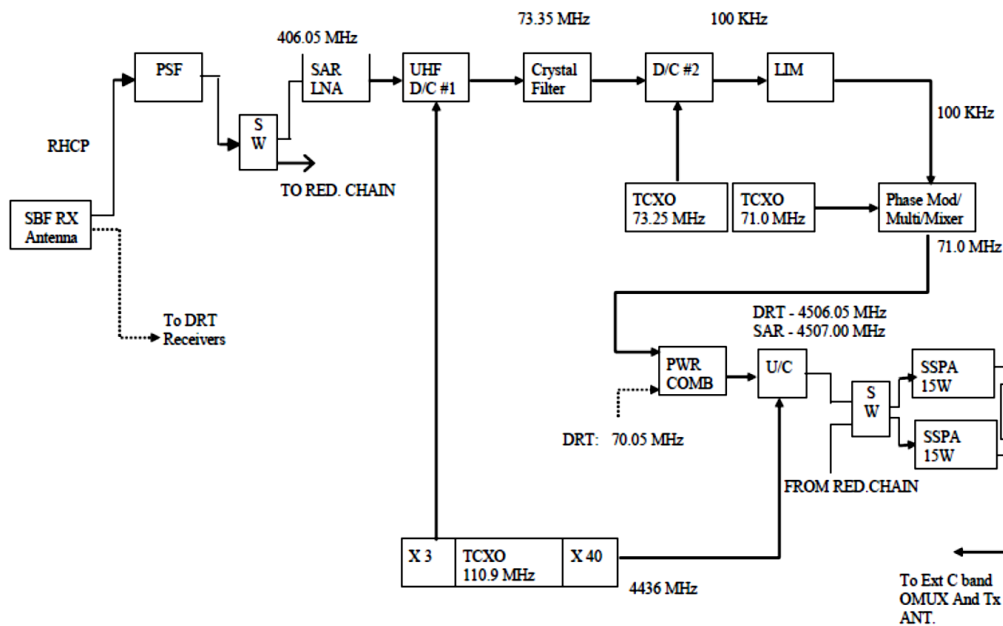


Figura 17: Diagrama funcional del repetidor SAR en un satélite INSAT

Las señales de las balizas de emergencia dentro del área de cobertura del satélite se reciben en la antena alimentando un filtro de paso de banda helicoidal con pre-selección que ayuda a suprimir las interferencias. La señal filtrada se pasa a un amplificador de bajo ruido para lograr la señal de entrada necesaria. La señal se convierte primero de 406,05 MHz a 73,35 MHz, para a continuación, pasar a través de un filtro de cristal de paso de banda. La señal resultante se pasa a un circuito limitador transistorizado y a un filtro de paso bajo. Las principales funciones del modulador de fase son:

- Reducir el ruido en la señal de enlace descendente;
- Proporcionar un portador de enlace descendente continuo para los receptores de seguimiento LUT.

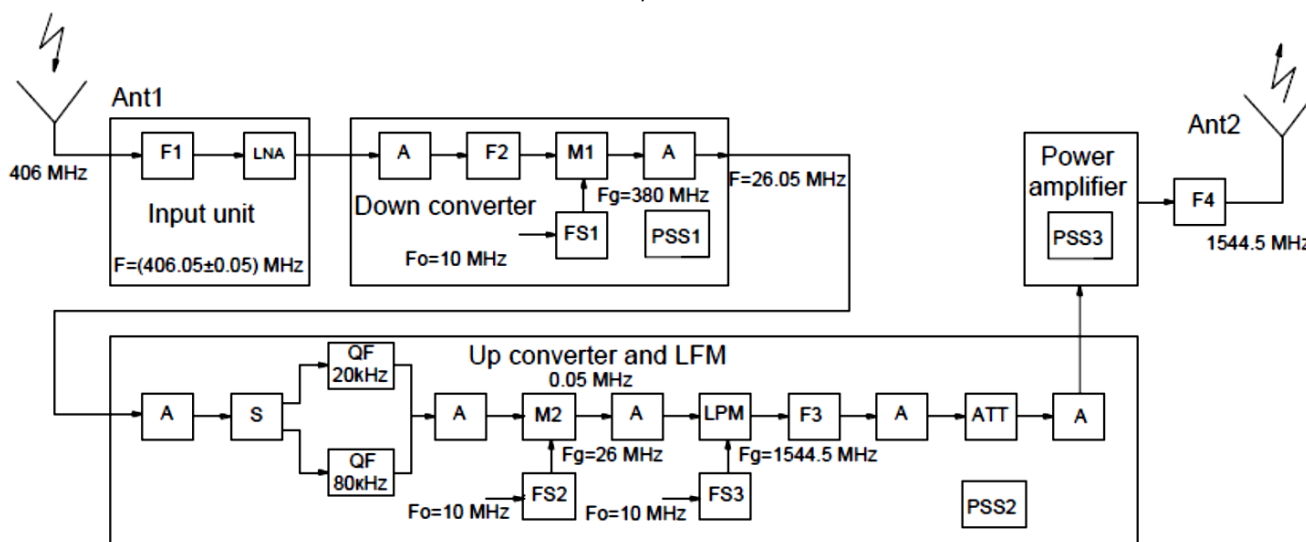
La señal de salida que se forma en el modulador se filtra, se combina con la señal de frecuencia intermedia (70,05 MHz) del DRT, convirtiendo la señal a 4507 MHz, la cual se aplica a un amplificador de potencia. La señal de transpondedor DRT / SAR compuesta se pasa a un multiplexor de banda C. Por último, la señal se envía a la antena

Cada repetidor tiene un paso de banda del receptor de 80 KHz y un transmisor y receptor redundante que opera a una frecuencia de 406.050 MHz.

C. Repetidores SAR en satélites ELEKTRO-L1.

El repetidor está configurado de forma redundante y se compone de las siguientes unidades:

- Dos amplificadores de bajo ruido de 406 MHz (compartido con el otro subsistema del satélite);
- Dos receptores de conversión de 406 MHz duales
- Dos transmisores de 4 vatios, 1,5 GHz;
- Una antena de recepción de 406 MHz
- Una antena de transmisión 1544,5 MHz.



LEGEND

Ant1 - directive antenna of the receiving channel;
 Ant2 - directive antenna of the transmission channel;
 LNA - low-noise amplifier;
 A - amplifier;
 F1...F4 - frequency filters;
 M1, M2 - frequency mixers;

FS1...FS3 - frequency synthesizers;
 S - switch of the quartz filters;
 QF - quartz filter;
 LPM - linear phase modulator;
 ATT - attenuator;
 PSS1...PSS2 - power supply sources

Figura 18: Diagrama funcional del repetidor SAR en satélites ELEKTRO-L1

Las señales de las radiobalizas son recibidas por la antena y se alimentan a través del duplexor y alimentan a un amplificador de bajo ruido. La salida del amplificador de bajo ruido está conectada al receptor SAR. La señal es convertida por el filtrado de paso de banda de acuerdo con una de dos bandas seleccionable con estos dos modos: un modo de banda estrecha de 20 kHz o un modo de banda ancha de 80 kHz.*

La señal del transmisor se modula en fase lineal a 1544.5 MHz y amplifica la portadora modulada a 4 vatios. La salida del transmisor se aplica a través de un filtro de ancho de banda de 4 MHz a la antena.

* La configuración específica del repetidor puede operar en dos modos

- Banda estrecha con ganancia fija, con una frecuencia de 406.025 MHz y un ancho de banda de 20 KHz.
- Banda ancha con ganancia fija, con una frecuencia de 406.050 y un ancho de banda de 80 KHz.

D. Receptores SAR en los satélites MSG

El receptor esta compuesto por las siguientes unidades:

- Una antena de recepción UHF que se compone de una matriz de 16 dipolos cruzados. Los dipolos de esta matriz se conmutan electrónicamente con el fin de formar un haz de antena que cubre totalmente la Tierra.
- Un filtro de entrada.
- Un receptor UHF redundante que proporciona amplificación de bajo ruido para el canal de SAR.
- Un transpondedor no redundante SAR que proporciona el filtrado de canal, amplificación y conversión ascendente para el canal de SAR. Este canal tiene una ganancia y ancho de banda fija.
- Una guía de ondas en la salida del multiplexor, en el que las señales de SAR se multiplexan con las otras señales de enlace descendente de banda L.

- Una antena de transmisión de banda L que comprende un conjunto de dipolos dispuestos en 32 columnas cada una con 4 dipolos conectados en paralelo.

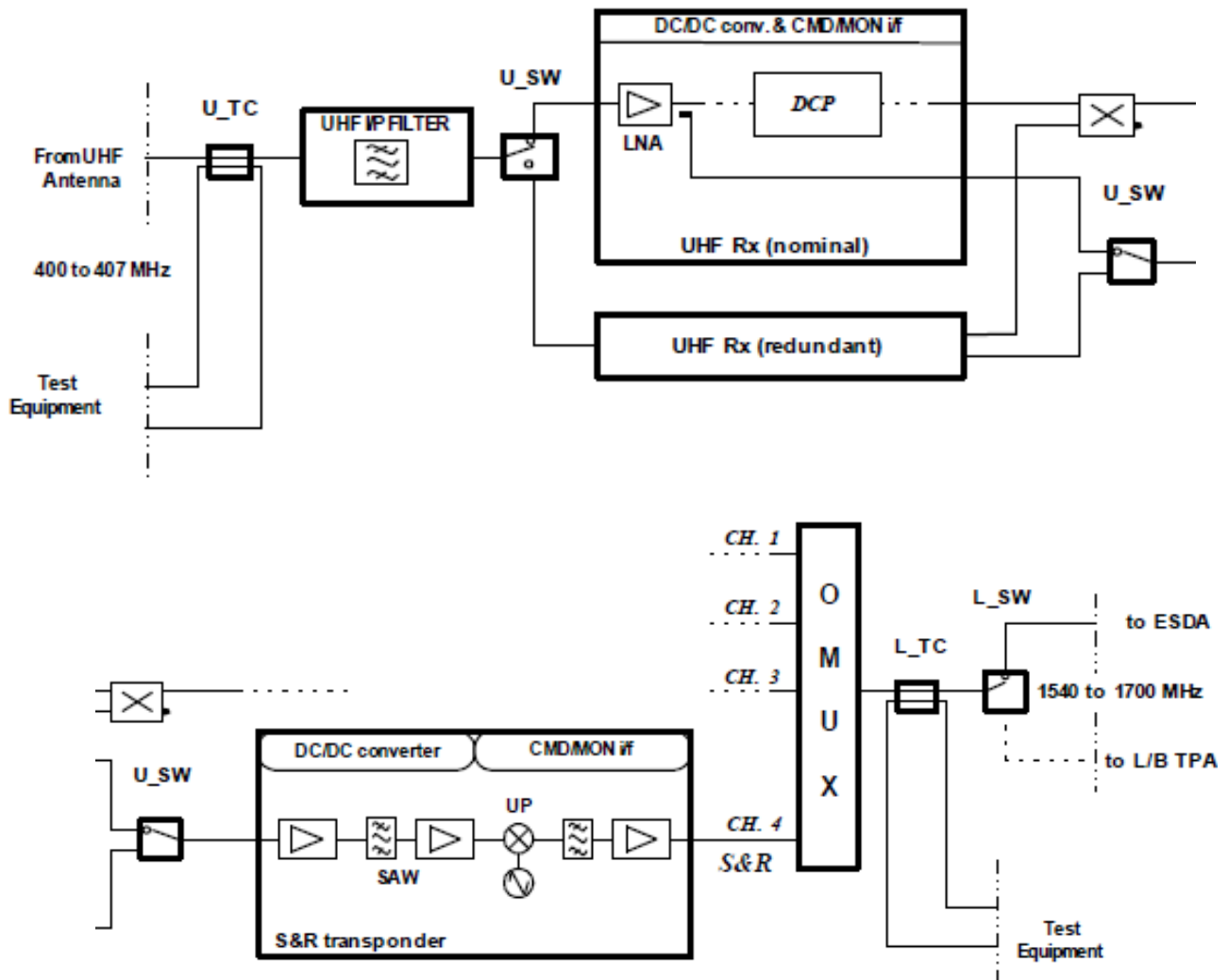


Figura 19: Diagrama funcional del receptor SAR en un satélite MSG.

3.2 Segmento de Tierra.

El segmento terrestre, también denominado segmento de control, está formado por todas las instalaciones en tierra necesarias para cumplir el plan de distribución de la información. En orden de transmisión de dicha información, encontramos LUTs, MCCs, RCCs y SPOCs.

3.2.1 Estaciones LUTs.

Son las estaciones encargadas de recibir la información y se encargan, a grandes rasgos, de procesar los datos que envía el satélite, determinar los parámetros orbitales mediante la portadora del enlace de bajada del satélite y distribuir las alertas recibidas a los MCCs.

Según el tipo de satélite del que reciben la información se pueden clasificar en LEOLUTs y GEOLUTs.

A. LEOLUT.

Una LEOLUT es una estación receptora en tierra del sistema LEOSAR, mediante el cual se procesa la señal de las balizas, permitiendo la localización de las mismas. Estos datos se reenvían posteriormente a un MCC. Se puede procesar uno o más canales que se modulan sobre la portadora de enlace descendente de 1544,5 MHz. Además, puede utilizar la información proporcionada por el sistema GEOSAR en el procesamiento de los alertas de socorro.

Una LEOLUT consiste en al menos los siguientes componentes:

- a. un subsistema de antena y radio frecuencia.
- b. un procesador.
- c. un subsistema de referencia de tiempo y/o frecuencia.
- d. un subsistema de mantenimiento de órbita.
- e. una interfaz de MCC.

Los instrumentos de búsqueda y salvamento de los satélites COSPAS-SARSAT reciben señales de enlace ascendente de las balizas de socorro. Estas señales de enlace ascendente, junto con las señales de interferencia no deseadas se modulan en una portadora de enlace descendente a 1544,5 MHz, para la recepción de una estación LEOLUT.

Los SARP reciben señales de las radiobalizas, miden el tiempo de la recepción y la frecuencia de la señal, y transmite esta información junto con los datos del mensaje de baliza en el enlace descendente a 1544.5 MHz.

Las señales de baliza recibidas a través de SARR no contienen integradas la información de la hora y la frecuencia. Por lo tanto, la LEOLUT tiene que determinar estos parámetros para el canal SARR 406 MHz. El equipo LEOLUT que procesa los datos de baliza del canal SARR 406 MHz se conoce G-SARP.

Además, una LEOLUT podrá utilizar la información proporcionada por el sistema geoestacionario (GEOSAR) para mejorar su procesamiento Doppler de SARP o datos SARR. El procesamiento LEO/GEO combinado permite al COSPAS- SARSAT producir la localización Doppler en algunos casos en que los datos de una LEOLUT son insuficientes para producir una ubicación, dando una mejora en la precisión del sistema.

Todos los dispositivos en una LEOLUT tienen la finalidad de ser capaz de recibir y procesar:

- Los datos en modo local global y datos SARP a 406 MHz;
- Las señales de baliza en el canal SARR a 406 MHz;
- Datos de baliza desde una GEOLUT, si se combina LEO/GEO.

Con esta información recibida, se espera que los operadores LEOLUT proporcionen a la comunidad SAR, los datos de alerta y localización fiables y sin restricciones.

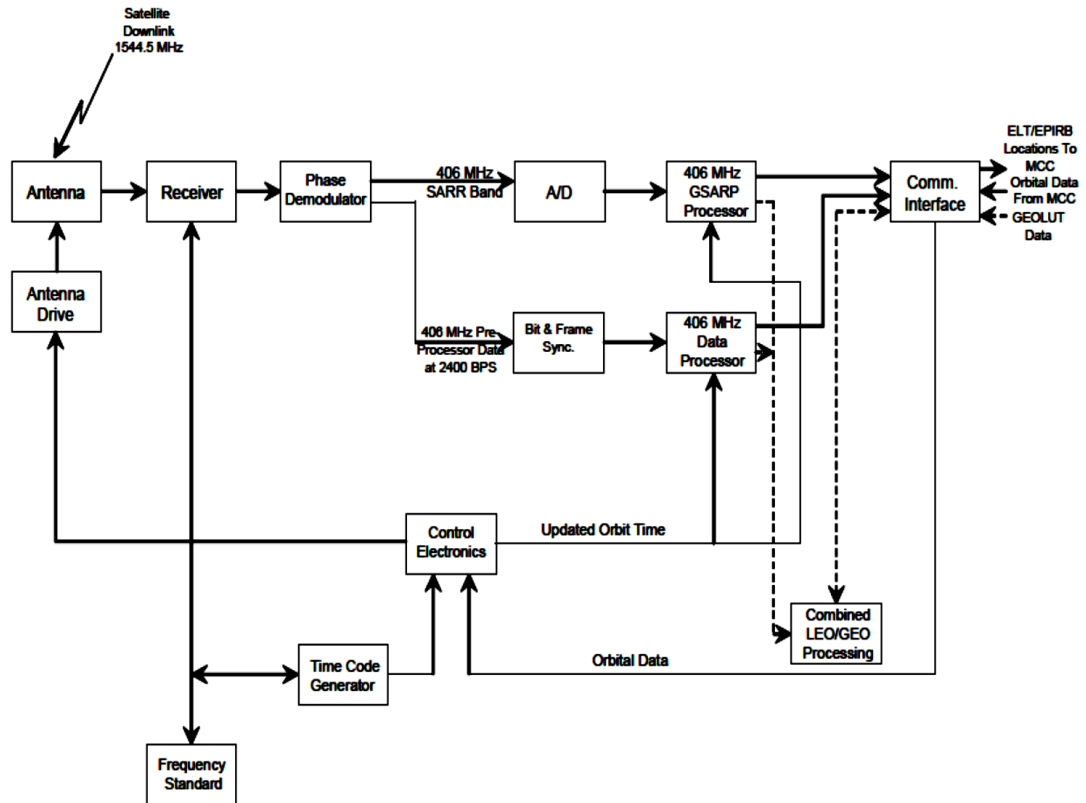


Figura 20: Diagrama de bloques del sistema funcional LEOLUT

En la siguiente imagen se observa las localizaciones de las 42 estaciones LEOLUT, junto con la cobertura que poseen dichas estaciones.

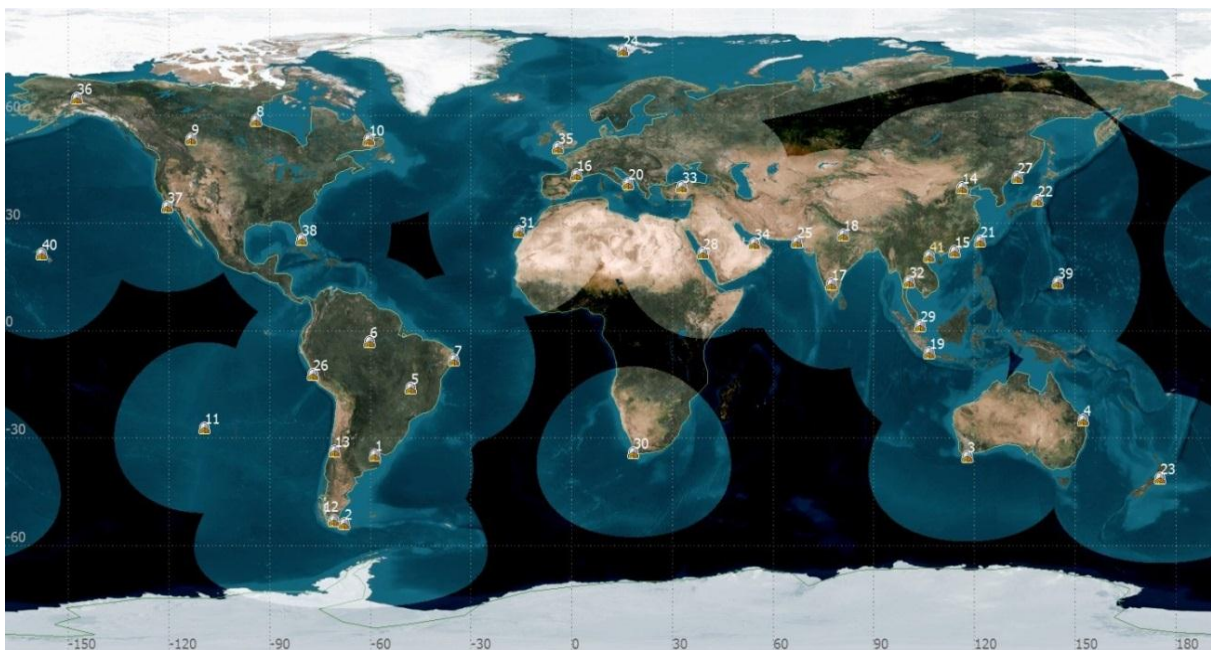


Figura 21: Localización de las estaciones LEOLUT.

B. GEOLUT.

Una GEOLUT es una estación receptora de tierra del sistema GEOSAR, que detecta, procesa y recupera las transmisiones codificadas de las radiobalizas de emergencia, y transmite la información correspondiente a un MCC.

Una GEOLUT consiste en al menos los siguientes componentes básicos e interfaces:

- a. un subsistema de antena.
- b. un procesador.
- c. un subsistema de referencia de tiempo y / o frecuencia.
- d. una interfaz de MCC.

GEOSAR SATELLITE
DOWNLINK SIGNAL

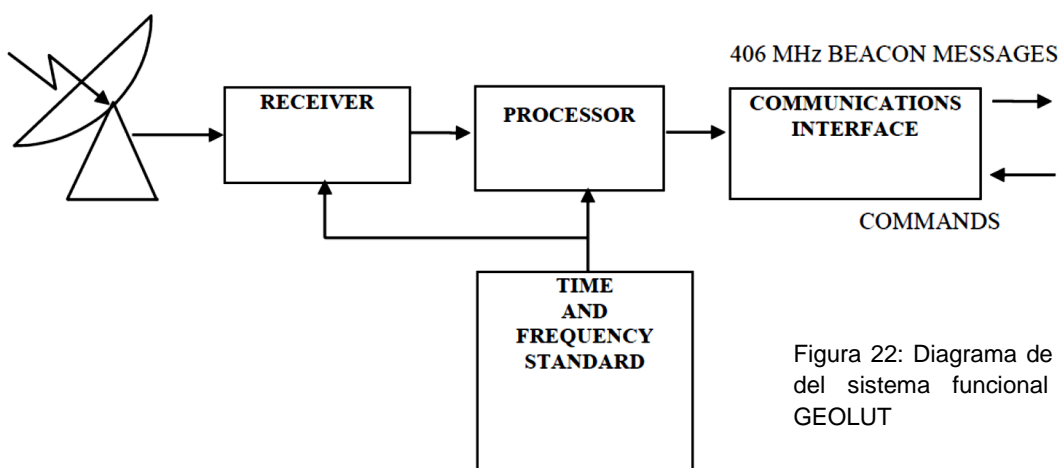


Figura 22: Diagrama de bloques del sistema funcional de un GEOLUT

Los instrumentos de búsqueda y salvamento de los satélites GEOSAR reciben las señales de las balizas de socorro a 406 MHz. Estas señales, junto con las señales de interferencia recibidas, son retransmitidas a una estación GEOLUT.

EL GEOLUT procesará la señal, para producir una alerta, donde se incluirá los datos de localización asociada cuando esté disponible en el mensaje de la baliza, y remite esta información a la MCC más cercana del siniestro para la acción futura.

Todos los dispositivos en una GEOLUT tienen la finalidad de:

- Detectar mensajes de baliza no válidos y procesar la información de acuerdo con esta especificación.
- Verificar siempre que sea posible que los formatos de datos son correctos y su codificado es válido, incluyendo la identificación de la radiobaliza y la información de posición codificada.
- proporcionar información actualizada de posición a la MCC, según corresponda.

Se espera que los operadores GEOLUT proporcionen a la comunidad SAR, datos fiables de alerta y sin restricciones.

En la siguiente imagen se observa las localizaciones de las 20 estaciones GEOLUT, junto con la cobertura que posee el sistema GEOSAR.

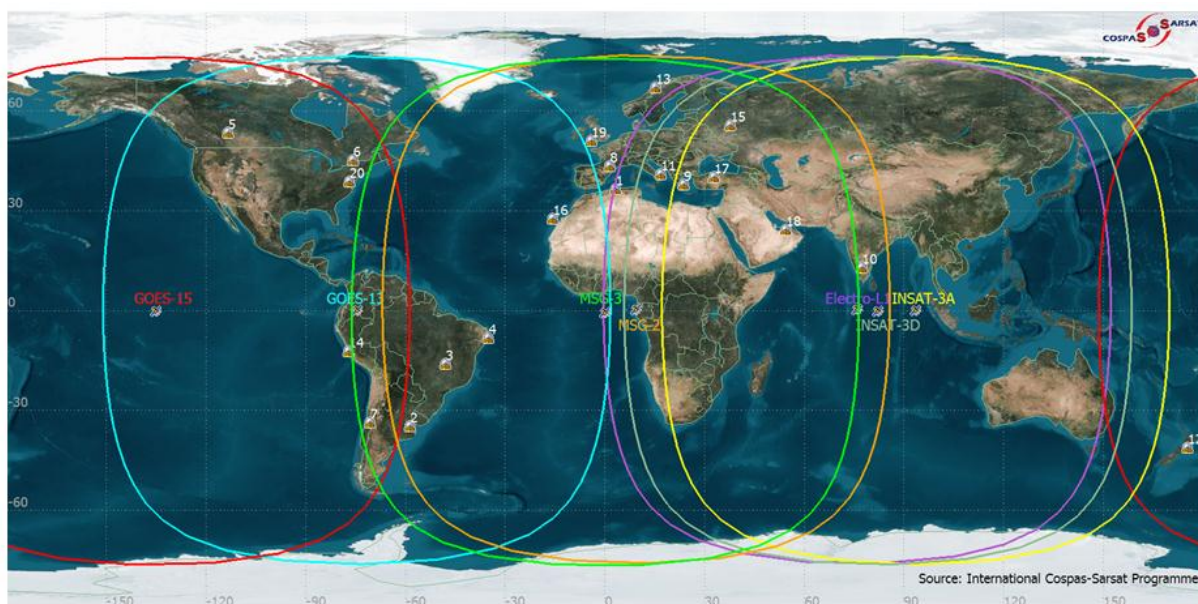


Figura 23: Localización de los satélites GEOSAR y sus estaciones GEOLUT.

3.2.2 Centro de Control Misión.

Los Centros de control de misión son los centros de control de la misión SAR a los que llega la información transmitida por una determinada LUT (habitualmente en el mismo país que el MCC). Existen un total de 30 MCCs distribuidos alrededor de todo el globo y sirviendo a los RCCs y SPOCs que tienen vinculados.

Los MCCs se localizan en aquellos países en los que opera, al menos, una LUT. Sus funciones principales son:

- Recoger, almacenar y clasificar la información que reciben de las LUTs o de otros MCCs,
- Proporcionar el intercambio de datos del sistema Cospas – Sarsat,
- Distribuir las alertas y la información sobre su localización a los RCCs o SPOCs asociados.

La información obtenida la podemos clasificar en dos grupos: información de alerta e información del sistema.

La información de alerta es la expresión genérica utilizada para denominar la información a 406 MHz derivada de una llamada de socorro de una radiobaliza. Ésta información de alerta siempre debe incluir la identificación de la radiobaliza y debe adjuntar la localización Doppler y/o información codificada de la posición y otra información codificada.

La información del sistema es usada, en un primer término, para mantener el sistema operando a alto rendimiento y para poder proporcionar a los usuarios una información de alerta puntual y precisa. Para ello realizan un mantenimiento de las efemérides de los satélites y del ajuste de los relojes del sistema.

Todos los MCCs del sistema están interconectados entre sí, mediante las redes apropiadas, para la distribución de la información del sistema y de la información de alerta. Para asegurar la fiabilidad y la integridad de la distribución de la información, el Cospas – Sarsat ha desarrollado unas especificaciones de mejora de los MCCs y unos procedimientos a seguir. Además, durante las reuniones del Cospas – Sarsat, se estudian los informes periódicos de las operaciones de los MCCs. Por si esto no fuera suficiente, se realizan, de vez en cuando, una serie de ejercicios (basados en el intercambio de datos) a nivel mundial para comprobar el estatus operacional y las mejoras de todas las LUTs y los MCCs.

Cada MCC se responsabiliza de la distribución de toda la información de alertas de avisos localizados en su área de servicio. El área de servicio de una

MCC incluye las Regiones de Búsqueda y Rescate en las que las autoridades nacionales de dicha MCC proporcionan o facilitan dispositivos SAR y aquellas regiones de otros países con las que la MCC tiene acuerdos sobre alertas Cospas – Sarsat.

Las áreas de servicio de las MCCs están establecidas mediante la coordinación de los proveedores del segmento terrestre (p.e. LUT – MCC), a través del Comité del Cospas – Sarsat, teniendo en cuenta:

- la situación geográfica y los límites de las SRR,
- la infraestructura en comunicaciones,
- los acuerdos SAR existentes, tanto nacionales como en operaciones bilaterales con otros países.

De acuerdo con las áreas de servicio de las MCCs descritas en el Plan de Distribución de Información, cuando una MCC recibe la transmisión de una radiobaliza localizada fuera de su área de servicio, dicha alerta debe ser retransmitida al MCC que sirve dentro del área donde se encuentra la radiobaliza o eliminada si la alerta se ha recibido vía otra LUT/MCC.

Para mejorar la distribución de la información entre las, cada vez más, MCCs, las áreas de servicio de éstas se han reagrupado en un pequeño número de DDRs y una MCC de cada región, actuando como nodo dentro de la red de comunicaciones, se encarga del intercambio de información entre DDRs.

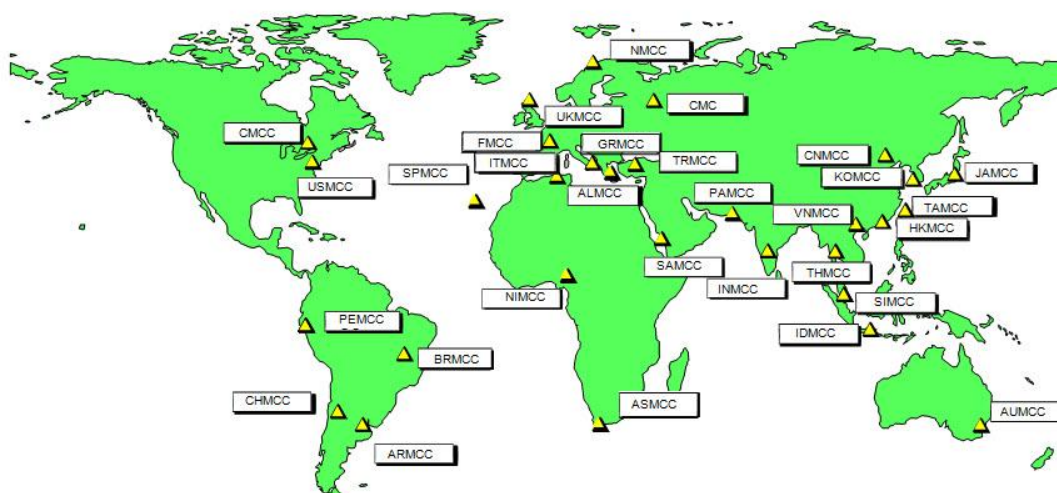


Figura 24: Localización global de las MCCs.

3.2.3 RCCs y SPOCs.

Cada MCC distribuye la información de alerta del sistema a sus RCCs nacionales y a los correspondientes puntos SAR de contacto. Un SPOC es, generalmente, un RCC nacional que puede aceptar o asumir la responsabilidad de transferir cualquier información de alerta de avisos localizados dentro del área SAR de la que su país es responsable, definida como su Región de Búsqueda y Rescate.

Los centros de Rescate y Coordinación y/o los puntos de contacto SAR son el penúltimo peldaño del sistema. Una vez recibida la información de alerta, y antes de poner en marcha los dispositivos disponibles que sean necesarios dependiendo del tipo de misión, estos centros se encargan de realizar las comprobaciones necesarias con el objetivo de verificar si la alerta es real o falsa.

Fundamentalmente, las comprobaciones varían en función del procedimiento que sigue cada país, del tipo de buque al que pertenece la radiobaliza que ha emitido el aviso y de los medios que deben desplegarse para la realización del rescate.

Finalmente, y en caso de verificar que la alerta es real, los RCCS y/o SPOCs se encargarán de transmitir toda la información de la alerta a los dispositivos encargados del rescate para que estos procedan según el procedimiento operativo estipulado por cada país.

España posee un RCC central situado en Madrid, conocido como CNCS, encargado de gestionar y distribuir toda información de alerta al resto de CCS que actúan como RCCs o SPOCs.



Figura 25: Localización de los CCS en España.

3.3 Segmento de usuario.

Este segmento está constituido por los tres tipos de balizas que existen actualmente para la transmisión de señales de socorro: los ELTs, usados por la comunidad de aviación civil, los EPIRBs, usados por la comunidad marítima y los PLBs, usados para el uso personal, normalmente para aplicaciones terrestres, pero también pueden utilizarse en algunos casos para actividades marítimas y aeronáuticas.

3.3.1 ELTs.

Son las radiobalizas situadas en aviones y conocidas como Emergency Locator Transmitters. Se caracterizan por tener una gran resistencia al impacto. Su activación suele ser automática (mediante el sistema *G-switch*, que responde a un impacto) aunque también puede ser manual. Disponen de 48 horas de autonomía.

Hasta febrero de 2009, la mayoría funcionaban a 121.5 MHz puesto que eran más económicas que las que funcionan a 406 MHz. Sin embargo, las balizas ELT de 121.5 MHz presentaban un gran número de desventajas: tenían una baja potencia emitida (0.1W), todas las balizas emitían la misma señal, no eran detectadas por el sistema GEOSAR (la cobertura no es global), tenían un error

de posición de 25 a 50 km y no llevaban código de identificación. Además, en el 90% de las ocasiones en que se activaban eran falsas alarmas.



Figura 26: Ejemplo de una ELT.

3.3.2 EPIRBs

Son las radiobalizas usadas para operaciones marítimas y se conocen con el nombre de Emergency Position Indicating Radio Beacons. Se caracterizan por tener una flotación constante. Su activación puede ser manual o automática (mediante un detector hidrostático de 1 a 3m). Disponen de 48 horas de autonomía.

Hoy en día trabajan a 406 MHz, pero incorporan a un transmisor "homing" a 121.5MHz, para permitir la localización precisa de la señal a los dispositivos SAR equipados con este sistema. A diferencia de las ELTs, las EPIRBs son detectadas tanto por el sistema LEOSAR como GEOSAR, mejoran la exactitud de localización, poseen una identificación única para cada radiobaliza e incrementan la capacidad del sistema.



Figura 27: Ejemplo de una EPIRB.

3.3.3 PLBs.

Estas radiobalizas son utilizadas por individuos en áreas remotas (expediciones científicas y deportivas). Trabajan exclusivamente a 406 MHz por lo que tienen cobertura global y disponen de 48 horas de autonomía. A diferencia de las anteriores su activación es únicamente manual.



Figura 28: Ejemplo de una PLB.

3.3.4 Modelos de los dispositivos usados por el sistema.

A. Fase de terminación del procesamiento de balizas de 121.5 MHz

Puesto que era desaconsejable el uso de las radiobalizas de 121.5 MHz debido a la imprecisión en la posición calculada, la baja potencia de transmisión, la falta de cobertura global, el gran número de interferencias, su falta de identificación y el elevado número de falsas alertas que generan; el consejo del Cospas- Sarsat decidió, con el fin de suprimir el uso de esta frecuencia el 1 de febrero de 2009, que:

- Los Estados Unidos de América dejaron de instalar procesadores de 121.5/243 MHz en sus satélites, a partir de 2009.
- Los satélites rusos lanzados a partir de 2006, dejaron de transportar procesadores de 121.5 MHz.
- La frecuencia no fuera eliminada ni su uso, dado que las radiobalizas de 406 MHz continuarían llevando un transmisor auxiliar a 121.5 MHz.

B. Radiobalizas de 406 MHz.

Esta generación de balizas que transmiten en 406 MHz fue introducida al principio del proyecto del Programa COSPAS- SARSAT en 1979. En 1997, el número estimado de balizas de 406 MHz en uso era de 150.000 unidades,

mientras que en 2007 se alcanzaron las 600.000 y a finales de 2009 de 950.000 unidades. Las radiobalizas de 406 MHz fueron diseñadas específicamente para la detección por satélite y localización Doppler, por lo que:

- Mejoran la exactitud de localización Doppler (1 a 5 kilómetros de error típico) y la resolución de la ambigüedad.
- Incrementan la capacidad del sistema (tiene mayor capacidad de procesamiento del número de balizas transmitiendo simultáneamente en el campo de visión del satélite).
- Proporcionan cobertura global.
- Poseen identificación única para cada una de ellas.

Además existe una segunda generación de radiobalizas de 406 MHz, introducidas en 1997, que proporciona un mensaje con la información de la posición de la misma durante el mensaje, con lo que la localización a través del sistema GEOSAR es inmediato.

El rendimiento del sistema es mayor dada la mejora en la estabilidad de la frecuencia de 406 MHz y por la dedicación de una sola frecuencia para operar.

Básicamente las radiobalizas de 406 MHz transmiten una ráfaga de 5 W de aproximadamente 0,5 segundos de duración cada 50 segundos. La frecuencia portadora es muy estable, siendo esta estabilidad la que asegura una mayor exactitud en la localización, mientras que la mayor potencia de emisión, incrementa la probabilidad de detección. También proporciona una capacidad mayor de acceso de más de 90 balizas operando simultáneamente en el campo de visión de un satélite de órbita polar, y un bajo consumo.

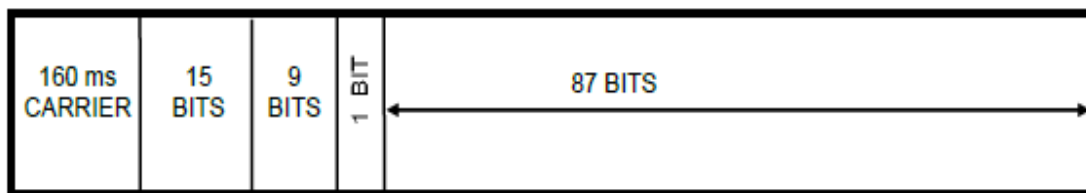
Una característica importante de las radiobalizas de emergencia de 406 MHz es el mensaje codificado, que proporciona información tal como el país de origen, identificación del barco o aeronave siniestrada y, opcionalmente, datos sobre la posición.

Un transmisor auxiliar, denominado *homing transmitter*, suele incluirse en las balizas de 406 MHz para poder ser localizadas por los equipos de salvamento con el material adecuado. La mayoría de las EPIRBs y ELTs, incluyen un

transmisor en 121,5 MHz de este tipo, de acuerdo con los requerimientos de IMO e ICAO. De cualquier forma las características de funcionamiento de los *homing transmitter* no están contempladas en las especificaciones del sistema COSPAS- SARSAT.

3.3.5 Estructura del mensaje de las balizas.

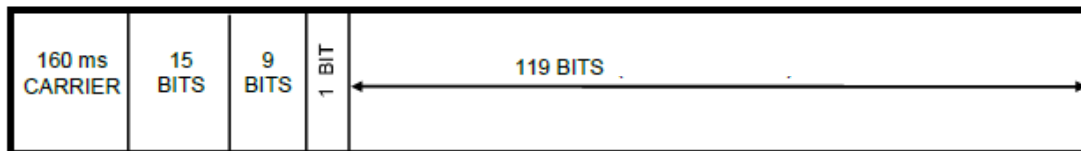
A continuación, se puede observar la estructuración básica del mensaje digital transmitido a través de una radiobaliza, diferenciándose entre sí, por la longitud del mensaje que transmiten, dependiendo de cada baliza.



NOTE: (1) (2) (3)

Figura 29: Formato de un mensaje corto.

- Notes:
- (1) Bit Synchronization : 15 "1" bits
 - (2) Frame Synchronization : 000101111
 - (3) "0" bit indicates short-message format
"1" bit indicates long-message format



NOTE: (1) (2) (3)

Figura 30: Formato de un mensaje largo.

El carrier o portadora, serán los 160 milisegundos de la señal a transmitir. Cabe destacar que esta portadora no se encuentra modulada.

Seguido de la portadora, nos encontramos un patrón de bits de sincronización (1), que consisten en "1", los cuales ocupan las primeras posiciones de 15 bits.

Tras esto, hay un patrón de trama de sincronización que consta de 9 bits (2). El patrón de trama de sincronización en una operación normal será 000101111. Sin embargo, en el modo de auto-test, la baliza irradia una señal cuyo patrón de trama de sincronización será de 011 010 000 (es decir, los últimos 8 bits se complementan).

Por último, justo antes del mensaje a transmitir, nos encontramos con un bit de identificación del mensaje, siendo “1” si el mensaje de transmisión es largo y un “0” si el mensaje es corto.

Por último, se encuentra el mensaje que la radiobaliza transmite. En este mensaje, se indica el código del país y el posterior código de identificación de la radiobaliza.

3.3.6 Requisitos a cumplir por las normativas marinas.

Las radiobalizas contempladas en el SMSSM deben cumplir, al menos, alguno de los requerimientos siguientes:

- Puedan ser detectadas por satélites de órbita polar baja del sistema Cospas – Sarsat, en la frecuencia de 406 MHz.
- Puedan ser detectadas por satélites geostacionarios del sistema Inmarsat, en la frecuencia de 406 MHz, pudiendo incluir el sistema GPS para determinar su posición.
- Puedan utilizar el sistema VHF con LSD en canal 70, limitándose su uso a embarcaciones que naveguen exclusivamente dentro de la zona marítima A1.

Además de ello, las radiobalizas de uso marino deben cumplir, obligatoriamente, los siguientes requisitos:

- Ser de un tipo aprobado por la Dirección General de la Marina Mercante, estar codificada con el número de Identificación del Servicio Móvil Marítimo (MMSI, en inglés), asignado al buque por la DGMM.
- Estar registrada con el nombre del buque portador en la base de datos de la DGMM.
- Contar con un Certificado de Inspección vigente extendido por una entidad técnica reconocida por la DGMM.
- Estar lista para ser soltada manualmente y ser transportada por una persona o una embarcación de salvamento.
- Estar fijada de modo que pueda zafarse y flotar libremente en caso de hundimiento del buque, activándose una vez vuelva a flote o manualmente si fuera necesario.

4. Evolución del sistema.

Tras treinta años después de la creación del sistema COSPAS-SARSAT, un nuevo capítulo se abre para el programa internacional con la integración de un sistema que utilizará las constelaciones GNSS. Dicho sistema se denomina Sistema MEOSAR.

4.1 Sistema MEOSAR.

La integración de este sistema es debido al intento de solucionar los problemas existentes de los sistemas LEOSAR y GEOSAR. Según las investigaciones iniciales, con el sistema MEOSAR se obtendrá:

- Cobertura global casi instantánea con capacidad de localización precisa independiente.
- Señales robustas entre las balizas y los satélites.
- La flexibilidad de la señal para evitar obstrucciones entre la baliza y el satélite.
- La posibilidad de añadir un servicio SAR adicional, que produciría una señal de retorno hacia la radiobaliza como función de apoyo adicional, además de otras funciones, las cuales están en proceso de investigación.

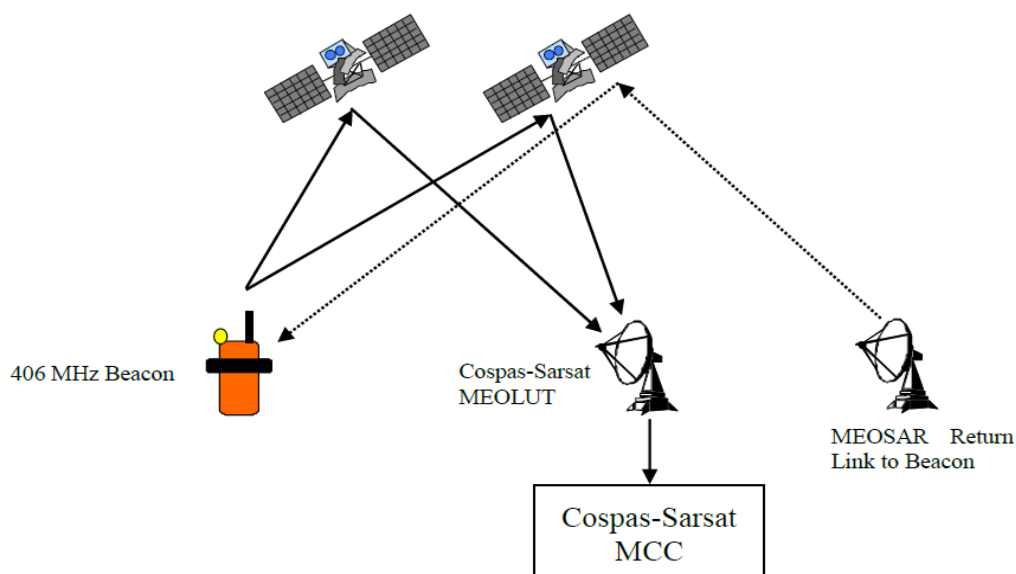


Figura 31: Concepto de operación del sistema. MEOSAR

4.1.1 Segmento espacial.

Los satélites MEOSAR orbitan la Tierra en altitudes que van de los 19.000 a 24.000 kilómetros. Las características de las tres constelaciones de satélites MEOSAR se resumen en la tabla 4.

Las misiones principales de los satélites utilizados es la del posicionamiento global, las tres constelaciones MEOSAR son el GPS, Galileo y GLONASS. Como misión secundaria, dispondrán de las cargas útiles de SAR.

Las tres constelaciones de satélites MEOSAR utilizarán instrumentos repetidores para retransmitir las señales de balizas que operan a 406 MHz, sin procesarlas ni almacenarlas. Las cargas útiles del DASS, SAR / Galileo y SAR / GLONASS operarán con enlaces descendentes en la banda de 1544 - 1545 MHz.

Cada satélite MEOSAR proporciona visibilidad de una gran porción de la superficie de la Tierra. Además, debido a la gran cantidad de satélites en cada constelación, y los planos orbitales seleccionados, las constelaciones DASS, SAR / Galileo y SAR / GLONASS podrán ofrecer individualmente una cobertura continua de toda la Tierra, sujeto a la disponibilidad de las MEOLUTs.

Se espera que el sistema BEIDOU O COMPASS incorporen ayudas SAR.

	GPS	GALILEO	GLONASS
Número de Satélites*	24	30	24
Altitud (Km)	20.182	23.222	19.140
Periodo (min)	718	845	676
Planos orbitales:			
Nº de planos	6	3	3
Nº de satélites por planos	4	10	8
Inclinación (grados)	55º	56º	64.8º

Tabla 4: Características de las constelaciones que forman el sistema MEOSAR.

*En Julio 2015, hay en órbita 31 satélites GPS, 28 GLONASS y 3 GALILEO.

Dependiendo de las decisiones adoptadas en relación con la prestación de los servicios avanzados de búsqueda y salvamento, cada satélite llevara una carga útil, la cual explicaremos a continuación:

4.1.1.1 DASS.

A. Estructura del sistema.

El sistema GPS incluirá:

- Repetidores de 406 MHz en todos los satélites del sistema GPS.
- La localización de MEOLUTs en todo el mundo para proporcionar una cobertura global.

Si se toma la decisión de proporcionar un enlace de retorno, se requeriría un componente adicional en el segmento de tierra para proporcionar y gestionar un enlace de retorno de las transmisiones.

B. Carga útil del sistema.

La carga útil DASS incluirá un transpondedor para retransmitir las señales transmitidas por las balizas de 406 MHz de socorro. Se espera que los transpondedores DASS utilicen enlaces descendentes en la banda 1544 -1545 MHz; sin embargo, la prueba de la fase de validación en órbita del DASS se llevará a cabo utilizando transpondedores con enlaces descendentes de banda S.

La decisión aún no se ha tomado en relación al uso de servicios de enlace de retorno hacia las balizas.

4.1.1.2 SAR/GALILEO

A. Estructura del sistema

El sistema SAR / Galileo consistirá en:

- Repetidores TBD* de 406 MHz en satélites del sistema de navegación Galileo.
- La ubicaciones de los MEOLUTs ubicadas en todo el mundo para proporcionar una cobertura global.

- Un RLSP con el segmento de tierra para la carga de mensajes de retorno a los satélites.

Con la constelación GALILEO, cada punto de la Tierra estará en la visibilidad de al menos 6 satélites en todo momento. La función de enlace de retorno SAR / Galileo se integrará en el enlace ascendente de misión del Galileo, que operará en la banda C.

* Nota: Sujeto a confirmación del número de cargas útiles necesarias para cumplir los objetivos de la misión del sistema MEOSAR.

B. Carga útil del sistema.

La carga útil de SAR/GALILEO, representada en la figura 32, consiste en el enlace directo 406 MHz con la antena receptora, el transpondedor y una antena de transmisión a 1544 MHz, y un enlace de reconocimiento relacionado con el SAR y otros mensajes. En términos de hardware, el enlace de retorno es parte del segmento de misión de tierra del Galileo y la carga útil de navegación.

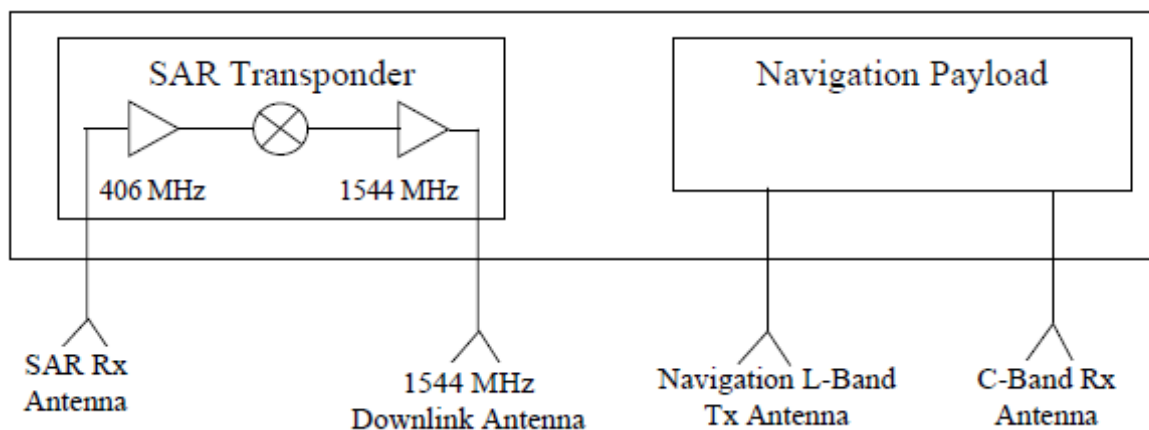


Figura 32: Carga útil SAR/GALILEO.

4.1.1.3 SAR/GLONASS.

A. Estructura del sistema.

El sistema SAR / Glonass consistirá en:

- Repetidores de 406 MHz en todos los satélites del GLONASS.
- La ubicaciones de los MEOLUTS ubicados alrededor del mundo para proporcionar una cobertura global

Con esta constelación cada punto de la Tierra está en la visibilidad de al menos 4 satélites con un ángulo de elevación superior a 5 grados en todo momento.

La decisión aún no se ha tomado con respecto a si SAR / GLONASS también proporcionaría un servicio de enlace de retorno hacia la baliza. Si es así, se requeriría un componente adicional de segmento de tierra para proporcionar y gestionar unas transmisiones de enlace de retorno.

B. Carga útil del sistema.

La carga útil de SAR / Glonass incluirá un repetidor de 406 MHz para retransmitir las señales transmitidas por las balizas de 406 MHz de socorro.

4.1.2 Segmento de Tierra.

El segmento de tierra MEOSAR estará compuesto por MCC, MEOLUTs y posiblemente, con estaciones de control para las funciones de enlace de retorno.

Los requisitos técnicos para un MEOLUT se desarrollarán durante la fase de definición y desarrollo de la DASS, SAR / Galileo y programas SAR / Glonass. Desde una perspectiva programática, la prestación de MEOLUTs será una responsabilidad individual a nivel nacional. Tomando nota de que se espera que las tres constelaciones MEOSAR sean interoperables, es previsible que los MEOLUTs tengan la capacidad de recibir y procesar los enlaces descendentes de las tres constelaciones de satélites MEOSAR.

A. Confirmación de lectura.

Un servicio de acuse de recibo a través del enlace de retorno puede proporcionar a la personas en peligro una confirmación de la detección de la alerta y de la determinación de su ubicación por el sistema, y posiblemente una confirmación más de que la operación de rescate está en marcha. Para activar esta función, la baliza debe transmitir en el enlace directo "Mensaje de alerta 1" (FLAM) que indica al sistema que se solicita el reconocimiento de la alerta de socorro.

Del análisis de las respuestas del enlace de retorno, se han definido dos tipos de reconocimiento:

- Reconocimiento Tipo 1 (Sistema de Reconocimiento): el sistema Galileo transmite automáticamente a través de un enlace RLSP, un mensaje de regreso a la baliza que emite después de que la señal de la baliza se ha detectado y localizado y la solicitud RLM se ha recibido. Esto permitirá una entrega rápida de la RLM especialmente en el entorno MEOSAR.
- Reconocimiento Tipo 2 (Acuse RCC): en este caso el RLSP enviará el RLM emitido por la baliza sólo después de que haya recibido una autorización de la RCC responsable. Este acuse de recibo informa al usuario que la alerta está siendo procesada por un RCC. Este tipo de reconocimiento no sería inmediato ya que las autoridades SAR podrían necesitar tiempo para evaluar la situación de peligro y determinar la respuesta adecuada.

La definición de los servicios del Reconocimiento Tipo 1 (Sistema de Reconocimiento) son relativamente sencillo, ya que tiene un impacto mínimo en las operaciones del sistema COSPAS SARSAT y SAR.

Los servicios del Reconocimiento Servicio tipo 2 (RCC Reconocimiento), sin embargo, requerirán una nueva evaluación de las implicaciones operativas de SAR y de la persona en peligro, que incluye extensas pruebas para validar los beneficios potenciales.

Las cuestiones que deben tenerse en cuenta son:

-
- La función operativa exacta de SPOC y RCC en el enlace de retorno a la radiobaliza.
 - El impacto de la implementación de los enlaces de retorno en los MCC, RCC y SPOC (por ejemplo, cambios en los estándares de MCC, la modificación de las interfaces, etc.);
 - El papel del proveedor de SAR / Galileo MEOSAR en la coordinación de las transmisiones de acuse de recibo y la gestión de posibles servicios de retorno de enlace (por ejemplo, la necesidad de una base de datos específica y registro de servicio para las balizas);
 - El papel de COSPAS-SARSAT en el desarrollo de especificaciones de las radiobalizas y los requisitos de homologación para las balizas de 406 MHz con una capacidad de enlace de retorno (es decir, la participación del COSPAS-SARSAT se limitará a garantizar que no exista ningún impacto adverso en la función de alerta o en las especificaciones de las balizas).
 - Las ventajas e inconvenientes de Reconocimiento tipo 2 (RCC reconocimiento).

B. Otros servicios.

Un enlace de retorno a la baliza también puede ser usado para controlar adecuadamente las transmisiones en la nueva generación de balizas de 406 MHz. Algunos ejemplos de tal capacidad podrían ser:

- La activación de las balizas en los barcos y aviones que han sido dados por desaparecidos;
- Apagar las transmisiones de baliza cuando la misión SAR se ha completado, pero donde no era posible o práctico recuperar y apagar la baliza manualmente;
- El cambio de la tasa de repetición de las transmisiones de baliza después del primer mensaje que se haya recibido y la ubicación establecida sin ambigüedad, con el fin de ahorrar energía de la batería o reducir la carga de tráfico de mensajes de baliza en el sistema de satélites.

C. Estructura del enlace de retorno.

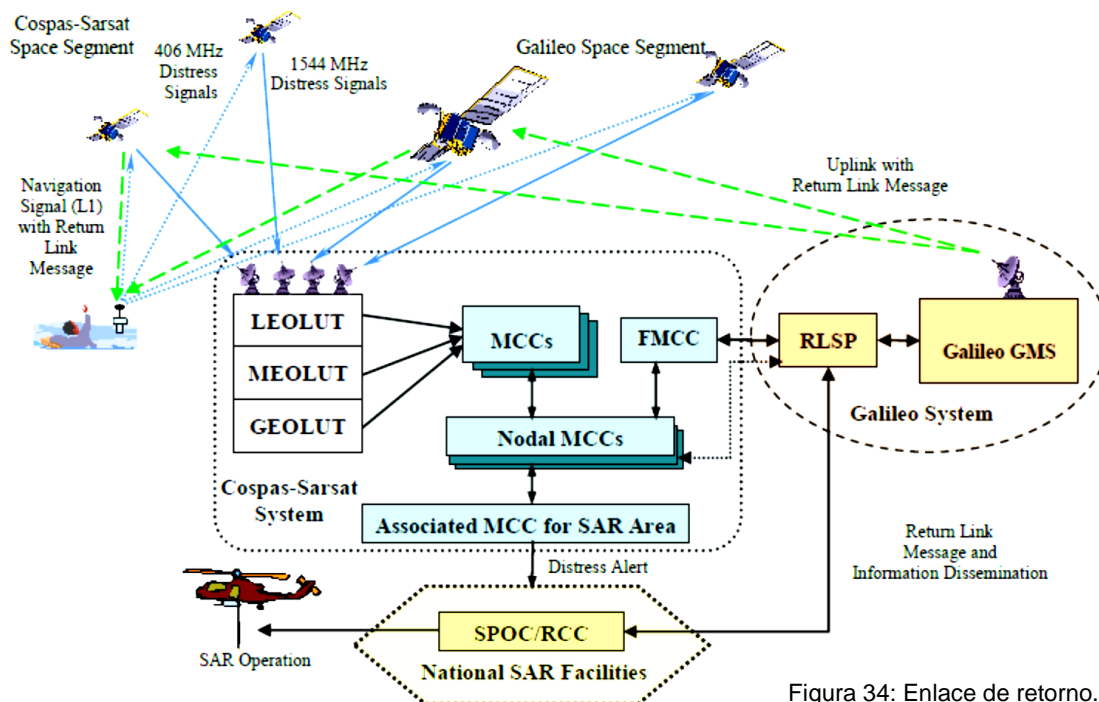


Figura 34: Enlace de retorno.

Los mensajes del enlace de retorno son respuestas a los mensajes procedentes de las balizas (que se encuentran codificados mediante el FLAM) serán recibidos por todos los tipos de LUT (LEO / MEO / GEO) y se transmiten al RLSP a través de un mecanismo de difusión basado, en la medida de lo posible, en la distribución de los procedimientos de datos de alerta actuales del COSPAS-SARSAT.

En el escenario del reconocimiento tipo 1, el RLSP envía un mensaje a través del enlace de retorno a la baliza, después de que haya recibido la solicitud RLM y una confirmación de la localización de la baliza.

En el escenario de Reconocimiento tipo 2 la solicitud RLM también se difunde a la RCC / SPOC a cargo de la operación de rescate. El RLSP enviará un mensaje a través del enlace de retorno a la baliza sólo después de que haya recibido una confirmación de la RCC a cargo de la operación de rescate.

El papel de COSPAS- SARSAT en el servicio del Reconocimiento en el enlace de retorno a la baliza se limitará estrictamente a la difusión de la solicitud RLM. La autorización actual para el envío de un RLM se emitirá a nivel del RLSP

para el reconocimiento Tipo 1 (sistema automático de reconocimiento) o por el CCR para el reconocimiento Tipo 2 (acuse del RCC).

4.2 Nueva generación de Balizas.

La segunda generación de balizas está destinada a trabajar con el sistema GEOSAR y el sistema MEOSAR.

Cabe mencionar que actualmente no existe ninguna baliza de este tipo en el mercado.

A continuación se muestran los parámetros de señal que deberán poseer las radiobalizas.

Modulation type	OQPSK
Bitrate	300 (bits/s)
Spreading code rate	38400 (chips/s)
Preamble type	Sequence of known PRN
Preamble length	166.6 ms
Number of useful bits	202 bits
Correcting code	BCH(250,202)
Total length	1 s

Figura 35: Parámetros de señal de las segunda generación del sistema.

Cabe destacar que uno de los nuevos requisitos para estas balizas, se encuentra referido al aumento de los estándares de precisión para el cálculo independiente de la ubicación:

- 5 kilómetros, 95% de las veces, dentro de los 30 segundos después de la activación de baliza.
- 1 kilómetro, el 95% del tiempo, dentro de los 5 minutos después de la activación de baliza.
- 100 metros, 95% de las veces, dentro de los 30 minutos después de la activación de baliza.

Otro requisito destacable es la probabilidad de detección, es decir, la baliza deberá ser capaz de transmitir un mensaje correctamente durante los primeros 30 segundos, con un porcentaje de acierto del 99,9 por ciento. Para ello, será necesario mejorar el rendimiento de la señal.

Como complemento de estos requisitos referentes a la de eficiencia técnica de las balizas, el sistema COSPAS- SARSAT ha definido algunos requisitos prácticos. Uno de ellos, es la capacidad de transmitir la posición, de manera codificada, en el mensaje de la baliza, mediante un receptor integrado. Otro requisito ya mencionado en páginas anteriores, es el enlace de retorno a la baliza.

4.2.1 Diseños de la segunda generación de balizas

Con el fin de satisfacer las nuevas necesidades operacionales, varios grupos de expertos han estado trabajando para proponer especificaciones. En consecuencia, proponen dos enfoques:

- Una estructura de la señal inspirada en las balizas de primera generación y compatibles con los instrumentos SARP, para asegurar una transición sin problemas entre sistemas LEO y MEO.
- Una nueva señal utilizando una secuencia de amplio espectro, para aumentar significativamente la precisión de localización independiente.

En junio de 2014, el sistema COSPAS-SARSAT eligió la propuesta de propagación de amplio espectro como la solución primaria, manteniendo la otra propuesta como una opción de seguridad. Lo que produjo la toma de esta decisión fue la capacidad asociada de aumentar significativamente la precisión de la medición.

4.2.2 Estructura del mensaje de la Baliza.

El mensaje de las balizas de segunda generación se compone de tres partes principales:

- Una portadora compuesta de una secuencia conocida PRN utilizado para la detección de la señal a nivel MEOLUT.

- Un "mensaje útil" (202 bits), que contiene toda la información que necesitan los respondedores SAR, como un identificador que da información sobre la baliza y el propietario de la misma, disponibles en una base de datos del sistema COSPAS-SARSAT. La posición GPS codificada, si está disponible, pueden también ser transmitidas en esta parte del mensaje, para mejorar la precisión de la ubicación de baliza.
- Por último, los bits en el final de la ráfaga se utilizan para la corrección de errores, sobre la base de un código BCH.

La ráfaga transmitida tiene una longitud de un segundo y se transmite periódicamente. El perfil exacto de transmisión sigue siendo objeto de discusión porque el término medio tendría que estar entre las necesidades operacionales y la capacidad de la batería de la baliza. La velocidad de bits es 300 bps.

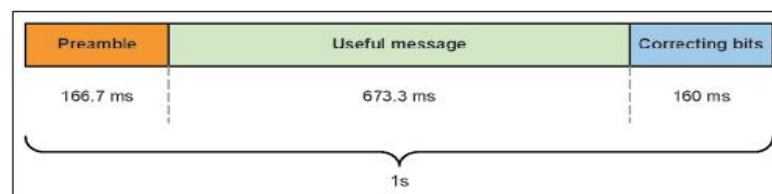


Figura 36: Estructura del mensaje de la baliza.

La modulación elegida es OQPSK (offset de modulación en cuadratura por desplazamiento de fase). Como se muestra en la siguiente figura, este tipo de modulación es bastante simple y tiene una curva casi constante, que generalmente es una ventaja cuando una señal pasa a través de etapas de amplificación no lineales.

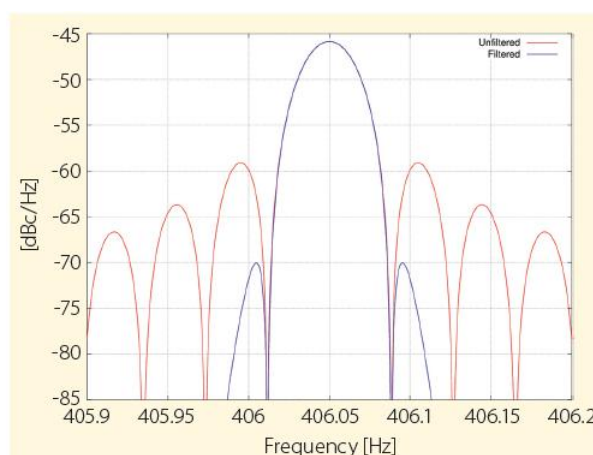


Figura 37: Grafica de la señal transmitida desde una baliza de la segunda generación.

4.2.3 Primeras pruebas

Con el fin de evaluar el rendimiento de esta nueva modulación, los Estados Unidos, Francia, y Australia han desarrollado transmisores y receptores interconectados con las estaciones terrestres existentes.

Las primeras pruebas ya se han realizado gracias al banco de pruebas desarrollado por el lado francés, en el CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales). La ubicación 2D obtenida durante las pruebas fue de 140 metros en 50 por ciento de probabilidad y 500 metros en 95 por ciento. Esta actuación mejorará a medida que el segmento espacial esté creciendo, lo que permite mejores condiciones de geometría.

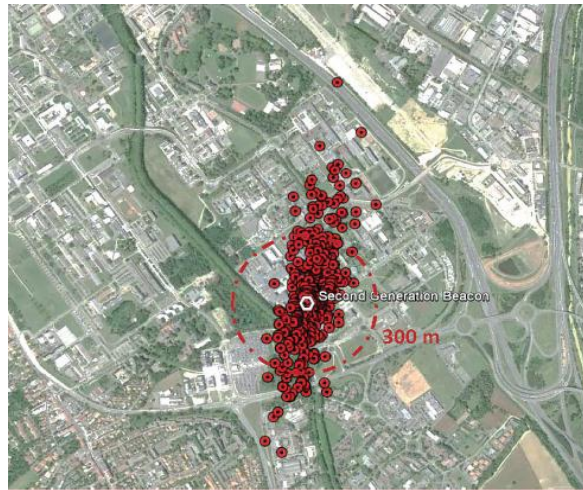


Figura 38: Localización obtenida en las primeras pruebas.

4.3 Cronología de la Evolución del sistema.

A continuación se puede observar la cronología que se pretende seguir en la evolución de este sistema.

1950's	Emergency beacons (ELT) onboard military aircraft
1970's	Most US aircraft are mandated to carry a 121.5 MHz ELT
1979	Foundation of Cospas-Sarsat program by Canada, France, USA and USSR, which aims to introduce a detection capability from space
1982	First Cospas payload in orbit and first distress signal detected from space
1985	Cospas-Sarsat LEO component reaches FOC
1994	Introduction of the GEO component (GEOSAR)
2000s	Decision to introduce a MEOSAR component
2013	First SAR/Galileo Payload launched
2016	MEOSAR Initial Operational Capability
2018	MEOSAR Full Operational Capability
2020+	Introduction of Second Generation Beacons

Figura 39: Cronología del sistema.

5. Conclusión

Tras recabar y analizar una gran cantidad de información sobre el tema, consultar a especialistas e integrantes del sector, he obtenido una serie de conclusiones.

Por un lado, el sistema COSPAS-SARSAT ha llevado a los países a un ahorro económico importante, al reducir el número de efectivos que operan en una operación de salvamento.

Además, debido a que este sistema indica una posición aproximada de las situaciones de emergencia, el tiempo entre la emisión de la señal de emergencia y la organización y despliegue de los dispositivos de salvamento, se ha reducido enormemente.

Por otra parte, el sistema sigue evolucionando y en el proceso, se intenta eliminar sus defectos y mejorar la fiabilidad de detección. Esto se conseguirá, en gran parte, gracias a la incorporación de las balizas de segunda generación, las cuales darán la ubicación con un error de 5 Km después de los 30 primeros segundos de la activación y reduciendo ese error a medida que el tiempo transcurre, hasta llegar a los 100 metros en los 30 minutos de su activación. Además, dispondrán de un enlace de retorno, lo cual permitirá aliviar el miedo de las personas que están en una situación de peligro, eliminando así el pensamiento de que nadie los va a rescatar.

Para finalizar, resaltar que la realización de este trabajo me ha permitido conocer a fondo y apreciar la importancia de una herramienta indispensable para cualquier persona que se encuentra embarcada, por la que todo marino debería preocuparse por conocer su funcionamiento, pudiendo llegar a ser ésta una de las principales herramienta de localización en una hipotética situación extrema.

Anexo A: MCC en España. MCC Maspalomas.

La estación de seguimiento de Maspalomas, también conocida como CEC, gestionada por el INTA, está localizada al sur de la isla de Gran Canaria, en coordenadas 15.43° O longitud y 27.84° N latitud, a unos 100 km de la costa africana. Con una extensión de unas 20 Ha, disfruta de una óptima ubicación geográfica debido a su total radio de visibilidad por encima de 5° de elevación, siendo idónea tanto para la adquisición de datos de satélites de observación de la Tierra como para comunicaciones con satélites geoestacionarios.

Originalmente, esta estación fue construida en 1960 por la NASA para dar servicio al programa Mercurio. Hasta el 1975, año en que fue transferida al INTA, se utilizó en los proyectos Mercurio, Géminis, Apolo, Apolo – Soyuz y Skylab. En los años 80 dio servicio a diversos programas (ESRIN, EURECA) de la Agencia Espacial Europea y no fue hasta 1992 que se incluyó como estación LUT – MCC del sistema COSPAS – SARSAT.

Actualmente, el CEC está perfectamente equipado para suministrar servicios de telemando, teledatada y seguimiento de vehículos espaciales, así como para la monitorización y control, calibración de medida y determinación orbital, procesado de datos e imágenes y soporte a misiones espaciales internacionales. Las actividades del INTA relacionadas con el seguimiento y control de satélites se desarrollan en cinco áreas específicas:

- MER SUR: operaciones de TTC y COSPAS-SARSAT.
- MER CENTRO: En renovación para albergar el centro de control alternativo del Programa Nacional de Observación de la Tierra.
- MER NORTE: operaciones de teledetección, adquisición, grabación, proceso y distribución de datos de observación de la Tierra de otras misiones (NOAA, SEASTAR, LANDSAT, ERS, SPOT).
- Sala de operación del programa.
- Sala de control XTAR-SPAINSAT: Operación del programa de satélites de comunicaciones del Ministerio de Defensa español y Centro de Control de reserva para el satélite SPAINSAT.



Figura 40: Estación MCC en Maspalomas.

Para realizar todas estas actividades, la Estación de Maspalomas cuenta con los siguientes sistemas/subsistemas de comunicaciones:

- Estaciones terrenas TTC.
- Sistemas de enlace ascendente y descendente, determinación de posición, pruebas, frecuencia y tiempo.
- Estaciones VSAT.
- Centros de control.
- Centros de recepción de cargas útiles.
- Estaciones de usuario.
- Redes integradas y de comunicaciones.
- Centros de proceso de datos.
- Sistemas de comunicaciones de recepción y transmisión.
- Sistemas de telecomando y telemetría.
- Estaciones de trabajo y multiprocesadores.
- Estaciones meteorológicas.
- Sistemas de monitorización y control.
- Sistemas robóticos de archivado de productos de observación de la Tierra.
- Sistemas de transmisión de datos.

- Cadenas de recepción y demodulación.
- Sistemas de grabación en tiempo real.
- Líneas de procesado.

Gracias al completo equipamiento anteriormente descrito, Maspalomas está acreditada como MCC español del Sistema COSPAS- SARSAT actuando, a su vez, como uno de los centros nodales del sistema. Por tanto, además de dar cobertura a los Puntos de Contacto SAR españoles, también proporciona la información de alerta necesaria a Benín, Camerún, Cabo Verde, África Central, República del Congo, Costa de Marfil, Guinea Ecuatorial, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea – Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Sierra Leona y Togo.

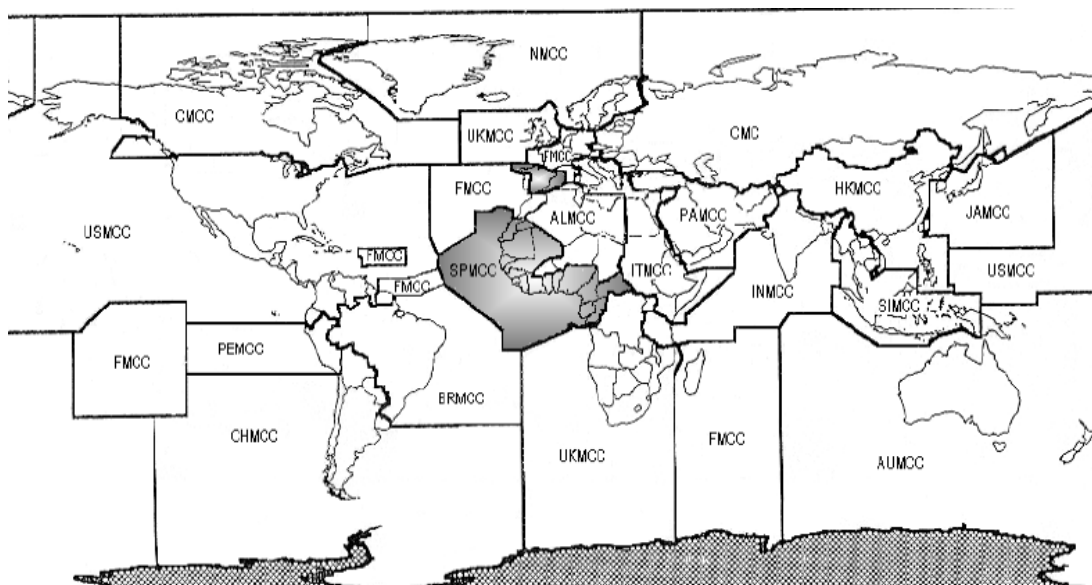


Figura 41: Cobertura de la Estación MCC de Maspalomas.

Anexo B: Registro de Radiobalizas.

Nos dirigimos a la empresa “Navtec Radioelectrónica Naval”, situada en la dársena pesquera de S/C de Tenerife, para recibir información sobre el procedimiento tanto para el registro como para la revisión de Radiobalizas.

En esta empresa, se utilizan los programadores de cada casa de radiobaliza, un dispositivo comprobador/programador, el cual dispone de varias conexiones, de forma que puede operar prácticamente con todos los fabricantes de radiobalizas existentes.



Figura 42: Dispositivo programador/ comprobador.

A. Comprobación de las Radiobalizas

Existen dos tipos de comprobación:

1. Quando es la primera comprobación de la radiobaliza: Nos dirigimos al software del fabricante de la radiobaliza y seleccionamos el comando de Test.

Una vez seleccionado y con el dispositivo comprobador/programador conectado al ordenador, presionamos el botón “test” localizado en la propia baliza, generando un impulso de 1 W de potencia, el cual es captado por el dispositivo, de manera que verificamos que los datos que tiene que enviar son correctos.

Una vez finalizado la comprobación, se envían los datos del correcto funcionamiento de la baliza a Capitanía Marítima, para que quede constancia.

2. Quando se realiza el cambio de baterías: En este caso también se realiza el disparo test, de la manera explicada anteriormente.

Luego, se conectan dos cables a los conectores hidrostáticos que posee la radiobaliza y se introduce en una jaula de Faraday, la cual está conectada a un analizador de espectro. Acto seguido, abrimos el software del analizador de espectro, y conectamos entre sí, los cables de la baliza, produciendo que la baliza se active, obteniendo la gráfica de la señal emitida por la radiobaliza.

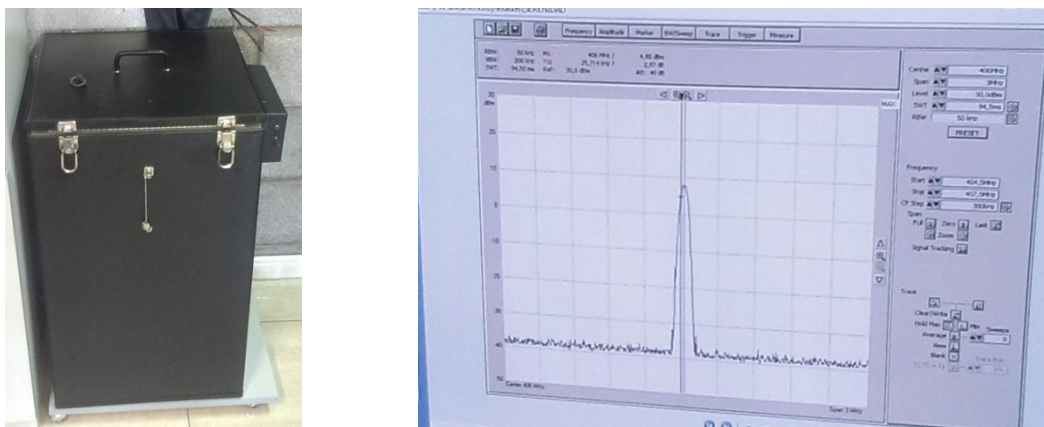


Figura 43: Jaula de Faraday y grafica obtenida del analizador de espectro.

Cabe destacar que la normativa vigente en España obliga a realizar la comprobación del funcionamiento de las radiobalizas cada 4 años.

B. Programación de una Radiobaliza.

Todas las radiobalizas vienen programadas con el número de serie y con bandera estadounidense o inglesa, normalmente estadounidense.

En el caso de España, las radiobalizas, se tienen que reprogramar con el MMSI que te suministra Capitanía Marítima. Además de introducir obligatoriamente el MMSI, se puede introducir otra información, como los datos del cliente, nombre del barco, etc...

Para poder programar las radiobalizas, se utiliza el software correspondiente al fabricante de la radiobaliza. Una vez introducido los datos, conectamos el dispositivo programador a la radiobaliza con los distintos conectores que posee y realizamos el test en la radiobaliza, produciéndose la reprogramación de la misma.

Anexo C: Funcionamiento de un CCS.

Nos dirigimos al CCS de S/C de Tenerife para escuchar por medio de Juan José Barroso Jiménez, la explicación acerca del procedimiento SAR.

El procedimiento operativo seguido por la empresa encargada de realizar las operaciones de búsqueda y rescate, en este caso Salvamento Marítimo, se divide en dos partes diferenciadas. La primera parte englobaría todo lo referente a la gestión de la información de la llamada de socorro, mientras que la segunda gestionaría todo lo referente al procedimiento que siguen los medios disponibles para atender dicha llamada.

A. Distribución de la información una vez recibida la alerta SAR

En este punto vemos el camino que sigue una llamada de socorro, una vez la LUT de Maspalomas la ha recibido, ya sea mediante avistamiento directo del satélite o porque otra LUT le haya reportado el radio aviso. El proceso, a grandes rasgos, es el siguiente:

1. Maspalomas procesa y extrae toda la información disponible de la radiobaliza que ha emitido el aviso.
2. Acto seguido, toda esta información es enviada al CNCS en Madrid. El CNCS se encarga de abrir una "incidencia" en la carpeta correspondiente de la intranet de la red que conecta todos los centros, donde se incluye toda la información obtenida.
3. El CNCS envía, mediante fax, la información al CCS correspondiente.
4. A partir de aquí, el CCS correspondiente evaluará la situación según cada caso pero siempre siguiendo unas directrices a las que podríamos llamar "Plan General de Procedimiento ante una alerta SAR".

B. Plan general de procedimiento ante una alerta SAR.

Cada torre de control, una vez recibe el fax donde se le comunica la existencia y la información referente a una llamada de socorro proveniente de una radiobaliza, pone en marcha una serie de acciones para poder atender correctamente dicha llamada.

En primer lugar, el CCS correspondiente se encarga de realizar un acuse de recibo de la llamada, mediante la actualización del documento de la intranet que incluye la incidencia antes mencionada.

Después, se evalúa la situación de la llamada dándole prioridad a la localización de ésta. En función de la posición de la radiobaliza, se seguirá uno u otro procedimiento:

- Radiobaliza en alta mar: en el momento que se constata la localización de la baliza en cualquier punto del océano, fuera del contacto inminente con zonas habitadas o edificadas, se procede a evaluar que dispositivos son los más indicados para atender la llamada y se da la orden de ponerlos en marcha;
- Radiobaliza en puerto: en caso de que las coordenadas de la radiobaliza se sitúen en cualquier puerto o infraestructura náutica, se procede a evaluar que dispositivos son los más indicados para atender la llamada dándose la orden de estar preparados pero a la espera. Paralelamente, se establece contacto con el puerto afectado para que realicen las comprobaciones pertinentes previo envío de los dispositivos por parte del CCS, dado que en la mayor parte de los casos se trata de falsas alarmas;
- Radiobaliza en tierra: en este tipo de situaciones, lo primero que se hace es intentar contactar con el propietario del aparato. Normalmente, no se moviliza ningún dispositivo de carácter humano (en ningún caso marítimo o aéreo) hasta que se ha comprobado con el usuario la posible naturaleza de la llamada. En la mayor parte de los casos, se deben a activaciones involuntarias derivadas de posibles robos o desecho de los dispositivos de forma incorrecta.

Una vez se ha decidido que dispositivos deben activarse para realizar las tareas SAR, es el CCS al que se ha derivado la llamada de socorro el encargado de supervisar y tomar las decisiones relacionadas con dichas operaciones. En contadas ocasiones, se asigna a un dispositivo de salvamento como OSC, de forma que tome el control del resto de dispositivos en el lugar de la alerta. Aun así, el OSC seguirá bajo el control del CCS.



Figura 44: Zona de trabajo en un CSS de S/C de Tenerife.

Glosario.

AGC	Control automático de potencia.
ALC	Control automático de nivel.
CEC	Centro Espacial de Canarias.
CNCS	Centro Nacional de Coordinación de Salvamento Marítimo.
COSPAS	COsmicheskaya Systyema Poiska Aariynyich Sudov (sistema espacial para la búsqueda de buques en peligro).
CREPAD	Centro de Recepción, proceso, Archivo y Distribución de Imágenes de Observación de la Tierra.
DASS	Sistema de satélites para los mensajes de emergencia.
DCPR	Plataforma repetidora de recopilación de datos.
DDRs	Regiones de Distribución de Información.
DGMM	Dirección General de la Marina Mercante.
DRT	Transponedor de datos.
DRU	Unidad Recuperadora de Datos.
ELT	Transmisores de localización de emergencia.
EPIRB	Radiobalizas que indican la posición de emergencia.
ESRIN	Centro de la ESA para la Observación de la Tierra.
EUMETSAT	Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos.
FLAM	Mensaje de alerta de enlace ascendente
FOA	Frecuencia de llegada.

GALILEO	Sistema Global de Navegación por Satélite desarrollado por la UE.
GEO	Órbita Geoestacionaria a la Tierra.
GEOLUT	Estación receptora de tierra del Sistema GEOSAR.
GEOSAR	Búsqueda y Rescate mediante satélites de Órbita geoestacionaria.
GLONASS	Sistema Global de Navegación por Satélite desarrollado por Rusia.
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
GSARP	Procesador de tierra de Búsqueda y Rescate.
HK	House-Keeping.
ICAO	Organización Internacional de Aviación Civil.
ICSPA	Acuerdo del Programa Internacional COSPAS- SARSAT
IMO	Organización Marítima Internacional.
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.
LEO	Órbita de baja altura.
LEOLUT	Estación receptora de tierra del Sistema LEOSAR.
LEOSAR	Búsqueda y Rescate mediante satélites de Órbita de Baja Altura.
LUT	Terminal Local de Usuario.
MCC	Centro de Control de Misión.
MEOLUT	Estación receptora de tierra del Sistema MEOSAR.

MEOSAR	Búsqueda y Rescate mediante satélites de Órbita de Media altura.
MER	Habitación de equipamiento principal.
METOP	Programa Europeo para la Operación de satélites Meteorológicos.
MMSI	Identificación de Servicio Móvil Marítimo.
MOU	Memorándum de entendimiento.
NASA	Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.
NOAA	Administración Nacional Oceánica y atmosférica de los Estados Unidos de América.
OSC	Coordinador en la Escena.
PDS	Procesamiento de datos.
PLB	balizas de localización personal.
PTC	Unidad de alimentación, telemetría y comando.
RCC	Centro de Coordinación de Rescate.
RLM	Mensajes Enlace de Retorno.
RLS	Radiobalizas.
RLSP	Proveedor de Interfaz de Servicio de enlace de Retorno.
SAR	Búsqueda y Rescate.
SARP	Procesador SAR.
SARR	Repetidor SAR.
SARSAT	Search And Rescue Satellite Aided Tracking.
SMSSM	Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos.

SPAINSAT	Satélite de comunicaciones español.
SPI	Servicio de Enlace de Retorno.
SPOC	Puntos SAR de contacto.
SPOT	Satélite Para la Observación de la Tierra.
TBD	A Ser Determinado.
TTC	Estaciones terrenas de telemedida, telemando y seguimiento.
UE	Unión Europea.
VSAT	Vía Satélite.

Bibliografía.

A. Bibliografía.

- Revista "Inside GNSS". Volumen 9. Nº6 de noviembre-diciembre 2014. Páginas 57-67. "MEOSAR. New GNSS Role in Search & Rescue".
- Melián Martínez, Emilia. Principios de funcionamiento del Sistema Cospas – Sarsat, activación y respuesta. INTA (SPMCC – Canarias)

B. Referencias Web.

- http://www.nasa.gov/centers/goddard/pdf/105930main_cospas.pdf
- http://searchandrescue.gsfc.nasa.gov/cospas_sarsat/history.html
- <https://www.cospas-sarsat.int/en/documents-pro/system-documents>
- https://en.wikipedia.org/wiki/International_Cospas-Sarsat_Programme
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Usuario:Italcala/Radiobalizas>
- http://spcom.upc.edu/documents/pau_ursi2003.pdf
- Mid-Earth Orbiting Search and Rescue (MEOSAR). Transition to Operations. RCC Controller Conference. February 2010.
- http://www.fach.cl/sar/cospas_sarsat.htm
- <http://www.icao.int/Meetings/GTM/Documents/COSPAS-SARSAT.pdf>
- http://www.inac.gob.ve/template3.php?subs_id=63&secc_id=2
- http://www.equipped.org/cospas-sarsat_overview.htm
- <http://www.gsa.europa.eu/galileo/programme>
- <http://www.inta.es/doc/grandesinstalaciones/centroespacialcanarias/maspalomas.pdf>