

DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HARDWARE TÉRMICO (MLI) PARA SATÉLITES SAOCOM 1A Y 1B

(Proyecto de la CONAE: Comisión Nacional de Actividades Espaciales)

Diego Day, Guadalupe Novaretti, Freddy Navarro, Elmar Mikkelson, Pablo Ringegni

UID GEMA - Departamento de Aeronáutica - Facultad de Ingeniería – UNLP.

Calle 116 entre 47 y 48. La Plata (1900). E-mail: diego.day@ing.unlp.edu.ar

INTRODUCCION

El Satélite Argentino de observación con microondas, SAOCOM, es un satélite de tres toneladas, que tiene una antena de 10 metros de largo y 35 metros cuadrados de superficie, tiene como objetivo principal 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. Es un proyecto desarrollado por CONAE, con la Agencia Espacial Italiana (ASI) que operará junto con los satélites italianos COSMO-SkyMed, que forman el SIASGE (Sistema italo-argentino de satélites para la gestión de emergencias).

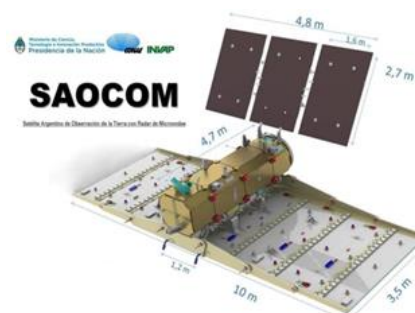
La serie de satélites SAOCOM abarca el desarrollo de instrumentos activos que operan en el rango de las microondas. Cada constelación está compuesta por dos satélites, denominados A y B respectivamente, que comparten los mismos requerimientos de diseño, de funcionalidad y operatividad, dando como resultado dos satélites idénticos.

El satélite está compuesto por tres partes principales: los paneles solares, la plataforma de servicios y la antena de radar de apertura sintética (SAR).

La antena SAR, la cual es el instrumento principal del satélite, se encuentra distribuida en 7 paneles, los cuales deben ser cubiertos con mantas térmicas como parte del control térmico.

Las mantas térmicas (*MLI*: multi layer insulation) son un hardware fundamental para proteger los componentes de temperaturas extremas, radiación UV, oxígeno atómico, desechos, degradación de micro meteoritos y acumulación de carga electrónica. Las *MLI* son mantas aislantes térmicas de alto rendimiento que están hechos de múltiples capas de materiales que retardan el flujo de energía debido a la transferencia de calor por radiación.

Un grupo de Ingenieros y becarios de la UID GEMA realizaron el diseño, la planificación y la construcción de las *MLI* en el SAOCOM 1A, lanzado el 7 de octubre de 2018 y actualmente se encuentran trabajando sobre el segundo satélite, el SAOCOM 1B.



PLANIFICACIÓN

Análisis

Mediante el análisis del cronograma y los requerimientos del producto, enviados por CONAE, se realizó un plan de producción de *MLI*. En el mismo, se especificaron las etapas del proceso productivo, el personal que deberá realizar cada tarea y los recursos materiales que se necesitan para llevarlos a cabo. Se tuvo en cuenta que para la fabricación de las *MLI* era necesario contar con instalaciones aptas para fabricarlas (salas limpias: libres de

partículas en el aire, con temperatura y humedad controladas) y que el personal para producirlas debería estar capacitado en el tema.

Definición de objetivos

En base al análisis anterior se determinaron las principales tareas a llevar a cabo en las instalaciones de GEMA, como así también las llamadas actividades de campo que se realizaron en las instalaciones de CONAE e INVAP.

Las tareas determinadas en función de los objetivos propuestos por CONAE son:

- Diseño asistido por computadora con programas de CAD.
- Pegado de Stand Off (fijación de las *MLI* al satélite), velcro y toma de moldes: tarea realizada en las instalaciones de CONAE, en el Centro Espacial Teófilo Tabanera (CETT), en la provincia de Córdoba.
- Fabricación de *MLI*: Confección de apilados y fabricación de *MLI*, actualizadas con los moldes tomados sobre la estructura de vuelo. Tareas realizadas en las instalaciones de GEMA.
- Cut To Fit: prueba de la *MLI* sobre la superficie a cubrir. Retoques sobre la misma. Tarea realizada en las instalaciones de CONAE, en el Centro Espacial Teófilo Tabanera, Córdoba.
- Integración final: colocación de las *MLI* (aproximadamente 460) al satélite de forma definitiva. Tarea realizada en las instalaciones de INVAP, en el Centro de Ensayos de Alta Tecnología (CEATSA), en la ciudad de Bariloche.

Identificación de recursos y plan de trabajo

Para llevar a cabo las tareas antes descriptas se identificaron los distintos recursos que serían necesarios.

Por un lado, se determinó una estructura interna para el funcionamiento del área de producción de *MLI* involucrando los roles y responsabilidades dentro del área, como así también las aptitudes necesarias del personal de GEMA que participa del proyecto.

Asimismo, se estimó la duración de cada una de las tareas desarrolladas por GEMA desde la fabricación hasta la integración de las *MLI* en el satélite y se determinaron los grupos de trabajo que eran necesarios para llevar a cabo cada actividad.

Cabe destacar que además se implementó un Sistema de Gestión de la Calidad que certifica la fabricación del producto en sus distintas etapas. Este sistema fue auditado por CONAE.

DISEÑO DE *MLI*

El diseño de las *MLI* es particular para cada satélite, dependiendo de las dimensiones, características y objetivos del mismo. Es por esto que se realizó un pre-diseño en base a un plano en CAD enviado por CONAE para luego realizar un molde con las dimensiones reales.

Para realizar el diseño de las mantas se tuvo en cuenta la siguiente información:

- Los Planos o CAD de las superficies que se requieren cubrir con *MLI*.
- Especificaciones de CONAE para la fabricación de las *MLI*.
- Mapa de las zonas prohibidas para la colocación de velcro y stand off definida por CONAE.
- Superficies a cubrir para asegurar el mejor balance térmico del satélite.

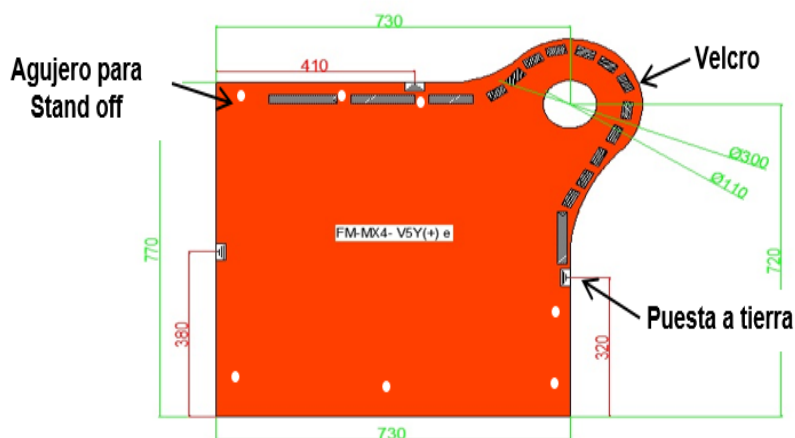
Tras haber reunido la información necesaria, se comenzó con el diseño de *MLI*, Layout de Stand-off y puestas a tierra (PAT) correspondiente a cada panel. Este diseño se realizó mediante un software 3D, permitiendo tener una visión digital del trabajo a realizar. A partir de

esto, se redactaron diferentes informes correspondientes a cada panel donde se especifican la distribución de las *MLI*, como así también el diseño de layout de Stand Off y puestas a tierra (PAT).

En base a estos documentos se realizó el pegado de Stand Off sobre cada uno de los paneles de la antena SAR. Los Stand Off son las fijaciones de las *MLI*, para que estas funcionen eficientemente durante toda la vida útil del satélite. Esta tarea se realizó en las instalaciones de CONAE, en el CETT, provincia de Córdoba. En esta etapa también se realizó el ajuste de los moldes obtenidos por el software de diseño 3D probándolos en el área del satélite que corresponda. Este proceso es crítico ya que cualquier error en el molde es traspasado a la manta.

La retroalimentación fue fundamental en todo el proceso, ya que permitió la mejora continua y el aprendizaje en las campañas consecutivas durante todo el proyecto.

El material que se utiliza para realizar los moldes es una lámina de acetato que permite adaptar el molde a la superficie a cubrir. A continuación, se muestra el esquema de diseño de una manta con su respectivo código de identificación. En el mismo se puede observar el tamaño del molde (que será exactamente igual a la manta), la distribución del velcro y la ubicación de las puestas a tierra (PAT) y los agujeros para los Stand Off.

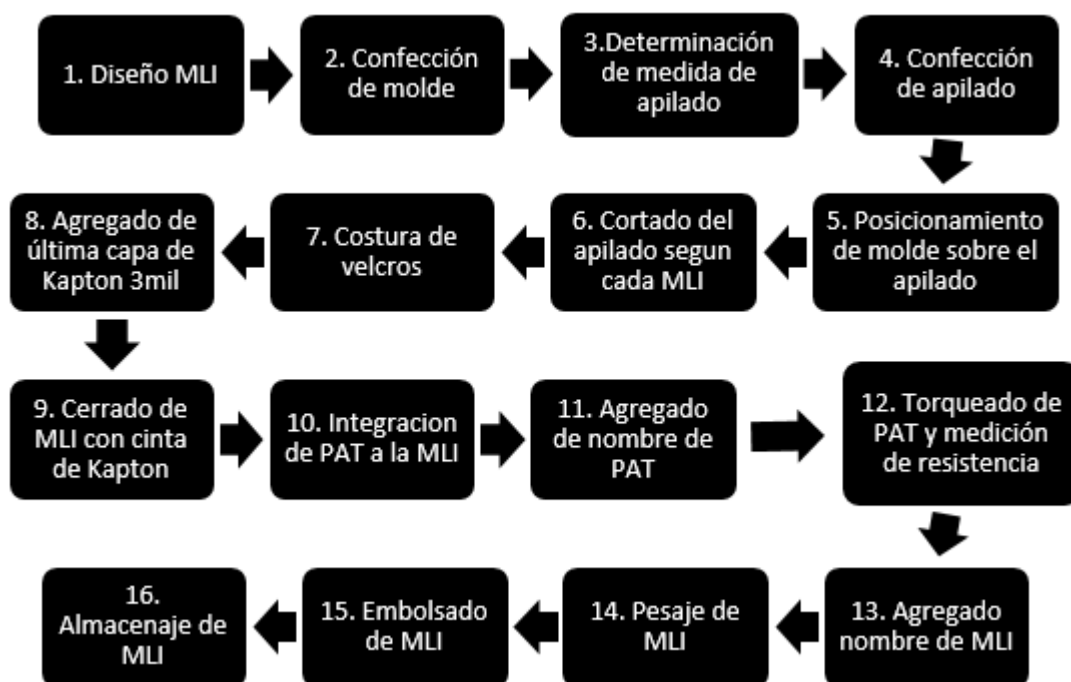


CONSTRUCCION DE *MLI*

El proceso de fabricación de las *MLI* es una tarea manual que requiere ciertos cuidados en el momento de la manipulación de los materiales.

Cabe destacar que el proceso se llevó a cabo en instalaciones aptas para materiales aeroespaciales. GEMA posee una Sala Limpia, y también se usó la Sala de Electrotecnia; las cuales tienen temperatura y humedad controlada, como así también son libres de partículas del ambiente (sala clase 100.000 o ISO 8). Durante toda la fabricación del *MLI* y posterior manipulación de la misma, se respetaron las normas aplicables al trabajo dentro de sala según la Norma ISO 14644. Por este motivo se realizó una limpieza de la sala 2 veces por semana. Cada actividad dentro de la sala se realizó utilizando ropa adecuada (guardapolvo, cofia, cubre botas, guantes y barbijo), para proteger el producto de cualquier contaminante externo.

A continuación, se muestra el flujograma realizado para la producción de las *MLI* considerando el material necesario en la fabricación y la inspección del producto terminado.

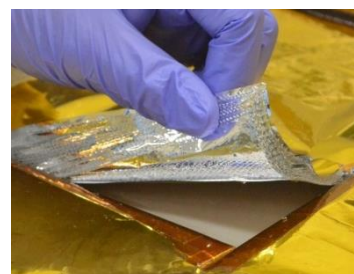


Confección del apilado

Una vez determinado el tamaño del *MLI* (mediante el diseño) se establece el tamaño del apilado. Este apilado consta de la superposición de capas de diferentes materiales. Entre ellos se encuentran:

- Kapton, que es una polimida con cualidades y características térmicas y mecánicas definidas (capa dorada).
- Mylar, que se refiere a tereftalato de polietileno (capa plateada).
- Dacron, material con baja conductividad térmica, es una fibra sintética de poliéster resistente (capa de red).

Esta actividad requiere de 2 personas.



Fabricación de *MLI*

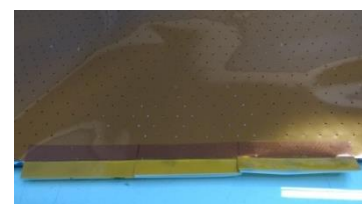
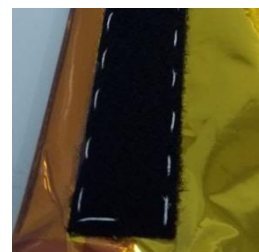
En esta etapa, se posiciona el molde sobre el apilado y se copia con un marcador los contornos del molde, como así también la ubicación de puestas a tierra (PAT) y venting holes (pequeños orificios de ventilación).

Con la ayuda de una regla, se cortan con una trincheta las líneas marcadas anteriormente y se cierra la manta con cinta de kapton de 2 pulgadas en los lugares que no haya que coser velcro.

Se cosen los velcros correspondientes a cada *MLI*, respetando el procedimiento para esta actividad.

Seguidamente, se agrega una última capa de Kapton 3 mil cerrándolo con cinta de kapton de 2 pulgadas, dejando abiertos los lugares donde van colocadas las puestas a tierra (PAT).

Durante todo el proceso, se mantiene una trazabilidad de los materiales que componen el *MLI*.



Puesta a tierra de la manta térmica (MLI)

Las PAT tienen la finalidad de inhibir la formación de carga estática sobre las MLI. Luego de colocar las PAT y fijar con tornillo o remache, se mide su resistencia eléctrica.

Las puestas a tierra (PAT) están compuestas de láminas de aluminio (Cinta Alufoil Aluminum Foil) en contacto con ambas caras de cada una de las capas de la MLI, y conectadas por medio de cables a puntos externos (Grounding point) del panel.

La cantidad y distribución de puestas a tierra por cada MLI se basa en el área de las mismas.

Inspección Final

Terminada la fabricación, se llevó a cabo la medición de resistencia eléctrica y pesaje de cada MLI como procedimiento habitual de control.

Durante cada etapa de la confección de una MLI se fueron realizando diversos controles de calidad, y al finalizar el proceso, se procedió a inspeccionar la MLI terminada.

La estiba se realiza colocando la manta en bolsas especiales antiestáticas, llenas con gas inerte y bolsas de sílica gel, almacenada en lugares bajo temperatura y humedad controlada.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS (Trabajo de campo)

Además de las actividades detalladas anteriormente para la fabricación de MLI, se llevaron a cabo otras actividades llamadas de “trabajo de campo”, en las cuales personal de GEMA viajó a las instalaciones de CONAE (CETT, en la provincia de Córdoba) e INVAP (CEATSA, en la Ciudad de Bariloche) y realizó actividades sobre el satélite en construcción. A continuación, se detallan estas actividades:

- **Pegado de “Stand off”** sobre las zonas del satélite donde finalmente fueron integradas las mantas. Para esto se tuvo en cuenta un diseño de layout de Stand Off sobre la superficie de cada panel. Esta actividad se llevó a cabo en la sala limpia del CETT de CONAE, Córdoba.



- **Toma de moldes en el satélite:** Se realizó un ajuste de los moldes obtenidos por el software de diseño 3D probándolos en la zona del satélite que corresponde. Actividad realizada en la sala limpia del CETT, CONAE, Córdoba.



- **“Cut to fit”:** se realizó una prueba de la manta ya confeccionada y se realizaron detalles sobre la misma, siguiendo los requerimientos y estándares de calidad.

- **Integración de MLI:** se trata de la última actividad que se realizó sobre el satélite. El mismo se encontraba en su etapa final de construcción con sus componentes totalmente integrados. Se integraron en primera instancia las MLI que cubrían los mecanismos de apertura del satélite para luego integrar las que correspondían a cada uno de los paneles.



Además, se realizó la integración eléctrica de las mismas, es decir, se conectaron las puestas a tierra de las 600 *MLI* que cubren el SAOCOM, por medio de cables a la estructura.

Esta actividad se llevó a cabo en las instalaciones de CEATSA, en INVAP, en la ciudad de Bariloche.

Finalmente se realizó una inspección por parte del personal de CONAE cumpliendo con los requerimientos y estándares de calidad.

A continuación, se puede observar el satélite argentino con las *MLI* totalmente integradas, listo para el cierre final de la antena para ser embalado y llevado al sitio de lanzamiento.



CONCLUSIÓN

El SAOCOM 1A representó tanto para el país como para su industria aeroespacial, el proyecto más grande y ambicioso de su historia tanto por el desafío tecnológico que implicó su construcción como por el objetivo para el que fue diseñado. Luego de trabajar más de una década en su diseño, desarrollo y construcción, fue lanzado exitosamente el 7 de octubre de 2018 desde Vandenberg, California, EEUU. Debido al trabajo realizado por los becarios e ingenieros de GEMA, en todas sus etapas, tanto en la planificación como en el diseño, fabricación y ejecución de las diferentes actividades, se puede concluir que las mismas han permitido al SAOCOM 1A realizar su misión tal como fue estipulada hasta la fecha.

La correcta y eficiente ubicación de los Stand Off, tanto la distribución de las *MLI* como su correcta fabricación e integración al satélite, permitieron que estas cumplan con las funciones de aislación térmica del mismo.

Finalmente se destaca la experiencia adquirida tanto en la etapa de diseño de las *MLI* como en las de construcción e instalación, experiencia que en paralelo a este proyecto se utilizó para otros satélites de menor tamaño y que puede ser muy útil para futuros proyectos, ya que es un know how que poseen muy pocos grupos de trabajo en el país y en Latinoamérica.