

EL PROYECTO ANTENA RADAR DE APERTURA SINTETICA EN CNEA

Martín Ghiselli, A., Lorenzo, A., Belinco, N., Quiroz, H., Terlisky, S., Hazarabedian, A., Forlerer, E., Garonis, H., Dhers, H., Di Pasquale, G, Sacchi, M., Belinco, C.

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)
Av. Gral. Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

A partir de un contrato de cooperación firmado entre la CNEA y la CONAE, la primera asumió la responsabilidad de proveer la estructura, los mecanismos de despliegue y los módulos radiantes de la antena del Instrumento Radar de Apertura Sintética (SAR) para los satélites del Proyecto SAOCOM. Este trabajo presenta una descripción de la Antena SAR diseñada por CNEA para el Proyecto SAOCOM y de los procesos desarrollados en CNEA para la fabricación, integración y ensayo de sus componentes.

SUMMARY

Under a cooperation contract between CNEA and CONAE, the first institution takes the responsibility to supply the structure, deployment mechanisms and radiant modules of the SAOCOM Project satellite's antennas for the Synthetic Aperture Radar Instrument (SAR). The paper presents a description of the SAR Antenna designed by CNEA for the SAOCOM Project and the processes developed at CNEA to carry out the manufacture, integration and test of the components.

1.- INTRODUCCIÓN

El Proyecto SAOCOM de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), comprende la puesta en órbita de dos satélites destinados a la observación de la Tierra cuyos principales objetivos son la medición de la humedad del suelo y aplicaciones en emergencias, tales como detección de derrames de hidrocarburos en el mar y seguimiento de la cobertura de agua durante inundaciones.

La realización de estas mediciones se realiza a partir de imágenes obtenidas por un Radar de Apertura Sintética (SAR) que es un instrumento activo que trabaja en el rango de las microondas y que puede proveer información en forma independiente de las condiciones meteorológicas y de la hora del día.

Como parte de los convenios de cooperación entre instituciones del Estado Nacional y a partir del contrato firmado en el marco de la Ley N° 23.877 de Innovación Tecnológica, entre la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la CONAE, la primera asumió la responsabilidad de proveer la estructura, los mecanismos de despliegue y los módulos radiantes de la antena del Instrumento SAR para los satélites del Proyecto SAOCOM. Esta responsabilidad comprende desde la ingeniería conceptual de la antena hasta la integración de la misma al satélite y la posterior asistencia a CONAE durante las campañas de ensayo y lanzamiento, pasando por las etapas de ingeniería básica y de detalle, el desarrollo y calificación de los métodos de fabricación empleando nuevos materiales, e incluyendo el desarrollo de los equipos y herramienta necesario para las tareas de integración y ensayo.

2.- REQUERIMIENTOS

En los años en que se ha llevado a cabo la fase de desarrollo de este proyecto, CNEA conjuntamente con CONAE, consolidaron los principales requerimientos que debe cumplir el diseño mecánico de la Antena SAR, los que se pueden resumir en los siguientes párrafos:

- La Antena SAR debe presentar una configuración estructural que incluya un panel central fijo a la Plataforma de Servicio del satélite y dos conjuntos simétricos de tres paneles plegados. El conjunto en configuración plegada debe poder incluirse en un cilindro de un diámetro máximo de 3 metros.
- La Antena SAR debe sobrevivir al menos 5 años después del lanzamiento, en el medioambiente de la órbita terrestre, cumpliendo con la funcionalidad especificada.
- La masa total de la Antena SAR no debe superar los 1460 kg, incluyendo la totalidad de su estructura, los componentes electrónicos y los mecanismos de despliegue instalados en la misma.
- La primera frecuencia natural de vibración de la antena desplegada debe ser mayor a 2 Hz.
- La primera frecuencia natural de vibración de la antena plegada en dirección axial (la del lanzamiento) debe ser mayor a 44 Hz, mientras que en las direcciones laterales debe superar los 22 Hz.
- La superficie radiante de la antena desplegada será de aproximadamente 35 m² con casi 3,5 m de altura y 10 m de longitud.
- La estructura de la antena y sus componentes deben diseñarse para soportar, sin degradación de sus funciones y características, las cargas cuasiestáticas producidas por aceleraciones de aproximadamente 6 g que se producen durante el lanzamiento.
- Cada panel de la antena contiene 20 Módulos Radiantes que son los componentes encargados de emitir y recibir las señales de radiofrecuencia del instrumento. El tamaño de estos módulos es de aproximadamente 167 mm de ancho y 1400 mm de longitud.
- Las deformaciones de la antena en el espacio deben ser tales que, respecto de una superficie de referencia completamente plana y entre dos puntos cualesquiera de la antena, debe presentar un valor máximo de 0,024 m.

3.- DISEÑO DE LA ANTENA

Para cumplir con los requerimientos establecidos, se diseñó una estructura desplegable formada por 7 paneles con el panel central fijo a la estructura del satélite y con los conjuntos desplegables en ambos lados del mismo y plegados en forma espiral, por lo que las dimensiones de los distintos paneles son diferentes a fin de permitir esta estrategia de plegado. Si se considera una estrategia de despliegue simultáneo la misma sería como se presenta en la Figura 1.

El subsistema del Instrumento denominado Antena SAR está formado por 5 componentes principales:

- Los Módulos Radiantes que, en un total de 140, se encuentran montados sobre los paneles estructurales de la antena y cuya fabricación y diseño mecánico realiza

CNEA (CONAE realiza el diseño de este componente para que cumpla con las características electromagnéticas requeridas).

- La estructura de la antena formada por los 7 paneles y la estructura que la vincula a la Plataforma de Servicio del satélite y los mecanismos de despliegue que la mantienen en configuración plegada durante el lanzamiento y permiten el despliegue de los paneles en órbita, todos componentes bajo responsabilidad de CNEA.
- La electrónica distribuida en los paneles del instrumento SAR y la electrónica que controla el despliegue de los paneles, cuyo desarrollo y fabricación realiza CONAE.
- El conjunto de cableado de radiofrecuencia, potencia y datos distribuido en los paneles y que realiza CONAE.
- El componente de control térmico, diseñado por CONAE y formado por blindajes térmicos, pinturas, termopares, radiadores y calefactores.

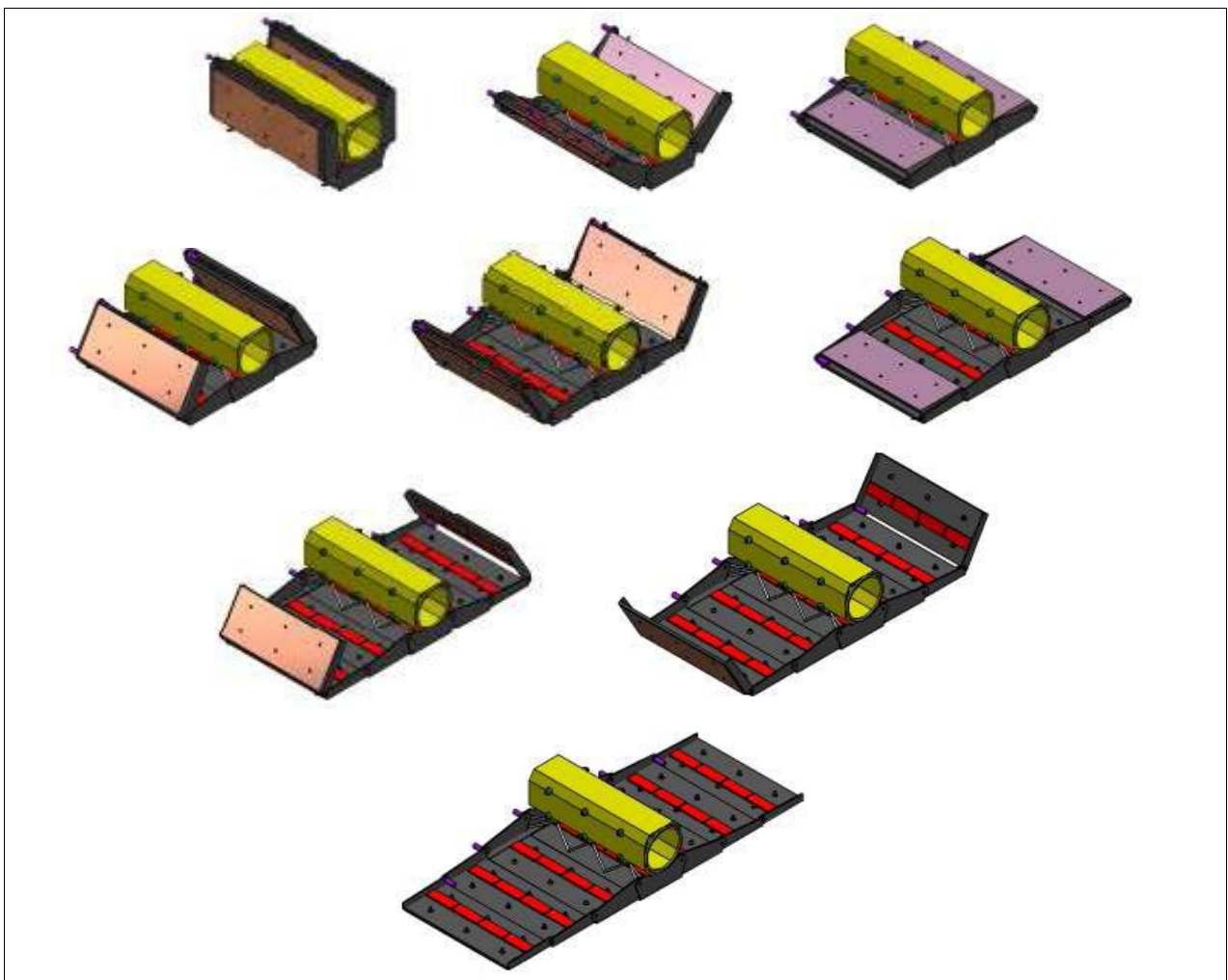


Figura 1. Secuencia de despliegue de la Antena SAR.

Las principales dimensiones de la antena plegada son de aproximadamente 4250 mm en el eje axial y de aproximadamente 2400 y 2055 mm en los ejes transversales. Cada conjunto de paneles plegados tiene un espesor máximo de más de 600 mm medidos sobre las vigas que forman los laterales de los paneles. La Figura 2 presenta las vistas superior y frontal de la antena en esta configuración.

En configuración desplegada las principales dimensiones son de casi 10 m de largo y 4 m de altura, mientras que la distancia desde el plano de la superficie radiante al plano de vinculación con la Plataforma de Servicio del satélite es de aproximadamente 600 mm. La Figura 3 muestra el satélite en configuración de vuelo con la Antena SAR y los paneles solares desplegados, debiéndose señalar que la integración de las celdas fotovoltaicas en estos últimos también fue realizada por la CNEA.

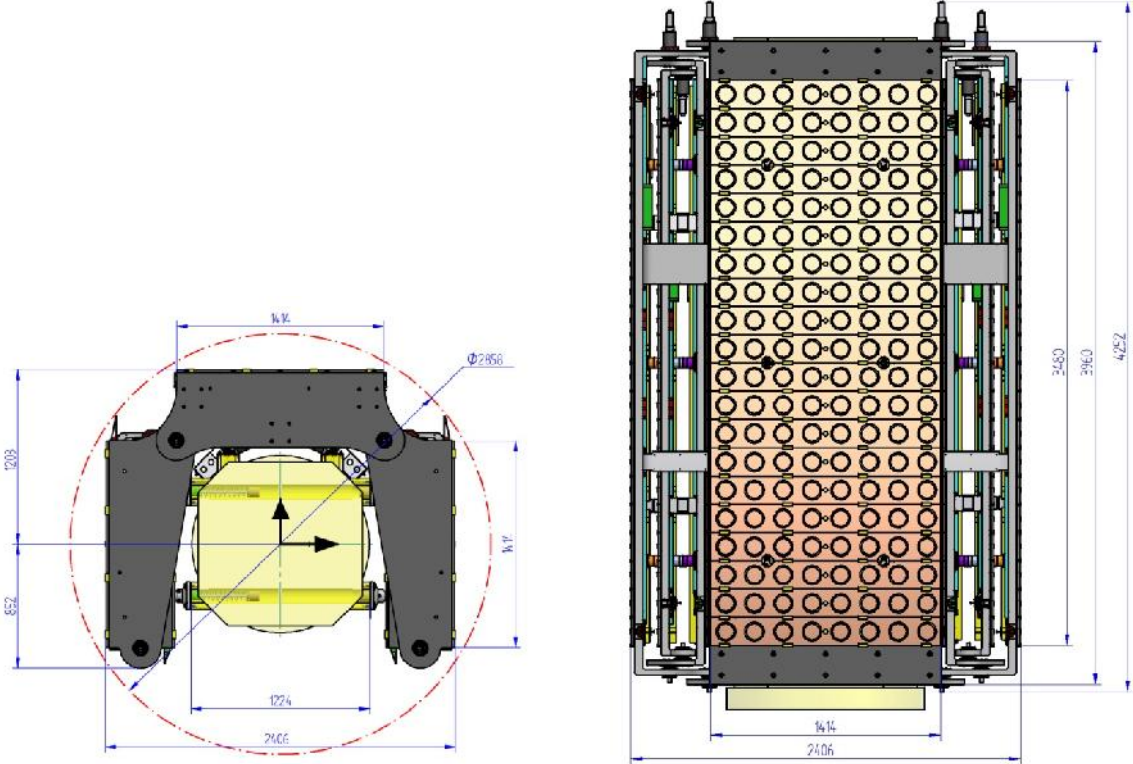


Figura 2. Vistas superior y frontal de la Antena SAR plegada.

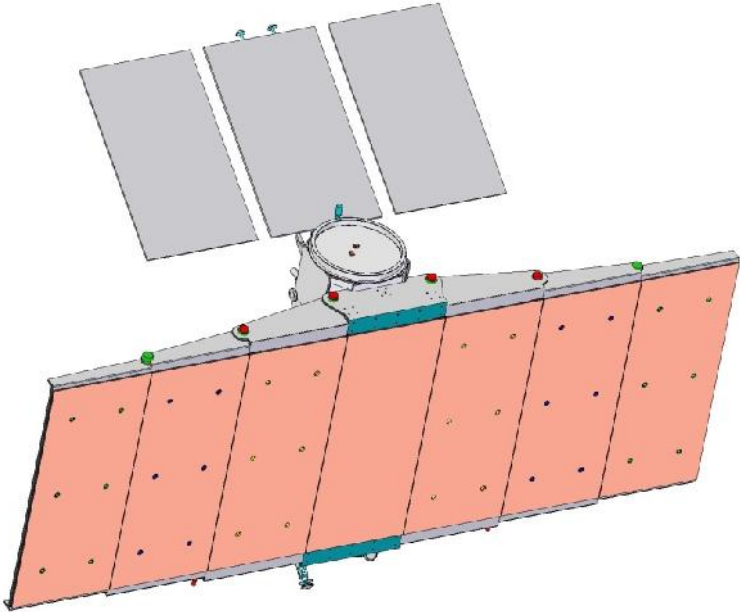


Figura 3. Satélite SAOCOM en configuración de vuelo.

3.1.- Estructura

Los paneles estructurales de la antena están formados por los denominados Paneles Base, que soportan parte de los mecanismos, los Módulos Radiantes y todo el conjunto de electrónica se instala en la antena; y las Vigas Laterales, ubicadas en ambos extremos de los primeros y que tienen como función darle al conjunto desplegado la rigidez requerida y también dar soporte a parte de los mecanismos de despliegue.

Ambos elementos estructurales se fabrican como paneles de estructura sándwich con un núcleo de panal de abeja de aluminio y pieles realizadas con un laminado de cianatoéster y fibra de carbono de alto módulo (CFRP). Estos elementos se pegan empleando refuerzos de CFRP para formar una única estructura de alta rigidez como se muestra en el esquema de la Figura 4. El diseño y procesos de fabricación de estos paneles siguen los lineamientos de la normativa de la Agencia Espacial Europea (ESA).

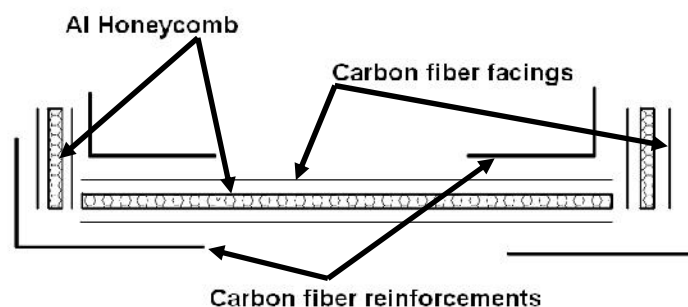


Figura 4. Fabricación de los paneles estructurales.

Los paneles luego son mecanizados, empleando una fresadora CNC, para poder instalar insertos metálicos mediante adhesivos, que permiten la fijación de cajas de electrónica, mecanismos y otros componentes sobre los mismos.

Por otra parte, la Estructura de Interfaz que vincula el panel central con la Plataforma de Servicio del satélite, está formada por un reticulado de tubos laminados de CFRP con extremos rotulados fabricados en aleación de aluminio y pegados a los tubos, que impiden la transmisión de esfuerzos de flexión originados en cambios de temperatura entre ambos componentes principales del satélite. La vinculación de los tubos a las estructuras principales se realiza empleando herrajes fabricados en aleación de Titanio. Un esquema general de esta estructura se presenta en la Figura 5.

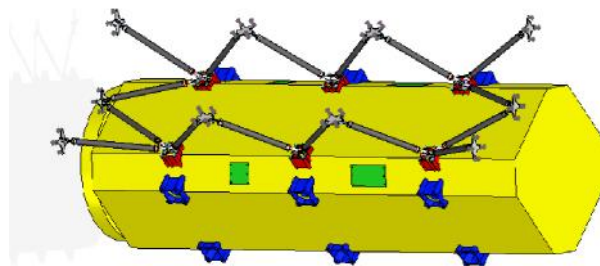


Figura 5. Esquema de la Estructura de Interfaz.

3.2.- Mecanismos de Despliegue

En la configuración de lanzamiento, cada conjunto de paneles plegados se encuentra unido a 6 puntos de la estructura primaria de la Plataforma de Servicio mediante los denominados Mecanismos de Retención-Liberación. Esos puntos de vinculación y de transferencia de cargas entre ambas estructuras se muestran también en la Figura 5.

Los Mecanismos de Retención-Liberación cumplen la función de mantener la posición de los paneles plegados, evitar golpes entre los mismos y transferir las cargas a la estructura de la Plataforma de Servicio durante el lanzamiento. Luego, con el satélite en órbita, el accionamiento de estos mecanismos permite liberar los paneles para ejecutar la maniobra de despliegue.

Estos mecanismos, cuyo esquema se presenta en la Figura 6, están formados por un conjunto de piezas tubulares ubicadas en cada panel y sobre la Plataforma de Servicio, con secciones de unión de tipo copa y cono que transmiten las cargas y momentos flectores. La unión de las piezas se mantiene y permite la transmisión de cargas, mediante una barra precargada que se ubica en el interior de la sección tubular. En el extremo externo de la barra se ubica un dispositivo que soporta la precarga de la barra y cuando es accionado la libera, permitiendo la retracción de la misma mediante un juego de resortes y asegura así la posibilidad de desplegar los paneles.

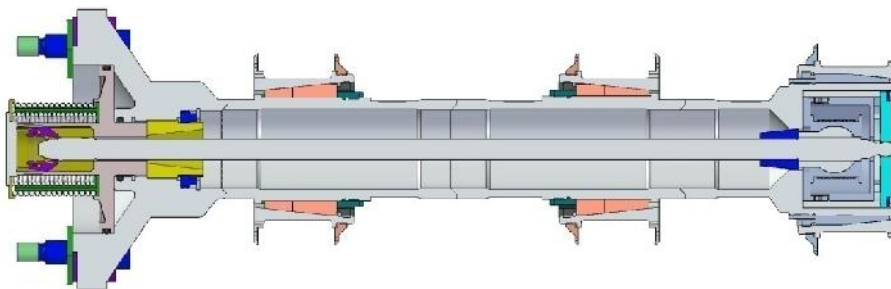


Figura 6. Esquema del Mecanismo de Retención-Liberación.

Todas las secciones de tubo, los insertos que las vinculan a los paneles y la barra de precarga están fabricadas en aleación de titanio, mientras que el conjunto de resortes es de acero inoxidable. El dispositivo de separación se muestra en la Figura 7 y es una tuerca de separación electromecánica de la firma NEA Electronics Inc. (EE.UU.) con una capacidad de carga de hasta 148 KN.

Para realizar la operación de precarga, el mecanismo tiene dentro de la pieza ubicada sobre la Plataforma de Servicio, un pistón neumático vinculado al que se aplica presión mediante nitrógeno. Una vez aplicada la carga, la misma es mantenida mediante una tuerca que se ajusta sobre la barra.

Una vez que los paneles se han liberado en órbita, el despliegue se realiza mediante actuadores rotacionales vinculados a Mecanismos de Bisagra ubicados en las vigas laterales de paneles adyacentes.

Se emplean para el despliegue 6 actuadores rotacionales, uno por cada etapa de despliegue. Estos actuadores deben proporcionar el par necesario para vencer la inercia del conjunto y la resistencia producida por la fricción en los mecanismos de bisagra, de traba y por los cables que pasan entre paneles. Para cumplir esta función

se seleccionaron motoredutores paso a paso de corriente continua que tienen una capacidad de aproximadamente 100 Nm en las condiciones de operación previstas para el despliegue. Estos actuadores, que se muestran en la Figura 8, son provistos por la empresa CDA Intercorp (EE.UU.).



Figura 7. Dispositivo de liberación.



Figura 8. Actuadores rotacionales.

Los actuadores de despliegue están vinculados a los Mecanismos de Bisagra mediante un acople elástico que permite absorber posibles desalineamientos entre ambos conjuntos, el cual está formado por dos piezas de aluminio de alta resistencia separadas por un elastómero apto para uso espacial (Hytrel®).

Los Mecanismos de Bisagra permiten el despliegue de los paneles manteniendo la posición relativa de los mismos y soportan a los actuadores rotacionales. El diseño emplea un rodamiento esférico autolubricado (PTFE) y de bajo juego, apto para uso espacial suministrado por Ampep Ltd. (RU). Las piezas de estos mecanismos están fabricadas en aleación de Titanio, exceptuando los insertos que permiten la vinculación del mecanismo en los paneles, que están fabricados en INVAR 36® (aleación de Fe-Ni con bajo coeficiente de expansión térmica) para mantener la posición relativa entre paneles frente a cambios de temperatura.

La Figura 9 muestra una vista y un corte de uno de los Mecanismos de Bisagra que soportan los actuadores de despliegue, en donde también se puede ver el acople elástico que los vincula. Las únicas diferencias que presentan los Mecanismos de Bisagra sin actuador son, que los mismos permiten el desplazamiento axial para compensar diferencias de fabricación o integración y que poseen un potenciómetro de uso espacial que indica la posición angular de los paneles en el despliegue (Betatronix LLC, EE.UU.).

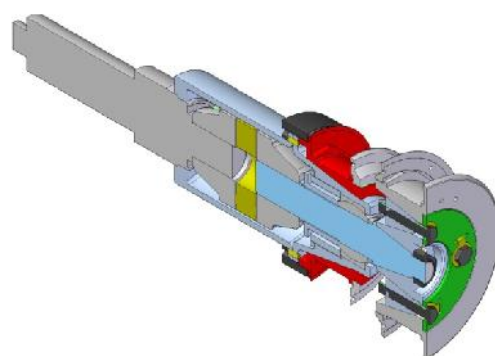


Figura 9. Vista frontal y corte esquemático del Mecanismo de Bisagra.

La maniobra de despliegue de los paneles se completa con el accionamiento de los Mecanismos de Traba ubicados entre cada par de paneles adyacentes. Estos mecanismos fijan la posición relativa de los paneles y permiten que el conjunto de paneles desplegados alcance la rigidez requerida.

La Figura 10 presenta una vista y un esquema de estos mecanismos que están formados por una pieza denominada Base que se encuentra en el panel fijo y una pieza denominada Trinquete que se ubica en el panel móvil que se está desplegando. La traba del mecanismo se produce cuando una placa denominada Perno ubicada en la Base del mecanismo, cae dentro de la garganta que tiene el Trinquete al deslizarse éste último dentro de la Base. Para evitar distorsiones en la posición relativa de los paneles frente a cambios de temperatura, las piezas de estos mecanismos también están fabricadas en INVAR 36®.

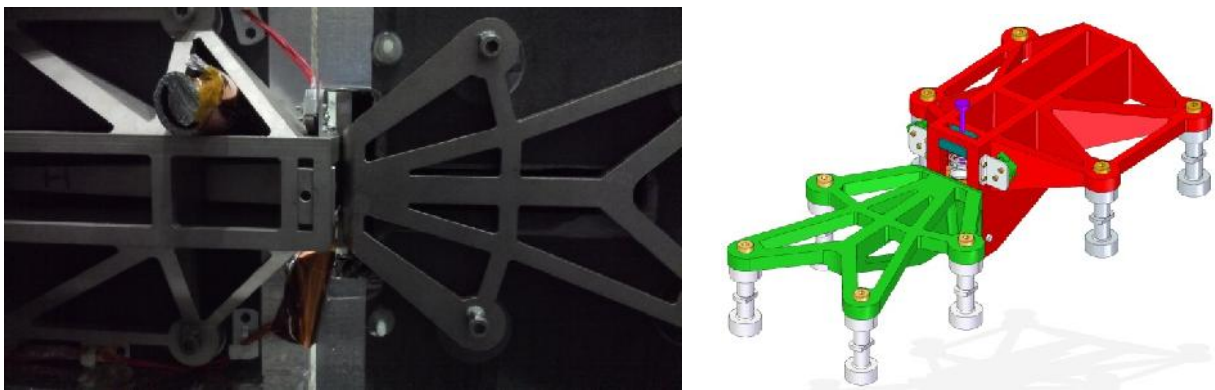


Figura 10. Imagen y vista esquemática del Mecanismo de Traba.

Para reducir el torque resistivo que generan los mazos de cables que pasan de un panel a otro de la antena, se diseñaron soportes especiales, fabricados en aleación de aluminio, que guían los conjuntos de cables durante el despliegue. La Figura 11 muestra un ejemplo de estos dispositivos, que presentan distintas formas y dimensiones según sea el par de paneles sobre los que deben trabajar.

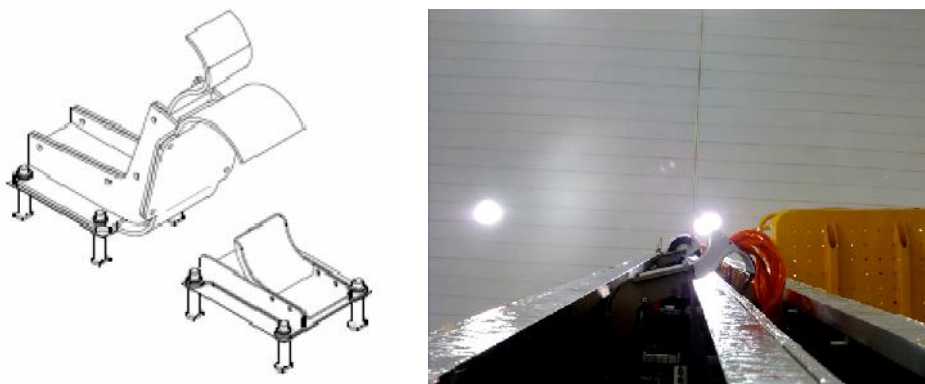


Figura 11. Esquema y vista de un soporte guía de cables.

3.3.- Módulos Radiantes

Los Módulos Radiantes que se fabrican en CNEA están formados por un apilamiento de capas de de circuito impreso flexible (fibra de vidrio tipo E con un depósito de cobre electrolítico) intercaladas con una espuma dieléctrica. Las dimensiones del arreglo y la geometría que se le da a los circuitos impresos es lo que le confiere al conjunto las propiedades electromagnéticas requeridas. Las distintas capas no están pegadas entre sí, sino unidas a través de un conjunto de pines de cobre y para el soporte se les agrega unas guías laterales de fibra de vidrio que otorgan la rigidez necesaria al conjunto. Estos Módulos Radiantes se cubren además con una pintura blanca que actúa como parte del sistema de control térmico de la antena.

El soporte de los Módulos Radiantes a los paneles se hace mediante un conjunto de piezas de soporte fabricadas en aleación de aluminio que los fijan desde el centro geométrico y desde los laterales. La Figura 12 muestra un Módulo Radiante armado, antes del proceso de pintado y un esquema de la ubicación y características de los soportes que los fijan a los paneles.

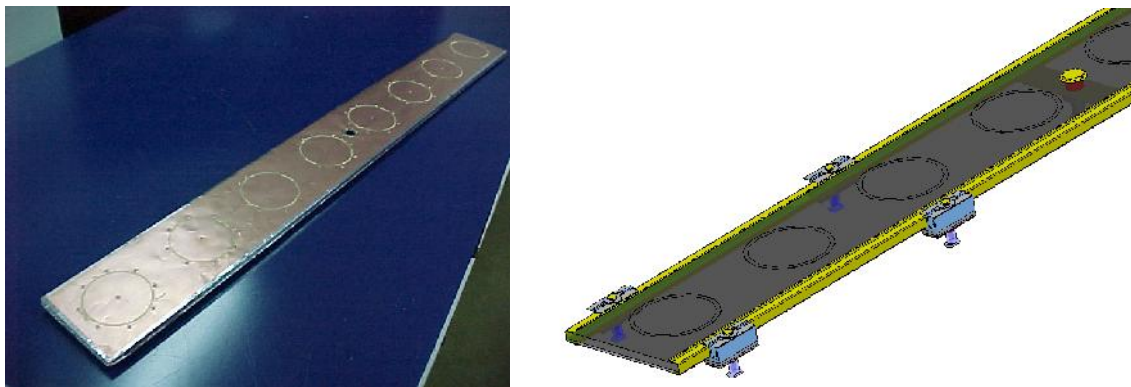


Figura 12. Imagen de un Módulo Radiante y esquema de los soportes del mismo.

4.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN CNEA

Para encarar este desafío de diseñar, fabricar y ensayar un sistema que tiene casi 35 m² de superficie radiante, aproximadamente 1400 kg de masa y que emplea materiales de nueva tecnología, se formó en CNEA un grupo interdisciplinario de personal con el aporte de distintos Departamentos, Gerencias y Gerencias de Área que se encuentran en el Centro Atómico Constituyentes, en el que a la fecha colaboran aproximadamente 70 personas.

Desde el inicio de las actividades, estas fueron realizadas bajo un sistema de gestión de la calidad implementado para el Proyecto y acorde a los requerimientos de CONAE, que se basan en normas de las agencias espaciales NASA y ESA. Posteriormente se decidió complementar el mismo sistema de gestión con el cumplimiento de los estándares internacionales de la norma ISO 9001.2008, y en la actualidad se está trabajando en la adaptación del sistema de gestión a los nuevos requisitos de la norma ISO 9001 emitida en septiembre del 2015.

En los años que lleva adelante este proyecto en CNEA, se completaron las fases de desarrollo y calificación que comprendieron diversas tareas que abarcan la ingeniería

básica y de detalle de todos los conjuntos y partes, el desarrollo y calificación de los procesos de fabricación y la realización de los ensayos sobre los modelos de calificación, también fabricados e integrados en CNEA, debiéndose compatibilizar todo esto con el desarrollo de otros componentes de la antena que se encuentran a cargo de CONAE como es el caso del cableado, control térmico y la electrónica del instrumento.

El desarrollo del proyecto en sus distintas fases incluyó un programa de auditorías internas periódicas realizadas por CNEA y distintas auditorías externas realizadas por CONAE. Además, la planificación del Proyecto SAOCOM definida por CONAE incluye la participación de este proyecto de la Antena SAR en CNEA, en las distintas etapas de revisión como las PDR (Preliminar) y CDR (Crítica) con comités de revisión integrados por expertos de NASA, ESA y agencias espaciales de otros países.

Después de concluida la etapa de desarrollo de los procesos de manufactura, actualmente se cuenta con instalaciones para la fabricación de los componentes estructurales de la antena y la integración de los paneles, para la fabricación de los Módulos Radiantes (cabina de pintura y procesos de soldadura calificados según normas ESA) y para la realización de distintos tratamientos sobre las superficies de piezas de sujeción de componentes y mecanismos de despliegue para que cumplan distintas funciones como conducción eléctrica, lubricación, barrera difusiva, anti-corrosión, rugosidad para pegado estructural, etc. También se cuenta con la capacidad y equipamiento necesario para realizar ensayos de calificación de componentes y todos los ensayos asociados al control de los productos a lo largo del proceso de fabricación, que van desde el control de los materiales hasta el del panel terminado.

Para el desarrollo y verificación de la ingeniería de los distintos componentes de la antena, se trabaja empleando software de diseño 3D con capacidad CAD-CAM, de simulación dinámica y de simulación por el método de elementos finitos (Figura 12).

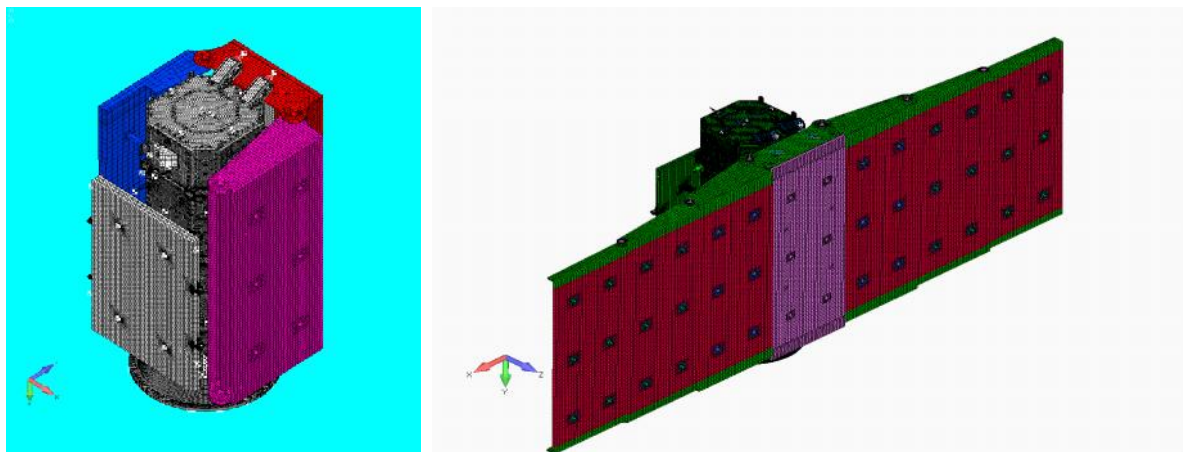


Figura 12. Modelos de verificación de diseño por elementos finitos.

Para el proceso de polimerizado del preimpregnado de fibra de carbono que se emplea en la fabricación de los componentes estructurales se cuenta con una sala para la preparación de los laminados y con una autoclave que permite el curado de paneles de hasta 5 metros de longitud y 1,6 m de ancho que se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Elaboración de laminados de fibra de carbono y autoclave para el proceso de polimerización.

El mecanizado de los paneles sándwich fabricados para alcanzar las dimensiones finales y realizar los agujeros para la instalación de los insertos metálicos se realiza empleando una fresadora configurada especialmente para esta tarea, mientras que el para el mecanizado de insertos metálicos y partes de los mecanismos de despliegue se cuenta con equipos CNC convencionales. Ejemplos de este equipamiento se presentan en la Figura 14.



Figura 14. Izquierda: Fresadora para el mecanizado de paneles. Derecha: Equipo CNC para la fabricación de piezas metálicas.

Las tareas de integración y acondicionamiento para el transporte (Figura 15) se realizan en una sala limpia Clase 100 000 (ISO 8). Además del diseño y fabricación del equipamiento necesario para las tareas de integración y ensayo, se diseñaron y fabricaron contenedores para el transporte de los paneles que pueden emplearse con atmósfera inerte y aseguran que los mismos no sean sometidos a aceleraciones que puedan afectar sus características.



Figura 15. Equipos soporte para la integración de paneles y contenedor de transporte.

En este área de trabajos, denominada Equipos Mecánicos de Soporte en Tierra (MGSE), una de las tareas de desarrollo más destacables fue el diseño, fabricación y calificación de un conjunto de dispositivos, denominados 0G, que permiten simular las condiciones de falta de gravedad que tendrán los paneles de la antena durante las maniobras de despliegue en órbita, a fin de realizar en Tierra los ensayos de despliegue y asistir las tareas de integración.

Estos dispositivos, que se presentan en la Figura 16, adoptaron el concepto de soportar el peso de los paneles durante el despliegue deslizándose sobre una superficie apropiada mediante el empleo de suspensiones neumáticas y un colchón de aire.



Figura 16. Ensayos de calificación y empleo de los Dispositivos 0G para los ensayos de despliegue de los paneles de la Antena SAR en Tierra.

5.- CALIFICACIÓN Y ESTADO DE AVANCE

Una vez confirmadas las características del lanzador que se empleará para la puesta en órbita de los satélites SAOCOM y congelado el diseño básico adoptado para la Antena SAR, se realizó el diseño de detalle y la fabricación en CNEA de los siguientes modelos de calificación:

- ✓ Un panel estructural para calificar los procesos de fabricación mediante ensayos de vibración y acústico, y para determinar las cargas de calificación a emplear a nivel de componentes como las cajas de electrónica (campaña de ensayos realizada en el LIT-INPE de Brasil, Figura 17).

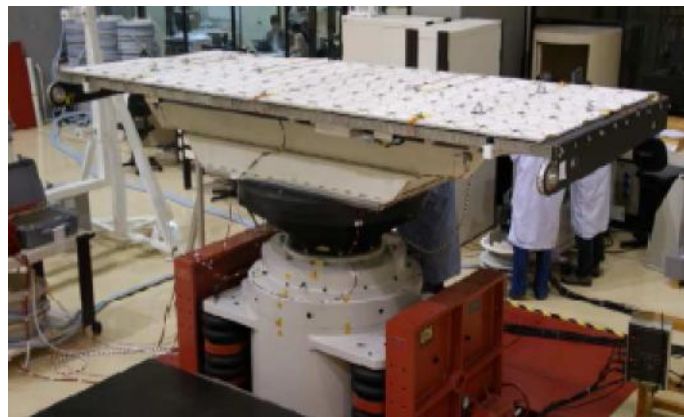


Figura 17. Modelo de panel estructural ensayado en el LIT-INPE.

- ✓ Dos paneles de desarrollo para evaluar las características funcionales de radiofrecuencia del instrumento, que se muestran en la Figura 15 al completarse su fabricación e integración en CNEA (ensayos realizados por CONAE en sus instalaciones del LIE-CETT).
- ✓ Un Modelo Estructural formado por un conjunto de paneles desplegados, un panel fijo central y la Estructura de Interfaz, para la calificación de la estructura y los mecanismos mediante ensayos ambientales de vibración y acústicos realizados conjuntamente con el Modelo Estructural de la Plataforma de Servicio. Esta campaña de ensayos también permitió verificar la ingeniería de detalle y calificar los procedimientos de integración y montaje de la antena, conjunto de tareas que se realizaron en las instalaciones de CNEA como se muestra en las Figuras 18 y 19 (campaña de ensayos realizada en CEATSA-INVAP, Figura 20).

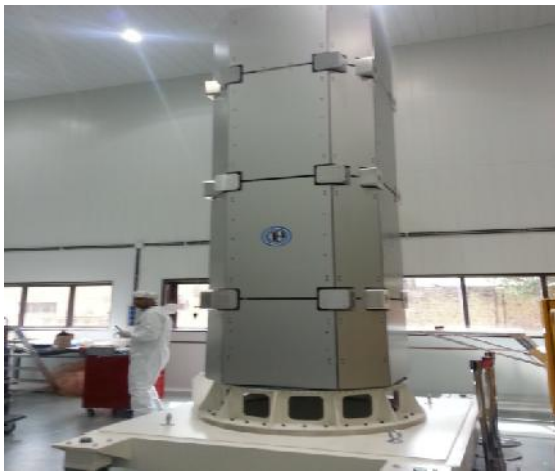


Figura 18. Integración en CNEA del Modelo Estructural de la Antena SAR.

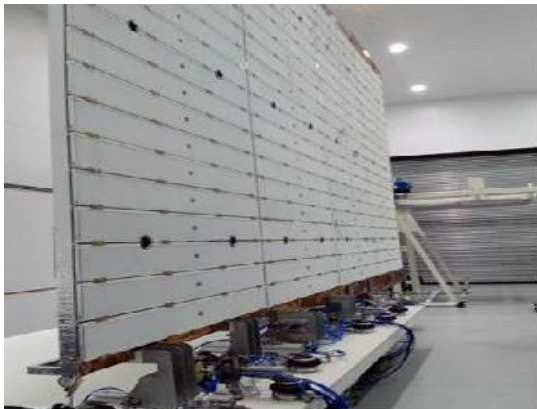


Figura 19. Modelo Estructural de la Antena SAR en CNEA.

- ✓ Un modelo ad-hoc, denominado Modelo de Calificación de Mecanismos, para calificar el diseño y funcionalidad de los mecanismos de despliegue mediante ensayos ambientales de vibración y de ciclado térmico en vacío (campaña de ensayos realizada en el LIE-CETT de CONAE).
- ✓ Varios modelos de Módulos Radiantes para calificar el diseño mecánico y funcional mediante ensayos ambientales de vibración y ciclado térmico en vacío (campaña de ensayos realizada en CNEA y en el LIE-CETT de CONAE).

- ✓ Dos modelos térmicos (medio panel y un panel completo de la antena), que se emplearon para verificar los modelos matemáticos que definen el sistema de control térmico de la antena, mediante ensayos en cámara de termovacío y en un simulador solar, también en condición de vacío (campañas de ensayo realizadas por CONAE en el LIE-CETT y en la ESA, Alemania).
- ✓ Un panel estructural para el denominado Modelo de Ingeniería de la Antena SAR, destinado a la calificación funcional del Instrumento SAR (campañas de ensayo realizadas por CONAE en INVAP).

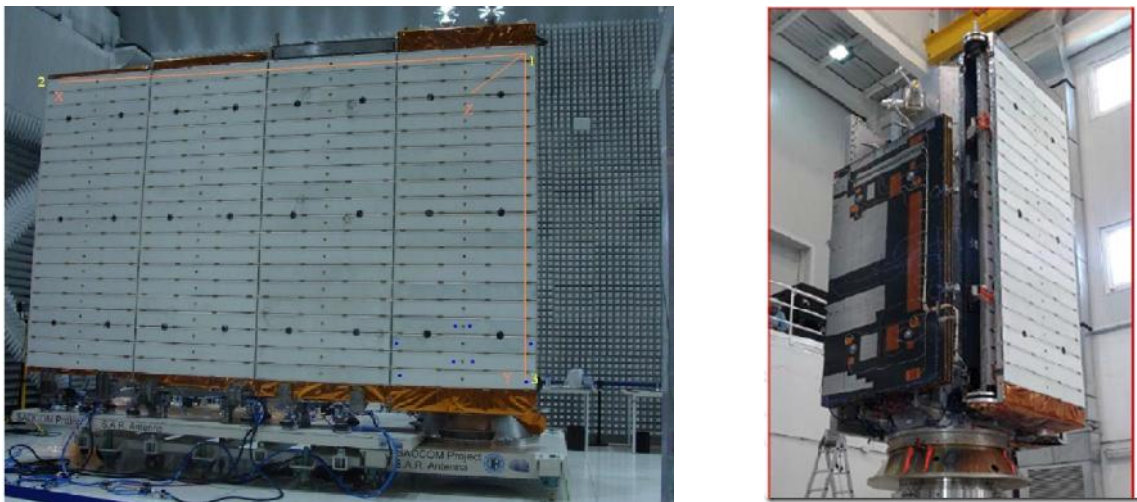


Figura 20. Ensayos de calificación del Modelo Estructural.

Una vez completada la fase de calificación con la verificación experimental de todos los parámetros del diseño, se inició la fabricación de las antenas para los modelos de vuelo del satélite cuya integración se realizará en las instalaciones de CONAE. Actualmente CNEA se encuentra completando la entrega de las últimas partes correspondientes al primer modelo de vuelo de la antena, debiéndose considerar que la provisión prevista hasta el presente comprende para los dos modelos de vuelo los siguientes componentes:

- 14 Paneles Estructurales completamente integrados.
- 2 Estructuras de Interfaz con la Plataforma de Servicio del satélite.
- 24 Mecanismos de Retención-Liberación.
- 24 Mecanismos de Bisagras.
- 24 Mecanismos de Traba.
- 36 Dispositivos de Guía de Cables entre paneles y Placas de conexionado.
- 300 Módulos Radiantes.

6.- CONCLUSIONES

El Proyecto Antena Radar de Apertura Sintética significó incorporar a CNEA la capacidad para el desarrollo, diseño, calificación y fabricación de sistemas y componentes para su empleo en satélites, siguiendo los lineamientos establecidos por la normativa internacional vigente.

El Proyecto Antena Radar de Apertura Sintética permitió desarrollar en CNEA los procesos de caracterización y manufactura de componentes empleando materiales compuestos avanzados, tecnologías con cada vez mayor aplicación en distintas ramas de la ingeniería, incluyendo el sector nuclear.

La conclusión de la etapa de calificación del Proyecto ha validado el diseño adoptado y los procesos de fabricación e integración desarrollados en CNEA para la Antena del Instrumento SAR del Proyecto SAOCOM de CONAE.