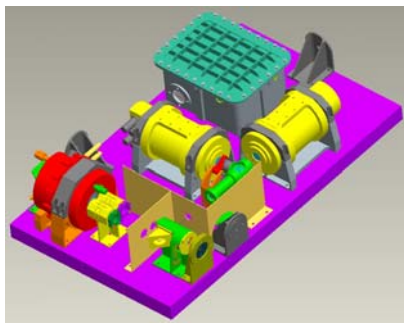


Convocatoria de ayudas de Proyectos de Investigación

MEMORIA TÉCNICA PARA PROYECTOS DE LA CONVOCATORIA
DE I+D TIPO A ó B

**Integración y vuelo de *SUNRISE*/IMaX.
Fase conceptual de *Solar Orbiter*/VIM.**



1 RESUMEN DE LA PROPUESTA (Debe rellenarse también en inglés)

TITULO DEL PROYECTO: Integración y vuelo de *SUNRISE*/IMaX. Fase conceptual *Solar Orbiter*/VIM

RESUMEN (debe ser breve y preciso, exponiendo sólo los aspectos más relevantes y los objetivos propuestos):

El instrumento IMaX de la misión *SUNRISE* terminará de integrarse a finales del 2006. En esta memoria se solicita la continuación del proyecto IMaX para los próximos tres años incluyendo las pruebas de calibración con luz solar del instrumento (2007), integración en la plataforma post-foco de *SUNRISE* (2008) y vuelo polar (2009). Además, se une al proyecto coordinado el equipo que ha llevado durante los dos últimos años el análisis térmico de la misión (IDR/UPM) con financiación del PNE y que comenzó sus actividades con posterioridad a las del equipo IMaX. La nueva planificación temporal del instrumento IMaX y de la plataforma *SUNRISE* ha sido modificada recientemente al tener que adaptarse a un cambio en el espejo primario, distinto del que originalmente se consideró. En esta memoria se discute el estado global del proyecto *SUNRISE*, del instrumento IMaX y las perspectivas de vuelos polares (dentro del programa LDB de NASA) que se están considerando en estos momentos por los miembros del consorcio internacional.

La presente solicitud también incluye las fases de diseño conceptual y preliminar del instrumento VIM de la misión ESA *Solar Orbiter*. El consorcio español que participa en la construcción de este instrumento, el mayor de esta misión, actúa como co-Investigador Principal de éste, lo que garantiza una alta visibilidad de nuestra contribución. El nivel de participación en el instrumento es cercano al 40 %, lo que incluye responsabilidades a nivel de sistemas. En concreto se solicita la financiación de las primeras fases definitorias para los siguientes aspectos y subsistemas del instrumento: telescopio de disco entero, moduladores de polarización basados en cristal líquido, caja de electrónica incluyendo la unidad de procesamiento central y análisis de datos (inversión espectropolarimétrica) en tiempo real, interface con el satélite, control térmico global, software embarcado, elementos de tierra y control de calidad.

De igual manera se incluyen las actividades del equipo científico de los diferentes miembros incluidos en el consorcio. Esto se refiere tanto a la misión *SUNRISE*, donde se están dirigiendo tres tesis doctorales que finalizarán durante la realización de este proyecto, como para la misión *Solar Orbiter*. Esta última tiene un alcance mucho mayor al tratarse de una misión multidisciplinar de ESA que incluye también medidas in-situ. De esta manera la comunidad española potencialmente interesada en este proyecto se amplía con respecto al ahora vigente al incluir aspectos del magnetismo solar superficial (generación y evolución) y el efecto de estos campos en el medio interplanetario (meteorología espacial). Por ello, para las actividades relacionadas con el *Solar Orbiter* se une a este proyecto coordinado la Universidad de Barcelona.

PROJECT TITLE: Integration and flight of *SUNRISE*/IMaX. Conceptual phase of *Solar Orbiter*/VIM

SUMMARY:

The IMaX instrument for the *SUNRISE* mission will finish integration at the end of the 2006. In this document, the continuation of the IMaX project is asked for the next three years including the calibration tests with solar light of the instrument (2007), integration in the *SUNRISE* post-focus platform (2008) and polar flight (2009). In addition, the team that has carried out the thermal analysis of the mission during the last two years (IDR-UPM), and funded by the PNE, is integrated in the coordinated project. The new temporary planning of the IMaX instrument and *SUNRISE* platform has recently been modified when having to adapt to a primary mirror different from which originally was considered. In this memory, the global state of *SUNRISE* project, of the IMaX instrument and the perspective of polar flights (within the NASA LDB program) that are considering by the team are discussed.

The present request also includes the conceptual and preliminary design phases of the VIM instrument for the ESA mission *Solar Orbiter*. The Spanish partnership that participates in the construction of this instrument, the largest one of this mission, acts like Co-Principal Investigator, which guarantees a high visibility for our contribution. The level of participation in the instrument is around 40 %, including responsibilities at system level. In particular the funding is asked for the first stages in the definition of the following aspects and subsystems of the instrument: full disc telescope, polarization modulators based on liquid crystal, electronics box including the central processing unit and data analysis unit (real time spectropolarimetric inversions), interface with the satellite, global thermal control, on-board software, ground segment and quality control.

Similarly, the related activities of the scientific team from the different institutes in the consortium are included. This includes topics related to the *SUNRISE* mission, where three doctoral theses will finalize during the accomplishment of this project, and the *Solar Orbiter* mission as well. This last one has a much greater reach, due to the multidisciplinary character of the mission that includes also in-situ measurements. In this way the potentially interested community includes teams interested in solar surface magnetism but also those studying their effects in the interplanetary medium (space weather). It is for this reason that at this time the University of Barcelona joins the coordinated project in all aspects related to the *Solar Orbiter* mission.

Lista de Abreviaturas

AO	Anuncio de Oportunidad
AIV	Assembling Integration and Verification
ADS	Astrophysics Data System
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit
CDR	Critical Design Review
DECO	Defined Command
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DSP	Digital Signal Processor
EGSE	Electronic Ground Support Equipment
ESA	European Space Agency
FDT	Full Disc Telescope
FPGA	Field Programmable Gate-Array
FPI	Formación Personal Investigador
GACE	Grupo de Astronomía y Ciencias del Espacio
GSTP	General Support Technology Program
GSEOS	Ground Support Equipment Operating System
HAO	High Altitude Observatory
HRT	High Resolution Telescope
IAA	Instituto de Astrofísica de Andalucía
IAC	Instituto de Astrofísica de Canarias
ICU	Instrument Control Unit
IDR	Ignacio Da Riva
IMaX	Imaging Magnetograph eXperiment
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
KIS	Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik
KT	Kayser Threde
LDB	Long Duration Balloon
LINES	Laboratorio de Instrumentación Espacial
LCVR	Liquid Cristal Variable Retarder
LMSAL	Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory
MGSE	Mechanical Ground Support Equipment
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NSBF	National Scientific Balloon Facilities
MPS	Max Planck-Institut für Sonnensystemforschung
OGSE	Optical Ground Support Equipment
PDD	Payload Definition Document
PDR	Preliminary Design Review
PISA	PI Software Architecture
PMP	Polarization Modulation Package
PWG	Payload Working Group
ROCLI	Retardador Óptico basados en Cristal Líquido
SDO	Solar Dynamics Observatory
SEA	Sociedad Española de Astronomía
SUFI	<i>SUNRISE</i> Filter Instrument
SUPOS	<i>SUNRISE</i> Polarimetric Spectrograph
SWT	Science Working Team
UB	Universidad de Barcelona
UDP	User Defined Program
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
VIM	Visible-light Imaging Magnetograph

2. INTRODUCCIÓN

(máximo cinco páginas)

- Deben tratarse aquí: la finalidad del proyecto; los antecedentes y estado actual de los conocimientos científico-técnicos, incluyendo la bibliografía más relevante; los grupos nacionales o internacionales que trabajan en la misma materia específica del proyecto, o en materias afines.

La presente propuesta describe el estado de la participación española en los proyectos *SUNRISE* y *Solar Orbiter*. *SUNRISE* es una colaboración internacional liderada por el Max Planck für Sonnensystemforschung (MPS, Lindau, Alemania) y que cuenta con la participación de otros institutos como el KIS (Friburgo, Alemania), el HAO-NCAR (Boulder, EEUU) y LMSAL (Palo Alto, EEUU). La contribución española a *SUNRISE* consiste en el instrumento Imaging Magnetograph eXperiment (IMaX), construido por un consorcio integrado por el IAC (Tenerife), IAA (Granada), INTA (Madrid) y GACE (Valencia), así como en el análisis térmico de la misión realizado por el IDR-UPM (Madrid). Esta participación ha sido financiada en el pasado con tres proyectos del PNE, dos para IMaX por un total de cuatro años (2003-2006) y uno para el estudio térmico de dos años de duración (2005-2006). En números redondos el montante total que el PNE ha aportado para esta participación es cercano a 3 Meuros. Por su parte, *Solar Orbiter* es una de las misiones del programa científico de la ESA para la que se espera un Anuncio de Oportunidad (AO) en 2006 que se decidirá a finales de ese año o principios del 2007. El lanzamiento previsto de la misión es 2015. En el AO, se incluye el instrumento VIM (Visible-light Imaging Magnetograph), muy similar a IMaX (ambos proporcionan mapas superficiales del campo magnético solar) y al que los integrantes de la esta propuesta aspiran a participar de forma destacada en su construcción. Muy en especial, un consorcio internacional co-liderado por el MPS y nosotros responderá al AO a fin de optar a la construcción del instrumento más complejo a bordo del *Solar Orbiter*. En esta memoria se describen las necesidades del consorcio durante las fases de integración y vuelo de IMaX/*SUNRISE* así como las fases iniciales del diseño del instrumento VIM. Los objetivos científicos de *SUNRISE* y *Solar Orbiter* han sido descritos en el pasado en un amplio número de artículos y propuestas de financiación (p. ej., Gandorfer et al. 2004, Martínez Pillet et al. 2004, Battrick et al. 2001, Marsch et al. 2005). Aquí resumiremos los puntos fundamentales de ambas misiones.

SUNRISE cuenta con un telescopio de 1 metro de diámetro que volará desde el polo (Norte, Sur o ambos, ver más adelante) dentro del programa Long Duration Balloon (LDB) de NASA. A una altura de 40 km sobre la superficie y en el correspondiente verano polar, es decir, observando constantemente el Sol al no existir ocultaciones o noches, las condiciones de observación del Sol son prácticamente las mismas que desde el espacio. La abertura del telescopio permite alcanzar resoluciones espaciales (limitadas por difracción) nunca antes logradas en esos intervalos de tiempo desde tierra. Estas resoluciones van desde 35 km en el UV cercano (instrumento SUFI) a 80 km en el visible (IMaX). Por tanto, el objetivo científico prioritario de IMaX es el observar el campo magnético superficial con la máxima resolución espacial posible. Nótese que 100 km son, típicamente, el camino libre medio de los fotones y la altura escala de la presión en la fotosfera. Para poder avanzar en los procesos magnetohidrodinámicos que tienen lugar en la superficie del Sol es necesario tener acceso a la estructura de los campos magnéticos en estas escalas espaciales. Estas resoluciones sólo se han alcanzado hasta el momento en imágenes de continuo (Figura 1) pero nunca en mapas de campo magnético.

El objetivo científico prioritario del proyecto *SUNRISE* en general y del instrumento IMaX en particular es resolver estructuras magnéticas con tamaños del orden de 100 Km. en la superficie solar.

El *Solar Orbiter* tiene una órbita muy compleja con un perihelio cerca del de Mercurio (0.2 UA) lo que permite obtener resoluciones excelentes con instrumentos relativamente pequeños. Su carga útil contiene instrumentos de observación a distancia (como VIM) y medidores in-situ, lo que permite estudiar la evolución superficial de los campos magnéticos y sus efectos en la heliosfera interna. *Solar Orbiter* podrá observar como se producen las

interacciones magnéticas que originan un calentamiento de las capas más externas hasta millones de grados y cómo se traduce esto en flujos de partículas cargadas que dominan las condiciones del medio interplanetario.

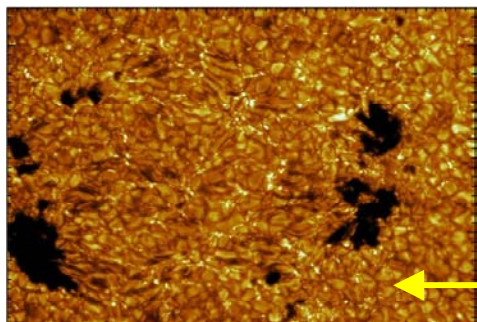


Figura 1: Imagen de una región activa solar en continuo. Las marcas están separadas 1000 km. La imagen muestra elementos (muy posiblemente con campo magnético) a pequeña escala que se muestran como brillantamientos locales con tamaños del orden de 100 km (como el señalado por la flecha amarilla). El objetivo de IMAx es hacer un mapa de campo magnético con una resolución similar.

El instrumento VIM proporcionará el contexto magnético de todos los procesos que se detecten con el *Solar Orbiter* y será por tanto un instrumento de referencia de la misión. Al final de la misma, y gracias a una serie de maniobras de gravedad asistida con Venus, el satélite habrá salido de la eclíptica y observará el Sol con una inclinación de 35 grados. Desde este punto privilegiado tendrá una visión de los polos solares nunca antes observada. Gracias a las capacidades de detección de campos magnéticos y de velocidad en los polos, nuestra comprensión de la dínamo solar (cuyos procesos más cruciales ocurren en estas zonas del Sol) aumentará enormemente.

La órbita de la misión es la característica más singular del *Solar Orbiter* y garantiza el acceso a claves fundamentales del magnetismo estelar y su acoplamiento con el medio circundante.

2.1 Estado del proyecto *SUNRISE*

El proyecto *SUNRISE* ha sufrido un retraso de 2.5 años en su fecha de vuelo. Este considerable retraso ha estado motivado por los sucesivos problemas encontrados en el desarrollo de espejos de C/SiC (Carbonuro de Silicio) que era el acicate tecnológico en Alemania de la misión en Alemania. A finales de 2004, la empresa encargada del pulido del espejo, rompió el sustrato perforando las capas externas del espejo primario. Ante la gravedad de la situación, a principios de 2005 la institución IP (MPS) decidió establecer un contrato con la empresa Sagem (Francia) para adquirir un espejo ultraligero de Zerodur usando tecnología más convencional (lo que complica el control térmico de este elemento). El espejo resultante de este desarrollo se espera sea entregado al contratista principal del telescopio (Kayser-Threde, KT) en Mayo de 2007. Esta fecha es la referencia a partir de la cual todo el proyecto *SUNRISE* ha tenido que reestructurarse recientemente, proporcionando una primera fecha de vuelos en el año 2009. El esfuerzo económico extra relacionado con este nuevo espejo (superior al 1 Meuro) está teniendo un impacto claro en uno de los instrumentos posfocales del lado alemán: SUPOS, el instrumento de *SUNRISE* de complejidad similar a la de IMAx. La contribución alemana se concentra en estos momentos en la redefinición del nuevo telescopio (con el nuevo espejo, Figura 3 izquierda), sistema de redistribución de luz, estabilizador de imagen (KIS, que sigue su curso normal de desarrollo, Figura 3 derecha) y el instrumento SUFI. Este último es un sistema de imagen ultravioleta de importancia científica crucial dentro de *SUNRISE* pero conceptualmente mucho más simple que IMAx (o SUPOS). En la actualidad el futuro de SUPOS es incierto. La contribución alemana (excluyendo SUPOS) deberá pasar CDR a finales de 2006. Para esta ocasión, la DLR (agencia financiera alemana) quiere tener formalizado sendos *Memorandums of Understanding* con el resto de participantes internacionales. Con EEUU para concretar la oportunidad del vuelo LDB y con España para la entrega de IMAx, fundamentalmente.

Uno de los próximos hitos de *SUNRISE* es el vuelo de prueba en Nuevo México en el otoño de 2006. Este vuelo (que ha sufrido un retraso de un año) servirá para comprobar diversos aspectos del experimento, muy en particular el funcionamiento de la barquilla (apuntado, modos propios de vibración) construida por el HAO/NCAR en 2005 (Figura 3 izquierda), la unidad de control de los instrumentos (ICU, Figura 3 centro), la unidad de

almacenamiento de datos, así como la validación del modelo térmico realizado por el IDR/UPM. IMaX volará un prototipo de las cajas presurizadas que utilizaremos en la versión de vuelo del instrumento.

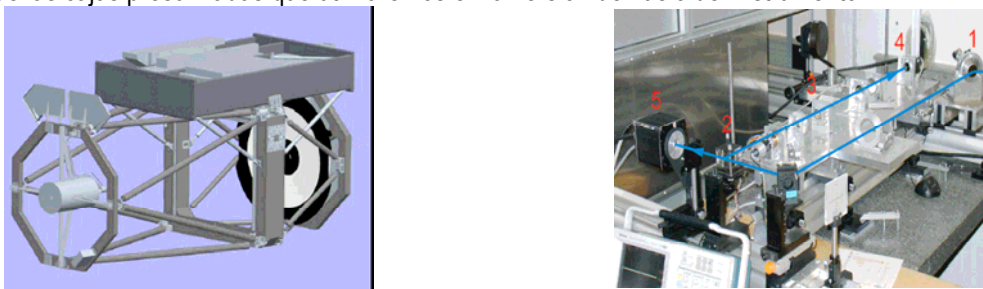


Figura 2: Izquierda: concepto actual del telescopio SUNRISE de KT con la plataforma instrumental incorporada en la parte superior. Derecha: Prototipo del estabilizador de imagen (tipo sensor de frente de ondas) desarrollado por el KIS y en proceso de pruebas en el telescopio VTT (Izaña).

Durante el vuelo de prueba se incluirá un telescopio de 25 cm de diámetro y un prototipo del instrumento SUFI (producido en este caso por el HAO) para calibrar la cantidad de luz que se puede esperar en el vuelo polar final en la región ultravioleta que se observará con este instrumento. Las imágenes tomadas servirán para analizar la bondad de la puntería logrado por el sistema de barquilla y sensores de limbo (proporcionados por LMSAL).

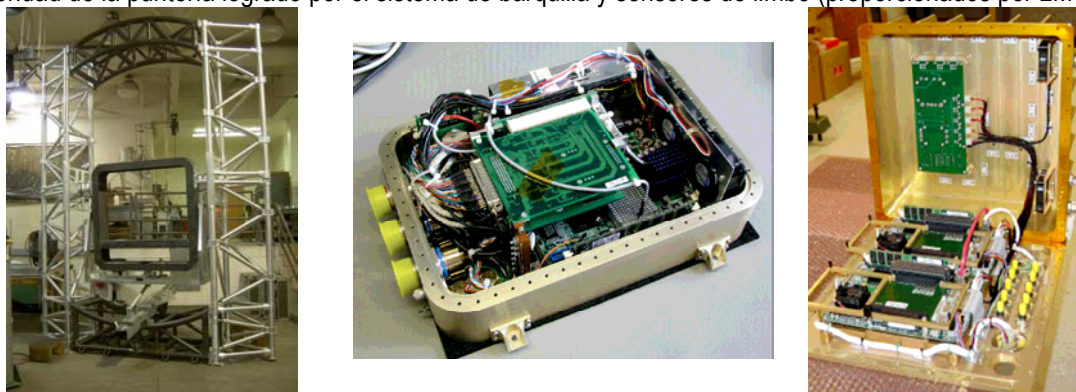


Figura 3: Izquierda: Barquilla de SUNRISE completamente ensamblada en el HAO-NCAR en Boulder (EEUU). Centro: Unidad de control instrumental (ICU) producida por MPS. Derecha: electrónica de control del instrumento para el vuelo de test en Nuevo México.

El último cambio importante dentro del proyecto *SUNRISE* ha sido la propuesta de realizar el vuelo científico en el polo Norte en vez de en el Sur. NASA/NSBF ha empezado desde este año vuelos LDB regulares sobre el Ártico con lanzamiento en Kiruna (Suecia) y aterrizaje en Alaska (a día de hoy, estos vuelos no tienen permitido el paso por Rusia, cosa que podría cambiar en el futuro). El primer vuelo realizado en 2005 ha correspondido al experimento BLAST (astronomía submilimétrica). El vuelo desde Suecia simplifica la logística una vez terminada la integración en Alemania, pues no es necesario el transporte marítimo. Además la cola de vuelos antárticos está congestionada y el vuelo en 2009 podría ocurrir sobre el Ártico en vez de sobre la Antártica. Aun así debemos aclarar que el proyecto está considerando ahora mismo ambas posibilidades y que su línea base es un vuelo Antártico a finales de 2009. El análisis térmico (que es lo que cambia sustancialmente entre un caso y el otro) se está realizando para los dos polos. El vuelo ártico, al no volar por Rusia, es de menor duración 7 días. Esto es una desventaja desde el punto de vista científico, pero la escala temporal más importante para la ciencia de *SUNRISE* es de horas a días, no semanas y estas escalas serán accesibles desde el Ártico. Otra ventaja adicional del vuelo ártico es la mejor cobertura de redes de comunicación en línea de visión, con anchos de banda de 2-4 Mbits/s, lo que asegura el retorno científico antes de la terminación del vuelo y la recuperación de los datos.

2.2 IMaX

El instrumento IMaX pasó PDR en diciembre de 2004. La evaluación del equipo revisor fue muy positiva. En ese momento el instrumento debía estar finalizado en mayo de 2006 con sólo 5 meses de retraso sobre la fecha prevista. Ya entonces los retrasos de mayor magnitud de *SUNRISE* eran evidentes.

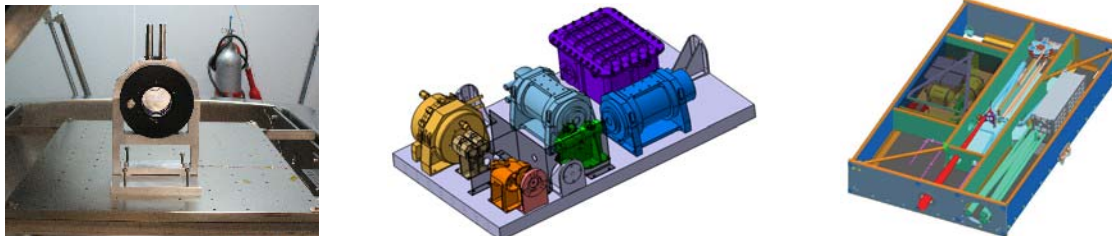


Figura 4: Izquierda: Etalón (ocre en el dibujo anterior) de IMaX en fase de recepción en INTA. Centro: Concepto actual de IMaX. Derecha: IMaX (centro izquierda) integrado en la plataforma instrumental de SUNRISE.

En la actualidad IMaX se encuentra a punto de pasar CDR por subsistemas (óptica, opto-mecánica, electrónica, software, cajas presurizadas y térmico) en los próximos meses. El concepto actual de IMaX y su integración en la plataforma de *SUNRISE* se muestran en la Figura 4 (centro y derecha respectivamente). A la vez, estamos recibiendo los elementos contratados al principio del proyecto y que tienen un mayor plazo de entrega: cámaras CCD, etalones (Figura 4 izquierda) y prefiltro. La entrega de estos elementos y su proceso de aceptación (y cumplimiento de requisitos) está siendo compleja y está imponiendo nuevos retrasos en el proyecto. En estos momentos evaluamos la finalización de la fase de AIV de IMaX para finales de 2006, es decir a principios del proyecto que se solicita aquí. Para cumplir esta fecha de finalización del instrumento son importantes dos aspectos: primero la realización a tiempo de las pruebas de aceptación de estos elementos, verificando el cumplimiento de las especificaciones y, en segundo lugar, el cierre de interfaces críticas con la plataforma instrumental que están siendo modificadas (muy a nuestro pesar) por la institución IP (MPS) en estos momentos. En cualquier caso y, con el conocimiento actual que tenemos de estos problemas, no esperamos un retraso mayor de medio año (verano 2007) sabiendo que tenemos este margen en la planificación del proyecto *SUNRISE*. En él, IMaX deberá estar en Lindau a finales de 2007. En el proyecto actual se considera el envío de IMaX al telescopio VTT en Izaña (Tenerife) para su calibración espectral con luz solar en 2007, al finalizar la fase de AIV en INTA y previo a su traslado a Lindau.

El aspecto más crítico a día de hoy en la recepción de componentes contratados está en las cámaras CCD. El proyecto ha activado medidas de control de riesgos buscando alternativas para ellas, pues el proveedor de las contratadas en la actualidad ha tenido problemas para cumplir especificaciones. Los últimos acontecimientos (diciembre 2005) son muy alentadores y apuntan hacia una recepción de las cámaras en un plazo breve y cumpliendo una serie de requisitos fundamentales. Sin embargo, deberemos estar atentos a que esto se desarrolle en los próximos meses de acuerdo a lo prometido por la compañía. De no ser así deberíamos realizar unas reestructuraciones en el proyecto de las que sería informado el PNE pues tienen un pequeño impacto en los presupuestos presentados aquí (que están adaptados a todas las posibles opciones y que deberemos concretar cual seguiremos en función de los acontecimientos).

Finalmente queremos destacar que siendo IMaX el último instrumento en incorporarse al proyecto *SUNRISE* (en 2003), es el instrumento que en la actualidad cuenta con el mayor grado de definición, como así ha sido reconocido por la institución IP. El único instrumento que está más avanzado es, por supuesto, el del vuelo de prueba en 2006 pero que no es un instrumento para el vuelo científico final.

2.3 Participación española en el instrumento VIM/Solar Orbiter

La ESA ha desarrollado en los últimos tres años la fase de definición preliminar (*assessment*) de esta misión. El equipo *SUNRISE*/IMaX ha participado activamente en esta fase, aprovechando la similitud conceptual entre los dos instrumentos IMaX y VIM como instrumentos de cartografiado superficial del campo magnético solar. El IP de esta propuesta ha actuado como científico de contacto del instrumento VIM en el PWG de la ESA (ver el

PDD* de la misión). Miembros de todos los institutos del equipo han acudido a diversos encuentros de trabajo para definir la respuesta al AO que se espera para esta misión en algún momento de 2006. La respuesta al AO para el instrumento VIM estará co-liderada por Alemania y España. Esto asegura un puesto en el equipo científico. Otros países europeos tendrán participaciones considerablemente menores en el instrumento.

La definición del instrumento VIM que aparece en el documento PDD de la ESA se ha generado en gran medida por el equipo IMaX/SUNRISE, aprovechando las múltiples sinergias de los dos proyectos.

Los componentes específicos que se han negociado como contribución española son: el telescopio de disco entero, los moduladores de polarización con la tecnología ROCLI desarrollada en IMaX, la caja de electrónica (CPU, procesamiento a bordo, controladores, etc.), el diseño térmico global y su hardware, software de vuelo, componentes de tierra (EGSE, MGSE, OGSE) y componentes a nivel de sistemas (radiación, control de calidad, etc.). Se ha juzgado nuestra participación en alrededor del 40 % del instrumento mientras que la alemana se acerca al 50 %. El telescopio de disco entero y la electrónica se integrarán en España.

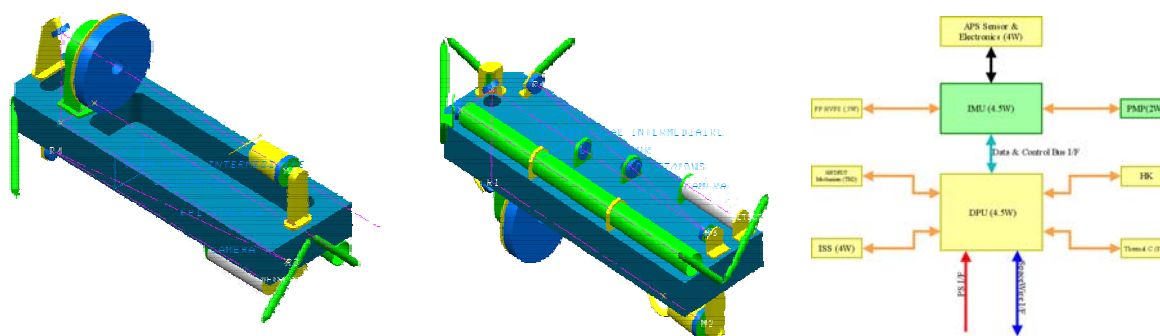


Figura 5: Izquierda: Telescopio de alta resolución de VIM (Asirium). Centro: Telescopio de disco entero (cilindro verde) y plano focal. Derecha: concepto de la electrónica de VIM. Todos estos conceptos han sido desarrollados a propuesta del equipo IMaX.

La decisión final del AO se espera para finales del 2006 o principios del 2007. Dada la magnitud de la participación propuesta es importante que el equipo pueda estar convenientemente preparado para afrontar los retos que conlleva este proyecto. Además del equipo de SUNRISE/IMaX para este proyecto se nos une otra institución interesada en cuestiones de medioambiente espacial. Ahora lo hace la Universidad de Barcelona y en un futuro cercano ha mostrado interés la Universidad de Alcalá (Madrid).

Referencias:

Battrick, B., Sawaya-Lacoste, H., Marsch, E., Martínez Pillet, V., Fleck, B., Marsden, R., 2001, Solar encounter. Proceedings of the first *Solar Orbiter* Workshop. ESA SP-493

Gandorfer, A., Solanki, S.,K., Schuessler, M., Curdt, W., Lites, B.W., Martínez Pillet, V., Schmidt, W., Title, A., *SUNRISE*: high-resolution UV/VIS observations of the Sun from the stratosphere, 2004, SPIE 5489, 732-741

Marsch, E., Marsden, R., Harrison, R., Wimmer-Schweingruber, R., Fleck, B., *Solar Orbiter*-mission profile, main goals and present status, 2005, *Advances in Space Research*, 36, 8, 1360-1366

Martínez Pillet, V. and the IMaX team (including, L. Jochum, A. Alvarez, J.C. del Toro Iniesta and V. Domingo), The Imaging Magnetograph eXperiment for the *SUNRISE* balloon Antarctica project, 2004, SPIE 5487, 1152-1164

* <http://www.sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=33281>

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

(máximo **dos** páginas)

- ◆ **3.1** Describir brevemente las razones por las cuales se considera pertinente plantear esta investigación y, en su caso, la **hipótesis de partida** en la que se sustentan los objetivos del proyecto (**máximo 20 líneas**)

El proyecto IMaX fue presentado hace 4 años al PNE con el objetivo de financiar la participación española en el experimento *SUNRISE* cuyo objetivo es obtener imágenes de la superficie solar con altísima resolución. Ya entonces incluíamos en el proyecto el desarrollo de la tecnología de retardadores de cristal líquido (ROCLI) para uso en IMaX y la continuidad de estas actividades con el proyecto VIM/*Solar Orbiter* de la ESA. Esta misión hace menos énfasis en las cuestiones de alta resolución que, aún siendo buena, no sería tan alta como la del experimento *SUNRISE*. *Solar Orbiter* se concentra más en cuestiones de conectividad magnética incluyendo el medio interplanetario y la observación de los polos. En ese momento la aprobación del proyecto IMaX/*SUNRISE* estuvo ligada a la participación de nuestro consorcio en la misión *Solar Orbiter* y así se nos hizo saber.

El presente proyecto hace de puente entre las dos misiones *SUNRISE* y *Solar Orbiter*. Por un lado permitirá al consorcio terminar las actividades de integración conducentes al vuelo de *SUNRISE*. Por otro lado garantizará la participación del equipo en las fases de definición conceptual del instrumento VIM de la misión *Solar Orbiter*. Esta participación se beneficiará de la experiencia adquirida en IMaX (coordinación de un equipo de varias instituciones, desarrollos tecnológicos, etc.) como de hecho ya ocurre en las actividades del PWG de la ESA y en la preparación de la respuesta al AO de esta misión.

Desde un punto de vista tecnológico los hitos más importantes del proyecto serán seguir desarrollando la tecnología de retardadores basados en cristales líquidos para uso en misiones espaciales y el desarrollo de un inversor de parámetros de Stokes basados en FPGA/ASIC. Además, el presente proyecto y su desarrollo futuro permitirá la participación de las instituciones públicas y privadas españolas dedicadas a misiones espaciales con un altísimo grado de visibilidad en la misión ESA.

- ◆ **3.2.** Indicar los **antecedentes y resultados previos**, del equipo solicitante o de otros, que avalan la validez de la hipótesis de partida

El equipo IMaX/*SUNRISE* ha participado durante los últimos tres años en el desarrollo del instrumento habiendo avanzado en éste hasta llegar a su fase de diseño crítico (CDR). Los retrasos han sido de apenas medio año sobre la planificación hasta día de hoy. En la actualidad estamos adaptando el proyecto a la planificación establecida en *SUNRISE* que ha sufrido retrasos mucho más considerables. Debemos destacar en este contexto que las agencias financieras alemanas (DLR) y americanas (NASA) firmarán próximamente un *Memorandum of Understanding* para clarificar el estado de la misión y las responsabilidades de cada una de estas agencias. A día de hoy se ve con claridad la necesidad de este acuerdo, que debería haber existido desde el principio del proyecto. La contribución española (IMaX y el análisis térmico global) tiene unas interfaces más claras con el proyecto y se espera firmar un acuerdo más simplificado que el necesario entre DLR y NASA (que en la parte de telescopio y góndola tiene unas interfaces muy complejas). La necesidad de este acuerdo ha sido especialmente promovida por la DLR que ha visto aumentada la inversión necesaria, muy especialmente por culpa de

los problemas con el espejo primario. Por ello, la DLR quiere ver la inclusión firme del vuelo de *SUNRISE* en el programa de vuelos polares de la NSBF/NASA.

IMaX prevé su integración hacia finales de 2006 (principio de 2007) teniendo una planificación holgada con respecto a la fecha de entrega del instrumento. El margen actual sólo debería ser usado si surgen complicaciones imprevistas durante la fase de AIV. En cualquier caso, y debido al retraso del proyecto *SUNRISE*, contamos con un margen muy superior al que teníamos cuando se solicitó el proyecto por primera vez (donde IMaX era el último instrumento en entrar en el proyecto). Desde el punto de vista financiero no se prevén problemas importantes en IMaX que se ha ajustado al presupuesto original con pequeños cambios. En este proyecto se solicita para IMaX la continuidad de los contratos de personal (que participarán también en *Solar Orbiter*) y algunos repuestos importantes.

El análisis térmico se ha realizado por parte del equipo del IDR/UPM con plena satisfacción de todo el proyecto *SUNRISE*. La incorporación del IDR/UPM permitió en su día poder definir los requerimientos térmicos de la misión que, de otro modo, hacia del todo imposible el normal desarrollo de ésta (destaquemos que un globo polar es un problema térmico complejo). En la actualidad con los tres escenarios que se barajan en el proyecto, vuelo continental de prueba, vuelo Ártico y vuelo Antártico la importancia de un concepto térmico robusto de la misión es enorme.

Con respecto al *Solar Orbiter* existen varias hipótesis de partida que deben tenerse muy presentes al evaluar este proyecto. Entre ellos la continuidad de la misión en el programa de la ESA y, en su caso, la pronta convocatoria del AO para la carga útil. Esto debería ocurrir en 2006 y la resolución del AO sería pública a finales de 2006 (o principios de 2007). En esta propuesta, estamos haciendo la suposición de que nuestro consorcio es elegido por ESA para la construcción del instrumento VIM. (No se conoce posible competidor europeo y sería muy difícil que pudiera aparecer. Podría existir, sin embargo, competidor norteamericano si NASA concretase su participación).

La participación en el proyecto VIM/*Solar Orbiter* es de muy alto nivel, tanto programático como financiero. Para avalar nuestra capacidad de llevarla a cabo presentamos dos circunstancias que deben ser correctamente valoradas. En primer lugar las actividades realizadas dentro del consorcio IMaX, que han llevado a que este sea el instrumento más avanzado de *SUNRISE*. En segundo lugar, destacaremos que ESA ha tenido como referencia clave a este consorcio para el desarrollo de las actividades definitorias de VIM. Estos dos hechos pueden contrastarse tanto con la institución IP de *SUNRISE* como con el equipo de SCI-A (ESTEC) que ha llevado las actividades del Solar Orbiter.

- ◆ **3.3.** Enumerar brevemente y describir con claridad, precisión y de manera realista (es decir, acorde con la duración prevista del proyecto) los **objetivos concretos** que se persiguen, los cuales deben adecuarse a las líneas temáticas prioritarias del Programa Nacional al que se adscribe el proyecto (*ver Anexo de la convocatoria*).

La novedad y relevancia de los objetivos (así como la precisión en la definición de los mismos) se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (*ver apartado Noveno de la Convocatoria*)

1. AIV de IMaX incluyendo recepción de luz solar y en la plataforma *SUNRISE* (prioridades 2.7 y 2.8).
2. Vuelo polar de *SUNRISE* (prioridad 1.1).
3. Diseño conceptual y preliminar VIM/*Solar Orbiter* (prioridades 1.1, 1.3, 1.4, 2.7 y 2.8).
4. Desarrollo de tecnologías especializadas para cargas útiles: ROCLIs, inversor FPGA (prioridad 2.7).

3.4. En el caso de Proyectos Coordinados (máximo dos páginas):

- el **coordinador** deberá indicar:
 - los objetivos globales del proyecto coordinado, la necesidad de dicha coordinación y el valor añadido que se espera alcanzar con la misma
 - los objetivos específicos de cada subproyecto
 - la interacción entre los distintos objetivos, actividades y subproyectos
 - los mecanismos de coordinación previstos para la eficaz ejecución del proyecto

Este proyecto tiene dos partes bien diferenciadas pero íntimamente relacionadas: la participación española en las misiones *SUNRISE* y *Solar Orbiter*. Dado que las dos misiones están en circunstancias programáticas muy distintas los objetivos del proyecto coordinado son distintos y cuentan con algún matiz en cuanto a las instituciones que participan en ellos. Este proyecto coordinado integra 6 instituciones públicas con diferentes niveles de participación:

- IAC: Coordinador de la propuesta. Co-I de *SUNRISE*. IP de IMaX/*SUNRISE*. Co-IP de propuesta VIM/*Solar Orbiter*.
- LINES/INTA: Participación IMaX/*SUNRISE*. Co-I propuesta VIM/*Solar Orbiter*.
- IAA: Participación IMaX/*SUNRISE*. Co-I propuesta VIM/*Solar Orbiter*.
- GACE/UV: Participación IMaX/*SUNRISE*. Co-I propuesta VIM/*Solar Orbiter*.
- IDR/UPM: Participación *SUNRISE*. Participación VIM/*Solar Orbiter*.
- UB: Participación VIM/*Solar Orbiter*.

El consorcio IMaX continúa formado por las cuatro instituciones originales. Durante el desarrollo del proyecto en vigor no se ha producido ningún cambio de responsabilidades. De hecho, creemos que el reparto original que se presentó en la vigente propuesta de IMaX, y que requirió de varias iteraciones, fue muy acertado.

Desde hace un poco más de dos años estamos interaccionando activamente con los encargados del análisis térmico de la misión: el equipo del IDR/UPM. A partir de esta propuesta, este grupo pasará a formar parte de la coordinación aquí presentada. En el organigrama de *SUNRISE* este grupo ha permanecido directamente debajo de la institución IP (MPS). Esto seguirá siendo así durante el desarrollo del presente proyecto y para el IDR/UPM, IMaX es uno más de los tres instrumentos a bordo de *SUNRISE*. IMaX cuenta con su ingeniería térmica del lado de INTA y la comunicación entre los dos equipos ha sido, en todo momento, muy fluida. Debemos destacar que la inclusión del IDR/UPM en este proyecto tiene un beneficio añadido importante. En concreto, el co-I español de *SUNRISE* (y coordinador de esta propuesta) ha podido mostrar un grado mayor de compromiso por parte del PNE en esta misión en las discusiones del equipo científico de la misión (compuesto por el IP, el científico del proyecto, un co-I alemán, dos co-Is estadounidenses y un co-I español).

En lo referente a la participación en el instrumento VIM del *Solar Orbiter*, se ha promovido en todo momento el mantenimiento de este consorcio de cara a concretar la participación española en esta misión. Teniendo esto presente, hemos definido nuestros intereses dentro del consorcio internacional del instrumento, intentando mantener el reparto de responsabilidades existentes en IMaX/*SUNRISE*. Además, al incluir *Solar Orbiter* aspectos relacionados con el medioambiente espacial se han establecido contactos con los grupos españoles dedicados a esta temática, la Universidad de Barcelona y la de Alcalá de Henares. Ambas han mostrado interés en implicarse en nuestra propuesta. En estos momentos ya lo hace la UB y la de Alcalá lo haría más adelante.

Los objetivos específicos de cada subproyecto son:

IAC: continuar con la gestión y coordinación de IMaX finalizando la fase de AIV. Calibración con luz solar en telescopio de IMaX. Vuelo científico de *SUNRISE*. Para el VIM/*Solar Orbiter* IAC creará una oficina del proyecto encargada de la gestión, coordinación con la oficina del proyecto en Alemania, control de calidad de la parte española. Software de vuelo y liderazgo científico. Elementos de MGSE.

LINES/INTA: finalización de la fase de AIV de IMAx en sus instalaciones y en Lindau. Para el VIM/*Solar Orbiter*, INTA adquirirá la responsabilidad global del FDT de VIM (incluyendo la integración de este telescopio), de los moduladores de polarización (PMP) basados en cristal líquido para el HRT y el FDT. INTA liderará las actividades de desarrollo de ROCLIs junto con la empresa vallisoletana durante este proyecto. Para VIM prevé adquirir responsabilidades a nivel de sistemas (protección de radiación y otros).

IAA: finalización de la fase de AIV en INTA y en Lindau. Vuelo científico de *SUNRISE*. Para el VIM/*Solar Orbiter*, IAA llevará la responsabilidad de la electrónica del instrumento. En particular desarrollará el inversor electrónico de la ecuación de transporte radiativo para el análisis científico de los datos a bordo. EGSE. Participará en la definición científica del instrumento.

GACE: finalización de la fase de AIV de IMAx en INTA y en Lindau. Elementos estructurales de VIM (caja de electrónica). MGSE. Software de compresión de datos. Participará en la definición científica del instrumento.

IDR/UPM: estudio térmico de *SUNRISE* hasta el vuelo científico. Para el VIM/*Solar Orbiter* se hará cargo del análisis térmico y estructural del instrumento.

UB: En VIM/*Solar Orbiter* colaborará en el diseño de la electrónica del instrumento. Fuente de alta y media tensión. Participará en la definición científica del instrumento.

Los mecanismos de gestión y coordinación en el proyecto IMAx han sido diversos. En el día a día ha funcionado el correo electrónico, la página Web del proyecto* y las conversaciones telefónicas. En épocas más críticas se han mantenido tele-conferencias con regularidad entre los gestores del proyecto. Se han organizado tandas de video-conferencias y reuniones bilaterales para temas específicos como ROCLIs y software que son llevados básicamente entre sólo dos instituciones. Si bien de esta manera se ha podido avanzar regularmente en el proyecto, las reuniones periódicas del consorcio IMAx han sido el elemento básico que ha mantenido la unidad de acción dentro del proyecto. Estas reuniones se han convocado en función de las necesidades de cada momento, con mayor intensidad cerca de las revisiones conceptuales (2003) y preliminar (2004). Se han mantenido reuniones del consorcio global *SUNRISE* anualmente. En el 2003 el encuentro *SUNRISE* fue organizado por el IAA en Granada y en 2005 por INTA en Torrejón (en 2004 en Friburgo, Alemania). Si a esto añadimos que todo el equipo ha mantenido reuniones ocasionales (junto con los colegas alemanes) para la planificación del AO del *Solar Orbiter* se podrá tener una idea del contacto casi permanente que se ha mantenido en el proyecto. Durante la fase de AIV estos contactos serán todavía más frecuentes (como se está demostrando con el proceso de aceptación de componentes). A fin de facilitar la fase de AIV, el IAC ha destacado al ingeniero de sistemas del instrumento (Juan Carlos González) en las instalaciones de INTA. El coordinador de esta propuesta, y ocasionalmente la gestora del proyecto, han participado en las reuniones de los co-Is del proyecto (típicamente a mitad de camino entre dos reuniones del consorcio). Estas reuniones han sido el foro donde se han discutido los problemas programáticos surgidos en el proyecto a raíz de casos como el del espejo primario.

Para el caso de VIM/*Solar Orbiter* se llevará a cabo una estrategia similar. Sin embargo dada la mayor complejidad de este proyecto (liderazgo ESA, más instituciones, empresas), se ha decidido montar una oficina del proyecto que estará compuesta por la gestora del proyecto, un ingeniero de control de calidad, un ingeniero de sistemas y el co-IP del instrumento. Esta oficina realizará el control de calidad de la parte española del proyecto y estará en contacto con la oficina equivalente del lado alemán y/o con el equipo en ESA.

Consideramos que el papel de la oficina del proyecto es crucial para el normal desarrollo de la participación española en VIM/*Solar Orbiter* dada su magnitud y al incluir importantes interacciones con la industria espacial nacional.

* <http://www.iac.es/proyect/IMaX>

4. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO (en el caso de proyectos coordinados deberá abarcar a todos los subproyectos)

Se debe **detallar y justificar con precisión la metodología y el plan de trabajo** que se propone y debe exponerse la planificación temporal de las actividades, incluyendo cronograma (se adjunta un posible modelo a título meramente orientativo).

- ◆ El plan de trabajo debe desglosarse en actividades o tareas, fijando los hitos que se prevé alcanzar en cada una de ellas. En los proyectos que empleen el Hespérides o se desarrollen en la zona antártica, deberán también incluir el plan de campaña en su correspondiente impreso normalizado.
- ◆ En cada una de las tareas debe indicarse el centro ejecutor y las personas (ver apartados 2.1, 2.2 y 2.3 del formulario de solicitud) involucradas en la misma. Si en el proyecto participan investigadores de otras entidades no relacionados en el apartado 2.3 del formulario de solicitud, deberán exponerse los méritos científicos que avalan su participación en el proyecto.
- ◆ Si solicita ayuda para personal contratado justifique claramente su necesidad y las tareas que vaya a desarrollar.

La adecuación de la metodología, diseño de la investigación y plan de trabajo en relación con los objetivos del proyecto se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (ver *apartado Noveno de la convocatoria*).

4.1 Consorcio IMaX y UPM en *SUNRISE*

4.1.1 Descripción general del desarrollo

El instrumento IMaX se desarrolla por un consorcio de cuatro instituciones españolas con amplia experiencia en la participación en proyectos espaciales como son el IAC (Tenerife, Coordinadora), IAA (Granada), GACE (Valencia) y LINES/INTA (Madrid). Este consorcio está realizando IMaX íntegramente en España y en colaboración con la industria nacional. Además de este instrumento, una contribución adicional española al proyecto *SUNRISE* es el análisis y diseño térmico de toda la misión *SUNRISE* a nivel de sistemas, realizado por la UPM. A continuación se describen los contenidos de la participación en las tareas del proyecto de cada miembro del consorcio IMaX, así como la participación de la UPM en *SUNRISE*.

4.1.1.1 Subproyecto IAC

La participación del subproyecto del IAC incluye las siguientes tareas:

IMaX EGSE: Esta herramienta software de gran importancia para la integración de IMaX a nivel de instrumento y a nivel de subsistema dentro de *SUNRISE*, a la vez que imprescindible durante los días del vuelo para la interacción con IMaX (envío de telecomandos, recepción de telemetría, almacenamiento de los datos de ciencia mínima), está siendo producido en el IAC en un entorno de desarrollo de software común a todos los instrumentos, asegurándose así la compatibilidad total a nivel de software de EGSE durante la integración de todo *SUNRISE*. Este desarrollo lo lleva a cabo el ingeniero contratado en el IAC para el proyecto IMaX y del que se solicita su continuación.

Calibración de los Fabry Perots: Los filtros sintonizables tipo Fabry Perot son un elemento clave para el correcto funcionamiento de IMaX y de la relevancia científica de los datos obtenidos. Han sido recibidos por el equipo a finales de 2005. Dada su importancia, se decidió dedicar un paquete de trabajo bajo responsabilidad del Coordinador del proyecto (y con colaboración directa del equipo de INTA) a la detallada caracterización de estos elementos ópticos. No sólo se trata de la verificación de las prestaciones de los Fabry Perots según las especificaciones del suministrador, sino también de adquirir un profundo conocimiento de su comportamiento en función de las condiciones ambientales (presión, temperatura, vibraciones, etc.) para poder diagnosticar y remediar irregularidades en su funcionamiento en un ambiente hostil como puede darse durante el vuelo de prueba o durante la misión científica. Un etalón de prueba (sin calidad óptica ha sido completamente caracterizado en cuanto a su respuesta a las elevadas rampas de voltaje necesarias en IMaX. Los etalons de vuelo (calidad óptica y con carcasa presurizada) están actualmente en proceso de aceptación. En el marco del proyecto que se solicita sólo queda pendiente la prueba de los etalones de vuelo con luz solar en uno de los telescopios solares del Observatorio del Teide.

Integración y pruebas: Esta última fase de la construcción de IMaX es el momento en donde los diferentes subsistemas se conectan entre ellos. Dado el carácter de coordinador del IAC de la presente propuesta, el equipo de este instituto participará y liderará en todo momento esta fase que se realiza en el LINES/INTA. Para ello el IAC ha desplazado al ingeniero de sistemas del instrumento (Juan Carlos González) a las instalaciones de este equipo en Torrejón. Por la misma razón, LINES/INTA tiene un papel de co-responsabilidad concretada en la figura de *test manager* (que se describe en la sección correspondiente al subproyecto INTA). El IAC deberá aceptar el plan de integración de todos los subsistemas así como las pruebas de verificación y funcionalidad del instrumento completo. Finalización de esta fase está prevista en Diciembre del 2006.

Test de IMaX con luz solar: Una vez integrado en los laboratorios de LINES/INTA (Madrid), IMaX se someterá a pruebas con luz solar en uno de los telescopios solares del Observatorio del Teide. La necesidad de usar luz solar surge de la calibración del etalón en la línea espectral concreta que usará IMaX (Fe I 5250.6 Å). Para este propósito no sirven las lámparas de continuo normalmente utilizadas en el laboratorio.

Preparación vuelo antártico: En concepto de la preparación del vuelo en la Antártica (o Artico) en el 2009, el IAC como instituto coordinador e interlocutor con el proyecto *SUNRISE* se encargará de resolver la logística de las distintas fases de integración de IMaX con la carga útil de *SUNRISE* y con la barcaza. Se formará un equipo de personal técnico especializado compuesto de personal de los subproyectos para llevar a cabo las tareas de integración y pruebas con *SUNRISE* según normativas y procedimientos definidos por la coordinación central del proyecto *SUNRISE*.

Explotación científica de IMaX: Descripción del tipo de datos finales del proyecto y diferentes niveles de calibración. Desarrollo del software necesario para la reducción y análisis de los datos. Realización de reuniones nacionales y en colaboración con el proyecto *SUNRISE*, para el aprovechamiento científico de los datos del proyecto. Construcción de una base de datos IMaX.

La preparación de la explotación científica exige el desarrollo de software de tratamiento, análisis, visualización de datos y acceso a los mismos que en el marco del presente proyecto queda asignado al personal científico de los subproyectos, coordinados por el coordinador del proyecto. Para ello se solicitan como medida de apoyo fundamental estudiantes de doctorado dentro del programa FPI en algunos subproyectos.

En el marco general del proyecto, el IAC ejercerá además las siguientes responsabilidades:

Coordinación y gestión global del proyecto: El IAC es la institución que lidera este proyecto tanto desde el punto de vista técnico como científico. El control de la documentación oficial del proyecto se hará a través de una página Web responsabilidad del IAC y que estará localizada en este instituto. El IAC es el responsable del proyecto ante los organismos del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Coordinación con el resto del consorcio *SUNRISE*: El IAC es el único instituto que mediará de forma oficial con el resto de los miembros del consorcio *SUNRISE*, muy en particular con el líder del proyecto el MPS (Lindau). El IAC deberá velar por los intereses del consorcio español en este proyecto. El Coordinador del proyecto, Dr. Valentín Martínez Pillet, es co-investigador de los proyectos *SUNRISE* presentados a la DLR y a la NASA.

4.1.1.2 Subproyecto INTA

La participación del subproyecto INTA consiste, como continuación de los trabajos realizados durante las fases de diseño conceptual y preliminar desarrolladas anteriormente, en las siguientes actividades:

Opto-mecánica: diseño detallado, especificación, fabricación y aceptación de los elementos de sujeción de los elementos ópticos incluyendo los sistemas posicionadores necesarios, así como los mecanismos requeridos para el control del instrumento (i.e.: mecanismo de diversidad de fase) garantizando el cumplimiento de los requerimientos del instrumento.

Diseño óptico: diseño detallado de la óptica del instrumento. Esta actividad incluye la optimización del diseño, la especificación detallada de los componentes ópticos y sus tolerancias de fabricación y montaje. Estas tareas se realizarán mediante el software de diseño óptico CODE V.

Análisis de luz difusa: realización de un análisis detallado de luz difusa del instrumento mediante el desarrollo de modelos geométricos con el software ASAP. De las conclusiones establecidas tras este estudio se diseñarán y especificarán los apantallamientos ópticos necesarios para satisfacer los requerimientos de luz difusa del instrumento. Asimismo se evaluarán las posibles imágenes fantasmas, estableciendo los métodos adecuados (inclinación de elementos ópticos, apantallamientos, etc.) para su eliminación ó disminución hasta los niveles requeridos.

Diseño térmico: realización de un análisis detallado de las condiciones ambientales que soportará el instrumento para la elaboración del diseño detallado del subsistema térmico, su fabricación, integración, verificación y aceptación.

Caracterización y calibración de los ROCLIs: Realización de las pruebas adicionales necesarias a partir de los resultados obtenidos de la caracterización de los ROCLIs en las condiciones ambientales de la misión. Calibración de los ROCLIs así como del conjunto de modulación de polarización.

Integración y pruebas INTA: se desarrollará detalladamente y ejecutará el plan de integración de los subsistemas correspondientes a INTA que incluye el montaje, alineado y verificación de los componentes, así como la contribución al plan de pruebas del instrumento completo. La participación y responsabilidad del INTA en la fase final de AIV será muy relevante debido a que la integración final del instrumento se realizará en las instalaciones del INTA y será necesaria la utilización su equipamiento. Para la coordinación y realización de las diferentes actividades asociadas, cuya responsabilidad final

corresponde a la institución coordinadora IAC, se designará a un *test manager* por parte del INTA que será el responsable de las pruebas realizadas con equipamiento del INTA. Entre las actividades previstas durante esta fase de AIV, cabe destacar las pruebas ambientales (mecánicas, vacío-térmicas). Estas tareas, aún siendo a nivel de sistema, requerirán una alta participación y una elevada carga de trabajo del equipo del INTA.

Asimismo conviene resaltar que la caracterización de los diferentes subsistemas previa a la fase de integración (cámaras CCDs, etalones, calibración con luz solar...) requerirá también un fuerte apoyo logístico, de infraestructura y de personal del INTA tal y como ha quedado patente durante el desarrollo de las últimas fases. Todas estas tareas no se reducen sólo a un apoyo puntual técnico para utilización de las instalaciones y equipamiento, si no también a una intensa colaboración en el desarrollo y análisis de la respuesta de los subsistemas. De la misma forma, el proceso de integración de IMAx en la carga útil de *SUNRISE* en el MPS (Lindau, Alemania) requerirá una alta participación en la elaboración del plan de integración y ensayos, y en la realización del mismo. En este sentido, el alineamiento óptico del instrumento con el telescopio, el *test end-to-end* y las interfaces térmicas serán algunas de las tareas principales.

Finalmente, será necesaria la participación durante las fases operativas del instrumento (vuelos en Ártico y Antártida).

Por todo ello, resulta de imprescindible la **continuidad de los contratos de personal especializado (2)** que forman parte del equipo que está llevando acabo estas tareas fundamentales. También es completamente necesaria la **continuidad de la beca de post-grado** que ha permitido la realización de la caracterización de los ROCLs y cuya tarea futura es la puesta a punto de un polarímetro para la calibración del sistema modulador de polarización. Estas tareas han permitido el inicio de una **investigación en el campo de física de materiales (propiedades ópticas)** que formará parte de una **tesis doctoral**.

Dentro del marco de este proyecto, las actividades de mayor relevancia durante el periodo 2007-2009 se prevén que sean las relacionadas con la calibración de IMAx con luz solar, fase de AIV de IMAx en *SUNRISE* (incluido la elaboración del plan de integración y verificación), las preparatorias de los vuelos en el Ártico y en la Antártica, así como las verificaciones y ajustes necesarios durante las campañas de vuelo.

4.1.1.3 Subproyecto IAA

El objetivo fundamental del subproyecto del IAA durante las fases de integración y vuelo es proporcionar el soporte necesario tanto en lo que se refiere a la electrónica como a los programas de control y adquisición. Así mismo será necesario el ajuste de dispositivos tras cualquier procedimiento de integración. Durante estas etapas se verificarán el cumplimiento de requerimientos técnicos impuestos al instrumento y, fundamentalmente, las especificaciones de los interfaces entre los subsistemas tanto de IMAx como de *SUNRISE*. Un aspecto importante será la construcción y verificación de subsistemas de repuesto que permitan un cambio apropiado y rápido en caso de fallo. Para ello es necesario realizar las pruebas de verificación de acuerdo con los procedimientos de la AIV,

así como la calibración del subsistema correspondiente. De acuerdo con el desarrollo que ha tenido la electrónica y los programas de vuelo de IMaX, podemos detallar los siguientes apartados:

Subsistema de adquisición: Su misión consiste en adquirir y digitalizar la señal de dos cámaras CCD, diseñadas específicamente para IMaX y construidas por Photonic Science en Gran Bretaña, en adaptar todos los niveles de señal tanto digitales como analógicos, así como en generar toda la relojería de lectura de los sensores y sincronismo con el resto de subsistemas del magnetógrafo, de manera que los intervalos entre medidas sean lo más pequeños posible. En las fases de integración y calibración desempeña un papel fundamental el programa que controla y adquiere las imágenes.

Subsistema de control. Los requerimientos de velocidad en la adquisición de imágenes obligan a la utilización de una DPU muy rápida y potente, de manera que la transferencia del enorme volumen de datos sea posible sin pérdida alguna de información. Por otro lado, la ausencia casi completa de teledatada implica el uso de una memoria muy grande de almacenamiento permanente. Asimismo debe hacer de interfaz entre el instrumento y el resto de los experimentos. Al igual que el de adquisición, el programa de control se sitúa en el punto central de este subsistema, adecuándose convenientemente durante la fase de integración y verificación de IMaX y *SUNRISE*. Debe ejecutar el proceso en tiempo real identificando las tareas más críticas del mismo. Por otro lado debe seguir unas estrategias definidas de observación durante el vuelo de *SUNRISE*. Controla así mismo el almacenamiento de datos. Tendrá una interfaz de usuario que es responsabilidad del IAC.

Potencia y Actuadores. Se encarga de suministrar la energía necesaria, generando y filtrando todos los voltajes adecuados, para cada uno de los subsistemas del magnetógrafo. Los circuitos que proporcionan la corriente a los elementos móviles (mecanismo diversificador de fase) o fijos (etalones, ROCLI) son también su responsabilidad. Controla las temperaturas de algunos de estos elementos que necesitan estabilidad térmica. Una vez integrado en *SUNRISE*, se deben verificar las especificaciones impuestas en los documentos de interfaz ya que constituyen uno de los subsistemas más críticos para la carga útil.

La ejecución de las tareas técnicas que aseguran el cumplimiento de los objetivos fundamentales del subproyecto IAA se reparte en las distintas fases del proyecto como sigue:

Fase de AIV en el INTA: Durante esta etapa, la participación del IAA será incesante y proporcionará las entradas suficientes para las ulteriores versiones de los programas de vuelo de adquisición y control. Posteriormente a las pruebas se deberá dar soporte a las calibraciones.

Integración en *SUNRISE*: En esta fase, IMaX se integrará con el resto de instrumentos de la plataforma y con los dispositivos de control del globo. La carga de trabajo de *hardware* se ve reducida en esta fase a labores de asistencia en el montaje y ensamblado de la plataforma. Estas labores serán necesarias también durante los vuelos de prueba, si los hubiere, o durante el vuelo ártico o antártico.

Optimización de versiones de los programas de control y adquisición: La experiencia en otros instrumentos a bordo de satélites nos demuestra que los programas están mejorándose y verificándose justo hasta la fase de lanzamiento. Por tanto, aunque siempre basada en una versión estable y funcionalmente correcta del software, durante la duración del proyecto habrá que retocar los programas de vuelo y validarlos posteriormente. Cada etapa de pruebas e integración dará lugar al menos a una

nueva versión de los dos paquetes de software de a bordo: el de control y el de adquisición. Cada nueva versión tendrá una fase de diseño, con cambios en la documentación, una fase de programación y una fase de validación, tras la que se integrará en IMaX. Este trabajo se realizará en las siguientes etapas:

- Tras la integración y pruebas de IMaX en el INTA.
- Tras las primeras pruebas de IMaX en VTT.
- Tras las primeras pruebas de integración con *SUNRISE*
- Antes de finalizar la integración con *SUNRISE*
- Antes del vuelo (¿última versión?)
- Incluso durante el propio vuelo

Esto supone una notable carga de trabajo que necesita ser coordinada de manera efectiva para que los dos paquetes de SW converjan de manera adecuada.

En paralelo a las labores meramente tecnológicas, el IAA quiere contribuir también a los aspectos científicos del proyecto. No hemos de olvidar que los objetivos científicos del proyecto no acaban con el propio vuelo. Al contrario, la enorme cantidad de datos de alta calidad que esperamos hace necesaria su correcta planificación, gestión y procesamiento para que la fase de explotación de los mismos sea exitosa. Debemos de tener en cuenta que los miembros del consorcio tendremos acceso a todos los datos de todos los instrumentos con lo que habrá que preparar la comparación con las medidas de otros instrumentos, así como el análisis de ellas mismas. Conscientes de las limitaciones presupuestarias del Programa Nacional, solicitamos una beca del Programa de Formación del Personal Investigador para que el doctorando se forme convenientemente. La preparación de nuevos físicos solares capaces de explotar los resultados científicos ha de comenzar bien antes del término del proyecto. Para ello dispondrá como banco de pruebas observacional del polarímetro VIP, desarrollado por el KIS (Friburgo, Alemania) y el IAA, utilizando precisamente la electrónica de control de ROCLI diseñada y construida en el IAA para el proyecto IMaX.

4.1.1.4 Subproyecto GACE

GACE es responsable en el proyecto IMaX de casi todos los elementos estructurales necesarios para albergar los sistemas electrónicos y ópticos. Concretamente su responsabilidad se centra en:

- Cámaras de protección del instrumento,
- Análisis estructural del instrumento,
- Embalaje para el transporte
- Desarrollo de software para el procesado y análisis de los datos.

Al final del proyecto ahora vigente IMaX habrá sido integrado, y un prototipo de la caja de la electrónica de proximidad, fabricado en 2006 habrá formado parte del vuelo de prueba que tendrá lugar en otoño 2006 en Texas, EEUU.

Cámaras de protección del instrumento: En los primeros dos años del proyecto GACE proporcionará soporte durante las diferentes actividades de integración, calibraciones, transporte. Se realizará un especial seguimiento de los sellados de las cajas presurizadas y del comportamiento de fijaciones, conectores y válvulas. Estudio de los resultados de las pruebas medioambientales generados en el AIV de IMaX/SUNRISE.

Análisis estructural del instrumento: GACE realizará la evaluación de los resultados de las pruebas ambientales, en relación con estabilidad mecánica y la estanqueidad.

Embalaje para el transporte: GACE proporcionará los contenedores que se requieran para un transporte que asegure un ambiente dentro de los límites especificados para todos los subsistemas del IMaX.

Tareas científicas: En preparación para la explotación científica de IMaX, GACE continuará desarrollando software para el tratamiento de las imágenes obtenidas por nuestro instrumento, sólo y/o coordinado con los otros instrumentos de **SUNRISE**, en el marco de las tareas asignadas a los becarios de investigación **FPI**.

En relación con el vuelo científico de **SUNRISE**, se dará soporte al transporte de **SUNRISE**. Una persona del GACE asistirá al centro de recepción de datos de **SUNRISE** en EEUU durante la duración del vuelo. Se participará en la verificación preliminar de los datos recibidos y en el desarrollo de software para el procesado y análisis de los datos.

4.1.1.5 IDR-UPM en **SUNRISE**

En el transcurso del desarrollo del proyecto *SUNRISE* se detectó la necesidad de llevar a cabo un diseño térmico dedicado, consecuencia del aumento de los requisitos de disipación de energía eléctrica necesarios para la realización de los experimentos, con respecto a los que son habituales en este tipo de misiones. El Instituto IDR-UPM se encarga del control térmico de la estructura PFI (Post Focus Instrumentation) y del rack de equipos electrónicos de la estructura PFI, elementos muy exigidos desde el punto de vista térmico, así como del control térmico a nivel de sistemas de *SUNRISE*, es decir la coordinación del diseño térmico global.

Es un hecho a destacar que el ambiente que va a rodear a la carga útil *SUNRISE* durante el desarrollo de su misión es sensiblemente parecido, desde el punto de vista térmico al menos, a las condiciones de ambiente espacial que rodea a un instrumento embarcado en un vehículo espacial genérico, ya que la reducida densidad de la atmósfera residual disminuye sensiblemente el transporte convectivo de calor, colocando al transporte conductivo y radiativo como principales medios para la transmisión de calor. Por ello, la evacuación del calor producto de la disipación de energía eléctrica y de las cargas térmicas exteriores (radiación solar, albedo y radiación infrarroja de la Tierra) debe realizarse básicamente por radiación.

El proyecto consta de varias fases. En primer lugar se ha analizado el concepto del proyecto desde el punto de vista térmico con el fin de realizar un análisis de viabilidad (fase A). Se continúa con los diseños preliminar (fase B) y detallado (fase C), definiendo un modelo térmico matemático para cada uno de los conjuntos de equipos mencionados. Una vez verificados estos modelos se integrarán en un modelo térmico global el telescopio, la estructura PFI, los racks de la electrónica, el globo, la góndola de transporte y todos sus instrumentos y accesorios.

Como resultado del trabajo debe definirse una configuración térmica (disposición de equipos, geometría, propiedades termo-ópticas de las superficies, acoplamientos conductivos, etc.) que garantice que se cumplen todos los requisitos térmicos: todos los equipos se encuentran en un ambiente térmico adecuado, se mantienen los límites de temperaturas dentro de los intervalos de funcionamiento y los gradientes térmicos se limitan a los valores especificados. Así mismo se determina si es necesario incluir en el diseño elementos de control térmico como mantas aislantes

multicapa, *heat pipes* o radiadores, en cuyo caso hay que dimensionarlos y definir sus parámetros de funcionamiento.

El equipo de la UPM validará el modelo mediante el análisis de los resultados obtenidos en el vuelo de prueba, que está previsto que se realice en Fort Sumner (Nuevo Méjico) en otoño de 2006, y mediante la realización de ensayos térmicos, que habrá que definir, llevar a cabo y analizar.

El diseño térmico en este tipo de proyectos está estrechamente ligado al diseño estructural. Debido a los retrasos en el desarrollo del proyecto y a petición del Instituto MPS, encargado de la ingeniería de sistemas, el IDR ha propuesto asesorar a dicho Instituto en las actividades relacionadas con el diseño y análisis de estructuras relacionadas con el conjunto del sistema (en particular la góndola).

4.1.2 Organización del proyecto

IMaX y la UPM forman parte del proyecto *SUNRISE* tal como queda reflejado en el organigrama en la Figura 6. El punto de contacto del subproyecto IMaX con el proyecto coordinador *SUNRISE* y viceversa siempre será el IAC en su función de instituto IP de IMaX.

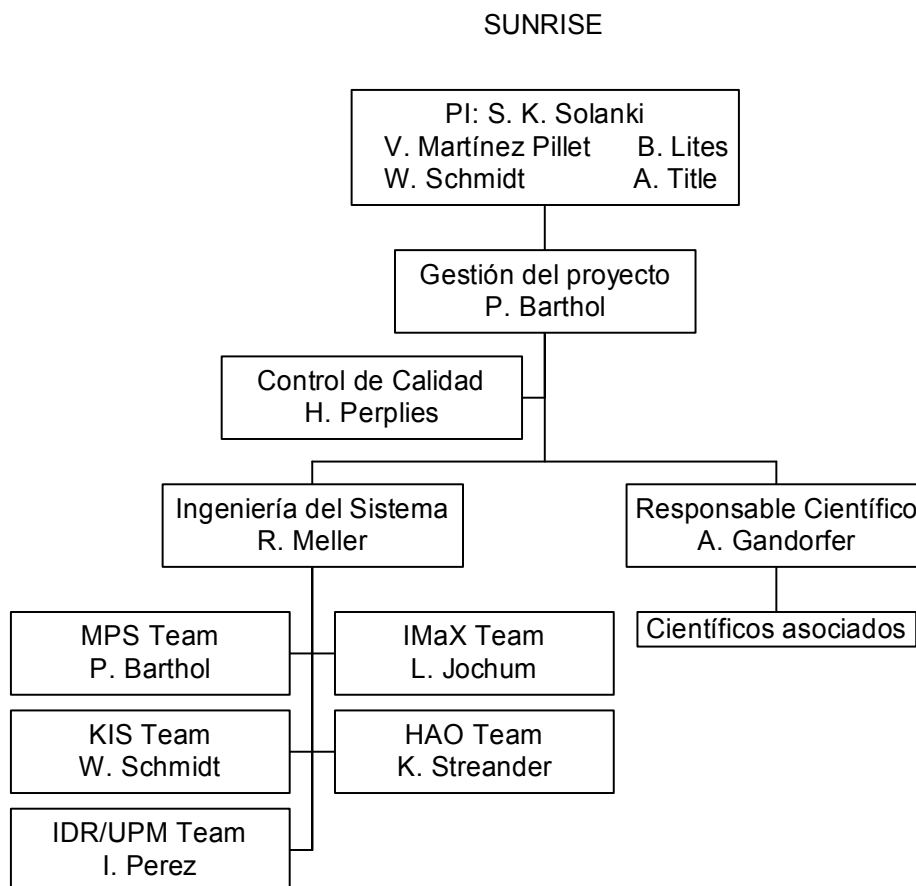


Figura 6: Organigrama del proyecto *SUNRISE*

Dentro del proyecto *SUNRISE*, IMaX se desarrollará bajo la estructura organizativa mostrada en la Figura 7.

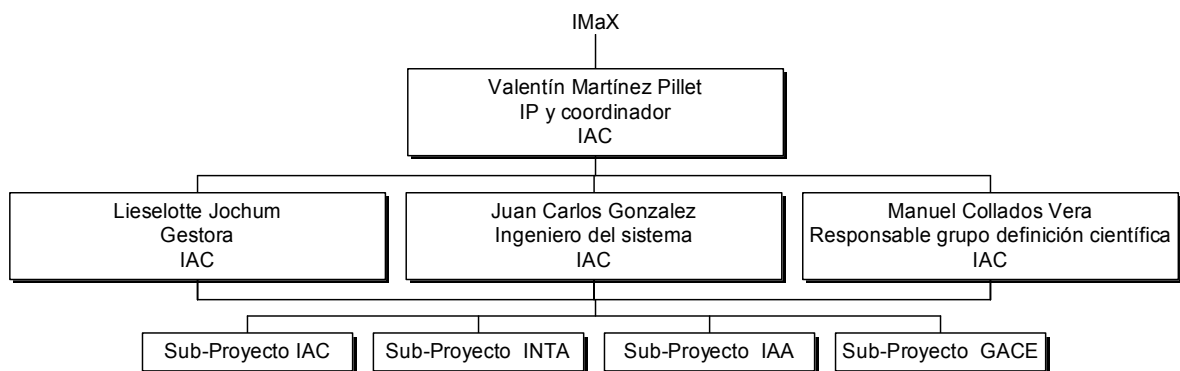
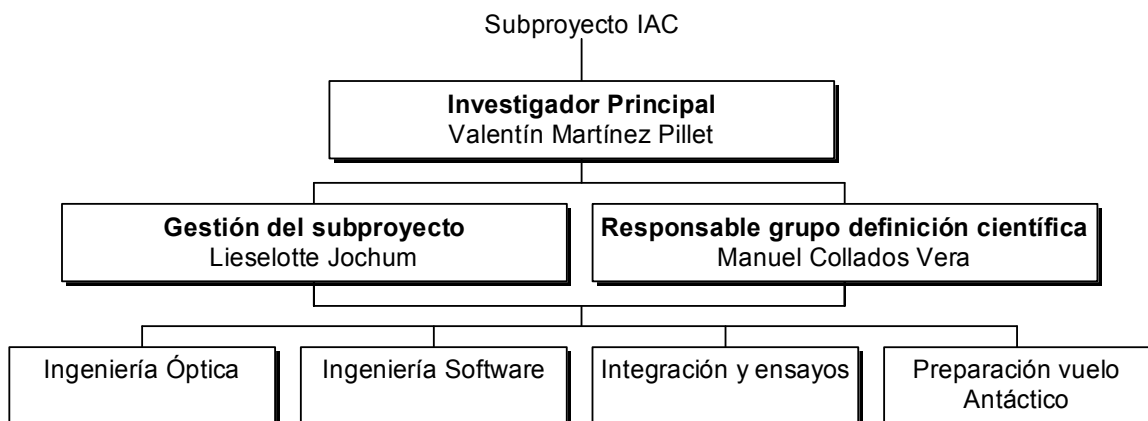


Figura 7: Organigrama del proyecto coordinado

En su función de coordinador, el Dr. Valentín Martínez Pillet se responsabiliza de la correcta ejecución del proyecto ante el organismo financiador, garantizando el cumplimiento de los requerimientos, plazos y costes establecidos. Para realizar el control y la coordinación del proyecto en todos sus aspectos con máxima eficacia, se introducen las secciones de gestión técnica y gestión científica en el nivel de la coordinación de los cuatro subproyectos. Es una estructura organizativa recomendada que se ha decidido adoptar en similitud con la del proyecto *SUNRISE* (ver Figura 6).

A continuación se muestran los organigramas de cada subproyecto, seguidos por una lista del personal vinculado a este y una breve descripción de la función que cumple cada uno.

4.1.2.1 Organigrama y personal del subproyecto IAC



Valentín Martínez Pillet: Investigador principal del subproyecto IAC. Se responsabiliza ante el proyecto coordinador del correcto cumplimiento de los objetivos científicos dentro de los plazos y del presupuesto establecido. En particular, es responsable de la calibración de los Fabry-Perots y de la planificación y coordinación del vuelo Antártico, preparativos y logística relacionada.

Manuel Collados Vera: Responsable del grupo de definición científica. Gestiona la definición de los requerimientos científicos de IMaX y el asesoramiento de las disciplinas técnicas en cuestiones de priorización de los requerimientos durante los estudios de alternativas. Es responsable de la ingeniería

del software. Compartido con la Dra. Lieselotte Jochum lleva parte de la responsabilidad en la fase de integración del Instrumento. Informa al investigador principal.

Basilio Ruiz Cobo: Grupo de definición científica. Liderará el estudio que permita definir la adecuación de la línea espectral elegida en el proyecto y el mejor uso de los datos obtenidos a través de técnicas de inversión. Propondrá alternativas a las líneas seleccionadas dentro del rango espectral que observará IMaX. Este estudio incluirá las líneas fotosféricas y cromosféricas. En colaboración con la Dr. Inés Rodríguez Hidalgo gestionará la web del proyecto

José Antonio Bonet Navarro: Grupo de definición científica. Definirá las técnicas de diversidad de fase a usar en IMaX. Colaborará con el grupo de diseño óptico en los estudios de calidad de imagen y su relación con las técnicas antes mencionadas.

Inés Rodríguez Hidalgo: Grupo de definición científica. Llevará junto con el Dr. Basilio Ruiz Cobo el estudio de las líneas espectrales seleccionadas. Gestionará la Web pública del proyecto y liderará las tareas de divulgación que en él se desarrollen.

Santiago Vargas: Grupo de definición científica. Colabora con Jose Antonio Bonet en la definición de técnicas de diversidad de fase para IMaX. (FPI)

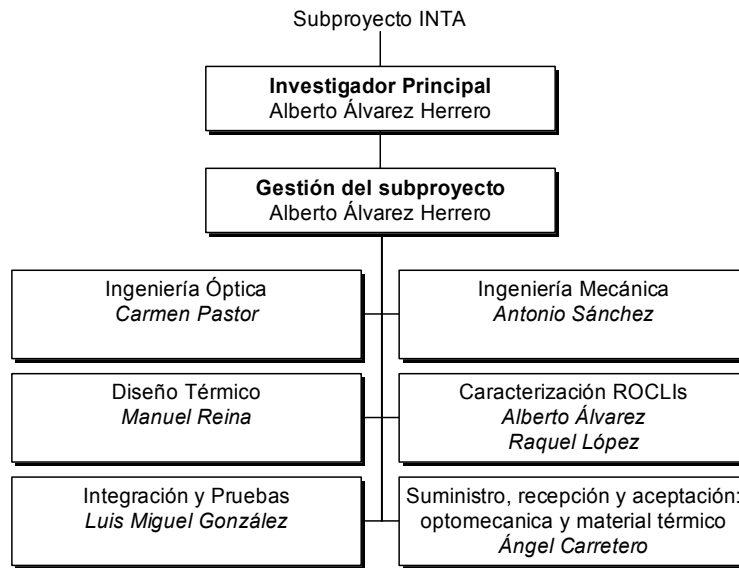
Lieselotte Jochum: Gestora técnica del subproyecto. En estrecha colaboración con el grupo de definición científica gestiona el correcto desarrollo de los requerimientos científicos en soluciones técnicas dentro de los plazos y del presupuesto establecido. Es responsable de la ingeniería óptica. Compartido con el Dr. Manuel Collados Vera lleva parte de la responsabilidad en la fase de integración del Instrumento. Informa al investigador principal.

Juan Carlos González Herrera: Ingeniero de sistema. Responsable de AIV, presupuestos del sistema, control de interfaces y control de configuración.

Contrato solicitado: Ingeniero de telecomunicaciones, responsable del desarrollo de la EGSE de IMaX y comunicaciones con *SUNRISE*. Es continuación de un contrato ya existente.

Contrato post-doctoral: Simulaciones numéricas de emergencia de flujo magnético desde la fotosfera a la corona con especial atención a los procesos de disipación energética que se dan en ellos. Comparación entre simulaciones 3D y extrapolaciones del flujo fotosférico. Estos dos temas son de fundamental importancia para las misiones *SUNRISE* y *Solar Orbiter* pues el primero es un ingrediente fundamental en la aceleración de partículas energéticas (meteorología espacial) y el segundo es clave para los estudios de conectividad magnética que se van a hacer con ambas. Se solicita contrato.

4.1.2.2 Organigrama y personal del subproyecto INTA



Alberto Álvarez Herrero: Investigador principal. Se responsabiliza ante el proyecto coordinador del correcto cumplimiento de los objetivos científicos dentro de los plazos y del presupuesto establecido.

Tomás Belenguer Dávila: Dentro de las actividades la ingeniería óptica, responsable del análisis de luz difusa.

Carmen Pastor Santos: Dentro de las actividades de la ingeniería óptica, responsable de las tareas de diseño, especificación y aceptación de los elementos ópticos

Luis Miguel González Fernández: Responsable de las tareas del INTA de integración y pruebas de verificación, así como de las actividades realizadas a nivel de sistema en las instalaciones del INTA (*test manager*).

Gonzalo Ramos Zapata: Participa en las tareas relacionadas con la integración y pruebas de la óptica y la mecánica. Asimismo colabora en la ejecución de pruebas con equipamiento especializado del INTA

Raquel López Heredero: Participa en la caracterización de los ROCLIs y calibración del sistema modulador de polarización. Asimismo colabora en la ejecución de pruebas con equipamiento especializado del INTA.

Néstor Raúl Uribe Patarroyo: Participa en la caracterización de los ROCLIs y calibración del sistema modulador de polarización.

Antonio Sánchez Rodríguez: Responsable de la ingeniería optomecánica

Manuel Reina Aranda: Responsable del grupo diseño térmico.

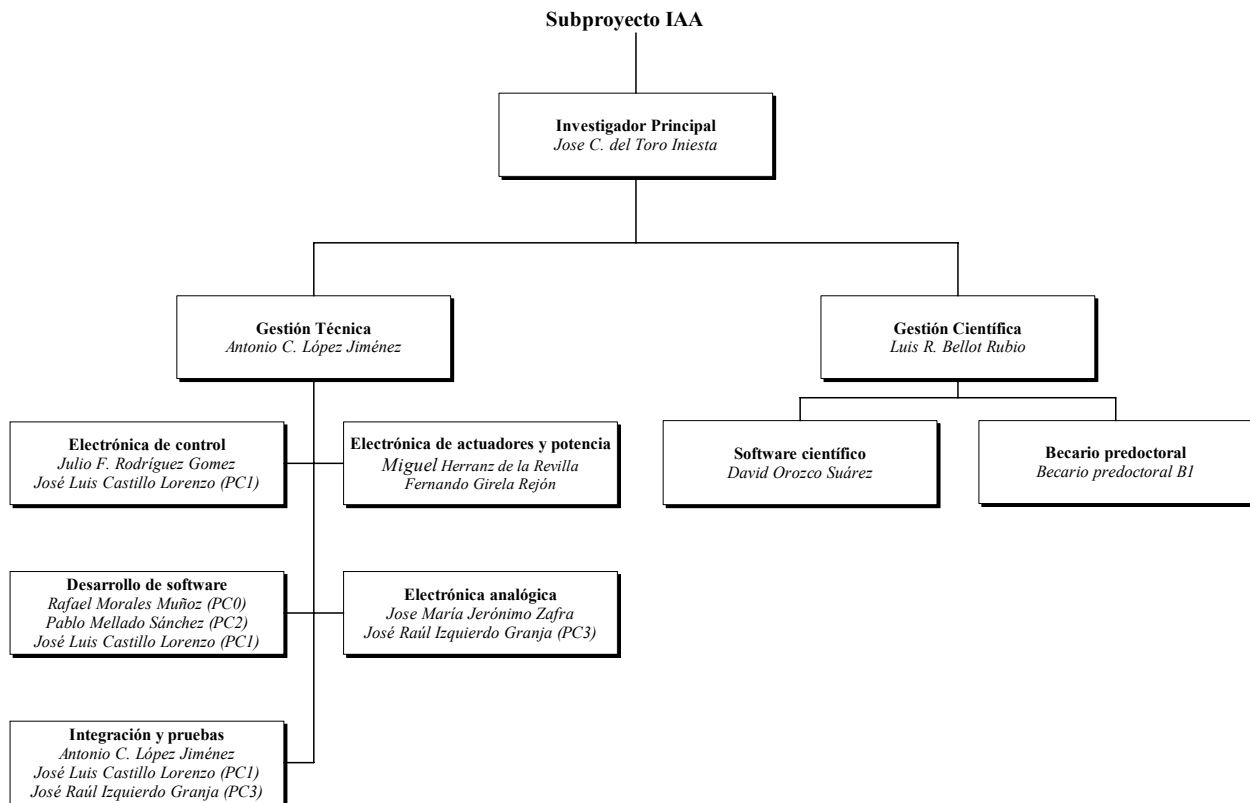
Joaquín Azcue Salto: Participa en las tareas de ingeniería opto-mecánica

Mercedes Menéndez Aparicio: Participa en las tareas de diseño térmico

Angel Carretero Serna: Responsable del suministro, recepción y aceptación de la optomecánica y del material térmico.

M^a Dolores Sabau Graziati: Participa en la ejecución de pruebas con equipamiento especializado del INTA.

4.1.2.3 Organigrama y personal del subproyecto IAA



Jose Carlos del Toro Iniesta: Investigador principal. Se responsabiliza ante el coordinador del proyecto y ante el Programa Nacional del Espacio del cumplimiento de los objetivos científicos y tecnológicos dentro de los plazos previstos y del presupuesto establecido.

Luis R. Bellot Rubio: Es responsable de la gestión científica del subproyecto. Junto con el investigador principal deberá supervisar el trabajo desarrollado por los estudiantes de doctorado, tanto del software científico de la misión como de la preparación de las observaciones. También supervisará las tareas de compresión de datos desarrolladas por los ingenieros.

Antonio Carlos López Jiménez: Gestor técnico del subproyecto. Gestiona el correcto desarrollo de las soluciones técnicas a los requerimientos científicos dentro de los plazos y del presupuesto establecido, así como la documentación científico-técnica producida. Coordina el grupo técnico y es responsable de la recepción, aceptación y verificación de la electrónica. Es responsable de la fase de integración y pruebas.

Miguel Herranz de la Revilla: Es responsable de la electrónica de potencia y actuadores. Dará soporte en las integraciones.

José María Jerónimo Zafra: Es responsable de la electrónica analógica del proyecto. Dará soporte durante las integraciones

Fernando Girela Rejón: Participa en el desarrollo de la electrónica de potencia y actuadores. Proporcionará soporte en las fases de integración.

David Orozco Suárez: Se encarga de la preparación de las herramientas de análisis científico que se usarán después del vuelo para la explotación de los datos. En particular, está adaptando una inversión del código de la ecuación de transporte radiativo a las características específicas del magnetógrafo IMaX, como sólo cinco muestras en longitud de onda, variación de la longitud de onda alrededor del campo de visión, etc.

El personal que aparece a continuación es necesario que sea contratado tanto para IMaX como para *Solar Orbiter*. Aunque también aparezcan en la parte de VIM, se entiende que estos contratos se solicitan sólo una vez y son estrictamente necesarios para finalizar el proyecto IMaX con éxito. Los contratos fueron concedidos por el PNE desde el comienzo del proyecto, excepto PC0, Rafael Morales Muñoz, quien ha participado a nuestra plena satisfacción, compartiendo sus labores con otros proyectos del instituto.

PC0 Rafael Morales Muñoz: Coordina todo el equipo de SW de vuelo de IMaX, y es un elemento fundamental dentro del esquema de IMaX en el IAA. Ha desarrollado todo el SW de interfaz con el EGSE, que se ha mostrado como una eficaz herramienta entre los científicos y los técnicos. Es responsable del *software* de control de IMaX. Planificará las diferentes versiones del SW de vuelo, y preparará los documentos de validación de las mismas. Cada proceso de diseño y validación supone la generación de una notable cantidad de documentación, trabajo que recaerá sobre esta persona contratada. En el caso de que se necesitasen modificaciones al I/F con el EGSE, se encargaría de la programación de dicha interfaz. Este contrato supone una carga neta al proyecto de 0,5 ingenieros.

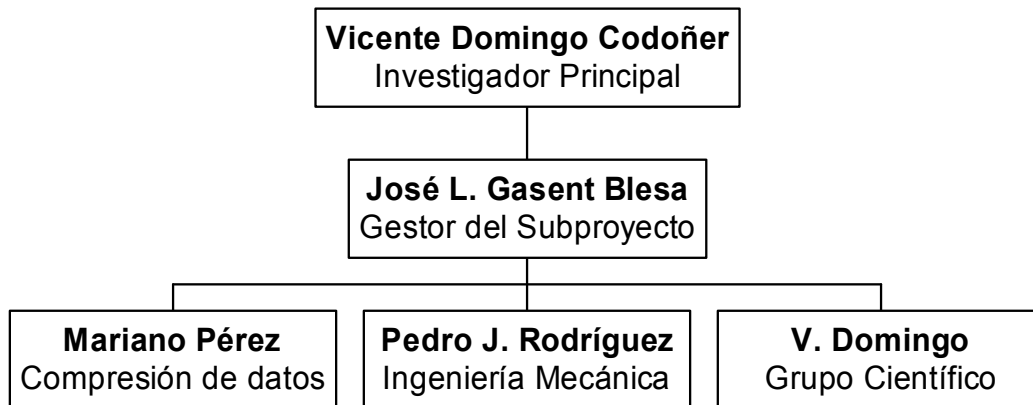
PC1 José Luis Castillo Lorenzo: Responsable de la electrónica de control y adquisición de IMaX. Participa en la fase de integración del instrumento en INTA, así como en *SUNRISE*. Responsable del software de control y de adquisición y almacenamiento de datos, diseñará las diferentes modificaciones al software de adquisición en su modelo de vuelo, así como de la ejecución de los procedimientos de validación de las diferentes versiones del modelo de vuelo. Se encargará de la elaboración de la documentación correspondiente.

PC2 Pablo Mellado Sánchez: Participará en el desarrollo del software de control en las diferentes versiones del modelo de vuelo y de las comunicación con el equipo de soporte de Tierra (EGSE), así como en la fase integración y pruebas, tanto de en IMaX como en *SUNRISE*. Estará encargado de programar y validar las diferentes versiones de dicho paquete de SW.

PC3 José Raúl Izquierdo Granja: Realizará labores de soporte al montaje e integración de los subsistemas tanto con IMaX como con *SUNRISE*. Dará soporte a las pruebas en VTT, a la integración con *SUNRISE* y los preparativos anteriores al vuelo. Será necesaria su participación muy activa durante las validaciones de las diferentes versiones de los programas.

Becario Predoctoral 1: Se iniciará en la ciencia que se hace dentro del proyecto *SUNRISE*, en particular, el becario comparará los datos procedentes de IMAx con otros procedentes de los otros instrumentos para comenzar investigaciones de la cromosfera del Sol.

4.1.2.4 Organigrama y personal del subproyecto GACE



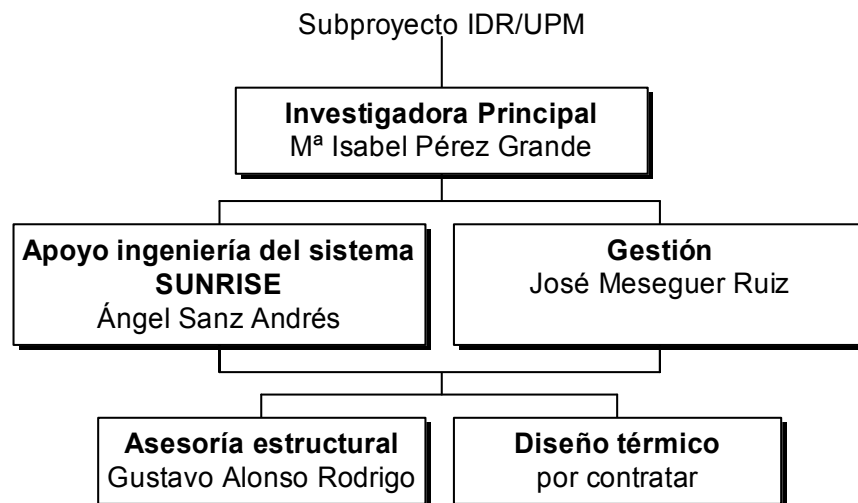
Vicente Domingo Codoñer: Investigador principal. Se responsabiliza ante el proyecto coordinador por el correcto cumplimiento de los objetivos científicos dentro de los plazos y del presupuesto establecido. Responsable del grupo científico.

José Luis Gasent Blesa: Gestor técnico del subproyecto. Gestiona el correcto desarrollo de los requerimientos científicos en soluciones técnicas dentro de los plazos y del presupuesto establecido. Responsable de la verificación y pruebas de los subsistemas correspondientes al GACE. Realiza el Control de Calidad y Control de Documentación dentro del subproyecto.

Pedro J. Rodríguez Martínez: Responsable de la ingeniería mecánica. Realiza el diseño mecánico de los sistemas asignados al GACE y los análisis estructurales (*Finite Element Analysis*, FEA). Apoyo al Control de Calidad.

Iballa B. Cabello García: forma parte del grupo científico. Participa en el desarrollo de software para el procesamiento de datos.

4.1.2.5 Organigrama y personal del subproyecto IDR/UPM



Mª Isabel Pérez Grande: Investigador principal. Se responsabiliza ante el coordinador del proyecto y ante el Plan Nacional del Espacio del cumplimiento de los objetivos previstos dentro de los plazos previstos y del presupuesto establecido. Coordina las tareas dentro del grupo.

Ángel Sanz Andrés: Participa en la ingeniería de sistemas de *SUNRISE*.

José Meseguer Ruiz: Participa en tareas de gestión del subproyecto.

Gustavo Alonso Rodrigo: Participa en las tareas de diseño térmico y asesoría estructural de la ingeniería de sistemas.

Contrato solicitado: Titulado Superior que se solicita para participar en las tareas de diseño térmico.

4.1.3 Fases del proyecto y principales hitos

La duración completa del desarrollo del proyecto desde el inicio del diseño de IMaX hasta llegar a la Antártica para el primer vuelo científico de *SUNRISE* con IMaX a bordo se estimaba inicialmente en unos 5 años. Debido a los retrasos, relacionados con la fabricación del espejo primario de *SUNRISE*, esta planificación inicial no pudo cumplirse, introduciéndose retrasos en todos los sub-proyectos de *SUNRISE*, IMaX entre ellos. Desde mediados del 2005, la fabricación de M1 está contratada y bajo control y seguimiento del MPS, lo que ha permitido actualizar los hitos principales hasta la meta final del primer vuelo científico de *SUNRISE*.

En la siguiente figura se ve el cronograma completo del proyecto con los hitos más relevantes de *SUNRISE* y de IMaX. La financiación del desarrollo de IMaX en *SUNRISE* comenzó en Noviembre del 2001 con la iniciación de la fase conceptual del diseño óptico dentro del proyecto PNE-007/2001-I-A (PROFIT para el desarrollo de ROCLIs). Desde Octubre del 2002 está financiado el proyecto coordinado "IMaX- Un Magnetógrafo para *SUNRISE*", y su continuación Titulada "Diseño avanzado y fabricación del Imaging Magnetograph eXperiment". Con la presente memoria se está solicitando financiación para llevar a cabo el proyecto IMaX, finalizándolo con el vuelo científico de *SUNRISE*. En

el cronograma que se ve a continuación el periodo correspondiente a las fases del proyecto ya financiadas están con fondo colorado, mientras que el periodo solicitado pendiente de financiación está con fondo blanco. Los colores de las barras de tareas indican el subproyecto responsable de la tarea: rojo: IAC, azul: INTA, verde: IAA y amarillo: GACE. El color gris corresponde a las tareas de la fase de AIV.

Durante la ejecución del proyecto coordinado, cada instituto de los cuatro participantes es responsable del cumplimiento del alcance de su subproyecto dentro de los plazos y del presupuesto establecido. Además de la gestión de su subproyecto, el IAC como Instituto coordinador tiene la responsabilidad de gestionar el desarrollo fluido del diseño de IMaX, resolviendo con anticipación los asuntos logísticos que surgen por tener cuatro centros de ejecución de las tareas técnicas.

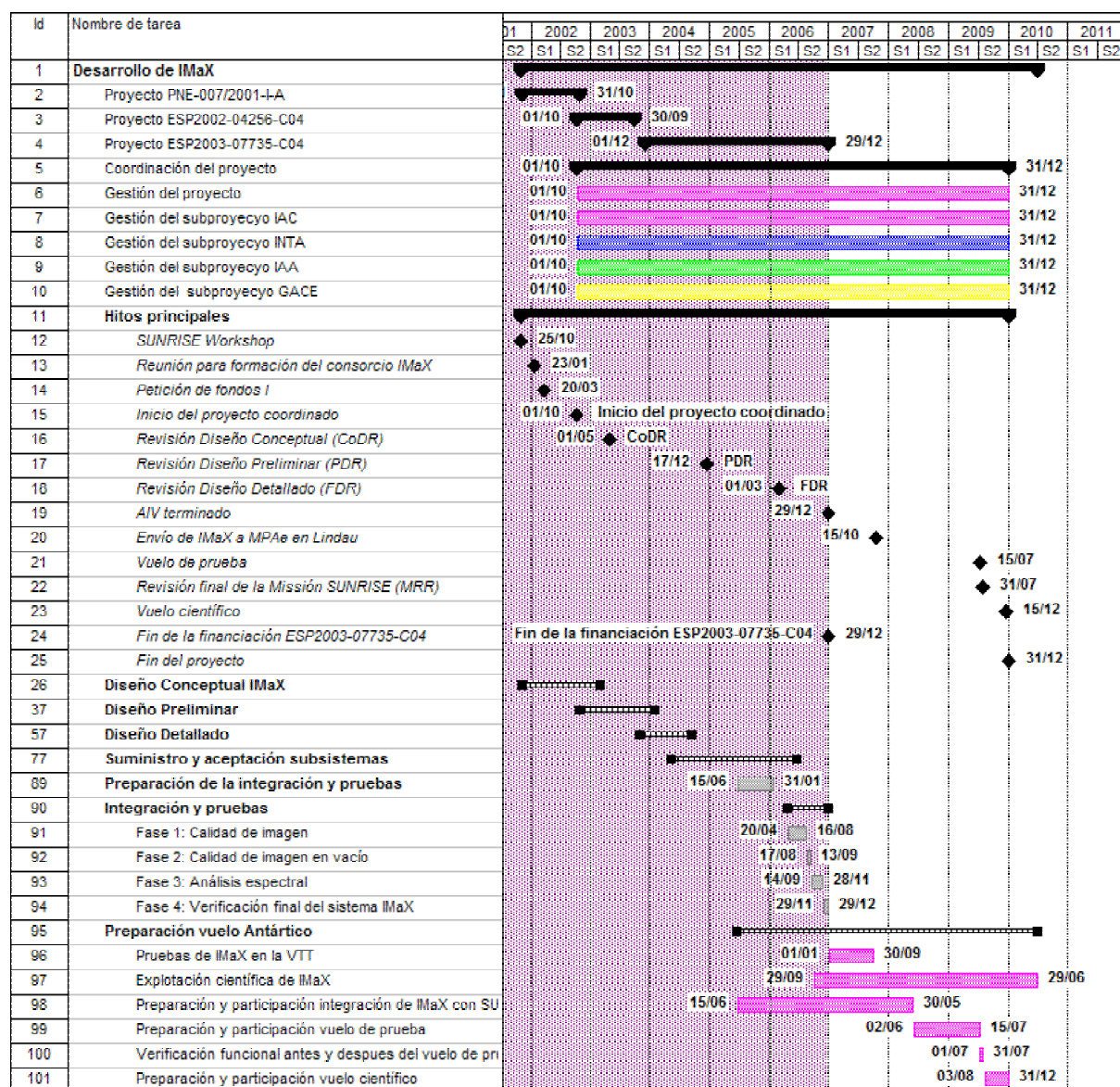


Figura 8: Cronograma de las fases del proyecto y sus principales hitos

El proyecto pasó con éxito las revisiones del diseño conceptual y del diseño preliminar, en cada caso con una explícita evaluación positiva del equipo técnico y de la metodología de desarrollo elegida e implementada. Todos los subsistemas están al punto de pasar revisión final, los componentes críticos (p.e. etalón, CCD) están en fase final de aceptación. Durante la fase actualmente financiada, IMaX será

completamente integrado y verificado listo para su envío al MPS (con excepción de la calibración con luz solar). Debido al retraso de *SUNRISE* causado por los problemas en la fabricación de M1, IMaX no se podrá integrar con *SUNRISE* antes de Octubre del 2007. Esta circunstancia nos permite hacer un test completo de IMaX con luz solar en un telescopio del Observatorio del Teide en Tenerife. A continuación se enviará a la Integración con *SUNRISE* en el MPS de Lindau, donde se prepara la carga útil completa para el vuelo de test y la misión científica.

4.1.4 Alcance del trabajo

El alcance del trabajo consiste en la continuación y finalización del proyecto IMaX (actualmente en progreso dentro del proyecto coordinado ESP2003-07735-C04-01/02/03/04), en particular las pruebas con luz solar, la integración del instrumento con *SUNRISE*, la participación en el vuelo de test y su preparación para el vuelo en la Antártica (o Ártico).

También se incluye en esta solicitud la continuación y finalización del proyecto ESP2004-04733, en el que como ya se ha dicho anteriormente, el IDR/UPM se encarga del subsistema de control térmico de *SUNRISE* a nivel de sistemas, dependiendo directamente de *SUNRISE* en paralelo con IMaX (véase organigrama *SUNRISE*).

4.1.4.1 Resumen de los paquetes de trabajo

Los principales paquetes de trabajo (WP, del inglés *Work Package*) del proyecto IMaX cuya ejecución cae parcial o completamente en el periodo de financiación que estamos solicitando, están resumidos en la Tabla 1. Aparte del título y de los WPs se indica también cual es el instituto responsable del WP y un número de identificación del WP (ID#). El número de identificación tiene cuatro dígitos. El primer dígito indica el tema global del desarrollo instrumental (Gestión, Diseño Conceptual, Preliminar, etc.). El segundo dígito es un identificador del instituto responsable del WP y el tercer dígito sirve para la numeración de las tareas de cada instituto dentro de cada tema global. El cuarto dígito esta reservado para añadir un nivel más de desglose en los WPs si así fuera necesario. Dada la particularidad de este proyecto, al ser un proyecto coordinado entre cuatro institutos, se ha optado por este sistema de numeración para que sirva de apoyo a la gestión, al seguimiento y a la coordinación central del proyecto.

Debemos aclarar que la ausencia de WP numerados en el rango 2000-6000 en la Tabla 1 se debe a que estos paquetes están actualmente realizándose en el proyecto ya financiado. Su descripción puede verse en la memoria del proyecto ahora vigente y que se puede encontrar en la sección pública de la Web del proyecto (<http://www.iac.es/project/IMaX/Public/PP-start.htm>).

ID#	Título WP	Responsable
1110	Coordinación del proyecto	IAC
1120	Gestión del proyecto	IAC
1130	Gestión del subproyecto IAC	IAC
1140	Ingeniería del sistema	IAC
1210	Gestión del subproyecto INTA	INTA
1310	Gestión del subproyecto IAA	IAA
1410	Gestión del subproyecto GACE	GACE
	Preparación Vuelo Antártico	IAC
7110	Explotación científica de IMaX	IAC
7120	Preparación y participación integración de IMaX con SUNRISE	IAC
7130	Preparación y participación vuelo de prueba	IAC
7140	Verificación funcional antes y después del vuelo de prueba	IAC
7150	Pruebas de IMaX en la VTT	IAC

Tabla 1: Organización del proyecto IMaX en paquetes de trabajo

En los WP anteriores, debemos tener en cuenta que se refieren a actividades con IMaX ya completamente integrado y en la fase de su entrega a Lindau. Es por ello que el instituto responsable es el coordinador de la propuesta. Sin embargo, es importante recalcar que en todos y cada uno de estos WP, el equipo IMaX deberá contar con miembro de los cuatro institutos involucrados. Por ejemplo, IAA y GACE participan también en la explotación científica de IMaX en particular y de *SUNRISE* en general. INTA juega un papel fundamental a la hora de definir el sistema de verificación *end-to-end* del instrumento. Todas las fases de preparación de actividades necesitan de revisiones de electrónica (incluyendo retoques del software), alineamientos opto-mecánicos, revisiones de estanqueidad de las cámaras presurizadas, etc. En estas actividades IAA, INTA y GACE serán responsables de los subsistemas que han venido desarrollando (e IAC de los suyos). Y por ello es fundamental la continuidad del equipo en los términos que se aprobó en el proyecto ahora vigente.

Las fases de integración en la plataforma *SUNRISE* y de vuelo científico hasta 2009 requieren la continuidad del consorcio IAC-INTA-IAA-GACE en las condiciones en las que ha venido funcionando hasta el momento. Todos los equipos son imprescindibles hasta el fin del vuelo. Por ello se solicita su continuidad.

Esto se refiere, muy en particular, a los contratos existentes

En la Tabla 2 se ven todos aquellos paquetes de trabajo que bajo responsabilidad de la UPM como subproyecto de *SUNRISE* quedan pendientes de finalizar durante el periodo de financiación solicitado.

Título WP	Inicio	Final
Gestión del subproyecto UPM	Enero 2007	Diciembre 2009
Diseño detallado		
Diseño térmico detallado del PFI	Enero 2007	Junio 2007
Integración de los submodelos térmicos en el modelo térmico global	Enero 2007	Diciembre 2007
Actualización de modelos con los resultados del vuelo de prueba	Enero 2007	Junio 2008
Integración y Pruebas		
Análisis de resultados térmicos del vuelo de prueba	Enero 2007	Junio 2007
Apoyo a MPS en la definición y realización de ensayos térmicos	Enero 2007	Junio 2008
Análisis de resultados de los ensayos térmicos	Enero 2007	Diciembre 2008
Preparación de documentación y modelos térmicos para NSBF	Enero 2007	Diciembre 2009
Interacción con NSBF para aceptación al vuelo tras el PIC	Enero 2009	Diciembre 2009
Apoyo a la integración en SUNRISE del hardware de control térmico	Junio 2008	Diciembre 2009

Tabla 2: Organización de la contribución IDR/UPM en *SUNRISE* en paquetes de trabajo

Debemos destacar que las actividades de la UPM también se extienden hasta el vuelo científico pues el subsistema térmico continuará su fase de diseño detallado hasta muy cerca del vuelo científico.

4.2 Solar Orbiter

4.2.1 Descripción general del desarrollo

En esta memoria se solicita la financiación del consorcio español que participará en la respuesta al AO de la ESA para acceder a la construcción del instrumento VIM del *Solar Orbiter*. La hipótesis de la que partimos es que este AO se hará público en la primera mitad de 2006 y que se habrá decidido en la segunda mitad de ese año. Además suponemos que el consorcio europeo con Alemania y España como principales integrantes (IP y ColP) ha sido seleccionado por ESA para construir este instrumento. Partiendo de estas hipótesis concretamos, en las secciones siguientes, las actividades por desarrollar y la financiación necesaria para los años 2007-2009. Este periodo correspondería a las fases de diseño conceptual y preliminar del instrumento VIM. Es decir una fase que, salvo por la necesidad de prototipos, no incluye la compra de hardware de los diferentes modelos del instrumento. La planificación que se baraja en este escenario es la de pasar revisión de diseño conceptual en la primera mitad de 2008 y la revisión preliminar en la segunda mitad de 2009 (CDR en 2011, AIV hasta finales de 2013, entrega a ESA del modelo de vuelo en 2014).

Como se ha comentado con anterioridad, la participación española en este consorcio instrumental se estima alrededor de un 40 % del total. La ESA estimó que el coste del VIM original (25 cm de apertura) se movía en una orquilla de 45 a 84 Meuro (costes totales), lo que nos da una idea de la magnitud del proyecto que aquí se solicita comenzar. Es por ello que se incluyen hasta 6 instituciones públicas coordinadas en esta propuesta y en el futuro podría participar alguna más. Por supuesto, también se considera una amplia representación de la industria nacional dedicada a temas de espacio.

4.2.2 Alcance del trabajo

4.2.2.1 Subyecto IAC

El IAC desarrollará las siguientes tareas en el marco de esta parte de la propuesta:

MGSE: El IAC, como institución IP, se encargará de procurar todos los elementos de soporte mecánico necesarios para el proyecto y que, por diferentes motivos (cómo premura, tamaño) no se considere conveniente subcontractar. Esto son labores asignadas a un ingeniero mecánico de plantilla del IAC y a desarrollos concretos en sus talleres. Durante la fase del proyecto que aquí se solicita no se espera que esto represente una gran carga de trabajo ni tendrá impacto en el presupuesto (será más importante en la fase de AIV).

Diseño conceptual y preliminar del software de vuelo: La ESA proporcionará un nuevo entorno de desarrollo de software llamado PISA (*PI Software Architecture*), común a todos los instrumentos y basado en la carga dinámica de código. Esta arquitectura permite que la validación del software generado para el instrumento no tendría que repetirse de nuevo durante la fase de integración y evita recompilaciones de software con cada nuevo controlador. El IAC, haciendo uso de PISA, desarrollaría las fases conceptuales y preliminar del software de gestión y control del instrumento, el cual se encarga de gestionar los telecomandos de alto y bajo nivel, además de almacenar y en su caso comprimir tanto la telemetría generada como las imágenes enviadas desde el procesador en tiempo real encargado de su análisis.

Definición científica de requerimientos para el FDT: El FDT es una de las contribuciones de mayor visibilidad de nuestro consorcio. La responsabilidad técnica del desarrollo del FDT recae sobre el INTA, pero el IAC liderará la definición de los requerimientos científicos de este telescopio.

Definición científica de requerimientos para el PMP: El PMP es otra de las contribuciones fundamentales de nuestro consorcio al instrumento. Existen dos PMP en él, uno para el FDT y otro para el HRT. Aunque conceptualmente sean idénticos (basados en la tecnología ROCLI), la diferente iluminación (inclinación de los rayos y campo de visión) de cada uno de ellos hace que los dos PMP disten mucho de ser iguales. La responsabilidad técnica del desarrollo de los PMP es de INTA, la de la electrónica de control del IAA. El IAC liderará la definición de los requerimientos científicos del PMP basados en ROCLIs y del modulador de polarización que se estudiará como alternativa (lámina giratoria).

Debemos destacar que hemos sido invitados a proporcionar un PMP similar a estos para el Coronógrafo del *Solar Orbiter* (otro de los instrumentos de teledetección) dentro de un consorcio liderado por Italia. En ese caso, nuestro equipo proporcionaría todos los moduladores de polarización de la misión *Solar Orbiter*.

Definición científica de requerimientos para el control térmico: El control térmico del instrumento es responsabilidad de la UPM. El IAC liderará la definición de requerimientos científicos del instrumento globalmente y de subsistemas en particular (ROCLIs, etc.).

Control de calidad e ingeniería de sistemas (oficina del proyecto): Será desarrollada por la oficina del proyecto que realizará el control de calidad de la contribución española preparando y organizando toda la documentación del proyecto que será enviada a la oficina correspondiente del lado alemán. La ingeniería del sistema controlará los presupuestos de masa y potencia (entre otros) de la contribución española así como la compleja gestión de interfaces dentro de nuestro consorcio y con el resto de las instituciones internacionales del consorcio.

Gestión global (oficina del proyecto): La gestión del proyecto coordinado, incluyendo cumplimiento de plazos, ejecución del presupuesto económico, documentación y página Web como plataforma de comunicación e intercambio de información, control de configuración y gestión de riesgos será responsabilidad del IAC. El IAC es también responsable como principal punto de contacto frente al Ministerio de Educación y Ciencia.

Liderazgo científico y participación en el SWT (oficina del proyecto): El equipo científico del IAC participará, junto con el resto de los equipos del consorcio internacional en la definición de requerimientos científicos del instrumento. Como co-IP de la respuesta al AO, el coordinador de esta propuesta participará en el SWT de la misión.

Las tres últimas tareas detalladas serán realizadas dentro de las tareas centralizadas por la oficina del proyecto y para la que el IAC solicita un ingeniero de apoyo, en particular el ingeniero de control de calidad. El IP, gestor e ingeniero del sistema serán personal de la plantilla del IAC (todo ellos integrados en la oficina del proyecto).

4.2.2.2 Subproyecto IAA

El objetivo prioritario del subproyecto del IAA es realizar el diseño conceptual y preliminar de la caja de electrónica del instrumento VIM de *Solar Orbiter*. De acuerdo con los requerimientos científicos, VIM obtiene un volumen ingente de datos durante las observaciones (del orden de 160 Mbytes/minuto). Sin embargo el propio funcionamiento de *Solar Orbiter* que permite unas tasas de telemetría media sólo durante 30 de los 150 días de la órbita, obligan a la inclusión de mecanismos que ahorren drásticamente el volumen de datos a almacenar y enviar. Por ello, la electrónica de VIM debe ser capaz de hacer un proceso *in situ* y en tiempo real de las imágenes recibidas. Una de las soluciones planteadas para resolver el problema es la inclusión de un dispositivo original inversor de la ecuación de transporte radiativo para la traducción de las medidas de polarización en términos de los parámetros físicos de la fotosfera solar, muy en particular, las tres componentes del vector campo magnético. Por otro lado, los presupuestos de masa, volumen y consumo asignados a VIM implican que el diseño de la electrónica se sitúe en un nivel crítico en el desarrollo del instrumento. Por todo esto, el diseño conceptual de los dispositivos debe tender a cumplir una premisa básica: alto nivel de integración con bajo consumo. Esto se puede conseguir utilizando las últimas tecnologías del diseño espacial, como son las últimas FPGA de alta densidad, cualificadas para vuelo, o, incluso, el diseño de dispositivos ASIC, igualmente cualificados. Los algoritmos complejos necesarios para la resolución del problema necesitan de un exhaustivo estudio de manera que puedan ser adaptados, y físicamente implementadas en formatos capaces de ser sintetizados por las herramientas disponibles en el mercado. De esta manera los diseños con herramientas de síntesis de alto nivel serán imprescindibles. Los primeros estudios del diseño conceptual del inversor de la ecuación de transporte radiativo han sido sufragados parcialmente por una acción complementaria (ESP2004-20929-E) del PNE. Con la dotación de esta acción complementaria se ha adquirido diverso material electrónico con la que se están haciendo los primeros estudios y simulaciones de parte de los algoritmos partiendo de conceptos muy básicos, y cuyos resultados son bastante prometedores.

Se pueden dividir las tareas en los siguientes grandes bloques:

Electrónica de Control: Es la responsable de coordinar todo el instrumento y de comunicarse con el procesador central de *Solar Orbiter*. Compartirá tareas de procesamiento, fundamentalmente de compresión, con el inversor electrónico de la ecuación de transporte radiativo. Estará a cargo de las comunicaciones con todos los subsistemas que integran el instrumento incluyendo el Sistema de Estabilización de Imagen (ISS), del que no es responsable directo el IAA. Es el punto central del sistema, y contendrá el “core” de RTC (Remote Terminal Controller) asumido por ESA como su interfaz con alguno de los instrumentos a bordo de *Solar Orbiter*. Incluirá un controlador basado en DSP del tipo LEON-II, desarrollado para la ESA. Se basará en dispositivos programables FPGA o ASIC, además de la memoria de programa y datos, memoria de datos de telemetría, así como de dispositivos de corrección de errores de lectura del tipo EDAC (Error Detection and Correction).

Electrónica de adquisición y procesamiento: Se encarga de la obtención de las imágenes procedentes del sensor tipo CMOS-APS de 4 millones de píxeles que lleva el instrumento. Tiene como objetivo fundamental la obtención a partir del conjunto de imágenes de una observación (20 imágenes como máximo) de mapas de magnitudes físicas de la zona solar observada. Esto debe efectuarse en tiempo real, lo cual hace muy exigente el diseño. Para este fin se utilizan dispositivos con altos niveles de integración. Comparte recursos de memoria masiva con la electrónica de control.

Electrónica de interfaz con Solar Orbiter: Deberá seguir el protocolo de comunicaciones de acuerdo con el "Spacewire bus" desarrollado por ESA. Será la encargada de adecuar eléctricamente las señales de este bus a los niveles admitidos por los circuitos de la DPU, además de almacenar telemetrías y telecomandos en caso de una transmisión no atendida inmediatamente.

Electrónica analógica: Este subsistema tiene a su cargo la adquisición de los parámetros de funcionamiento interno (*housekeeping* en la jerga espacial), la generación de señales para control de los retardadores ópticos o la electrónica de actuación sobre los elementos móviles, bien sean piezoeléctricos o motores. También genera las señales de alto voltaje, necesarias para la sintonización de la longitud de onda en los Fabry-Perot. Este sistema es crítico porque se necesitan altos voltajes y deberá diseñarse para evitar efectos de arco o corona, así como eliminar interferencias electromagnéticas.

Desarrollo de software: Independientemente del programa de control a bordo, se necesitará disponer de diferentes paquetes de programación para emular los dispositivos que posteriormente se implementan en las FPGA. También se encargará de la parte de software que puede llevar el inversor de la ecuación de transporte radiativo. Por otro lado, una parte considerable de carga de trabajo para los simuladores necesarios para el desarrollo de la electrónica está a cargo de programas desarrollados a tal efecto.

Desarrollo de los equipos de soporte y simulación (EGSE): Se tienen que diseñar y construir dispositivos que sean capaces de simular todos los subsistemas con los que existe algún tipo de I/F, de manera que permitan efectuar las pruebas de los diferentes modelos funcionales propuestos en esta memoria sin necesidad de disponer físicamente de dispositivos caros o únicos. En este sentido, se necesitarían diseñar equipos de soporte como el simulador de la fuente de alimentación, capaces de proporcionar la tensión necesaria al instrumento y con sus mismas prestaciones en lo que a limitadores de consumo y corriente "in-rush" se refieren. O, por ejemplo, un simulador del detector APS. En este paquete se englobarían todos estos dispositivos.

Se puede comprobar que nuestro capítulo de viajes para VIM es bien reducido puesto que suponemos que gran parte de las reuniones serán compartidas con las de IMA/SUNRISE.

4.2.2.3 Subproyecto INTA

El subproyecto del INTA tiene como objetivo prioritario la realización de las siguientes actividades durante las fases de diseño conceptual y preliminar:

Full disc telescope: El INTA es responsable del diseño, fabricación e integración del FDT a partir de los requerimientos científicos definidos por el IAC. Esto incluye el diseño óptico, opto-mecánico y del control térmico del mismo, así como las actividades correspondientes a la integración y verificación del instrumento (fase de AIV). Asimismo comprende las actividades de integración del subsistema ISS que será suministrado por el consorcio alemán. Este instrumento permitirá una gran visibilidad del consorcio español. Algunas de sus mayores dificultades de diseño residen en el requisito de alto empaquetamiento del sistema (800x400x300 mm), inclusión de un mecanismo para la desviación de la línea de mira (diasporámetro) y viabilidad de un mecanismo de zoom.

OGSE (Optical Ground Support Equipment): Se realizará el diseño, fabricación e integración del Optical Ground Support Equipment correspondiente al FDT. Este instrumento permitirá verificar las prestaciones ópticas del FDT durante la fase de AIV.

ROCLIs (FDT y HRT): Se desarrollará y calificará para espacio un dispositivo basado en ROCLIs para ser utilizado como sistema modulador de polarización, tanto en el FDT como en el HRT. La experiencia adquirida con la aplicación de estos dispositivos a IMaX, así como la detallada caracterización realizada, permitirá este desarrollo tecnológico. De esta forma, se realizará una innovación tecnológica dentro del sector aerospacial al utilizar este tipo de dispositivos de forma novedosa, evitando mecanismos y altos voltajes y, por tanto, eliminando elementos posibles de riesgos. Este desarrollo tecnológico se realizará dentro del programa GSTP de la ESA, a partir de la definición de los requisitos científicos elaborada por el IAC y con el liderazgo de la industria española (Visual Display S. L.).

PMP alternativo: Debido a que la calificación y utilización de ROCLIs en una aplicación aeroespacial supone una innovación, se analizarán y determinarán posibles alternativas con conceptos más tradicionales (i.e: retardador giratorio) para disponer de soluciones en el caso de presentarse alguna dificultad durante el proceso de calificación. Para ello será necesario el diseño y fabricación de un prototipo.

Estudios de entorno espacial de radiación y efectos para VIM: Se realizará un análisis de entorno espacial de radiación del instrumento VIM, así como la definición de las especificaciones. Para ello se realizará una modelización del instrumento con GEANT4 Toolkit y un cálculo de dosis, NIEL, espectros energéticos, etc, en cualquier área sensible de la instrumentación. Finalmente se realizará la especificación, planificación y desarrollo de los ensayos de radiación necesarios. Con esto se conseguirá obtener información precisa del entorno de partículas energéticas y sus efectos en cualquier parte del instrumento. Esta información es vital durante la fase de diseño y calificación. A su vez, durante la operación de VIM, es posible generar simulación de cómo se comporta el entorno de radiación en los lugares de interés dentro de VIM utilizando espectros de partículas energéticas obtenidos a través de monitores de radiación a bordo de *Solar Orbiter*, de forma que se facilita la correlación entre entorno espacial y comportamiento del sistema.

4.2.2.4 Subyecto GACE

El Grupo de Astronomía y Ciencias del Espacio de la Universidad de Valencia, por su experiencia adquirida en otros proyectos (IMaX, INTEGRAL, ASIM, etc) propondrá el desarrollo de los paquetes de trabajo derivados del diseño de la caja de la electrónica del instrumento VIM de la misión *Solar Orbiter* y de partes del MGSE del instrumento. Asimismo propondrá el diseño de software para el manejo y compresión de datos de VIM.:

Mechanical Ground Support Equipment (MGSE): El GACE se encargará de los componentes de la MGSE que se definan al principio del proyecto y que requiera de un contrato industrial. Por ejemplo útiles para el manejo del instrumento completo durante la fase de AIV, para el almacenamiento y transporte de los diferentes elementos del instrumento VIM, etc.

Caja de la Electrónica: GACE es el responsable del diseño conceptual y preliminar de la caja que albergará la electrónica del instrumento; también se localizarán en ella los conectores/pasamuros adecuados y el sistema de *Grounding and Bonding*. La empresa EADS/CRISA ha ofrecido asesoramiento para la definición de este subsistema.

Análisis Estructural: Durante las fases iniciales de la misión, se realizarán los análisis estructurales de los prediseños de la caja de electrónica. Los análisis realizados para IMaX han sido realizados con ProMechanica (PTC) y verificados con Nastran (MSC).

Para el desarrollo de los elementos mecánicos en esta primera fase conceptual de VIM, GACE cuenta con la colaboración en este proyecto del Departamento de Mecánica de la Universidad Politécnica de Valencia y de diversas empresas de ingeniería, de fabricación y de software de diseño: SENER, Grupo Aciturri, Vibrachoc, del grupo Hutchinson, RICFE, SCA, y Grupo CT (ver cartas adjuntas). Estas empresas han mostrado su apoyo al GACE, y por tanto su colaboración activa para realizar la propuesta a la Agencia Espacial Europea y en las primeras etapas de la Fase A.

Compresión de Datos: Dadas las características de la órbita y modo de transmisión de datos del *Solar Orbiter*, el desarrollo de métodos de compresión de datos que cumpla con los requerimientos de la misión es requisito esencial en VIM. Será necesario emplear algoritmos de compresión con pérdidas. Estos algoritmos de compresión deberán ser computacionalmente eficientes, para consumir la menor cantidad de tiempo de proceso posible, y deberá ser viable su implementación parcial o total a nivel hardware.

En el desarrollo de los paquetes de trabajo que se definan para la compresión de datos en VIM han mostrado su interés y su participación activa durante todo el proyecto profesores del Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia y los profesores coordinadores del programa de doctorado interdepartamental de Matemática Computacional e Informática de la Universidad de Valencia, todos ellos con amplia experiencia en el tema del tratamiento de imágenes en general y en particular en la compresión.

4.2.2.5 Subyecto UPM

Las actividades de la UPM dentro del proyecto VIM/Solar se centrarán en dos aspectos: el diseño térmico global y el análisis estructural del instrumento.

Diseño térmico del instrumento VIM: El objetivo general del control térmico es el de proporcionar a todos aquellos elementos bajo su responsabilidad, que lo precisen, un ambiente térmico adecuado, manteniendo su temperatura dentro de los intervalos de funcionamiento (o almacenamiento) especificados y/o limitando los gradientes térmicos a los valores especificados.

Debido al movimiento del vehículo en su órbita, la carga útil está sometida a un conjunto de cargas térmicas exteriores (irradiación solar, albedos planetarios, irradiación térmica planetaria) y cargas térmicas interiores (generadas por la disipación energética en los diferentes equipos). Además, el entorno espacial (radiación, contaminación) produce degradación de los materiales, en particular cambios en las propiedades termo-ópticas de las superficies exteriores, más acusadas en misiones de larga duración como la que aquí se trata. El objetivo del diseño es conseguir satisfacer los requisitos antes mencionados, teniendo en cuenta las cargas térmicas y la degradación en órbita, con el mínimo coste (tanto financiero en su desarrollo como de gasto energético en órbita).

El instrumento VIM, dada la apertura del telescopio, es un instrumento muy exigido térmicamente por gran proximidad del *Solar Orbiter* al Sol (0.21 UA), por lo que el diseño del control térmico será especialmente relevante en esta misión. Al ser un instrumento de desarrollo nuevo, hay que considerar

la realización de la totalidad de las fases clásicas de un proyecto aeroespacial. En el periodo solicitado se espera finalizar las fases A (análisis de viabilidad) y la fase B (diseño preliminar), llegando hasta la Revisión de Diseño Preliminar (PDR).

Diseño estructural del instrumento VIM: El objetivo general del diseño estructural es garantizar la integridad física del instrumento y del satélite, así como cumplir con los requisitos de estabilidad dimensional, rigidez y esfuerzos exigidos por los diseñadores del instrumento y del satélite. Durante las diversas fases de la vida del vehículo, el instrumento está sometido a un conjunto de cargas (ensayos, transporte, lanzamiento, operación en órbita, etc.) definidas por el contratista principal del vehículo y por la ESA. Por otra parte, los diseñadores del instrumento establecen requisitos de estabilidad dimensional que deben cumplirse para satisfacer las necesidades de los científicos en cuanto a resolución y otras características ópticas del instrumento. Al igual que en el diseño térmico se seguirán las fases clásicas de un proyecto espacial, llegando el alcance de este subproyecto hasta la Revisión de Diseño Preliminar.

4.2.2.6 Subyecto UB

El laboratorio de Sistemas de Instrumentación y Control de la Universidad de Barcelona aportará su experiencia en el diseño en el control de piezoeléctricos adquirida en el proyecto europeo *“Miniaturised co-operative robots advancing towards the nano-range”*, así como en el diseño de sistemas electrónicos y microelectrónicos en entornos de alta radiación como el proyecto “Estudio de la violación CP con el detector LHCbC”.

La participación se centrará en dos áreas: el diseño de la fuente de alimentación del etalón del Fabry-Perot, fuente de alimentación DC/DC y colaboración con el IAA en el diseño de la electrónica del instrumento:

Fuente de alimentación del etalón del FP: El VIM utiliza etalones FP para filtrar las bandas espectrales a medir. Los etalones permiten su ajuste, para poder cambiar de banda espectral. En el IMAx el etalón se basa en LiNbO_3 , material muy utilizado en circuitos integrados por modificar su índice de refracción al aplicarle una tensión. Sin embargo, el uso en etalones precisa de tensiones alrededor de los $\pm 2\text{kV}$. En el caso del VIM, los etalones se basarán en un principio piezoeléctrico, de forma que se modificará el ancho del etalón, y con ello la banda filtrada. La principal ventaja es su reducida tensión de trabajo, inferior a los $\pm 200\text{V}$. Aunque introduce algunos retos nuevos, ya que estos materiales tienen histéresis, y por lo tanto es necesario realizar un control en bucle cerrado del etalón para asegurar que la banda filtrada sea la deseada.

Las tareas a realizar en este subproyecto son la caracterización y modelización del etalón. A partir de aquí se diseñará un sistema de control y una fuente en colaboración con NTE, con ello se elaborará un prototipo funcional que permitirá analizar la viabilidad técnica de la solución.

Fuente de alimentación DC/DC: La electrónica del instrumento VIM precisa de una fuente de alimentación que asegure los requerimientos de estabilidad y consumo, pero sin superar los máximos establecidos por la ESA. Esta fuente constará de un módulo de baja tensión destinado a la electrónica general, y una de media que dará la tensión necesaria a la control del FO. La UB liderará el diseño conceptual y un prototipo preliminar de ambas fuentes DC/DC en colaboración con NTE.

Colaboración en el diseño de la electrónica: El objetivo es dar apoyo al IAA en el diseño de la electrónica del VIM en las siguiente áreas: diseño de FPGAs y/o ASICs para procesado y control, y desarrollo del *Firmware* de control y comunicaciones.

4.2.3 Organización del proyecto

La participación española en el desarrollo de VIM para *Solar Orbiter* se estructurará como queda expuesto en el siguiente organigrama:

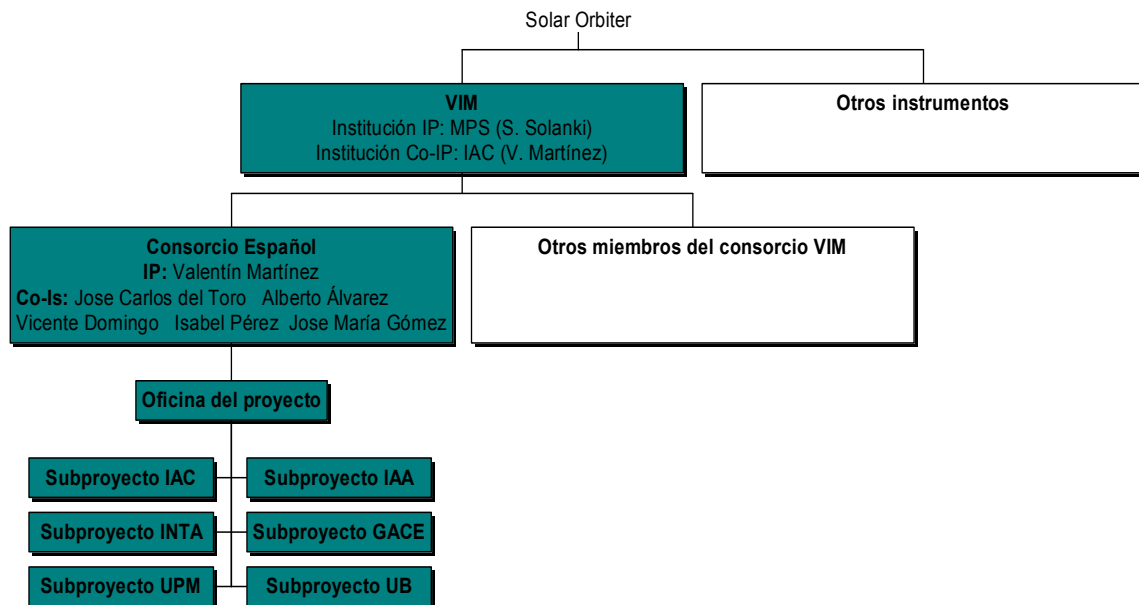
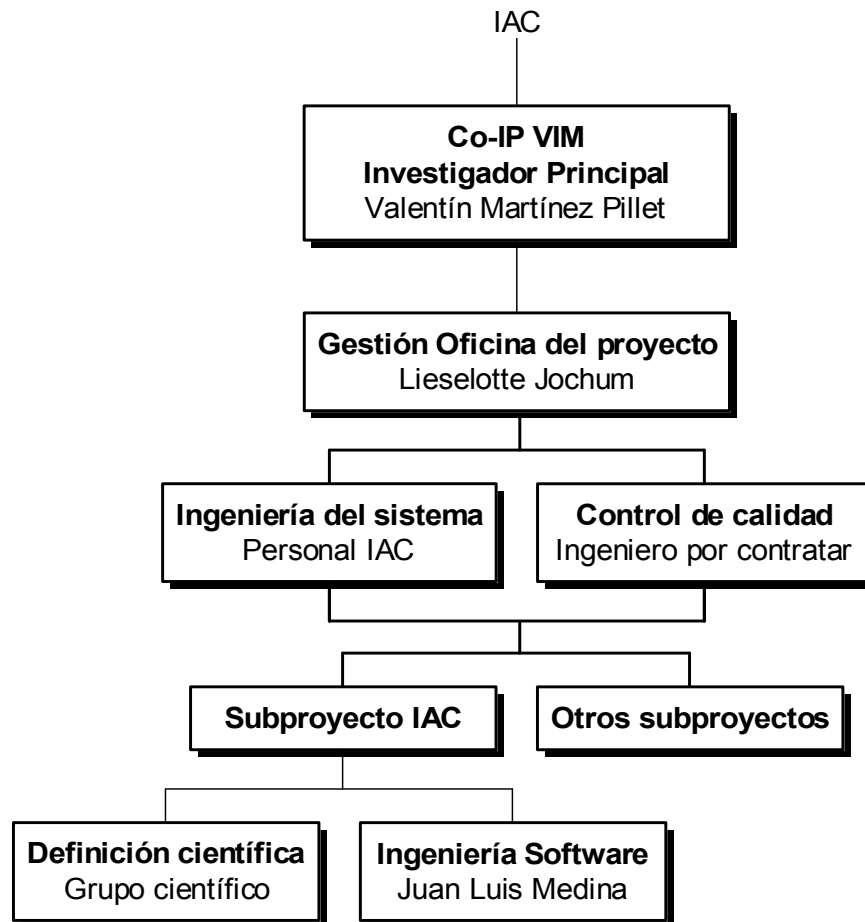


Figura 9: Organigrama general del consorcio español dentro de VIM/Solar Orbiter

La estructura se parece en sus características principales a la de IMaX dentro de *SUNRISE* con la que el consorcio español ha demostrado un funcionamiento muy satisfactorio como proyecto coordinado, a la vez siendo subproyecto dentro de otro. A continuación se detallará la estructura organizativa de cada subproyecto.

4.2.3.1 Organigrama y personal del IAC en VIM



Valentín Martínez Pillet: Investigador principal subproyecto IAC. Coordinador de la propuesta y co-IP de VIM en la respuesta al AO del *Solar Orbiter*. Sus tareas son la participación en el equipo científico del instrumento y de la misión (SWT), definición de requerimientos científicos del modulador de polarización y del subsistema térmico. También Liderará la definición de los requerimientos científicos del software de vuelo.

Lieselotte Jochum: Gestión global contribución española al instrumento VIM. Se responsabiliza del cumplimiento de plazos en el proyecto, producción de documentación y coordinación de la oficina del proyecto.

José Antonio Bonet Navarro: Liderará la definición de los requerimientos científicos y de calidad óptica del FDT. Apoyo en integración del FDT. Participará en los trabajos del equipo científico del instrumento.

Basilio Ruiz Cobo: Participará en los trabajos del equipo científico del instrumento. Liderará la definición de los modos de observación del instrumento (selección de línea espectral, número de puntos dentro de la línea, resolución espectral). Trabaja en estrecha colaboración con el IAA.

Inés Rodríguez Hidalgo: Desarrollo de un módulo sobre física solar desde el espacio para el Museo de las Ciencias y el Cosmos de La Laguna.

Fernando Moreno Insertis: Participará en los trabajos del equipo científico del instrumento. Liderará las simulaciones numéricas MHD que permiten estudiar los procesos de emergencia de campo magnético en la superficie solar. Estos estudios son especialmente importantes para las misiones *SUNRISE* y *Solar Orbiter*.

Juan Luis Medina Trujillo (Contratado proyecto IMaX): Responsable del diseño del software de vuelo para el control del instrumento.

Santiago Vargas: (estudiante FPI): Participará en los trabajos del equipo científico del instrumento.

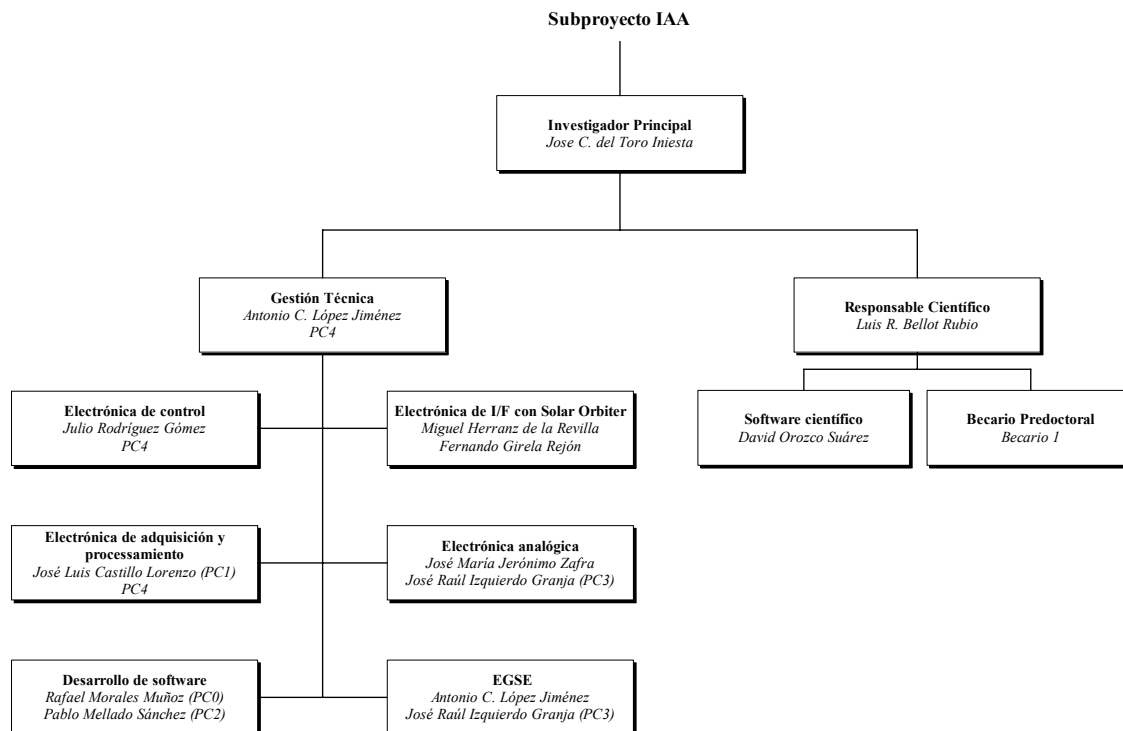
Alberto Sainz Dalda: (Externo. Contratado por THEMIS): Participará en los trabajos del equipo científico del instrumento. Proporcionará su experiencia en acceso Web a los datos de misiones espaciales.

Irene González Hernandez: (Externa. Investigadora NSO, Tucson): Participará en los trabajos del equipo científico del instrumento. En colaboración con el Dr. Jose Antonio Bonet, desarrollarán los requerimientos científicos del FDT que surgen de las técnicas de heliosismología local.

Ingeniero de Control de Calidad: Miembro de la oficina del proyecto. Responsable de Control de Calidad de la contribución española al proyecto. Se solicita contrato para esta persona.

Ingeniero del sistema: Miembro de la oficina del proyecto. Responsable del control de los presupuestos del sistema, control de interfaces, etc. (personal del IAC por definir).

4.2.3.2 Organigrama y personal del IAA en VIM



Jose Carlos del Toro Iniesta: Investigador principal. Se responsabiliza ante el coordinador del proyecto y ante el Plan Nacional del Espacio del cumplimiento de los objetivos científicos y tecnológicos dentro de los plazos previstos y del presupuesto establecido. Es corresponsable del paquete de trabajo de preparación para la explotación científica

Luis R. Bellot Rubio: Responsable del paquete de trabajo de preparación de la explotación científica.

Antonio Carlos López Jiménez: Gestor técnico del subproyecto. Gestiona el correcto desarrollo de las soluciones técnicas a los requerimientos científicos dentro de los plazos y del presupuesto establecido, así como la documentación científico-técnica producida. Coordina el grupo técnico y es responsable de la recepción, aceptación y verificación de la electrónica. Es responsable del desarrollo de simuladores.

Julio Federico Rodríguez Gómez: Está a cargo de la electrónica de control del instrumento, así como de su interfaz con el inversor.

Miguel Herranz de la Revilla: Es responsable de la electrónica de I/F con la plataforma.

Rafael Morales Muñoz: Es responsable del *software* de procesamiento y soporte a la construcción de los algoritmos para la realización del inversor.

José María Jerónimo Zafra: Es responsable de la electrónica analógica del proyecto.

Fernando Girela Rejón: Participa en el desarrollo de la electrónica de I/F con la plataforma.

David Orozco Suárez: Se encarga de la preparación de las herramientas de análisis científico. En particular, colabora en el desarrollo del inversor electrónico de la ecuación de transporte radiativo aportando sus códigos desarrollados para el proyecto IMaX. Estos códigos han de tenerse en cuenta a la hora de preparar el inversor electrónico.

El personal que sigue a continuación también aparece en la parte de IMaX de la presente memoria. Solamente el contrato número 4 es nuevo y necesario por la mayor carga de trabajo que supone la implicación de nuestro equipo en el desarrollo del magnetógrafo VIM. Entiéndase que el desarrollo del inversor electrónico supone un reto en sí mismo no alcanzado todavía por ningún grupo en el mundo.

Becario 1: Además de su preparación para la explotación de los datos de IMaX, la formación de personal que sea capaz de interrelacionar los distintos productos provenientes de otros instrumentos de la misión, en particular, aquéllos que estudian la cromosfera y la corona, permitirá al equipo la explotación cabal de la misión *Solar Orbiter*.

Contrato PC0 (Rafael Morales Muñoz): Es responsable del *software* de procesamiento y soporte a la construcción de los algoritmos para la realización del inversor y coordinador de todo el *software* de procesamiento y soporte.

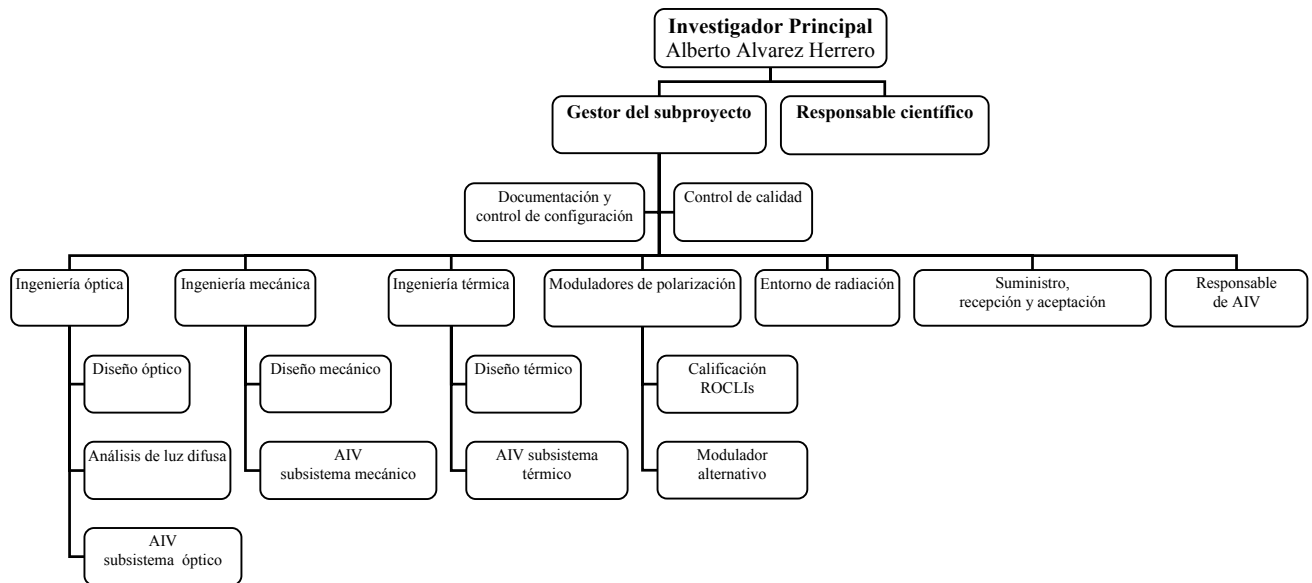
Contrato PC1 (José Luis Castillo Lorenzo): Responsable de la electrónica de procesamiento y adquisición de VIM. Desarrolla e implementa el algoritmo de inversión de la ecuación de transporte radiativo. Este contrato fue concedido por el PNE durante los dos primeros proyectos de IMaX. Su concurso se vislumbra fundamental para el desarrollo de *Solar Orbiter* dada la experiencia adquirida con IMaX y sus habilidades y conocimientos en el desarrollo de FPGA. En la actualidad, además, el contratado está realizando su tesis doctoral, dirigido por el IP del subproyecto, sobre el diseño del inversor electrónico.

Contrato PC2 (Pablo Mellado Sánchez): Participa en el desarrollo del *software* asociado al desarrollo del proyecto referente a modelos y simuladores. Este contrato fue concedido por el PNE durante los dos primeros proyectos de IMaX. Su continuación resulta imprescindible para el desarrollo de *Solar Orbiter* dada la experiencia adquirida en el desarrollo de IMaX, verdadero prototipo de VIM, y su perfecta imbricación en el equipo.

Contrato PC3 (José Raúl Izquierdo Granja): Realiza labores soporte al montaje e integración de los prototipos de la electrónica de vuelo y de los simuladores. Tanto en lo que queda del proyecto IMaX como en el de VIM, el trabajo de un técnico especialista en labores de montaje electrónico resulta fundamental y así fue reconocido por el PNE quien nos dotó con este contrato desde el inicio.

Contrato PC4: Realiza labores de apoyo a la electrónica de control y procesamiento. Las tareas de este subsistema son ingentes y no se pueden abordar solamente con el trabajo de José Luis Castillo Lorenzo. Piénsese que estamos dispuestos a desarrollar un dispositivo inexistente en el mundo y de amplio interés internacional como así se expresa en otros apartados de esta memoria. Colabora con la gestión del proyecto ayudando al gestor técnico en labores de desarrollo de documentación específica.

4.2.3.3 Organigrama y personal del INTA en VIM



Alberto Álvarez Herrero: Investigador principal. Se responsabiliza ante el proyecto coordinador del correcto cumplimiento de los objetivos científicos dentro de los plazos y del presupuesto establecido.

Tomás Belenguer Dávila: Responsable de las actividades la ingeniería óptica y, adicionalmente de los análisis de luz difusa.

Carmen Pastor Santos: Dentro de las actividades de la ingeniería óptica, responsable de las tareas de diseño, especificación y aceptación de los elementos ópticos

Luis Miguel González Fernández: Responsable de las tareas del INTA de integración y pruebas de verificación,

Gonzalo Ramos Zapata: Participa en las tareas relacionadas con la integración y pruebas de la óptica y la mecánica.

Raquel Lopez Heredero: Participa en la calificación de los ROCLIs y la definición del sistema modulador de polarización alternativo.

Nestor Raúl Uribe Patarroyo: Participa en la calificación de los ROCLIs para aplicaciones espaciales.

Antonio Sánchez Rodríguez: Responsable de la ingeniería mecánica

Manuel Reina Aranda: Responsable del grupo diseño térmico subsistemas INTA.

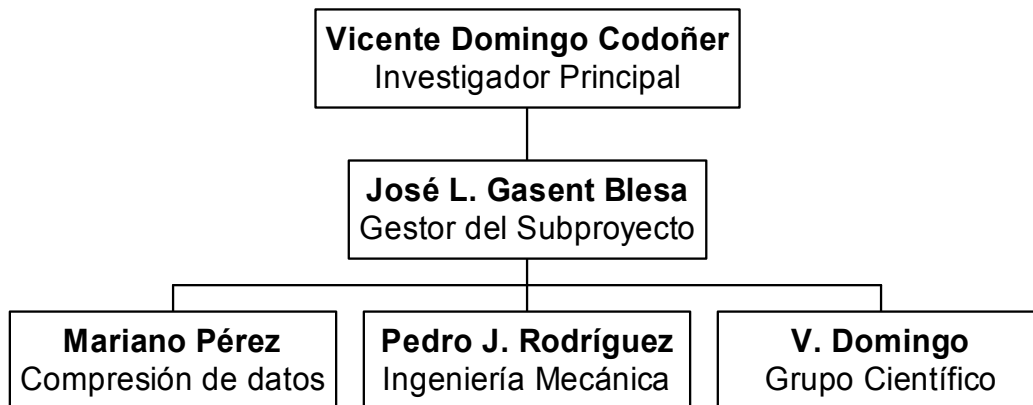
Joaquín Azcue Salto: Participa en las tareas de ingeniería opto-mecánica

Mercedes Menéndez Aparicio: Participa en las tareas de diseño térmico

Angel Carretero Serna: Responsable del suministro, recepción y aceptación de la optomecánica y del material térmico.

Mª Dolores Sabau Graziati: Participa en la gestión del subproyecto.

4.2.3.4 Organigrama y personal del GACE en VIM



Vicente Domingo Codoñer: Investigador principal. Se responsabiliza ante el proyecto coordinador por el correcto cumplimiento de los objetivos científicos dentro de los plazos y del presupuesto establecido. Responsable del grupo científico.

José Luís Gasent Blesa: Gestor técnico del subproyecto. Gestiona el correcto desarrollo de los requerimientos científicos en soluciones técnicas dentro de los plazos y del presupuesto establecido. Responsable de la verificación y pruebas de los subsistemas correspondientes al GACE. Realiza el Control de Calidad y Control de Documentación dentro del subproyecto.

Pedro J. Rodríguez Martínez: Responsable de la ingeniería mecánica. Realiza el diseño mecánico de los sistemas asignados al GACE y los análisis estructurales (*Finite Element Analysis*, FEA). Apoyo al Control de Calidad.

Iballa B. Cabello García: forma parte del grupo científico. Participa en la definición científica de VIM.

Mariano Pérez Martínez: Responsable del grupo de métodos de compresión de datos.

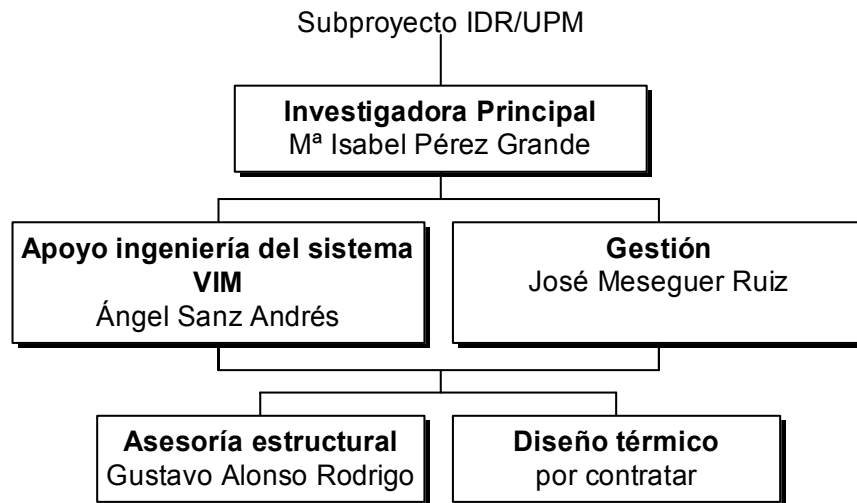
José L. Oliver Herrero: apoyo al análisis estructural de la caja de electrónica.

Antonio Lázaro Villar: apoyo en la definición y diseño del MGSE.

Enrique Maset Sancho: apoyo en la definición y diseño de la caja de electrónica de VIM.

Agustín Ferreres Sabater: apoyo en la definición y diseño de la caja de electrónica de VIM.

4.2.3.5 Organigrama y personal del IDR/UPM en VIM



Mª Isabel Pérez Grande: Investigador principal. Se responsabiliza ante el coordinador del proyecto y ante el Plan Nacional del Espacio del cumplimiento de los objetivos previstos dentro de los plazos previstos y del presupuesto establecido. Coordina las tareas dentro del grupo.

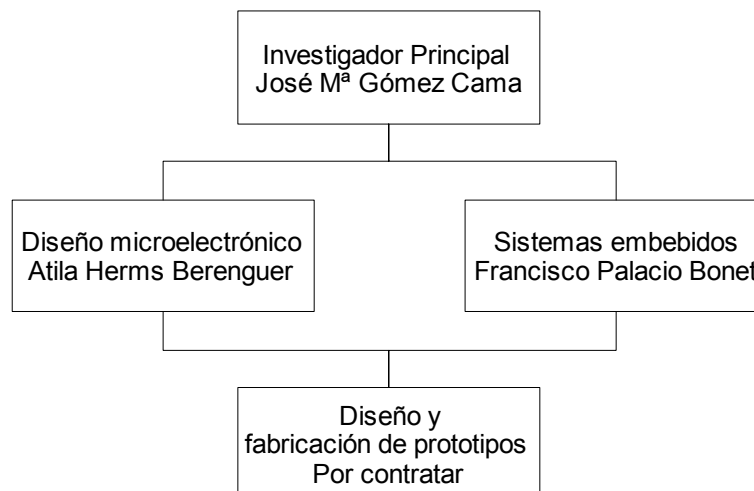
Ángel Sanz Andrés: Participa en la ingeniería de sistemas de VIM.

José Meseguer Ruiz: Participa en tareas de gestión del subproyecto.

Gustavo Alonso Rodrigo: Participa en las tareas de diseño térmico y asesoría estructural de la ingeniería de sistemas.

Contrato solicitado: Titulado Superior que se solicita para participar en las tareas de diseño térmico.

4.2.3.6 Organigrama y personal de la UB en VIM



José María Gómez Cama: Investigador principal. Liderara la generación de requerimientos técnicos de los diversos componentes de la fuente DC/DC y se encargara del seguimiento de los estudios industriales que eso conlleve.

Atila Herms Berenguer: Participa en el diseño microelectrónico de FPGAs y ASICs

Francisco Palacio Bonet: Participa en el desarrollo de la fuente del Fabry-Perot.

Contrato solicitado: Ingeniero Superior que se solicita para participar en el diseño, fabricación y test de los diferentes prototipos.

4.2.4 Fases del proyecto y principales hitos

La Figura 10 muestra los hitos más relevantes del cronograma previsto para las dos principales fases del desarrollo de VIM: la preparación de una propuesta en respuesta al anuncio de oportunidad de la ESA y el desarrollo del proyecto hasta la entrega del modelo de vuelo a la ESA. Con esta memoria se solicita financiación para los años 2007, 2008 y 2009 (en el cronograma con fondo blanco), coincidiendo con el arranque del diseño, pasando por la revisión del diseño conceptual y finalizando con la entrega del diseño preliminar.

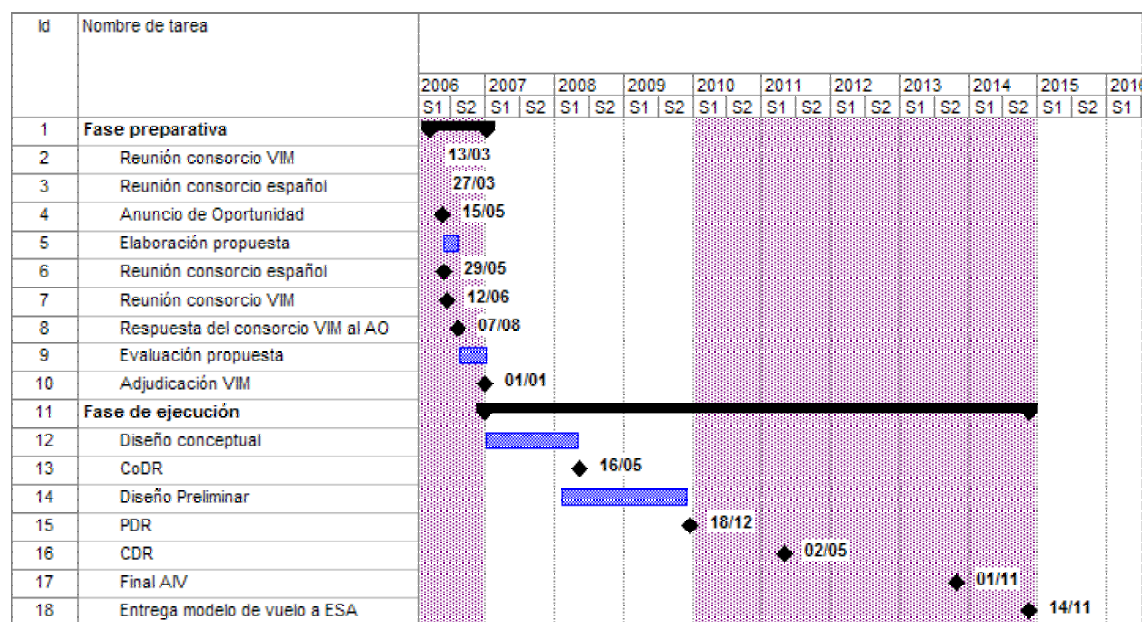


Figura 10: Cronograma VIM

4.3 Presupuesto del proyecto

Concepto	Responsable	IMaX/SUNRISE	VIM	Total
Personal		1.092.587,50 €	744.562,50 €	1.837.150,00 €
	IAC	206.775,00 €	206.775,00 €	413.550,00 €
	IAA	377.437,50 €	125.812,50 €	503.250,00 €
	INTA	297.600,00 €	102.800,00 €	400.400,00 €
	GACE	144.175,00 €	144.175,00 €	288.350,00 €
	IDR/UPM	66.600,00 €	44.400,00 €	111.000,00 €
	UB	0,00 €	120.600,00 €	120.600,00 €
Pequeño equipamiento		178.569,00 €	367.620,00 €	546.189,00 €
	IAC	8.969,00 €	17.320,00 €	26.289,00 €
	IAA	65.000,00 €	226.300,00 €	291.300,00 €
	INTA	54.000,00 €	8.000,00 €	62.000,00 €
	GACE	40.000,00 €	22.000,00 €	62.000,00 €
	IDR/UPM	10.600,00 €	50.000,00 €	60.600,00 €
	UB	0,00 €	44.000,00 €	44.000,00 €
Material fungible		65.000,00 €	189.000,00 €	254.000,00 €
	IAC	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	IAA	3.000,00 €	30.000,00 €	33.000,00 €
	INTA	45.000,00 €	92.000,00 €	137.000,00 €
	GACE	12.000,00 €	6.000,00 €	18.000,00 €
	IDR/UPM	5.000,00 €	5.000,00 €	10.000,00 €
	UB	0,00 €	56.000,00 €	56.000,00 €
Viajes y Dietas		399.057,00 €	345.097,00 €	744.154,00 €
	IAC	74.335,00 €	77.747,00 €	152.082,00 €
	IAA	140.372,00 €	39.000,00 €	179.372,00 €
	INTA	100.000,00 €	90.000,00 €	190.000,00 €
	GACE	53.750,00 €	66.750,00 €	120.500,00 €
	IDR/UPM	30.600,00 €	21.600,00 €	52.200,00 €
	UB	0,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €
Varios		64.875,00 €	430.215,00 €	495.090,00 €
	IAC	6.075,00 €	10.075,00 €	16.150,00 €
	IAA	11.880,00 €	33.180,00 €	45.060,00 €
	INTA	41.920,00 €	374.960,00 €	416.880,00 €
	GACE	5.000,00 €	5.000,00 €	10.000,00 €
	IDR/UPM	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	UB	0,00 €	7.000,00 €	7.000,00 €

Tabla 3: Costes directos del proyecto desglosados por conceptos

En la Tabla 3 se muestra un resumen de los costes directos del proyecto coordinado desglosado por conceptos del gasto, indicando el instituto responsable del gasto y si el gasto pertenece a finalizar el proyecto IMaX/SUNRISE o iniciar el proyecto VIM/Solar Orbiter.

La Tabla 4 muestra un resumen de los costes directos totales por subproyecto, desglosado sólo por la pertenencia del gasto a IMaX/SUNRISE o VIM/SOLAR ORBITER, respectivamente, resumiendo en la última columna los costes directos totales por subproyecto.

	IMaX/SUNRISE	VIM/SOLAR ORBITER		
IAC	296.154,00 €	311.917,00 €	Total IAC	608.071,00 €
IAA	597.689,50 €	454.292,50 €	Total IAA	1.051.982,00 €
INTA	538.520,00 €	667.760,00 €	Total INTA	1.206.280,00 €
GACE	254.925,00 €	243.925,00 €	Total GACE	498.850,00 €
UPM	112.800,00 €	121.000,00 €	Total UPM	233.800,00 €
UB	0,00 €	277.600,00 €	Total UB	277.600,00 €
	Total SUNRISE/IMaX	Total VIM/SOLAR ORBITER		Total Proyecto
	1.794.088,50 €	2.082.494,50 €		3.876.583,00 €

Tabla 4: Resumen de los costes directos en la financiación solicitada

5. BENEFICIOS DEL PROYECTO, DIFUSIÓN Y EXPLOTACIÓN EN SU CASO DE LOS RESULTADOS

(máximo **una** página)

Deben destacarse, entre otros, los siguientes extremos:

- ◆ Contribuciones científico-técnicas esperables del proyecto, beneficios esperables para el avance del conocimiento y la tecnología y, en su caso, resultados esperables con posibilidad de transferencia ya sea a corto, medio o largo plazo.
- ◆ Adecuación del proyecto a las prioridades de la convocatoria y, en su caso, del Programa Nacional correspondiente.
- ◆ Plan de difusión y, en su caso, de explotación, de los resultados del proyecto, el cual se valorará en el proceso de evaluación de la propuesta (ver apartado Noveno de la convocatoria) y en el de seguimiento del proyecto.

Este proyecto representa la consolidación de las actividades científico-técnicas del actualmente vigente que comenzó en 2003. En particular las contribuciones más destacables son:

- Consolidación de un consorcio multidisciplinar de varias instituciones públicas dedicadas a actividades espaciales. Este consorcio participa en una secuencia de proyectos (IMaX→VIM) donde se aprovechan las experiencias previas adquiridas, maximizando de esta manera el retorno tecnológico (en áreas como óptica, electrónica embarcada, análisis térmico).
- En el caso del proyecto VIM/*Solar Orbiter* permitirá concentrar el esfuerzo nacional en un gran proyecto con una alta visibilidad en la misión al actuar como co-IP del mayor instrumento embarcado en ella. Este hecho asegura un sitio en el SWT (equipo de trabajo científico) que será creado por ESA para esta misión.
- Consolidar el desarrollo de retardadores ópticos basados en cristal líquido (ROCLIs) que se inició en el marco preparatorio del proyecto IMaX. En la actualidad contamos con los ROCLIs de vuelos para IMaX y estamos en contacto con la empresa que los fabrica (Visual Display, Valladolid) para producir ROCLIs válidos para el *Solar Orbiter*. Existe una predisposición positiva por parte de ESA para incluir este desarrollo en el programa GSTP de la ESA, como se puede contrastar en el correo-electrónico adjunto del Dr. Marcos Bavdaz (responsable de la sección de tecnologías avanzadas-ESTEC).
- Uno de los desarrollos específicos en los que este equipo está trabajando es el diseño y fabricación de un inversor electrónico en tiempo real de la ecuación de transporte radiativo (basado en un circuito tipo FPGA o ASIC). La necesidad de realizar este inversor para el *Solar Orbiter* viene determinada por la limitada telemetría de la misión. Es importante destacar que este circuito es de interés para un elevado número de proyectos similares. El equipo de la misión SDO de NASA ha mostrado interés en este desarrollo y ha invitado recientemente al Dr. J.C. del Toro Iñiesta a participar como co-I de la misma.

El presente proyecto, en la medida en que contiene aspectos técnicos y científicos de los instrumentos IMaX y VIM se ajusta a las prioridades 1.1 (Astronomía y Astrofísica desde el espacio), 1.3 (medio interplanetario), 1.4 (meteorología espacial), 2.7 (elementos de cargas útiles incluyendo tecnologías opto-electrónicas) y 2.8 (procesos y métodos de integración y ensayos) del PNE como aparece descrito en la presente convocatoria.

Durante el desarrollo del proyecto el equipo ha presentado los resultados en un gran número de foros internacionales. En particular, se han presentado en dos congresos SPIE (Hawai y Glasgow) y existen dos contribuciones enviadas para el congreso de Miami (2006). Estas contribuciones han tenido una orientación bien basadas en el instrumento IMaX, bien más enfocadas en el desarrollo de ROCLIs. También se han realizado exposiciones en los foros astronómicos de los países implicados en la misión: reuniones de la SEA (Toledo y Granada) y de la Astronomische Gesellschaft (Friburgo). Existen también contribuciones del proyecto *SUNRISE*, contribuciones sobre las pruebas de caracterización de los ROCLIs para el espacio realizadas en INTA y sobre el desarrollo del inversor de Stokes en congresos más específicos de cada uno de estos temas (en este caso asociada a una acción complementaria liderada por el IAA). Todas estas contribuciones se pueden encontrar con facilidad en el ADS de NASA con la excepción de la caracterización de los ROCLIs para ambientes espaciales que no se realizó en un congreso de astronomía. Durante el desarrollo del proyecto que se solicita ahora se seguirá una política similar de presentaciones en congresos científicos y técnicos. Se le añadirán las exposiciones y artículos científicos relacionados con las tres tesis en el marco del programa FPI que se han iniciado en el proyecto y que tendrán un carácter más científico. El primero de dichos artículos ya ha sido publicado. Como novedad, queremos destacar que se solicita la financiación para la creación de un módulo específico de física solar desde el espacio para el museo de la Ciencia y el Cosmos de La Laguna y que se pondrá a disposición de todos los museos nacionales.

6. HISTORIAL DEL EQUIPO SOLICITANTE EN EL TEMA PROPUESTO (En caso de Proyecto Coordinado, los apartados 6. y 6.1. deberán rellenarse para cada uno de los equipos participantes)
(máximo dos páginas)

♦ **Indicar las actividades previas del equipo y los logros alcanzados en el tema propuesto:**

Si el proyecto es continuación de otro previamente financiado, deben indicarse con claridad los objetivos ya logrados y los resultados alcanzados.

Si el proyecto aborda una nueva temática, deben indicarse los antecedentes y contribuciones previas del equipo, con el fin de justificar su capacidad para llevar a cabo el nuevo proyecto.

Este apartado, junto con el 3, tiene como finalidad determinar la adecuación y capacidad del equipo en el tema (y en consecuencia, la viabilidad de la actividad propuesta).

Este proyecto es continuación de los proyectos coordinados ESP2002-04256 (un año de duración) y ESP2003-07735 (tres años de duración) y que representan la financiación del consorcio IMaX/SUNRISE durante el periodo 2003-2006. También es continuación del proyecto ESP2004-04733 (dos años de duración) que permitió la participación de IDR/UPM en el proyecto SUNRISE proporcionando el análisis térmico de la misión. En los proyectos originales se incluía la fase de vuelo para 2006 del telescopio. Como se explicó en el apartado 2 de la presente memoria este vuelo ha sufrido un retraso total de casi 3 años debido, fundamentalmente, a los problemas con el espejo primario. El proyecto que se solicita ahora, integra en la coordinación las cinco instituciones que participan en SUNRISE y permitirá a estas realizar las actividades necesarias de cara al vuelo en 2009. A este consorcio se les une la Universidad de Barcelona para las actividades correspondientes al desarrollo de las fases conceptuales y preliminar del instrumento VIM de la misión ESA *Solar Orbiter*.

Los objetivos logrados dentro del proyecto IMaX/SUNRISE han sido:

1. Evaluación de diseño preliminar a finales de 2004. El informe de los revisores (disponible en la página Web del proyecto) comienza así:

'The highly competent IMaX team has done a great job at providing extensive and detailed documentation and in presenting the preliminary design. The documents and presentations provide a complete overview of the instrument design and project planning, as well as covering the project's science and management aspects.'

2. El instrumento se encuentra en la actualidad a punto de pasar la evaluación de diseño crítico a la espera de la recepción y aceptación de componentes que fueron contratados al principio del proyecto. Los retrasos acumulados por IMaX son inferiores a un año y en estos momentos contamos con un cierto margen para la fase de AIV con respecto a la planificación del proyecto SUNRISE.
3. La definición de IMaX incluye en la actualidad el concepto térmico (ver figura 6, izquierda) con caloductos y radiadores, siendo el primer instrumento de SUNRISE en contar con este alto grado de definición.
4. Identificación y adquisición de un alto número de componentes de vuelo: ROCLIs, FPGA/DSP de análisis en tiempo real y compresión de datos, CPU de control (figura 6 centro), etalón (del que existe repuesto).
5. Se han simulado en laboratorio los modos de observación polarimétrico longitudinal y vectorial con los ROCLIs de vuelos consiguiendo unas eficiencias de modulación muy satisfactorias.
6. El modelo de ingeniería de la electrónica está diseñado en un 100 % y probado en un 90 %.
7. Se han caracterizado los ROCLIs para su uso en condiciones espaciales.
8. Se ha comprobado el uso de los etalones de LiNbO_3 al doble de la velocidad recomendada por el fabricante usando un etalón de prueba.

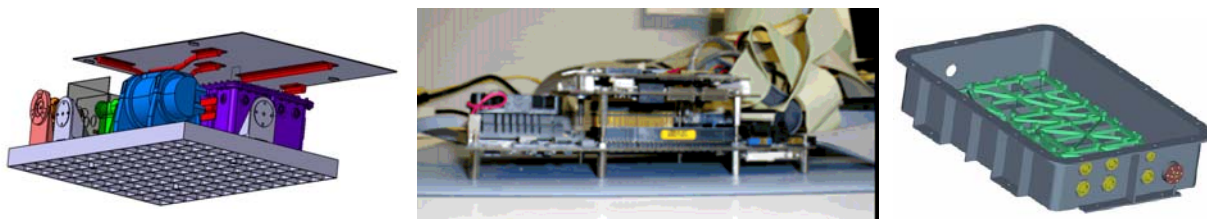


Figura 11: Izquierda: Concepto actual de IMaX incluyendo el control térmico del plano focal. Centro: Electrónica de IMaX en fase de pruebas. Derecha: Caja principal de electrónica de IMaX con la estructura de soporte de las distintas tarjetas. Se incluyen los conectores y pasamuros correspondientes.

9. Los conceptos de cajas presurizadas (electrónica de proximidad y principal) se han desarrollado por completo, incluyendo los conectores de vacío y aspectos de tornillería. Una caja de prueba está en construcción para validar este concepto durante el vuelo en Nuevo Méjico.
10. El software de vuelo y de la EGSE de control se han desarrollado (nivel CDR) usando el entorno propuesto por la institución IP (simulador ICU y GSEOS, respectivamente). En particular, se ha desarrollado un entorno propio

de UDP (*User Defined Programs*) y otro de DECO (*Defined Commands*) mediante los cuales se agiliza enormemente el desarrollo y actualización, incluso en vuelo, del software.

11. El plan de integración y verificación del instrumento en INTA se ha desarrollado casi en su totalidad a esperas del impacto que la recepción de componentes tenga en el proyecto.
12. El modelo térmico global desarrollado por el contratista principal del telescopio (KT) ha sido transferido completamente a IDR/UPM, quién esta ahora a cargo de finalizar el estudio incluyendo la barquilla, los instrumentos posfocales y los diferentes escenarios de vuelo.
13. Se ha validado el modelo térmico con los de la NASA/NSBF.

En lo que respecta al proyecto de magnetógrafo VIM/*Solar Orbiter*, debemos destacar el trabajo realizado por este mismo consorcio durante la fase de definición que ESA ha realizado estos años y en el que el coordinador de esta propuesta ha participado liderando esta definición. Ello ha permitido que nuestro grupo se encuentre en una situación internacional privilegiada para optar a la fabricación de este instrumento. A través de esta participación en el PWG de la ESA se han desarrollado las siguientes actividades:

1. Definición del magnetógrafo VIM incluyendo dos telescopios, un plano focal, un sistema de estabilización de imagen. Este concepto incluye el uso de los moduladores ROCLIs desarrollados para IMAx (Figura 12 izquierda, liderado por IAC).
2. Definición conceptual de un prototipo de inversor en tiempo real de la ecuación de transporte radiativo para su inclusión en la definición del tratamiento de datos a bordo del instrumento (Figura 12 centro, liderado por IAA).
3. Desarrollo de un concepto óptico y optomecánico completo de VIM (alternativo al existente en el MPS) incluyendo los telescopios, el plano focal y elementos estructurales (liderado por INTA).
4. Estudio de las condiciones térmicas del instrumento cerca de perihelio, identificando aquellos componentes que son más críticos por alcanzar mayores temperaturas (Figura 12 derecha, liderado por IDR/UPM).
5. Propuesta a ESA para el desarrollo de ROCLIs válidos para la misión (liderado por IAC e INTA).

En general, la experiencia IMAx/*SUNRISE* se ha mostrado tremendamente importante para la definición del instrumento VIM de la ESA. El grado de definición de este instrumento se ha considerado como uno de los más altos de la misión. Esto es si cabe más importante si destacamos que el resto de los instrumentos de la misión han sido construidos con anterioridad en Europa (misiones Ulyses y SOHO). Sin embargo IMAx es el único magnetógrafo autónomo desarrollado fuera de los EEUU.

La unión al equipo de la Universidad de Barcelona, con su experiencia en desarrollo de FPGAs y circuitos ASIC, se mostrará de una gran utilidad dada la complejidad del instrumento que estamos considerando.



Figura 12: Izquierda: Concepto actual de VIM que incluye los ROCLIs (PMP). Centro: FPGA del prototipo de inversor electrónico. Derecha: Nodos del modelo térmico de VIM.

6.1 FINANCIACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA (PROYECTOS Y CONTRATOS DE I+D) DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO INVESTIGADOR

Debe indicarse únicamente lo financiado en los últimos cinco años (2000-2004), ya sea de ámbito autonómico, nacional o internacional.

Deben incluirse las solicitudes pendientes de resolución.

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
Procesos Físicos en el Plasma Solar (IAC)	1	Dr. Manuel Vázquez Abeledo	450.180	DGES (PB95-0028)	1997-2001 (C)
European Solar Magnetometry Network (IAC)	1	Dr. Rob Rutten	160.000	UE	1998-2002 (C)
Magnetismo Solar y Espectropolarimetría Aplicaciones en Astrofísica (IAC)	1	Dr. Javier Trujillo Bueno	279.921	PNAYa 2001-1649	2002-2004 (C)
Desarrollo de Retardadores Opticos basados en Cristal Líquido (ROCLIs) (IAC)	1	Dr. Valentín Martínez Pillet	108.037	CDTI-PROFIT/PNE-007/2001-I-A	2002 (C)
IMaX-Un magnetógrafo para <i>SUNRISE</i> (IAC-IAA-INTA-GACE)	0	Dr. Valentín Martínez Pillet	439.820	ESP2002-04256-C04-01/02/03/04	2003 (C)
Diseño avanzado y fabricación de IMaX (IAC-IAA-INTA-GACE)	0	Dr. Valentín Martínez Pillet	2.800.000	ESP2003-07735-C04-01/02/03/04	2004-2006 (C)
Control térmico del telescopio <i>SUNRISE</i> (IDR/UPM)	0	Prof. Angel Sanz	97.500	ESP2004-04733	2005-2006 (C)

Diseño conceptual de un inversor electrónico de la ecuación de transporte radiativo (IAA)	0	Dr. Jose Carlos del Toro Iniesta	14.000	ESP2004-20929-E	2005-2006 (C)
Misión Rosetta de exploración de un cometa (IAA)	2	Dr. José Juan López Moreno	2.596.372	CICYT-PNIE	1997-2000 (C)
Misión Rosetta : participación española en los Instrumentos OSIRIS y GIADA. Fases C y D (IAA)	2	Dr. Rafael Rodrigo Montero	1.019.497	CICYT-PNIE	2001-2003 (C)
Luz polarizada en el sistema solar: una aplicación al estudio de comas planetarias (IAA)	1	Dr. Fernando Moreno Danvila	234.394	MCyT-PNAyA2001-1177	2002-2004 (C)
Caracterización de materiales ópticos para el espacio (LINES/INTA)	1	Dr. Armonía Nuñez	68.300	PNE	2001 (C)
Study on optical wireless links for intra-satellite communications (LINES/INTA)	2	Dr. José Torres Riera	48.000	ESA	2000 (C)
Osiris (LINES/INTA)	2	Dra. Maria Dolores Sabau	2.096.194	ESP97-1773-CO3-02 PNE-001/2000-C-02 ESP2001-4676-E	1997-2001 (C)
Protones, choques interplanetarios y variabilidad solar. Aplicaciones en meteorología espacial. Participación en proyectos de la agencia espacial europea (METEOSOL). (GACE)	1	Dr. Blai Sanahuja Parera	124.836	PNAyA2001-3304	2002-2004 (C)

INTErnational Gamma-Ray Astrophysical Laboratoy (INTEGRAL) (GACE)	2	Dr. Victor Reglero Velasco	8.022.911	CICYT ESP-95-0389-C02-C01 ESP-96-1905-E ESP-97-1673-E ESP-99-1532-E PNE-005/2000-C-C1	1995-2000 (C)
FUEGO instrument design, prototype construction and validation	1	Angel Sanz	50.485	Comunidad Europea ENV4-CT98-0763	1998-2000 (C)
Trabajos de medida de cargas de viento sobre diversos modelos de estructuras y edificios, y de caracterización de vientos sobre modelos topográficos (ver curriculums)	3	José Meseguer y Angel Sanz	200.000	Diversas Empresas	2000-2005 (C)
5000 calibraciones de anemómetros	3	Angel Sanz	600.000	Diversas Empresas	2000-2005 (C)
Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva"-USOC	1	José Meseguer	691.194	MCYT UPM01-35-003	2000-2002 (C)
Misión ROSETTA. Participación de la UPM en el instrumento OSIRIS (Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System), Fases C/D	1	Angel Sanz	153.047	CICYT PNE-001/2000-C-03	2000-2002 (C)
Estudios de Barreras Cortavientos	3	Angel Sanz	30.351	Puertos del Estado	2001 (C)
Estudio preliminar del comportamiento de caída de una submunición inteligente contra carro	3	Angel Sanz	15.797	C.I.D.A.	2001-2002 (C)
Programa de Infraestructuras. Implantación de un Sistema de Calidad	3	Angel Sanz	12.000	CAM y UPM	2001-2002 (C)

Estudios de Caracterización de Pavimentos y de Envoltentes de Edificios	3	José Meseguer	108.100	GOP-CDTI	2002-2003 (C)
Centro Español de Operaciones y Ayuda al Usuario de la Estación Espacial Internacional	2	José Manuel Perales	135.636	CDTI	2002-2003 (C)
Programa de Infraestructuras. Implantación de un Sistema de Calidad	3	Angel Sanz	59.715	CAM y UPM	2003 (C)
Accurate Wind Speed Measurements in Wind Energy	3	Angel Sanz	42.291	Comunidad Europea NNE5/2001/831	2003 (C)
Análisis térmico del método de la zona flotante en microgravedad	2	Damián Rivas Rivas	11.119	Dirección General de Enseñanza Superior y Científica. PB98-0726	2000-2001 (C)
Análisis térmico del método de la zona flotante en microgravedad. Experimentos AO-99-034 y AO-99-067 en la ISS	2	Damián Rivas Rivas	28.238	MCYT ESP2001-4536-PE	2001-2003 (C)
Ampliación del Contrato "Implementation of the STCDD as EDB Handbook", CCN 2	2	José Manuel Perales	50.000	ESA Contract 10995/99/NL/FG CCN2	2000 (C)
Experimentos Embarcados para la Estación Espacial Internacional (SSM, Spanish Soyuz Mission)	2	José Meseguer	41.000	MCYT ESP2002-10928-E	2003 (C)
Instalaciones para Ensayos Aerodinámicos	3	José Meseguer	588.800	PCT200200-2003-48	2003 (C)
Programa de Infraestructuras. Sistema de Calidad	3	Angel Sanz	4.000	CAM y UPM	2004 (C)

Feasibility Study of <i>SUNRISE</i> Thermal Concept	0	Angel Sanz	11.500	Max Planck Institute	2003 (C)
Extension of <i>SUNRISE</i> Feasibility Study	0	Angel Sanz	11.200	Max Planck Institute	2004 (C)
Ampliación del Contrato "Implementación of STCDD Handbook as EDB", CCN3	2	Gustavo Alonso	59.900	ESA Contract 10995/99/NL/FG CCN3	2005-2006 (C)
Laboratorio de Ensayos de Aerodinámica	3	José Mesequer	395.000	M.E.C. PCT-310000-2005-1	2005 (C)
Metodologías de Diseño y Evaluación de Prestaciones en los Sistemas Distribuidos de Control: Desarrollo de nodos inteligentes para la interconexión de sensores y actuadores en sistemas de comunicación industrial	2	Josep Samitier	46.278	CICYT TAP98-0585-C03-03	1998-2000 (C)
Food safety and quality monitoring with microsystems	3	Joan Ramon Morante	301.000	IST6 - IST-VI. VI Programa Marco. Information Society Technologies.	2004-2007 (C)
Realización de transceptores compactos de corto alcance utilizando tecnologías de Silicio para aplicaciones en redes de sensores en un entorno de 'Ambient Intelligence'	2	Jose Maria Lopez Villegas	109.200	TEC2004-01801/MIC	2004 (C)
Implementation of Short Range Compact Transceivers for applications in an Ambient Intelligence Environment	3	Jose Maria Lopez Villegas	85.000	Seiko-Epson.	2004-2005 (C)
Intelligent Small World Autonomous Robots for Micromanipulation (I-SWARM).	1	Manel Puig	560.000	Unión Europea, 6º Programa Marco, Contrato 507006.	2004-2007 (C)

Miniaturised co-operative robots advancing towards the nano-range (MICRON)	2	Manel Puig	379.617	Unión Europea IST-2001-32782.	2002-2005 (C)
Development of an emerging technology based on Micropyrotechnics. Aplicative exploration of energetic microsystem	3	Manel Puig	200.000	Unión Europea IST-1999-29047.	2000-2003 (C)
SISTEMA DE CAPTURA Y PROCESADO DE IMÁGENES CON CÁMARAS CMOS PARA APLICACIONES DE ESTEREOVISIÓN	2	Atila Herms	70.468	Proyecto CICYT TIC99-0485	1999 (C)
ESTUDIO DE LA VIOLACIÓN CP CON EL DETECTOR LHCb	2	Lluis Garrido	654.800	Proyecto CICYT ref. FPA2002-04452-C02-02	2002 (C)
DESARROLLO DE UN MICROSISTEMA BIOSENSOR ÓPTICO PARA MEDIDA DE TOXICIDAD EN AGUA	3	Mauricio Moreno	123.760	Proyecto CICYT ref. DPI2003-08060-C03-03	2003 (C)
ESTUDIO DE LA VIOLACIÓN CP CON EL DETECTOR LHCb	2	Lluis Garrido	765.000	Proyecto CICYT ref. FPA2005-06889-c02-01.	2005 (C)

(*) Véase apartado 5º.2 de la Convocatoria

(1) Escribase 0, 1, 2 o 3 según la siguiente clave:

0 = Es el mismo proyecto

1 = está muy relacionado

2 = está algo relacionado

3 = sin relación

(2) Escribase una C o una S según se trate de una concesión o de una solicitud.

7. CAPACIDAD FORMATIVA DEL PROYECTO Y DEL EQUIPO SOLICITANTE (En caso de Proyecto Coordinado deberá rellenarse para cada uno de los equipos participantes)

Este apartado sólo debe rellenarse si se ha respondido afirmativamente a la pregunta correspondiente en el cuestionario de solicitud.

Debe justificarse que el equipo solicitante está en condiciones de recibir becarios (del Programa de Formación de Investigadores) asociados a este proyecto y debe argumentarse la capacidad formativa del equipo. En caso de Proyecto Coordinado, debe rellenarse por cada subproyecto que solicite becarios de FPI.

GACE

El GACE-UV solicita dos becarios del programa de Formación de Personal Investigador (FPI) y un Técnicos en Formación. El Grupo de Astronomía y Ciencias del Espacio (GACE), encuadrado en Instituto de Ciencia de los Materiales de la Universidad de Valencia (ICMUV), posee capacidad de soporte educativo tanto en materia de desarrollo de instrumentación espacial como de software para el procesado y análisis de datos, fruto de varios proyectos espaciales desarrollados principalmente en el campo de la astrofísica de alta energía. El grupo de física solar está dirigido por el Dr Vicente Domingo, con amplia experiencia espacial obtenida en 25 años al servicio del Departamento de Ciencias Espaciales de la ESA donde ha coordinado los aspectos científicos del desarrollo, construcción y operación del observatorio solar SOHO, y entre otros aspectos relevantes ha participado en el desarrollo y explotación de casi todos los radiómetros solares para el espacio construidos en Europa (en SPACELAB-2, varios vuelos del Shuttle, EURECA, SOHO). Actualmente dirige un equipo internacional para el estudio de la relación entre magnetismo e irradiancia solares, patrocinado por el International Space Science Institute (ISSI), en Berna, Suiza. En el GACE la actividad científica en física solar está centrada en el estudio del magnetismo solar, la irradiancia solar y las relaciones sol-tierra. Dentro del plan de desarrollo del IMaX se diseña software para el tratamiento y análisis de imágenes de campo magnético y de intensidad solares utilizando datos de SOHO y del Swedish Solar Telescope de La Palma, y en el futuro próximo del Precision Solar Photometric Telescope (PSPT) del HAO, dentro de un programa para comprender el mecanismo por el que las formaciones magnéticas que afloran en la fotosfera contribuyen a la irradiancia solar.

Uno de los becarios FPI se unirá al grupo y colaborará en el procesado y explotación de las observaciones del IMaX. El beneficiario participará en la investigación en curso de la irradiancia de los elementos magnéticos solares, adquiriendo la práctica del procesado de imágenes, e introduciéndose en la física de la fotosfera solar. En visitas al IAC se familiarizará en las técnicas de la espectrografía magnética solar. Participará en observaciones con telescopios terrestres que le proporcionarán datos con los que practicar el software que desarrollará para el procesado y análisis de los datos de SUNRISE.

El otro becario FPI se unirá en el grupo teniendo como prioridad introducirse en las técnicas de compresión de datos. Este técnico contará con la tutoría coordinada entre dos profesores de la Universidad de Valencia, Dr. Mariano Pérez, miembro del Instituto de Robótica y Dr. Francisco Arándiga, director del Departamento de Matemática Aplicada y coordinador del programa de doctorado "Matemática Computacional e Informática" (el cual incluye varias asignaturas relacionadas con el tratamiento y compresión de imágenes). Ambos profesores poseen una amplia experiencia en el campo de compresión de datos. Este becario estudiará los métodos de compresión empleados en la misión SUNRISE, sus ventajas y desventajas, y ese *background* le serviría para colaborar en la definición y posterior desarrollo de los métodos de compresión en el

VIM, ítem crítico dentro de esta misión, donde sus dos tutores están involucrados. Dentro de este marco se realizarán diferentes simulaciones con imágenes solares y diferentes métodos de compresión que tengan en cuenta las peculiaridades de estas imágenes.

El GACE solicita también un técnico en formación con conocimientos de diseño mecánico y fabricación, que apoyará a las funciones de diseño y gestión del sub-proyecto durante todas las fases del proyecto, desde el concepto hasta el lanzamiento. De esta forma puede adquirir una sólida experiencia en diseño mecánico y estructural dentro del sector aeroespacial, a la vez que colabora en los paquetes de trabajo que sean responsabilidad del GACE.

Una de las funciones en las que colaborará este técnico en formación es la implantación y gestión de un sistema PDM (Product Data Management) llamado Windchill y comercializado por PTC (Parametric Technology Corporation). Este sistema de gestión del diseño permite controlar las actividades de desarrollo al tiempo que gestiona los datos del producto (versiones, permisos, etc.) con independencia de la ubicación del equipo. El único requisito para poder usar Windchill es un navegador web, mediante el cuál se puede acceder a la información que se almacena en el servidor. Otras tareas serían cálculos estructurales mediante elementos finitos de componentes o subconjuntos de pequeño o mediano tamaño, aplicación de normativa de diseño y la realización de estudios preliminares sobre diversas cuestiones mecánicas que afecten al diseño, como pueden ser materiales empleados, técnicas de fabricación, etc.

El GACE cuenta con una amplia experiencia en el diseño mecánico, principalmente a través de los proyectos INTEGRAL e IMaX. Este técnico en formación estaría por supuesto bajo la supervisión directa de los ingenieros del GACE involucrados en este proyecto y contaría también con la valiosa supervisión del Departamento de Mecánica y de Materiales de la Universidad Politécnica de Valencia, a través del Centro de Investigación de Tecnología de Vehículos, y además con el apoyo de empresas de ingeniería mecánica y de mecanizado. Se adjuntan las cartas de colaboración con el GACE en la versión impresa del subproyecto GACE.

IAA

El IAA solicita un becario del programa de Formación del Personal Investigador para instruir a un joven investigador en la ciencia que queremos hacer con IMaX en primer lugar y con VIM posteriormente. El PNE ya recomendó en el primero de los proyectos una de estas becas FPI con la que David Orozco Suárez está preparando todo el software de análisis científico. En particular, está adaptando un código de inversión de la ecuación de transporte radiativo al caso de las observaciones de IMaX. Este segundo becario que ahora solicitamos se encargaría de poner en práctica esos códigos adaptados a observaciones del VIP (Visible Imaging Polarimeter) que, construido por el IAA y el Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik (Friburgo, Alemania), trabaja en el foco del telescopio VTT del Observatorio del Teide. Este polarímetro puede servir de excelente banco de pruebas para IMaX y VIM. Pero, teniendo en cuenta que debemos explotar no sólo los datos de nuestros instrumentos sino los producidos por el resto de instrumentos a bordo de las plataformas *SUNRISE* y *Solar Orbiter*, este nuevo becario comenzará a formarse en extrapolaciones del vector campo magnético a la cromosfera y la corona que puedan compararse con los datos de los instrumentos cromosféricos y coronales de dichas plataformas. De esta forma, aumentaremos el grado de completitud científica del grupo.

El grupo del IAA tiene una amplia experiencia en formación del personal investigador: su IP ha dirigido con éxito tres tesis doctorales: dos de ellas en la Universidad de La Laguna (una recibió Premio Extraordinario de Doctorado) y una tercera en la Universidad de París VII. Actualmente,

dicho IP, junto con Luis R. Bellot Rubio dirige la tesis doctoral de dos becarios (el arriba mencionado y otro del programa FPU) cuyas tesis deben estar leídas a finales de 2006 y 2007, respectivamente. También dirige la tesis del ingeniero José Luis Castillo Lorenzo en el desarrollo del inversor electrónico.

INTA

El INTA solicita un becario del programa de Formación de Personal Investigador y un técnico en formación. El laboratorio de Instrumentación Espacial (LINES) tiene dos líneas de actividad principales: el desarrollo de instrumentación para aplicaciones espaciales y la investigación básica y aplicada en óptica-física.

Tanto en la misión IMAx/Sunrise como en la VIM/Solar Orbiter el papel principal del equipo del INTA se centra en el desarrollo de instrumentación (ingeniería óptica, opto-mecánica, térmica...). Sin embargo, uno de los paquetes de trabajo de gran relevancia para ambas misiones que se han realizado en colaboración con IAC, es la caracterización de los moduladores de polarización basados en ROCLIs y su comportamiento en el entorno aeroespacial. Esta propuesta innovadora ha incentivado una profunda investigación dentro del campo de los materiales ópticos mediante elipsometría espectroscópica de ángulo variable. Este estudio está muy relacionado con las líneas de investigación del LINES y muy concretamente dentro del análisis de materiales ópticos para aplicaciones espaciales que es una de sus áreas fundamentales de desarrollo científico.

El Laboratorio de Instrumentación Espacial (LINES) tiene una amplia trayectoria científica desde su creación en 1994, avalada con numerosos artículos publicados en prestigiosas revistas internacionales y tesis doctorales. A ello se une la estrecha relación conseguida entre los trabajos de ingeniería óptica, estado del arte del campo, y las investigaciones realizadas, lo que produce una alta calidad, innovación e interés de los trabajos desarrollados. Por todo ello, creemos que se ofrece un adecuado ámbito de formación para el personal investigador, y reciprocamente permitirá un avance sustancial en las investigaciones en realización. Asimismo, se considera que es un entorno propicio para la formación de técnicos especializados.

APENDICES

1. Correo de Dr. Marcos Bavdaz (Director sección de tecnologías avanzadas-ESTEC) mostrando interés en el desarrollo de la tecnología ROCLI para aplicaciones espaciales.

X-Mozilla-Status2: 00000000

X-Original-To: vmp@iac.es

Delivered-To: vmp@iac.es

Subject: Re: Liquid crystals variable retarders for *Solar Orbiter*

To: Valentin Martinez Pillet <vmp@iac.es>

Cc: Nicola.Rando@esa.int, vmp@iac.es

From: Marcos.Bavdaz@esa.int

Date: Thu, 7 Apr 2005 15:01:39 +0200

X-MIMETrack: Serialize by Router on estecmta1/estec/ESA(Release 5.0.11 |July 24, 2002) at 07/04/2005 02:57:55 PM

MIME-Version: 1.0

Dear Valentin,

I appreciate your interest in the SOLO mission and the very interesting technology you are developing, which could be of great benefit to this science mission.

As Nicola will have explained to you, we have recognised the importance of such retarders in the SOLO TDP, and in fact plan to incorporate the corresponding requirements in the ESA technology programmes.

While I would certainly expect the Agency to invest in some specific technologies required for SOLO, it would at the same time be of great importance to inform and prepare the Spanish funding agencies and the Delegate about your technology and its relevance to the ESA Science Programme. The GSTP programme in effect is a very attractive route to fund technologies of this maturity level, but the GSTP requires expression of interest from both the member state and ESA.

In addition, I would like to take the opportunity to request further information from your side, on what, in your opinion, would form the main focus of the technology development required for the application of the liquid crystal variable retarder in VIM. It would be extremely useful, if you could let us have a document,, similar to the VIM window requirement technical note, for the retarder. This TN would allow us to better prepare any technology development activity under GSTP or any other programme.

Thanks in advance for the effort.

Best regards,

Marcos.

Dr Marcos Bavdaz

Head of Advanced Technologies Section SCI-AT

Science Payload and Advanced Concepts Office

European Space Agency, ESTEC

Keplerlaan 1 - P.O.Box 299 - NL2200AG Noordwijk

Tel +31 (0) 71 565 4933, Fax +31 (0) 71 565 4690

2. Documento que se envió al Dr. Marcos Bavdaz a raíz de la correspondencia anterior.

Development of Space Qualified Liquid Crystal Variable Retarders (LCVRs)

1. **Polarization modulators and LCVRs.**
2. **Description of LCVRs and use for aerospace projects.**
3. **Requirements for *Solar Orbiter* LCVRs.**
4. **Methodology and schedule.**
5. **List of potential partners.**

V. Martínez Pillet (IAC, Tenerife), A. Alvarez (INTA, Madrid), J.C. del Toro Iniesta (IAA, Granada), S. Fineschi (INAF, Turin)

GOALS OF THE ACTIVITY:

- 1) To study the viability of Liquid Crystal Variable Retarders (LCVRs) for their use in the ESA ***Solar Orbiter*** mission.
- 2) To involve the European industry in the development of space qualified LCVRs.

1. Polarization modulators and LCVRs

The measurement of the polarization of light is a common method used for the study of magnetic fields in astrophysical objects (like the Sun) or in remote sensing applications to study the scattered radiation field after the interaction with a planetary atmosphere or a solid surface. Other than the commonly detected light intensity, one needs to measure two orthogonal linear polarization states and the ellipticity of the electric vector of the light. In total, one is interested in four independent quantities (that need at least the same amount of measurements). This is traditionally achieved by some method of polarization modulation. In polarization sensitive instruments, two options have been commonly adopted in the past:

- A polarization wheel that sequentially introduces different polarization optical elements (such as fixed retarders and linear polarizers).
- A continuously rotating retarder at a rate of typically a few Hz.

The first method needs some time between different measurements as given by the time needed by the wheel to change its orientation (it allows measurements of polarization degrees of the order of 1 %). The second method provides a faster performance as it is normally needed for accurate polarization measurements (degrees of polarization as low as 0.01 %). Any of these options requires a mechanism to perform the modulation, with the associated mass, power and mechanical demands. They have been adopted in various space missions such as in SoHO or Solar-B (launch 2006).

Electro-optical devices however allow for a much simple polarization modulation scheme with considerably smaller requirements in terms of mass, power and mechanical complexity. They are ideal candidates for compact, low resources payloads. The most

common device being used now in a number of ground-based instruments are Liquid Crystal Variable Retarders or LCVRs. These devices are conceptually similar to widespread Liquid Crystal Displays (LCDs, which involve a large industrial sector with strong R&D components). The present document describes how LCVRs can be manufactured in the framework of the ESA *Solar Orbiter* mission, where two of the proposed instruments in the PDD aim at using this technology as polarization modulators: the Visible-light Imaging Magnetograph (VIM) and the Coronagraph (COR) visible channel.

2. LCVRs description and use for aerospace projects

Optical retarders are characterized by introducing a retardance, δ , between two components linearly polarized in orthogonal directions. The parameters describing a retarder are the retardance δ and the orientation (with respect to a given reference) of one of the linear polarization directions, α . Fixed retarders have constant δ and to achieve temporal modulation one changes its orientation making $\alpha=\alpha(t)$. LCVRs can be constructed to produce temporal modulation in two ways. First by changing the retardance as a function of time, $\delta=\delta(t)$ (depending on the applied voltage). These LCVRs use a nematic liquid crystal material. Second, they can also be designed to produce a temporal modulation of the reference axis so that $\alpha=\alpha(t)$ (again depending on the applied voltage). In this case, they use a ferroelectric liquid crystal material. Nematic and ferroelectric LCVRs are very similar but this document only describes nematic ones.

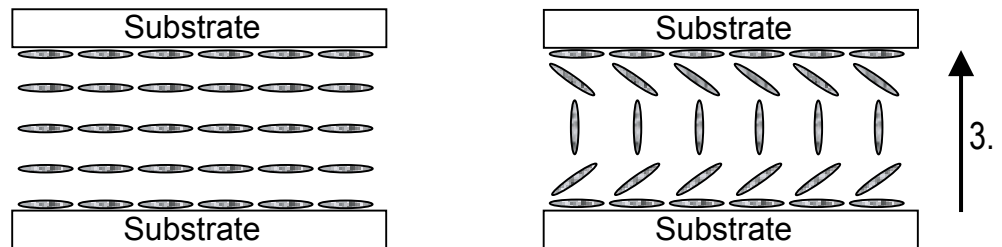


Figure 1: Sketch of nematic liquid crystal molecules in voltage-off (left) and voltage-on (right) states.

Like in standard LCDs, LCVRs consist on two glass substrates forming a cavity that is filled with a liquid crystal material (nematic in this description). On the outside face the glass substrate usually has standard antireflection coatings. On the inside of the cell, each glass substrate has two layers critical for the operation of the LCVRs. First a transparent conductive ITO (Indium Tin Oxide) layer for the application of an electric field inside the cell. On top of this, there is a polyimide alignment layer that provides a reference direction for the liquid crystal molecules. LCVRs use parallel alignment of the two substrates whereas normal LCDs use orthogonal directions. When there is no electric field applied to the cell, the molecules are parallel all inside the cell (see figure 1, left). Then the LCVR has a maximum retardance $\delta=d*\beta/\lambda$ (retardance measured in waves), where d is the cell thickness (typically several microns), β the birefringence of the liquid crystal material and λ the wavelength. When a voltage difference is applied, the resulting electric field aligns the molecules by an amount that is a function of the electric field itself and the distance to the alignment layers (Fig. 1, right). The light sees

now a different birefringence. In this way $\delta=\delta(V)$ which, by applying a time dependent voltage to the cell in the range of [0,10] volts, typically produces the desired temporal modulation. Typically, the driving signal is a DC compensated square wave at 2 KHz frequency for nematic devices.

A typical calibration curve, $\delta=\delta(V)$, is shown in Figure 2. The retardance drop for higher voltages is a consequence of the more isotropic shape of the molecules when the applied field re-orientes them.

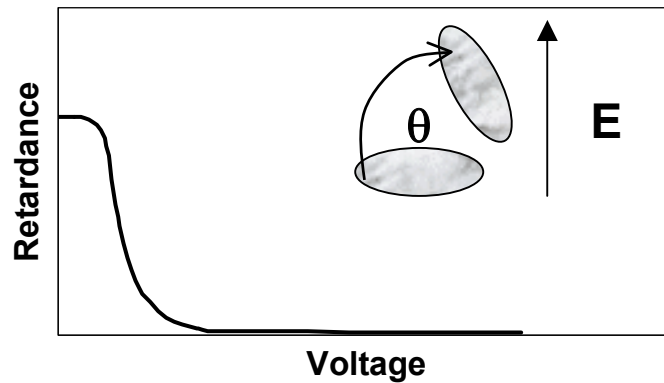


Figure 2: Change of retardance with increasing applied voltage. Maximum voltages are typically in the range of 10-20 volts depending on the exact LCVR.

The cell thickness is maintained with a spacer that surrounds the outer part of the LCVR. A diagram of a complete LCVR is shown in Figure 3. Once filled with the liquid crystal material, the glass sandwich is sealed with a welding drop. The LCVR is adequately provided with connectors contacting the ITO layers of each substrate for the application of a voltage difference.

The dimensions shown in Fig. 3 refer to actual LCVRs produced in a collaborative effort between the Instituto de Astrofísica de Canarias and the LCD company TECDIS Display Ibérica (Valladolid, Spain, a brand of TECDIS Italy located in Chatillon). These devices have been built under the auspices of the Space Programs section of the Spanish *Centro para el Desarrollo Industrial y Tecnológico* (CDTI). CDTI is the official Spanish representative at ESA.

These LCVRs (known as ROCLIs in Spanish terminology) have been produced for their use in the Imaging Magnetograph eXperiment (IMaX, Fig. 4 shows one of the IMaX LCVR in its mounting), which will fly in the NASA Long Duration Balloon project *SUNRISE* (led by the Max Planck für Sonnensystemforschung in Lindau, Germany). The balloon is expected to fly in Antarctica in 2008.

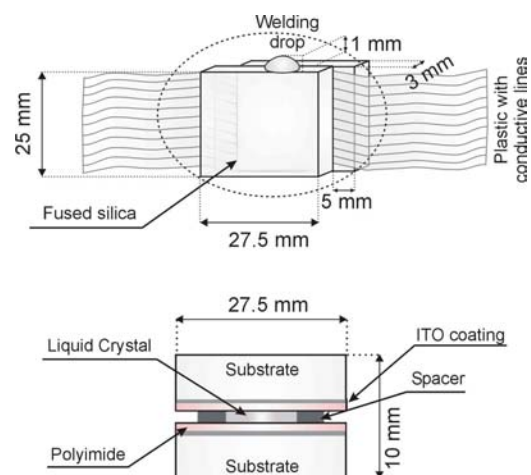


Figure 3: LCVR structure and dimensions manufactured by TECDIS Display Iberica.

IMaX is a collaboration between 4 Spanish institutions: IAC (Tenerife; PI institution), IAA (Granada; responsible for the electronics and the control software), GACE (Valencia; responsible for mechanics) and INTA (Madrid; responsible for optics and opto-mechanics). At INTA facilities a preliminary qualification study of the LCVRs has been carried out in the framework of the balloon project, but also having in mind future full space applications. IMaX is conceptually speaking very similar to the VIM instrument described in the *Solar Orbiter* PDD. They both use a couple of LCVRs to produce the modulation of the full Stokes vector (linear and circular polarizations). In the framework of the IMaX project, a number of preliminary space qualification studies (lead by INTA) have been carried out. They have included gamma radiation tests, UV radiation tests, outgassing tests, thermal cycling, vibration tests and vacuum performance. Figure 5 shows the change in the calibration curve observed in the gamma radiation tests.

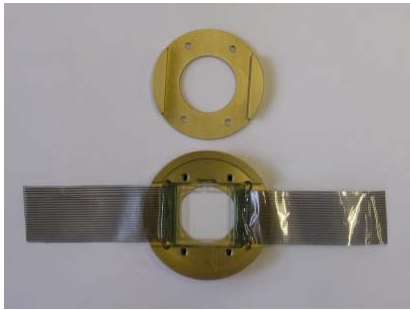


Figure 4: IMaX LCVRs (produced by TECDIS) and holder similar to that described in Figure 3.

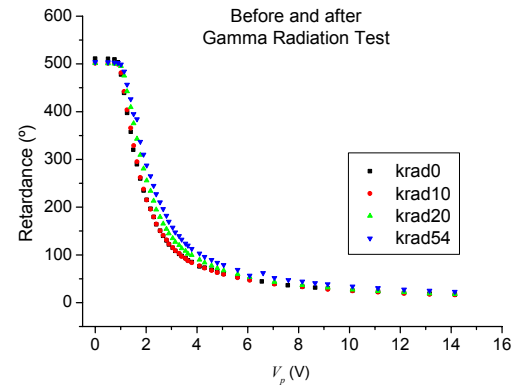


Figure 5: Calibration curves after irradiation of 10, 20 and 54 krad for the complete voltage range made by INTA.

The use of LCVRs in ground-based polarimeters for astronomy has become a standard. They are in use since the early 90's, most of them using LCVRs commercially available in the USA (Meadowlark Optics). More than 7 such instruments are actually in use at today's telescopes. IAC has leaded two ground-based polarimeters that use ferroelectric LCVRs produced by an extinguished company in Israel. In order to secure the procurement of LCVRs and in order to produce custom made devices, the collaboration with TECDIS display Iberica was started in the framework of the IMaX project.

The University of Turin is developing the coronagraph for the NASA Herschel rocket experiment (see Figure 6). This instrument contains a white-light polarimeter channel that uses one LCVR (from Meadowlark) as a polarization modulator. The coronagraph described in the *Solar Orbiter* PDD follows a similar concept. The rocket flight is scheduled for 2007.

In spite of all these projects aiming at the use of LCVRs for aerospace platforms, a clear validation for space missions is not yet available. It is clear that their use in the *Solar Orbiter* payload (as requested by two instruments) requires a careful qualification within the scope of this mission project. Only ESA can lead successfully such an

activity, even if it includes funding support from involved partners. We note that the application of liquid crystal materials to space applications should lead to a large number of applications as it has happened in the ground (from LCDs to telecommunication systems). Other preliminary space qualification tests in Europe and in the USA have been reported in the past (Graham et al. SPIE, 2811, 46; Berghmans et al. SPIE 2811, 2).

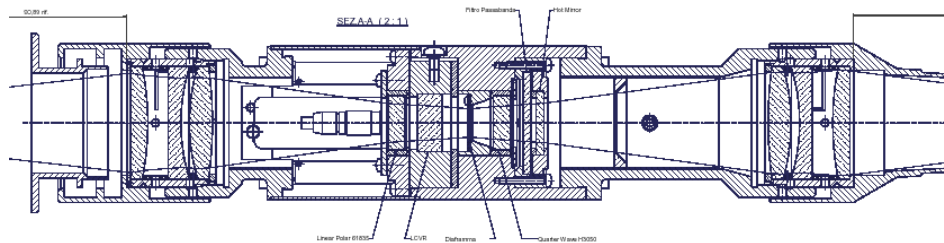


Figure 6: Visible Polarimeter of the Solar Coronagraph for the Herschel

3. Requirements for *Solar Orbiter* LCVRs

While the VIM and COR instruments are very different, the LCVRs required by the two instruments are basically identical. VIM is monochromatic and the LCVRs can be manufactured for a very specific wavelength (and, for example, specify a given retardance at zeroth volts). COR is a white light instrument and achromaticity plays a role. However, tests made at Turin have shown that standard LCVRs (that behave like true zero order retarders) have a sufficiently good achromatic performance and the loss of contrast from the lack of enough achromaticity is well within the tolerable range. Nevertheless, there is freedom in selecting a different liquid crystal material for VIM than for COR, so that chromatic performance for COR could be prioritized. In this case the space qualifications studies would have to be slightly different for each instrument. But all evidence points to the fact that the same liquid crystal material will be useful for the two instruments.

We list in what follows a number of basic requirements for the LCVRs. They rely, largely, in the acquired experience by TECDIS during the production of the IMaX LCVRs. However, they need to be revised in the context of the proposed activity.

3.1. Reference wavelength:

VIM is monochromatic. Reference wavelength is 617 nm.

COR is white light broad band [450,600] nm

3.2. Clear aperture:

≤ 5 cm.

3.3. Liquid crystal material

LCDs use a large variety of liquid crystal materials. Those with small viscosity and smaller temperature sensitivity are to be preferred. Birrefringencies in the [0.1,0.2] range are also preferred.

3.4. Thickness of cells

Depends on liquid crystal material. Typical values are in the range [2,10] microns.

3.5. Response time

LCVRs response times are a function of liquid crystal material, thickness cell and temperature. Additionally, the response time to a voltage increase is much faster than to a voltage drop. Ideal response times smaller than 30 ms are achievable.

3.6. Temperature range

Working temperature ranges [-20, 80] °C.

3.7. Temperature stability

LCVR retardances depend on temperature. Stability within ± 0.5 °C is normally used.

3.8. Transmission

Antireflection coatings allow achieving broadband transmissions larger than 95 %.

3.9. ITO thickness layer

Minimize absorption. 100-200 Å are typical values.

3.10 Polyimide material

Index matching. Thicknesses of 500-1000 Å are common.

3.11 Glass substrate

Space qualified. Minimize ionic contamination. Fused silica is normally used.

3.12 Optical quality of glass substrates

$\lambda/10$ transmitted wavefront distortion (full aperture). 40-20 scratch and dig.

3.13 Optical quality of LCVRs

$\lambda/4$ transmitted wavefront distortion (full aperture).

3.14 Spacer materials

Space qualified (outgassing)

3.15 Welding epoxies

Space qualified (outgassing)

3.16 Retardance range

[0.05,1] waves

3.17 Retardance homogeneity

3 % full aperture and over FOV angles (2.7° VIM; 9.2° COR, wide-fielded)

3.19 Driving signal

DC compensated square wave at 2 kHz with rms amplitudes in the range [0,20] Volts.

4. Methodology and schedule

The main purpose of this activity is the validation of the LCVR technology for its use in two instruments of the core payload of the ESA *Solar Orbiter* mission. This technology is being tested for balloon and rocket experiments and it is a natural candidate for a mission such as *Solar Orbiter*. In the case of the balloon experiment, the LCVRs have been produced within a collaborative effort between scientific institutions and the R&D department of TECDIS Display Ibérica. It is clear that the application of this technology to a specific space mission such as *Solar Orbiter* requires a careful validation process. We explain in this section a methodology that would include partners involved in Europe in the use of this technology but that must be coordinated with ESA leadership. The timeframe proposed (a total of 1.5 years from the beginning of the activities) might look optimistic at first sight. But we want to emphasize that LCVRs have been recently successfully produced (for IMaX) and a number of space qualification studies have been carried out already. This experience provides a wealth of knowledge that is of direct applicability to the proposed activity and helps reducing the time one would foresee if we were starting from scratch.

The starting point should be the requirements set by the orbit planned for *Solar Orbiter*. Within this framework, the space qualification studies of LCVRs should include the following tests:

- **UV radiation:** Liquid crystal molecules can be dissociated by UV radiation. The two instruments that are proposing the use of LCVRs have a number of reasons to ensure that no UV radiation actually enters the path where they would be located (by using entrance filters that would select a bandpass of visible light for the incoming light). Use of UV filters as the first element of the polarization modulator help reducing any risk. But this should be adequately characterized. Experience learned at INTA/SPASOLAB has shown that it is also important to distinguish between the UV performance of the glass substrate, the polyimide and the liquid crystal material itself.
- **Gamma radiation:** According to a number of studies already existing this is not a real problem for LCVRs. But the protection needed for the expected doses should be defined.
- **Outgassing:** The problems in this area arise from the epoxies and connectors that are used in the LCVRs. Using adequately qualified materials no problems are foreseen in this area.

- **Vibration and shocks:** Nematic liquid crystals have shown repeatedly to be reliable under standard vibration and shock tests for space missions. The situation for ferroelectric liquid crystals is less clear, though.
- **Vacuum performance:** Optical performance under vacuum conditions including retardance, wavefront distortions, transmittance, etc. must be studied.
- **Thermal cycling:** The thermal environment of *Solar Orbiter* is known to display large fluctuations and is a source of concern for all components that will be used. Liquid crystal change phase at extreme temperatures (below -40°C and above 90°C typically) but they are fully recoverable (unless permanent damage to the glass or polyimide is inflicted). Yet a careful study of performance and survivability for operative and non-operative conditions is needed.
- **Durability:** LCVRs have been working satisfactorily in a number of ground-based instruments for more than ten years. Still, it is considered that for the case of *Solar Orbiter*, tests under vacuum conditions, including thermal cycling for relatively long periods (months) are needed. The proposed tests include phases where the LCVRs will alternatively be operative and non operative.

The methodology proposed would be as follows (we indicate at the end the month in which the activity should have been finished):

- **Kick-off meeting:** Under ESA leadership. It should set the objectives for the validation of the LCVR technology in the *Solar Orbiter* payload. Month 1.
- **Requirements for VIM & COR instruments:** Establish the requirements for the LCVRs of each of the two instruments (selection of liquid crystal material most likely needs to be made here). This involves mostly the scientific partners, but interaction with industry is also needed. Month 2.
- **Manufacturing procedure:** Industry should propose a manufacturing procedure and schedule able to meet the requirements agreed with all partners. Month 3.
- **Manufacture LCVRs prototypes:** The prototypes will be produced by the industry. Note that, other than LCD industries, different industrial partners might be involved as ITO coated glass suppliers. During this phase, science partners must prepare the characterization phase that starts soon after the reception of the first prototypes. This includes, not only the optical set-up, but also the procurement of necessary driving electronics and software. It is noted that the proposing institutions already have a fair amount of experience in this direction, including specific EGSE components. Follow-up meeting between all partners, including ESA, should take place around this time. Month 7.
- **Characterization of LCVR prototypes:** It includes retardance calibration, response time characterization, wavefront distortion, transmission, etc. All prototypes should be calibrated during this phase. The number of prototypes needed is estimated to be 30 or so of each type (if more than one). Month 9.
- **Space qualification tests:** After month 3, all partners should have agreed a procedure for space qualification tests (institution, timing, etc.). They would start at this stage and end after 5 months. During this time, science partners should perform simulations of intended polarization modulation for VIM and COR in laboratory conditions. Month 14.
- **Vacuum performance tests:** A test including on and off states for several days in vacuum and with an agreed thermal cycling profile will be carried out. Month 17.
- **Close-up meeting:** Summary meeting to revise conclusions of the LCVR characterization of the technology for *Solar Orbiter* mission. Month 18.

5. List of Possible Partners

We list the partners that are interested in the proposed activity together with a brief description of their responsibility. The following list does not include ESA who is supposed to lead and coordinate the activity.

Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife, Spain.

IAC led the development of LCVRs together with TECDIS Display Ibérica for IMaX and has produced the laboratory characterization of the devices including full Stokes modulation schemes. They would lead the definition of the requirements for the VIM instrument.

Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales, Madrid, Spain:

INTA has performed a complete calibration of the LCVRs produced by TECDIS in the context of the balloon project. They will help in establishing the requirements for the LCVRs of the two instruments using space qualify materials. They also have the capabilities of leading further space qualification tests following ESA procedures.

Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada, Spain:

IAA has produced the EGSE equipment and related software for the driving signals of the LCVRs in IMaX and they would play a similar role in the present activity. They will also participate in setting the requirements of the LCVRs for the VIM instrument.

Tecdis Display Ibérica (Visual Display), Valladolid, Spain:

Tecdis R&D group (Visual Display) would manufacture the LCVRs prototypes. They would also interact with the scientific institutions during the definition of the requirements of the LCVRs.

Observatorio Astronomico de Torino, Turin, Italy:

OAT (INAF) will lead the definition of the requirements of the LCVRs for the white light channel of the COR instrument.

Tecdis, Chatillon, Italy:

Their participation is TBD but they could also help in manufacturing LCVRs prototypes.

3.- Carta de la empresa de Valladolid Visual Display interesada en continuar el desarrollo de ROCLIs.



A quien pueda interesar,

Por la presente queremos manifestar y dejar constancia del interés de la empresa Visual Display S.L.L. en el desarrollo de Retardadores Opticos de Cristal Líquido (ROCLIs) que se tiene intención de llevar a cabo dentro del proyecto Solar Orbiter.

Valladolid, 10 de Enero de 2006

Manuel López
Director Gerente

Visual Display S.L.L.
Parque Tecnológico de Boecillo,
47151, Boecillo, Valladolid
C.I.F.: B47565577

Visual Display S.L.L., Parque Tecnológico de Boecillo, 47151 Boecillo, Valladolid. C.I.F.: B47565577.
Inscrita en el Registro Mercantil Tomo 1189, folio 113, hoja VA-17.703, Inscripción 1ª. Sujeta a los
Juzgados de Valladolid

4. Carta de la empresa de EADS CASA interesada en participar en la definición del subsistema térmico del instrumento VIM/Solar Orbiter.



Instituto Universitario "Ignacio Da Riva"
Universidad Politécnica de Madrid
Atn: Sr. D. Ángel Sanz

Madrid, 11 de Enero de 2006

Asunto: Control Térmico Instrumento VIM

Estimado Ángel:

Según hemos hablado, te confirmo en esta carta que tenemos interés y os apoyaremos como asesores en el diseño del control térmico del instrumento VIM (Visible Imager & Magnetograph).

Dicho instrumento es una de las cargas de pago del satélite Solar Orbiter, que dentro del marco del Programa Científico de la ESA, se acercará a una distancia de 0.22 UA del Sol y saldrá del plano de la eclíptica, permitiendo mediante la observación del Sol a esta distancia dar un paso adelante el conocimiento de la heliosfera.

La gran proximidad del satélite al Sol hace de la misión Solar Orbiter un problema térmico complejo, que supone un reto para la tecnología disponible.

Además de participar en tareas de asesoría en el diseño térmico en esta primera parte del proyecto, cuando comience la fase de producción, EADS CASA Espacio manifiesta también su interés en colaborar en la construcción del hardware térmico necesario para garantizar la supervivencia y correcta operación del instrumento VIM.

La persona de contacto en EADS CASA para este programa será Félix Lamela.

Un saludo:

Subdirector de Ingeniería, Desarrollo y Ensayos
EADS CASA Espacio

EADS CASA ESPACIO, S.L. (Soc. Unipersonal) – Avda. Aragón, 404 – 28022 MADRID – España
Teléfono: (34) 91 586 37 00 – Fax: (34) 91 747 47 99

5. Carta de la empresa de NTE interesada en participar en la definición del subsistema electrónico del instrumento VIM/Solar Orbiter.



Can Maled Tel. 34 93 860 90 01 www.nte.es
08186 Lliçà d'Amunt Fax 34 93 860 90 19 e-mail: info@nte.es
Barcelona-Spain

Lliçà d'Amunt, 11 de Enero de 2006

La empresa NTE S.A., sita en Lliçà d'Amunt (Barcelona) manifiesta su interés como Ente Promotor Observador en el proyecto "Integración y vuelo de SUNRISE/IMaX. Fase conceptual Solar Orbiter/VIM", cuyo investigador principal es el Dr. José M^a Gómez, del Departamento de Electrónica de la Facultad de Físicas de la Universidad de Barcelona.

Como empresa de ingeniería de desarrollo de instrumentación científica, con una dilatada experiencia en el sector espacial, NTE está muy interesada en el seguimiento del proyecto principalmente en el estudio de definición del subsistema electrónico del magnetógrafo VIM (Visible-light Imaging Magnetograph), uno de los instrumentos de observación más relevantes de la misión Solar Orbiter.

Pau Planas
Director General de NTE, S.A.

6. Carta de la empresa de SENER interesada en participar en la definición del instrumento VIM/Solar Orbiter.



GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
Apdo. de Correos 22085
46071 Valencia
Atn. : Dr. Vicente Domingo

5/01/2006

Ref: DRG-001/06

Asunto: Colaboración de SENER para el proyecto Solar Orbiter

Estimado Dr. Domingo,

Con el fin de continuar la fructífera relación y estrechar la colaboración con el GACE, queremos manifestar nuestra intención de participar en la preparación de la oferta y el posterior desarrollo como proyecto, de los instrumentos que dentro de la misión de la ESA, SOLAR ORBITER, sean asignados al GACE.

Esta colaboración se inició en otros proyectos de carácter científico y precursores del SOLAR ORBITER, resultando ampliamente satisfactoria.

Esperando que la colaboración se concrete en breve, atentamente,

Diego Rodríguez
Director Departamento de Espacio.

DOMICILIO SOCIAL: Avda. Zugazarte, 56 - 48900 LAS ARENAS (Vizcaya) - Tel. +34 94 481 75 00 - Fax +34 94 481 75 01
Severo Ochoa, 4 - Parque Tecnológico de Madrid 28760 TRES CANTOS (Madrid) - Tel. +34 91 607 7000 - Fax +34 91 607 7201
Avenida Diagonal, 549 5ª - 08025 BARCELONA - Tel. +34 93 228 5300 - Fax +34 93 228 5316
Avda. Blasco Ibáñez, 20 - 46010 Valencia - Tel. +34 963 394 200 - Fax +34 963 394 300
Luis Donostia Silva, 22, bajo local A - 35004 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA - Tel. +34 928 255 665 - Fax +34 928 246 313
REGISTRO MERCANTIL DE VIZCAYA - HOJA 6421, FOLIO 166, LIBRO 197, SECCIÓN 3ª N.I.F.ES A48024723

7. Carta de la empresa de SCA interesada en participar en la definición del instrumento
VIM/Solar Orbiter.



www.sca.es

GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
A/a.: Dr. Vicente Domingo
Apdo. de Correos 22085
46701 Valencia

ASUNTO: Colaboración de SCA para el proyecto Solar Orbiter

Logroño, 03 de enero de 2006

Estimados Dr. Domingo,

Con esta carta queremos manifestar nuestro propósito de colaborar con el GACE/ Universidad de Valencia en la preparación y el posterior desarrollo como proyecto de los sistemas asignados al GACE en la misión Solar Orbiter de la Agencia Espacial Europea.

En esta colaboración, SCA aportará su experiencia en ingeniería y software de análisis y diseño.

Estamos seguros que esta colaboración será muy interesante para ambas partes.

Sin otro particular, le saludo atentamente.



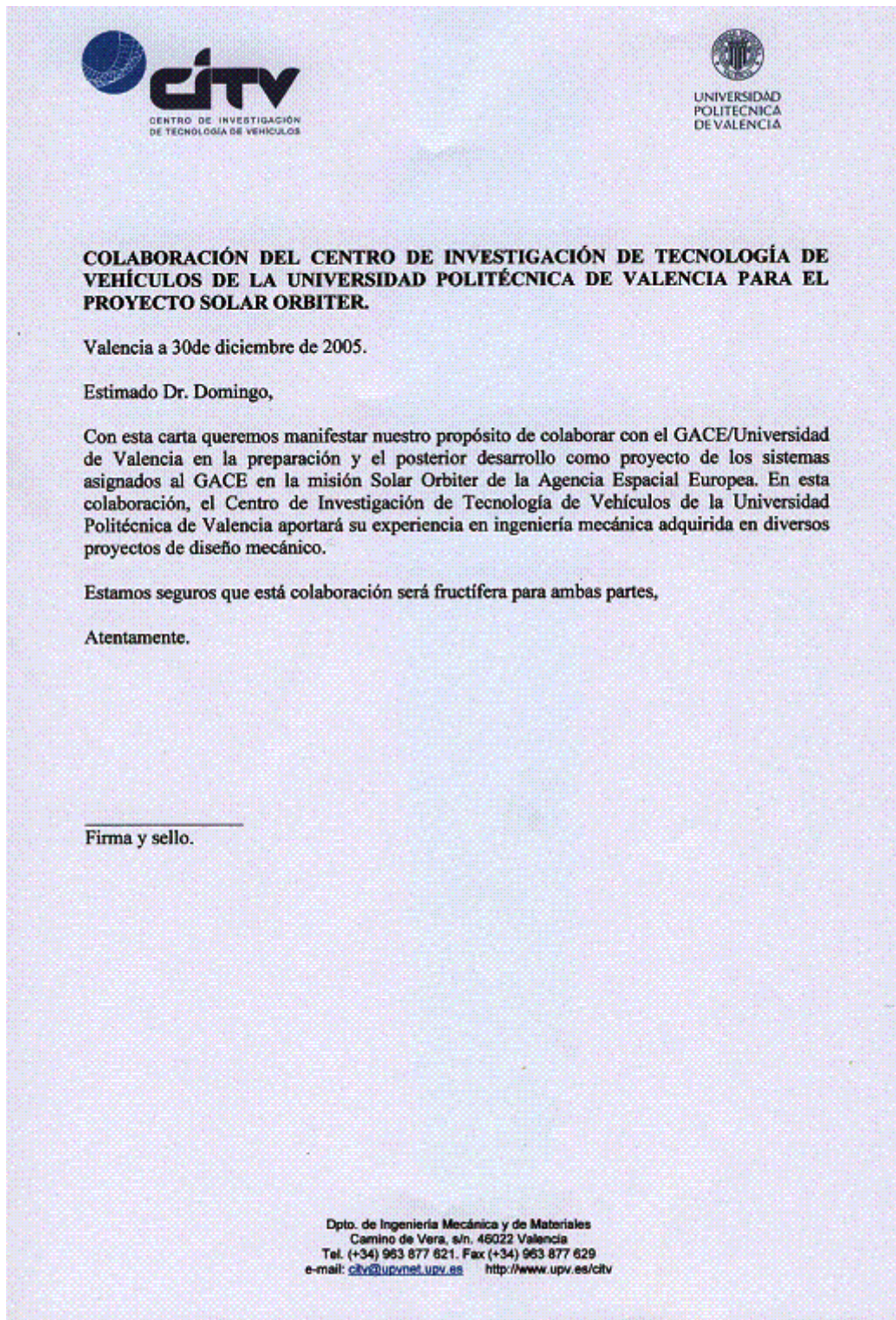
Eduardo Clavijo Lafont
Gerente SCA

Logroño - Bilbao - Madrid - Barcelona
Tel: 902 361 721
e-mail: sca@sca.es
Web: www.sca.es



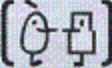
PTC
Autonomous
Research
www.ptc.com

8. Carta del CITV interesado en participar en la definición del instrumento VIM/Solar Orbiter.



9. Carta del Instituto de Robótica interesado en el instrumento VIM/Solar Orbiter

VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

 Instituto de Robótica

Polígono de la Coma, s/n
Aptdo. de Correos 2085
Valencia E-46071-SPAIN

Tel: +(34)-963543550
Fax: +(34)-963543550

A la atención del Dr. D. Vicente Domingo

Yo, Juan de Mata Domingo Esteve, prof. titular del Dpto. de Informática de la Universitat de Valencia, y director del Instituto de Robótica de dicha universidad, por la presente manifiesto haber sido informado por D. José Luis Gasent, como gestor del subproyecto VIM/Solar Orbiter, de su deseo de recabar nuestra colaboración en aspectos relacionados con el procesado y compresión de imágenes provistas por el actual o futuros satélites de observación solar, dada la experiencia previa del grupo de Proceso de Imagen del instituto en temas afines.

Considerando que la investigación presenta un alto interés científico y práctico y que la colaboración entre el Instituto de Robótica y el de materiales es de gran valor, recomiendo la participación del Instituto a través del investigador Dr. Mariano Pérez, y me comprometo a prestar el soporte científico del grupo de visión, así como a colaborar en la formación y tutorización de futuros becarios que pudieran adscribirse al proyecto.

Y para que conste lo firmo, en Paterna, a 4 de Enero de 2006



Juan Domingo

Institut de
Robòtica
Universitat de València

10. Carta del Grupo CT interesado en el instrumento VIM/Solar Orbiter

Servicios de Consultarí, Ingeniería, Formación e Integración

Madrid - Barcelona - Bilbao - Vigo - Valencia



A att.: **Dr. Vicente Domingo**

GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
Apdo. de Correos 22085
46071 Valencia

Valencia, 29 de Diciembre del 2005
Joan Font Piqué
Director Área Cataluña y Levante

Apreciado Vicente Domingo,

Con esta carta queremos manifestar nuestro propósito de colaborar proactivamente con el departamento de la GACE/Universidad de Valencia en la elaboración, preparación y el posterior desarrollo en los diferentes proyectos asignados al GACE, en la misión Solar Orbiter de la Agencia Espacial Europea.

En esta colaboración, Grupo CT aportará la experiencia y asesoramiento en la implantación de las diferentes soluciones para la perfecta ejecución del proyecto, así como personal técnico experto en las soluciones de análisis y diseño, como la experiencia en diferentes proyectos de ingeniería realizados hasta la fecha.

Nota: Adjuntamos a este documento la presentación corporativa de GrupoCT y también de CTIngenieros donde se pueden ver referencias de los últimos proyecto realizados.

Joan Font Piqué

Director General
Área Cataluña y Levante

CAUTECCH BERRCA, S.A. Registro Mercantil de Madrid - T. 8048 - L. 1090 - S. 3 - 145456 - 114 - CIF A78891421

11. Carta del Grupo Aciturri interesado en el instrumento VIM/Solar Orbiter



Pol. Ind. Bayas C/ Orden, Parc.4
09200 Miranda de Ebro - Burgos (Spain)
Tfno: +34 947 347 252 - Fax: +34 947 949 937
Mail: grupoaciturri@grupoaciturri.com - Web:
http://www.grupoaciturri.com

GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
Apdo. de Correos 22085
46071 Valencia
Atn. : Dr. Vicente Domingo

COLABORACIÓN DEL GRUPO ACITURRI PARA EL PROYECTO SOLAR ORBITER / VIM.

Miranda de Ebro a 4 de enero de 2006

Estimado Dr. Domingo,

Con esta carta queremos manifestar nuestro propósito de colaborar con el GACE/Universidad de Valencia en la preparación y el posterior desarrollo como proyecto de los sistemas asignados al GACE en la misión Solar Orbiter de la Agencia Espacial Europea.

En esta colaboración, el Grupo ACITURRI aportará su experiencia en el sector aeronáutico y aeroespacial adquirida a través de numerosos proyectos y colaboraciones así como en su actividad productiva habitual que se centra en la siguientes actividades según empresas del grupo:

- Mecanizados Ginés: mecanizado metálico de precisión por torneado y técnicas de electroerosión por hilo y penetración
- SPASA: mecanizado metálico de precisión en centros de 3,4 y 5 ejes
- CASTLE AERO: gestión integral de proyectos aeronáuticos e ingeniería de fabricación
- INDEX Servicios de Ingeniería: Diseño, fabricación, montaje y puesta a punto de conjuntos y utillajes para el sector aeronáutico y aeroespacial. Automatización de procesos

Considerando todos los aspectos que el Grupo puede cubrir y el interés del proyecto, estamos seguros que esta colaboración será fructífera para ambas partes,

Atentamente.



Dra. Ester Porras
Responsable de I+D+i
Grupo ACITURRI

C.I.F. B-00000015 - Registro Mercantil de Burgos, Tomo 358, Libro 116, Sección General, Folio 98, Hoja 1ª BJA4171, Inscripción 1ª

12. Carta de la empresa EADS-CRISA interesada en el instrumento VIM/Solar Orbiter



CRISA
C/ Torres Quevedo, 9 (P.T.M.)
28760 Tres Cantos (Madrid)
España
Contacto:
Teléfono: +34 806 86 00
Fax: +33 806 02 35
e-Mail: edomingo@crisa.es
Referencia: CRS-ED-LT-102-05

Grupo de Astronomía y Ciencias del Espacio
Instituto de Ciencias de los Materiales
Campo Universitario de Paterna
E-46080 Paterna
Valencia

Attn. D. Vicente Durrágu
D. Jose Luis Gasent

11/01/2006

Asunto: Interes en participación en Instrumento VIM (Solar Orbiter)

Estimados amigos:

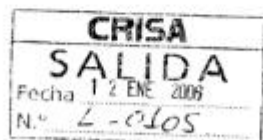
En primer lugar, dar las gracias por la presentación de la carga útil de la misión Solar Orbiter y especialmente en el Instrumento VIM.

Es un proyecto muy interesante e innovador tanto desde el punto de vista científico como de los elementos tecnológicos que contiene en el área de detección y de procesamiento de datos, potencia. La misión presenta desafíos importantes ya que los equipos estarán sometidos a condiciones ambientales extremas en las órbitas utilizadas.

En la actualidad Crisa es responsable del diseño del Remote Environmental Monitoring Station (REMS) de Mars Rover (NASA) incluyendo sensores y electrónica y también ha desarrollado con éxito la electrónica del motor de propulsión iónica que llevará Bepi-Colombo a la órbita de Mercurio. Ambos proyectos tienen requisitos medioambientales tan duros como la superficie de Marte o la órbita de Mercurio.

Crisa ha desarrollado equipos para muchos instrumentos científicos de diferentes institutos tanto nacionales como de otros países miembros de ESA. Las áreas de actividad cubren típicamente: procesadores de señal, computadores de control, electrónica analógica de sensores, electrónica de proximidad, electrónica de potencia, unidades de control y housekeeping, etc.

Los nuevos retos del Instrumento VIM son una continuación natural de nuestras actividades y en este sentido quiero confirmar el interés de nuestra empresa en participar en el proyecto. Continuamos de esta forma la fructífera colaboración iniciada en los proyectos MINISAT-01 e INTEGRAL.



13. Carta del Departamento de Matemática aplicada de la UV interesado en el instrumento VIM/Solar Orbiter

09/01 2006 13:20 FAX 96 3864085 MAT.APLICADA 001

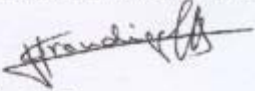

VNIVERSITAT ID VALÈNCIA
Facultat de Ciències Matemàtiques
Departament de Matemàtica Aplicada

A la atención del Dr. D. Vicente Domingo,

Yo, Francesc Aràndiga LLaudes, profesor titular, director del Departament de Matemàtica Aplicada de la Universitat de València y co-coordinador del programa de doctorado "Informàtica i Matemàtica Computacional", manifiesto por la presente haber sido informado por D. José Luis Gasent, como gestor del subproyecto VIM/Solar Orbiter, de su deseo de recabar nuestra colaboración en aspectos relacionados con el tratamiento y compresión de imágenes en el subproyecto arriba mencionado.

Considerando que la investigación presenta un alto interés científico y práctico y teniendo en cuenta la experiencia previa del grupo de investigación al que pertenezco en el tratamiento y compresión de imágenes, me comprometo a colaborar científicamente en el proyecto así como, desde el programa de doctorado anteriormente mencionado, a participar en la formación y tutorización de futuros becarios que pudieran adscribirse al proyecto.

Y para que conste lo firmo, en Burjassot, a 4 de Enero de 2006,



F. Aràndiga

Dr. Moliner, 50 Burjassot 46100 VALÈNCIA
Tel. / Fax 96 386 40 85 e-mail: mlaapl@uv.es

14. Carta de la empresa VIBRACHOC interesada en el instrumento VIM/Solar Orbiter



GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
Apartado de Correos 22085
46071 Valencia

At. D. Vicente Domingo

N/Ref: 1.324/06

Humanes, 11 de Enero de 2006

Asunto: Colaboración de VIBRACHOC para el proyecto Solar Orbiter

Estimado Sr. Domingo,

Con esta carta queremos manifestar nuestro propósito de colaborar con el GACE/Universidad de Valencia en la preparación y posterior desarrollo como proyecto de los sistemas asignados al GACE en la misión Solar Orbiter de la Agencia Espacial Europea.

En esta colaboración, VIBRACHOC aportará su experiencia en ingeniería, análisis y diseño.

En la confianza de que esta colaboración pueda ser interesante para ambas partes, aprovechamos la ocasión para saludarle atentamente



Juan Manuel Corzo
Director

VIBRACHOC S.A.
C/ Almería, 2 – P. 1. Valldonaire – 28970 Humanes (Madrid)
Apartado 37, 28970 Humanes (Madrid)
Tel: (34) 91 690 16 58 – Fax: (34) 91 690 40 63
Email: comercial@vibrachoc.es - www.vibrachoc.es

Delegación en Barcelona:
C/ Teet, 8, Entlo., 08290 Cerdanyola (Barcelona)
Tel: (34) 93 692 39 95 – Fax: (34) 93 580 58 39
Email: barcelona@vibrachoc.es

HUTCHINSON®
WORLDWIDE

15.- Correos electrónicos de los responsables de Alberto Sainz (THEMIS) e Irene González (NSO) aceptando la participación en el subproyecto IAC en relación con VIM/Solar Orbiter.

Subject: Alberto en Solar Orbiter
From: Bernard Gelly <bgelly@themis.iac.es>
Date: Thu, 12 Jan 2006 17:32:37 +0000
To: vmp@iac.es CC: Alberto Sainz Dalda
<asainz@themis.iac.es>

Hola Valentin,

Como responsable en THEMIS de Alberto Sainz, estoy completamente de acuerdo para que el participe como investigador externo al proyecto del Solar Orbiter. Te agradezco muchísimo para involucrarlo en este excitante asunto. Un amical saludo.

Bernard Gelly. --

Bernard Gelly [bgelly@themis.iac.es] - THEMIS S.L. - INSU-CNRS/CNR c/o
IAC, Via Lactea s/n , E-38200 La Laguna Tenerife - Espagne Tel: +34 922314850
- Fax: +34 922314294 -----

Subject: Re: Solar Orbiter proposal From: "Frank Hill" <hill@noao.edu> Date:
Wed, 11 Jan 2006 10:12:11 -0700 To: vmp@iac.es CC: Irene Gonzalez-Hernandez
<irenegh@noao.edu>, <fhill@noao.edu>, <peliason@noao.edu>

Dear Valentin:

I am delighted that you have invited Dr. Irene Gonzalez-Hernandez to participate in your proposal for the Solar Orbiter project as an external collaborator. I am quite happy to approve her participation in this exciting project.

Regards, Dr. Frank Hill
GONG Program Director

16.- Solicitud Dr. Jose M. Gómez Cama asignación EDP a proyecto VIM/Solar Orbiter.



Jose M. Gómez Cama
Laboratorio de Sistemas de Control e Instrumentación
Departamento de electrónica
Facultad de Física
Universitat de Barcelona
Martí i Franques 1
E08028 Barcelona

A la atención del Subdirector/a General de Proyectos de Investigación

Estimado Sr./a.

Mi nombre es José María Gómez Cama (NIF 46134507A) y soy profesor titular del Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona (UB). Actualmente formo parte del grupo de investigación consolidado Sistemas de Instrumentación y Comunicaciones (SIC).

Hace unos meses surgió la posibilidad de que la UB colaborara en el proyecto Solar Orbiter (SO) de la Agencia Espacial Europea (ESA). Dicho proyecto tiene como objetivo el envío de una sonda espacial a una órbita próxima al sol. Concretamente el departamento colaboraría en el desarrollo del instrumento Visible-Light Imager and Magnetograph (VIM) que permite realizar magnetogramas de la superficie solar.

Este proyecto es estratégico para el programa espacial ya que se prevé que la electrónica del VIM este gestionada por el consorcio español que ya participo en el Imax. La entrada de la UB fortalecería dicho consorcio, al proporcionar su experiencia en diseño de circuitos integrados y sistemas electrónicos de bajo consumo y gran tolerancia a radiación. También mencionar que la empresa NTE S.A., con sede Lliça de Munt (localidad próxima a Barcelona), ha mostrado su interés en participar en el proyecto.

Todo ello ha llevado a considerar el interés de tener un Co-Investigador Principal (IP) en la UB, que pudiera gestionar tanto el diseño de los componentes sobre los que tendrá responsabilidad, como la relación con NTE. Para ello la UB entraría a formar parte del consorcio dentro de un proyecto del Plan Nacional del Espacio que se solicitará en enero de 2006.

Teniendo en cuenta las características de dicho proyecto, se ha considerado adecuado que el IP participara sea joven (la construcción del SO puede llevar unos 10 años, y otros tantos la misión científica), con experiencia en la industria y en el campo del diseño de ASICs y sistemas embebidos, y por supuesto, que mostrara interés en el proyecto. Entre los miembros del SIC, se me ha considerado la persona que mejor cubría los requisitos.

En estos momentos estoy participando en el proyecto TEC2004-01801 investigando en el desarrollo de un transceiver para sistemas de inteligencia ambiental basado en el estándar IEEE 802.15.4, en el cual lidero el equipo de diseño digital. Mi entrada en el nuevo proyecto implica causar baja en el proyecto TEC anteriormente mencionado, por ser la primera vez que tendría la responsabilidad de IP.

1/2

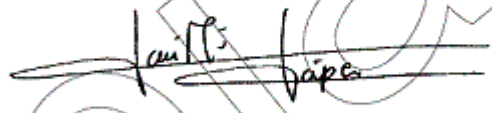
Conjuntamente con José María López Villegas, IP del proyecto TEC2004-01801 hemos buscado la forma de minimizar los posibles trastornos que se puedan producir. Como solución se ha planteado una posible reestructuración del proyecto, donde el Dr. Manuel López de Miguel pasaría a tomar mis responsabilidades, y Dña. Ana Moragrega Estrany, profesora asociada y estudiante de doctorado, incrementaría sus responsabilidades en el proyecto. Mi desvinculación se realizaría de forma paulatina, hasta el momento del anuncio de oportunidad de la ESA para el SO.

Por todo ello solicito causar baja del proyecto TEC2004-01801 para poder solicitar como co-IP el nuevo proyecto.

Atentamente,



José María Gómez Cama



Visto y Conforme,
Jose María López Villegas

17.- Aceptación del Prof. Josep Samitier Martí del cambio de los EDP del Dr. Jose M. Gómez Cama a proyecto VIM/Solar Orbiter.



Departament d'Electrònica

Martí i Franques, 1
08028 Barcelona (Spain)
Tel. +34 93 403.72.47
Fax +34 93 402.11.48
E-mail: samitier@el.ub.es

Barcelona, 11 de Enero de 2006.

El Dr. Josep Samitier Martí, Catedrático de Universidad del Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona y coordinador del Grupo de Investigación consolidado Sistemas de Instrumentación y Comunicación,

INFORMA

Que el proyecto Solar-Orbiter, es un proyecto estratégico en el que la Universidad de Barcelona, a través de diversos grupos de investigación plantean realizar una investigación interdisciplinar y conjunta en los próximos años. En este sentido, nuestro grupo de investigación ha participado en proyectos internacionales financiados por la ESA, ha colaborado con grupos de investigación de Astrofísica y Física de Altas energías en el desarrollo de sistemas de Instrumentación y detección novedosos y participa de forma activa dentro de la asociación BAIE, Barcelona Aeronáutica y Espacio.

En este contexto, y en diferentes reuniones de trabajo para coordinar y aunar los esfuerzos que los diferentes grupos de la Universidad de Barcelona, desean realizar para contribuir al proyecto Solar Orbiter, se ha planteado la necesidad de implicar a investigadores jóvenes en este proyecto dados los plazos que se requieren para desarrollar este tipo de acciones. En este sentido se ha considerado conveniente que el Dr. José M. Gómez Cama, participe de forma muy activa en este proyecto y por tanto pase a hacerse cargo de una parte del desarrollo tecnológico que se plantea en el proyecto de Plan Nacional que se presenta en la convocatoria de 2005-2006.

Sin embargo, nos encontramos que hasta el momento el Dr. Gómez Cama participa en un proyecto de plan nacional previo, por lo que atendiendo a las particulares circunstancias de este caso y al acuerdo de todos los investigadores implicados en los proyectos, **se autorice la participación del Dr. Gómez Cama en el nuevo proyecto, causando baja en el proyecto anterior.**

Esperando que esta petición pueda ser atendida, saludos muy cordiales

Dr. Josep Samitier

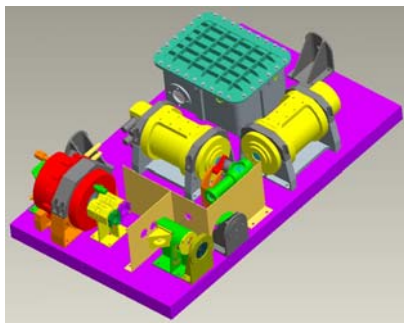
A continuación:

Versión en inglés

Convocatoria de ayudas de Proyectos de Investigación

MEMORIA TÉCNICA PARA PROYECTOS DE LA CONVOCATORIA
DE I+D TIPO A ó B

**Integration and flight of *SUNRISE*/IMaX.
Conceptual phase of *Solar Orbiter*/VIM**



1 RESUMEN DE LA PROPUESTA (Debe rellenarse también en inglés)

TITULO DEL PROYECTO: Integración y vuelo de *SUNRISE*/IMaX. Fase conceptual *Solar Orbiter*/VIM

RESUMEN (debe ser breve y preciso, exponiendo sólo los aspectos más relevantes y los objetivos propuestos):

El instrumento IMaX de la misión *SUNRISE* terminará de integrarse a finales del 2006. En esta memoria se solicita la continuación del proyecto IMaX para los próximos tres años incluyendo las pruebas de calibración con luz solar del instrumento (2007), integración en la plataforma post-foco de *SUNRISE* (2008) y vuelo polar (2009). Además, se une al proyecto coordinado el equipo que ha llevado durante los dos últimos años el análisis térmico de la misión (IDR/UPM) con financiación del PNE y que comenzó sus actividades con posterioridad a las del equipo IMaX. La nueva planificación temporal del instrumento IMaX y de la plataforma *SUNRISE* ha sido modificada recientemente al tener que adaptarse a un cambio en el espejo primario, distinto del que originalmente se consideró. En esta memoria se discute el estado global del proyecto *SUNRISE*, del instrumento IMaX y las perspectivas de vuelos polares (dentro del programa LDB de NASA) que se están considerando en estos momentos por los miembros del consorcio internacional.

La presente solicitud también incluye las fases de diseño conceptual y preliminar del instrumento VIM de la misión ESA *Solar Orbiter*. El consorcio español que participa en la construcción de este instrumento, el mayor de esta misión, actúa como co-Investigador Principal de éste, lo que garantiza una alta visibilidad de nuestra contribución. El nivel de participación en el instrumento es cercano al 40 %, lo que incluye responsabilidades a nivel de sistemas. En concreto se solicita la financiación de las primeras fases definitivas para los siguientes aspectos y subsistemas del instrumento: telescopio de disco entero, moduladores de polarización basados en cristal líquido, caja de electrónica incluyendo la unidad de procesamiento central y análisis de datos (inversión espectropolarimétrica) en tiempo real, interface con el satélite, control térmico global, software embarcado, elementos de tierra y control de calidad.

De igual manera se incluyen las actividades del equipo científico de los diferentes miembros incluidos en el consorcio. Esto se refiere tanto a la misión *SUNRISE*, donde se están dirigiendo tres tesis doctorales que finalizarán durante la realización de este proyecto, como para la misión *Solar Orbiter*. Esta última tiene un alcance mucho mayor al tratarse de una misión multidisciplinar de ESA que incluye también medidas in-situ. De esta manera la comunidad española potencialmente interesada en este proyecto se amplía con respecto al ahora vigente al incluir aspectos del magnetismo solar superficial (generación y evolución) y el efecto de estos campos en el medio interplanetario (meteorología espacial). Por ello, para las actividades relacionadas con el *Solar Orbiter* se une a este proyecto coordinado la Universidad de Barcelona.

PROJECT TITLE: Integration and flight of *SUNRISE*/IMaX. Conceptual phase of *Solar Orbiter*/VIM

SUMMARY:

The IMaX instrument for the *SUNRISE* mission will finish integration at the end of the 2006. In this document, the continuation of the IMaX project is asked for the next three years including the calibration tests with solar light of the instrument (2007), integration in the *SUNRISE* post-focus platform (2008) and polar flight (2009). In addition, the team that has carried out the thermal analysis of the mission during the last two years (IDR-UPM), and funded by the PNE, is integrated in the coordinated project. The new temporary planning of the IMaX instrument and *SUNRISE* platform has recently been modified when having to adapt to a primary mirror different from which originally was considered. In this memory, the global state of *SUNRISE* project, of the IMaX instrument and the perspective of polar flights (within the NASA LDB program) that are considering by the team are discussed.

The present request also includes the conceptual and preliminary design phases of the VIM instrument for the ESA mission *Solar Orbiter*. The Spanish partnership that participates in the construction of this instrument, the largest one of this mission, acts like Co-Principal Investigator, which guarantees a high visibility for our contribution. The level of participation in the instrument is around 40 %, including responsibilities at system level. In particular the funding is asked for the first stages in the definition of the following aspects and subsystems of the instrument: full disc telescope, polarization modulators based on liquid crystal, electronics box including the central processing unit and data analysis unit (real time spectropolarimetric inversions), interface with the satellite, global thermal control, on-board software, ground segment and quality control.

Similarly, the related activities of the scientific team from the different institutes in the consortium are included. This includes topics related to the *SUNRISE* mission, where three doctoral theses will finalize during the accomplishment of this project, and the *Solar Orbiter* mission as well. This last one has a much greater reach, due to the multidisciplinary character of the mission that includes also in-situ measurements. In this way the potentially interested community includes teams interested in solar surface magnetism but also those studying their effects in the interplanetary medium (space weather). It is for this reason that at this time the University of Barcelona joins the coordinated project in all aspects related to the *Solar Orbiter* mission.

List of acronyms

AO	Anuncio de Oportunidad
AIV	Assembling Integration and Verification
ADS	Astrophysics Data System
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit
CDR	Critical Design Review
DECO	Defined Command
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DSP	Digital Signal Processor
EGSE	Electronic Ground Support Equipment
ESA	European Space Agency
FDT	Full Disc Telescope
FPGA	Field Programmable Gate-Array
FPI	Formación Personal Investigador
GACE	Grupo de Astronomía y Ciencias del Espacio
GSTP	General Support Technology Program
GSEOS	Ground Support Equipment Operating System
HAO	High Altitude Observatory
HRT	High Resolution Telescope
IAA	Instituto de Astrofísica de Andalucía
IAC	Instituto de Astrofísica de Canarias
ICU	Instrument Control Unit
IDR	Ignacio Da Riva
IMaX	Imaging Magnetograph eXperiment
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
KIS	Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik
KT	Kayser Threde
LDB	Long Duration Balloon
LINES	Laboratorio de Instrumentación Espacial
LCVR	Liquid Cristal Variable Retarder
LMSAL	Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory
MGSE	Mechanical Ground Support Equipment
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NSBF	National Scientific Balloon Facilities
MPS	Max Planck-Institut für Sonnensystemforschung
OGSE	Optical Ground Support Equipment
PDD	Payload Definition Document
PDR	Preliminary Design Review
PISA	PI Software Architecture
PMP	Polarization Modulation Package
PWG	Payload Working Group
ROCLI	Retardador Óptico basados en Cristal Líquido
SDO	Solar Dynamics Observatory
SEA	Sociedad Española de Astronomía
SUFI	<i>SUNRISE</i> Filter Instrument
SUPOS	<i>SUNRISE</i> Polarimetric Spectrograph
SWT	Science Working Team
UB	Universidad de Barcelona
UDP	User Defined Program
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
VIM	Visible-light Imaging Magnetograph

2. INTRODUCCIÓN

(máximo cinco páginas)

- Deben tratarse aquí: la finalidad del proyecto; los antecedentes y estado actual de los conocimientos científico-técnicos, incluyendo la bibliografía más relevante; los grupos nacionales o internacionales que trabajan en la misma materia específica del proyecto, o en materias afines.

The present proposal describes the status of the Spanish participation in the projects SUNRISE and Solar Orbiter. SUNRISE is an international collaboration led by the Max Planck für Sonnensystemforschung (MPS, Lindau, Germany) and that includes the participation of other institutes like the KIS (Friburgo, Germany), HAO-NCAR (Boulder, USA) and LMSAL (California, USA). The Spanish contribution to SUNRISE consists of the instrument Imaging Magnetograph eXperiment (IMaX), constructed by a partnership integrated by IAC (Tenerife), IAA (Granada), INTA (Madrid) and GACE (Valencia), as well as of the thermal analysis of the mission accomplished by the IDR-UPM (Madrid). This participation has been financed in the past with three projects of the PNE, two for IMaX during a total of four years (2003-2006) and one for the thermal study of two years with duration (2005-2006). Approximately the total cost that the PNE has contributed for this participation is near 3 Meuros. On the other hand, Solar Orbiter is one of the missions of the scientific program of ESA for which an Announcement of Opportunity (AO) in 2006 is expected, which will be decided at the end of that year or principles of 2007. The expected launch of the mission is 2015. The AO includes the instrument VIM (Visible-light Imaging Magnetograph), conceptually similar to IMaX (both provide surface maps of the solar magnetic field) and to which the members of this proposal aspire to participate in their construction at an important level. Specifically, an international partnership where MPS and us act as Co-IP, will respond to the AO in order to be selected for the construction of the most complex instrument on board of the Solar Orbiter. This memory describes the necessities of the partnership during the integration phases and polar flight of IMaX/SUNRISE as well as the initial phases of the design of the instrument VIM.

The scientific objectives of SUNRISE and Solar Orbiter have been described in the past, in an ample number of articles and funding proposals (e.g., Gandorfer et al. 2004, Martinez Pillet et al. 2004, Marsch et al. 2002, Marsch et al. 2005). Here, we will just summarize the fundamental points of both missions. SUNRISE uses a telescope with 1 meter of diameter and that will fly from the pole (North and/or South, see below) within the Long Duration Balloon (LDB) program of NASA. At a height of 40 km on the surface and in the corresponding polar summer, constantly observing the Sun as no night periods occur, the conditions of observation of the Sun are practically the same as from outer space. The aperture of the telescope allows reaching spatial resolutions (diffraction limited) never obtained before from the ground during time intervals of hours to days. These resolutions rank from 35 km in the UV near (instrument SUFI) to 80 km in the visible (IMaX). Therefore, the high-priority scientific objective of IMaX is to observe the surface magnetic field with the maximum possible spatial resolution. 100 km are, typically, the mean free-path of photons and the pressure scale-height in the photosphere. In order to be able significantly to advance in the magneto-hydrodynamics processes that take place in the surface of the Sun, it is necessary to have access to the structure of the magnetic fields in these spatial scales. These resolutions have been only reached up to now in continuum images (Figure 1) but never in maps of the magnetic field.

The high-priority scientific objective of the SUNRISE project in general and of the IMaX instrument in particular is to resolve magnetic structures with spatial scales of the order of 100 km in the solar surface.

The Solar Orbiter uses a very complex orbit with a perihelion near Mercury (0,2 UA) which allows reaching excellent resolutions with relatively small instruments. Its payload contains remote sensing instruments (like VIM) and in-situ experiments to study the surface evolution of the magnetic fields and its effects in the inner helio-sphere. The Solar Orbiter will be able to observe how the magnetic interactions take place and lead to a heating of the outer layers of the Sun up to millions of degrees and how this is translated into charge particle flows that dominate the conditions of the interplanetary medium.

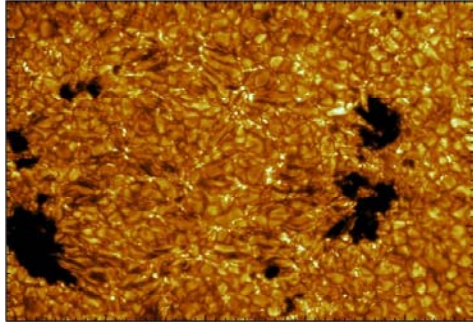


Figure 1: Image of a solar active region in continuum . The marks are separated 1000 km. The image shows small-scale elements (most likely of magnetic origin) that are like local brightenings with sizes of the order of 100 km (like the one indicated by the yellow arrow). The objective of IMaX is to make a map of magnetic field with a similar resolution.

The instrument VIM will provide the magnetic context of all the processes that are detected with the Solar Orbiter and will be therefore a reference instrument of the mission. At its final stages, and thanks to a series of gravity-assisted maneuvers with Venus, the satellite will leave the ecliptic plane and will observe the Sun at an inclination of 35 degrees. From this vantage point, it will have a vision of the solar poles never obtained before. Thanks to the VIM capabilities to detect magnetic and velocity fields in the solar poles, our understanding of the solar dynamo (whose more crucial processes happen in these zones of the Sun) will increase enormously.

The orbit of the mission is the most singular characteristic of the Solar Orbiter and it guarantees the access to fundamental keys of stellar magnetism and its connection with the surrounding medium.

2.1 SUNRISE project status

The SUNRISE project has undergone a delay of 2,5 years in its date of flight. This considerable delay has been motivated by the various problems found in the development of Silicon Carbide mirrors (C/SiC) that were the technological incentive in Germany of the mission. At the end of 2004, the company in charge of polishing the mirror broke the slurry layer perforating the external layers of the mirror. Given the seriousness of the situation, at the beginning of 2005 the PI institution (MPS) decided to establish a contract with Sagem (France) to acquire an ultra-light mirror of Zerodur, a more conventional technology (with the drawback of the thermal control of this mirror). The resulting mirror from this contract is expected to reach the telescope's main contractor (Kayser-Threde, KT) in May of 2007. This date is the reference from which all the SUNRISE project has had to reorganize its schedule, resulting in a flight date not earlier than 2009. The additional economic effort related to this contract for the new mirror (above 1 Meuro) is having a clear impact in one of the post-focus instruments on the German side: SUPOS. This instrument is of a complexity similar to IMaX. The German contribution is concentrated at the moment in the redefinition of the new telescope (with the new mirror, Figure 3 left), light redistribution system, image stabilizer (KIS, that has not suffer from a similar delay, Figure 3 right) and the instrument SUFI. This last one is an ultraviolet imager of crucial scientific importance for SUNRISE but conceptually much more simple than IMaX (or SUPOS). At the present time the future of

SUPOS is uncertain. The German contribution (excluding SUPOS) will pass CDR at the end of 2006. For this occasion, the DLR (German funding agency) wants to have formalized individual Memorandums of Understanding with the rest of the international participants. In the case of the U.S.A., this agreement will specify the timeline for the flight opportunity within the NSBF program. With Spain it will focus on the delivery of IMAx.

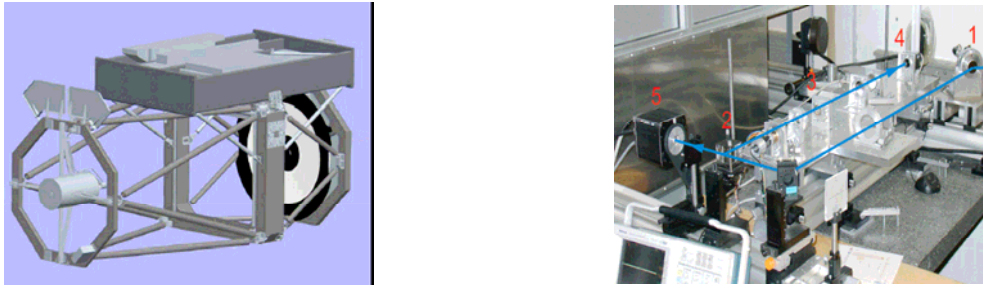


Figure 2: Left: present concept of SUNRISE telescope of KT that incorporates the instrumental platform in the upper part. Right: Imager stabilizer prototype (wave front sensor based) developed by KIS and in process of tests at the VTT telescope (Izaña).

One of the next landmarks of SUNRISE will be the test flight in New Mexico in the fall of 2006. This flight (that has had a one year delay) will serve to verify various aspects of the experiment, in particular the operation (pointing, eigenmodes) of the gondola constructed by HAO/NCAR in 2005 (Figure 3 left), the Instruments Control Unit (ICU, Figure 3 right), the data storage unit, as well as the validation of the thermal model made by the IDR/UPM. IMAx will fly a prototype of the pressurized boxes that we will use in the flight version of the instrument.

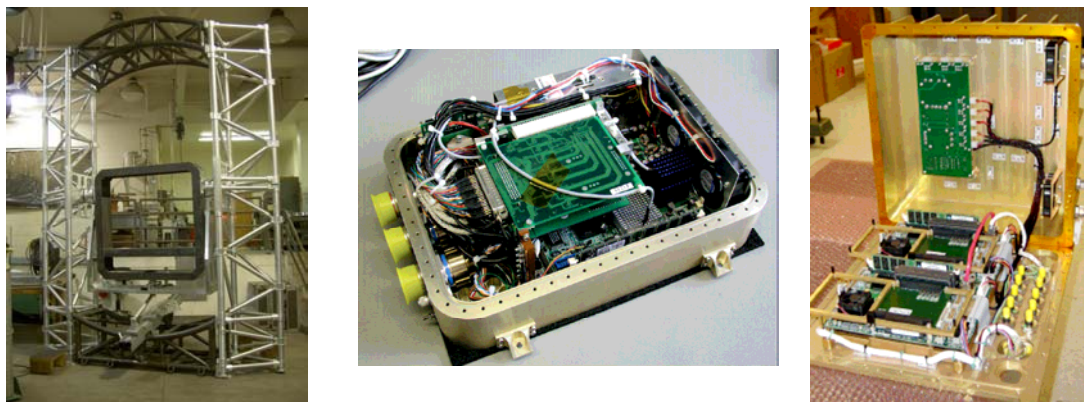


Figure 3: Left: Completely assembled SUNRISE gondola in the HAO-NCAR facilities in Boulder (U.S.A.). Center: Instrument control unit (ICU) produced by MPS. Right: control electronics of the instrument for the test flight in New Mexico.

The test flight will include a telescope of 25 cm of diameter and a prototype of the SUFI instrument (mostly produced in this case by the HAO) to calibrate the amount of light that can be expected in the ultraviolet region during the final polar flight. The images taken will also serve to analyze the accuracy of the pointing obtained by the gondola system and limb-sensors (provided by LMSAL). The last important development within the SUNRISE project has been the proposal to make the scientific flight in the North Pole instead of Antarctica. NASA/NSBF has begun this year regular flights LDB from the Arctic with launch in Kiruna (Sweden) and completion in Alaska (as of today, these flights are not allowed to fly over Russia, something that could change in the future). The first flight made in 2005 has corresponded to experiment BLAST (sub-millimetric astronomy). The flight from Sweden simplifies the logistics once the integration is finished in Germany, because the sea transport phase is avoided. In addition, the queue to Antarctic flights is very congested and the flight in 2009 is more probable to happen in the

Arctic that in Antarctica. Nevertheless, we must clarify that the project is considering still both possibilities and the thermal analysis (that is what changes most significantly between the different Poles) is being made for both. The Arctic flight, if not including Russia, is of smaller duration: 7 days. This is from the scientific point of view a disadvantage, but still the most important time scale for the SUNRISE science is of hours to days, not weeks and these scales will be accessible also from the Arctic. Another additional advantage of the Arctic flight is the best coverage of communication networks in line of sight, using 2-4 Mbits/s bandwidths, which assures the scientific return before the completion the flight and the recovery of the data.

2.2 IMaX

The IMaX instrument went through PDR in December of 2004. The evaluation of the review panel was very positive. Then, it was considered that the instrument had to be finalized in May of 2006, with only 5 months of delay from the predicted date. At that time, the delays of greater magnitude of SUNRISE itself were already evident.

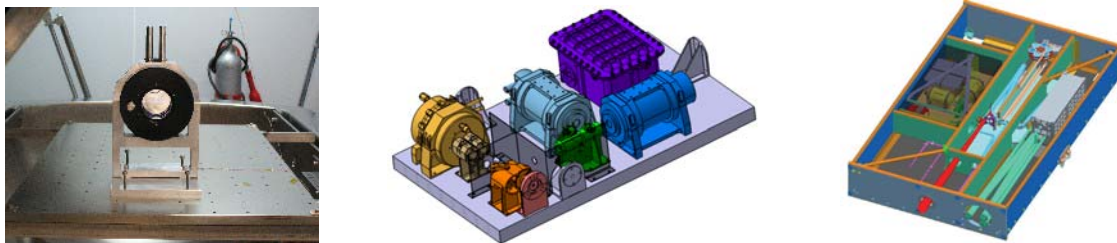


Figure 4: Left: Etalon (brown in the center drawing) of IMaX during acceptance tests at INTA. Center: Present concept of IMaX. Right: IMaX (left center) integrated in the instrumental platform of SUNRISE.

IMaX is currently near performing CDR of all subsystems (optical, opto-mechanics, electronic, software, pressurized enclosures and thermal analysis) in the next months (early 2006). At the same time, we are receiving elements contracted at the beginning of the project and that had a greater delivery time: CCD cameras, etalons (Figure 4, left) and the prefilter. The present concept of IMaX and its integration in the SUNRISE platform are shown in Figure 4 (center and right respectively). The delivery of these elements and their process of acceptance (fulfilling the original requirements) is demonstrating to be complex and is imposing new delays in the project. At the moment we evaluate the end of the AIV phase AIV of IMaX at the end of 2006, that is to say at the beginning of the project asked for here. In order to achieve this date of finalization of the instrument two aspects are important: first, the accomplishment on time of the acceptance tests of the contracted elements verifying the fulfilment of the original specifications and, second, the closing of critical interfaces with the instrumental platform that are being modified at the moment (much to our regret) by the PI institution (MPS). In any case and with the present knowledge that we have of these problems, we do not expect to have a delay greater delay than half year (summer 2007) noting that we have this margin in the scheduling of project SUNRISE. There, IMaX will have to be in Lindau, for integration in the instrument platform, at the end of 2007. In this project, we consider the shipment of IMaX to the VTT telescope in Izaña (Tenerife) for its spectral calibration with solar light in 2007, after the end of the AIV phase at INTA and previous to its transfer to Lindau.

Right now, the most critical aspect in the reception of contracted components appears in relation to the CCD cameras. The project has activated measures of risk control looking for alternatives for them, because our current supplier is having problems to fulfill specifications at the present time. The last developments (December 2005) are, however, very encouraging and points towards a reception of the cameras soon fulfilling most of the fundamental requirements (but not all). Nevertheless, we will have to

closely follow the developments related to the timely delivery by the contractor of acceptable CCDs in the next two months. Otherwise we would have to make some considerations regarding the budget asked in the present memory because these developments can have an (small) impact in the resources needed. The PNE would be informed accordingly in due time (not later than the end of February, 2006).

Finally we want to emphasize that being IMaX the last instrument included in the SUNRISE payload (in 2003), it is the instrument that, at the present time, has the greatest degree of definition as it has been recognized by the PI institution. The only instrument that is more advanced is, of course, the one of the test flight in 2006, but this is not an instrument for the final scientific flight (although some components can be reused in the final flight).

2.3 Spanish participation in the VIM/Solar Orbiter instrument

ESA has developed in the last three years the assessment phase of the Solar Orbiter mission. The SUNRISE/IMaX team has actively participated in this phase, taking advantage of the conceptual similarities between both instruments (as instruments intended to mapping the solar surface magnetic fields). The PI of this proposal has acted like contact scientist of the VIM instrument in the PWG of ESA. The information contained in the PDD * of the mission for this instrument has been generated to a great extent by our team. Members of all the institutes of the team have attended a number of encounters dedicated to define the response to the AO that is expected for this mission at some time in 2006. The response to the AO for the VIM instrument VIM will be co-lead by Germany and Spain (Germany PI and Spain Co-PI). This assures us a seat in the Science Working Team of the mission. Other European countries will have considerably smaller participations in the instrument.

The definition of the VIM instrument that appears in the PDD developed by ESA has been generated to a large extent by the IMaX/SUNRISE team, taking advantages of the multiple synergies between the two projects.

The specific components that have negotiated as Spanish contribution are: the full disc telescope, the polarization modulators with LCVR technology developed in the IMaX project, the complete electronic box (CPU, on-board processing unit, controllers, etc.), the global thermal design and its hardware, parts of the on-board software, ground support elements (EGSE, MGSE, parts of OGSE) and system level contributions (radiation, quality assurance of the Spanish contribution, etc.). Our participation has been valued in around 40 % of the instrument whereas the German one approaches 50 %. The full disc telescope will be integrated in Spain.

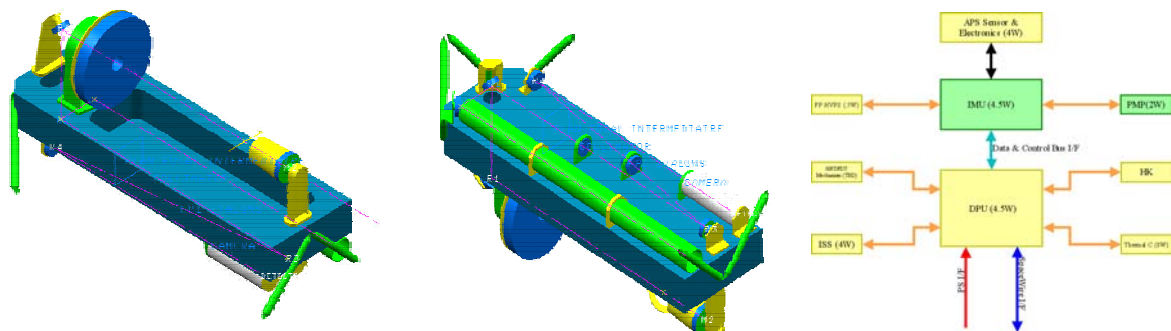


Figure 5: Left: High-resolution telescope of VIM (Astrium). Center: Full disc telescope (green cylinder) and focal plane. Right: Electronics concept of VIM. All these concepts have been developed following a proposal from the IMaX team.

The final decision of the AO is expected for the end of 2006 or beginning of 2007. Given the magnitude of the proposed participation, it is important that the team would be properly prepared to confront the challenges that this project entails. In addition to the SUNRISE/IMaX team, for the VIM project other institutions interested in space weather studies are joining us. In this proposal we include the University of Barcelona and in the near future it has shown interest the University of Alcalá (Madrid).

References:

Battrick, B., Sawaya-Lacoste, H., Marsch, E., Martínez Pillet, V., Fleck, B., Marsden, R., 2001, Solar encounter. Proceedings of the first *Solar Orbiter* Workshop. ESA SP-493

Gandorfer, A., Solanki, S.K., Schuessler, M., Curdt, W., Lites, B.W., Martínez Pillet, V., Schmidt, W., Title, A., *SUNRISE*: high-resolution UV/VIS observations of the Sun from the stratosphere, 2004, SPIE 5489, 732-741

Marsch, E., Marsden, R., Harrison, R., Wimmer-Schweingruber, R., Fleck, B., *Solar Orbiter*-mission profile, main goals and present status, 2005, *Advances in Space Research*, 36, 8, 1360-1366

Martínez Pillet, V. and the IMaX team (including, L. Jochum, A. Alvarez, J.C. del Toro Iniesta and V. Domingo), The Imaging Magnetograph eXperiment for the *SUNRISE* balloon Antarctica project, 2004, SPIE 5487, 1152-1164

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

(máximo **dos** páginas)

- ◆ **3.1** Describir brevemente las razones por las cuales se considera pertinente plantear esta investigación y, en su caso, la **hipótesis de partida** en la que se sustentan los objetivos del proyecto (**máximo 20 líneas**)

The IMaX project was proposed 4 years ago to the PNE with the objective of funding the Spanish participation in the SUNRISE experiment whose objective is to obtain images of the solar surface magnetic fields at the highest resolution. Already then, we included in the project the development of the liquid crystal based retarders (LCVRs) for their use in IMaX and the continuity of these activities with the VIM/Solar Orbiter project of ESA. This mission would make less emphasis in the questions of hi-resolution that, even if good for today's standards would not be as high as the one of the SUNRISE experiment. The Solar Orbiter concentrates more in questions of magnetic connectivity including interplanetary medium and the observation of the solar poles. At that time, the approval of the IMaX/SUNRISE project was bound to the participation of our partnership in the Solar Orbiter mission and so we were told.

The present project acts as a bridge between the two missions SUNRISE and Solar Orbiter. On the one hand, it will allow the consortium to finish the activities leading to the SUNRISE flight. On the other hand, it covers the participation of the team in the phases of conceptual definition of the instrument VIM for the Solar Orbiter mission. This participation will benefit from the experience acquired in IMaX (coordination of a team with several institutions, technological developments, etc.) as, in fact, it has already happened in the activities of the PWG of ESA and in the preparation of the response to the AO of this mission.

From a technological point of view, the most important landmarks of the project will be to continue developing the LCVR technology for its use in space missions and the development of a real-time inverter of the Stokes parameters based on FPGA/ASIC. In addition, the present project and its future development will allow the continuing participation of public and private Spanish institutions dedicated to space missions with a high degree of visibility in the ESA science program.

- ◆ **3.2.** Indicar los **antecedentes y resultados previos**, del equipo solicitante o de otros, que avalan la validez de la hipótesis de partida

The IMaX team has advanced during last the three years in the definition of the instrument having arrived at the end of 2005 near the phase of critical design review (CDR). The delays have been totalled to about half year in the original planning of the instrument. At the present time we, are adapting the project to the planning established in SUNRISE, that has itself undergone much more considerable delays. We must emphasize in this context that the German (DLR) and American (NASA) financial agencies will sign a Memorandum of Understanding to clarify the status of the mission and the responsibilities of each one of these agencies. Today, the necessity of such an agreement is seen more evidently than at the beginning of the project. The Spanish contribution (IMaX and the thermal analysis at system level) has much clearer interfaces with the project and it is hoped to sign a simplified agreement as compared to that needed between DLR and NASA (that in the part of telescope and

gondola, has very complex interfaces). The necessity for this agreement has been promoted by the DLR that has seen an increased in the investment needed for this project, especially because of the problems with the primary mirror. For that reason, the DLR wants to see the firm inclusion of the SUNRISE flight in the polar program of the NSBF/NASA.

IMaX plans to finish its integration towards the end of 2006 (beginning of 2007) having a comfortable margin with respect to the date of delivery of the instrument. This margin would only have to be used if unexpected complications arise during the AIV phase. In any case, and due to the delay of the SUNRISE project, we benefit from a relaxed margin much superior to the one we had when the project was originally asked for (and where IMaX was the last instrument in entering the project). From a financial point of view, we do not foresee important deviations from the original IMaX budget that has remained adjusted to the plans with only minor changes. In this project, the continuity of the activities including the contracts (personnel) is asked for (mostly for IMaX but they will also participate in Solar Orbiter). Some important IMaX spare parts are also included in the budget.

The thermal analysis has been made by the IDR/UPM providing a solution to one of the most serious problems encountered by SUNRISE, that originally lacked the needed manpower. The incorporation of the IDR/UPM allowed the project to define the thermal requirements of the mission that, otherwise, would have been absolutely impossible and would have impacted its normal development (one never emphasizes strong enough that a polar globe is basically a complex thermal problem). At the present time with the three scenarios that are shuffled in the project, continental test flight, Arctic and Antarctic flights, the importance of a robust thermal concept of the mission is enormous.

Regarding Solar Orbiter, there exists several constrains that must be present when evaluating this proposal. Among them, would be the continuity of the mission in the ESA program and, then, the imminence of the AO for the payload. This is planned to happen sometime in 2006 and the resolution of the AO would be public at the end of 2006 (or early 2007). In this proposal, we are making the assumption that our consortium is selected by ESA for the procurement of the VIM instrument (no competing European consortium is known and it would be rather unlikely that one does appear. There could, nevertheless, be competition from NASA side, in case this agency formalizes its participation in the mission).

The share in the VIM/Solar Orbiter project is very large, both financial and political. In order to correctly value our capabilities for such a demanding participation, two circumstances must correctly be valued. In the first place, the activities made within the IMaX consortium and that have taken this instrument to the status of the most advanced one within the SUNRISE mission. Secondly, we stress that ESA has had this consortium as a key reference for the definition of the VIM instrument. These two facts can be contrasted with both, the PI institution of SUNRISE and the SCI-A (ESTEC) team that has undertaken the activities of the Solar Obiter.

- ◆ **3.3.** Enumerar brevemente y describir con claridad, precisión y de manera realista (es decir, acorde con la duración prevista del proyecto) los **objetivos concretos** que se persiguen, los cuales deben adecuarse a las líneas temáticas prioritarias del Programa Nacional al que se adscribe el proyecto (*ver Anexo de la convocatoria*).

La novedad y relevancia de los objetivos (así como la precisión en la definición de los mismos) se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (*ver apartado Noveno de la Convocatoria*)

1. AIV of IMAx including calibration with solar light and in the SUNRISE platform (priorities 2,7 and 2.8).
2. SUNRISE flight (priority 1.1).
3. Conceptual and preliminary designs of VIM/Solar Orbiter (priorities 1,1, 1,4, 2,7 and 2.8).
4. Development of technologies specialized for payloads: LCVRs, FPGA inversor (priority 2,7).

3.4. En el caso de Proyectos Coordinados (máximo dos páginas):

- el **coordinador** deberá indicar:

- los objetivos globales del proyecto coordinado, la necesidad de dicha coordinación y el valor añadido que se espera alcanzar con la misma
- los objetivos específicos de cada subproyecto
- la interacción entre los distintos objetivos, actividades y subproyectos
- los mecanismos de coordinación previstos para la eficaz ejecución del proyecto

This project has two intimately related, but distinct, parts: the Spanish participation in the SUNRISE and Solar Orbiter missions. Since the two missions are in very different programmatic circumstances, the objectives of the coordinated project are different and there are also differences regarding the institutions involved in each one of them. This coordinated project integrates 6 public institutions with different levels of participation:

- IAC: Coordinator of the proposal. Co-I of SUNRISE. PI of IMaX/SUNRISE. Co-PI of VIM/Solar Orbiter proposal.
- LINES/INTA: Participation in IMaX/SUNRISE. Proposed co-I of VIM/Solar Orbiter.
- IAA: Participation in IMaX/SUNRISE. Propose co-I VIM/Solar Orbiter.
- GACE/UV: Participation in IMaX/SUNRISE. Participation in VIM/Solar Orbiter.
- IDR/UPM: Participation in SUNRISE. Participation in VIM/Solar Orbiter.
- UB: Participation in VIM/Solar Orbiter.

The IMaX consortium continues to be formed by the four original institutions. During the development of the current project, no changes of responsibilities have taken place. In fact, we are convinced that the distribution of responsibilities that appeared in the original proposal of IMaX, and that required several iterations, was very adequate. For slightly more than two years, we have been actively interacting with the team in charge of the thermal analysis of the mission: the IDR/UPM team, which was not part of the IMaX consortium. Starting with this proposal, this group will enter the coordination proposed here. During this time, it has remained directly underneath the SUNRISE PI institution (MPS) in the organizational chart of the project. This will continue to be the case during the development of the present project and for the IDR/UPM, IMaX is one among the three instruments on board of SUNRISE. IMaX has its thermal engineering responsibilities on INTA side and the communication between the two teams has been very fluid. We must point out that the inclusion of the IDR/UPM in this project has an added benefit that we like to emphasize. In particular, the Spanish co-I of SUNRISE (and coordinator of this proposal) has been able to show a greater degree of commitment on the part of the PNE to this mission in the discussions of the scientific working group (integrated by the PI, the project-scientist, a German co-I, two US co-Is and a Spanish co-I).

Regarding the participation in the VIM instrument of the Solar Orbiter, we have promoted a structuring of the Spanish consortium as similar as in the SUNRISE case so as to benefit from the synergies between the instruments. With this in mind, we have defined our interests within the international partnership of the instrument, having largely maintained the distribution of existing responsibilities in IMaX/SUNRISE. In addition, as the Solar Orbiter includes aspects related to space weather, we have contacted the Spanish groups dedicated to this subject, the Universities of Barcelona and of Alcalá de Henares. Both have shown interest in becoming partners in our proposal. At this moment UB already participates in the coordinated team and the one of Alcalá will do at later stage (when programmatic circumstances allow this to happen).

The specific objectives of each subproject are:

IAC: to continue with the management and coordination of IMaX during the AIV phase, including Lindau. Calibration of IMaX with solar light. Scientific flight of SUNRISE. For VIM/Solar Orbiter, IAC will create a project office in charge of the management, coordination with the German project office, control of quality of the Spanish part, software of flight and scientific leadership. EGSE.

LINES/INTA: AIV phase in its facilities and Lindau. For VIM/Solar Orbiter, INTA will acquire the global responsibility of the FDT of VIM (including the integration of this telescope), of the polarization modulators based on liquid crystal for the HRT and the FDT as well as of system level issues (radiation protection and others).

IAA: conclusion of the AIV phase in INTA and Lindau. SUNRISE scientific flight. For VIM/Solar Orbiter, IAA will take the responsibility of the electronics of the instrument. In particular it will develop the real time on board inverter (FPGA/ASIC) of magnetic field for the analysis of data. EGSE. It will participate in the scientific definition of the instrument.

GACE: conclusion of the AIV phase in INTA and Lindau. Structural elements of VIM (electronic box). MGSE. It will participate in the scientific definition of the instrument.

IDR/UPM: thermal study of SUNRISE until its scientific flight. For VIM/Solar Orbiter they will lead the thermal analysis of the instrument.

UB: In VIM/Solar Orbiter it will collaborate in the design of the electronics of the instrument. It will participate in the scientific definition of the instrument.

The mechanisms of management and coordination in the IMaX project have been diverse. For daily issues, e-mail, telephone conversations and the Web page of the project * have been used routinely. At critical times (revisions of the project) regular teleconferencing between the managers of the project have been maintained. Videoconferences and bilateral meetings for specific subjects like LCVRs and software have been organized, as they are basically taken between just two institutions. Even if in this way it has been possible to advance regularly in the project, the periodic meetings of the IMaX consortium have been the basic element that has maintained the unit of action inside the project. These meetings have been summoned based on the necessities of each moment, with greater intensity near the conceptual (2003) and preliminary (2004) revisions. SUNRISE team meetings have taken place on an annual basis. In 2003 the SUNRISE was organized by the IAA in Granada and in 2005 by INTA in Torrejón (2004 in Freiburg, Germany). If we add to this that all the team members have maintained occasional meetings (together with the German colleagues) for the planning of the Solar Orbiter AO, one gets an idea of the almost permanent contact that has stayed in the project. During the AIV phase in INTA these contacts will be still more frequent (as it is being shown by the process of acceptance of components). In order to facilitate communication among all partners during the AIV phase, the IAC is has located the systems engineer of the instrument (Juan Carlos González) to the INTA facilities. The coordinator of this proposal, and occasionally the manager of the project, has participated in the co-Is meetings of the project (typically half way between two tea meetings). These meetings have been the forum where the programmatic problems, like the one arisen with the primary mirror, has been discussed.

For the case of VIM/Solar Orbiter a similar strategy will be carried out. Nevertheless given the greater complexity of this project (ESA leadership, more institutions, industry involvement), it has been decided to set-up a project's office that will be composed by the manager of the project, an administrative assistant, the systems engineer and the Co-PI of the instrument. This office will make the quality assurance of the Spanish contribution to the project and will be the contact point with the equivalent office on the German side.

We consider that the role of the project's office is of extreme importance for the normal development of the Spanish participation in VIM/*Solar Orbiter* given its magnitude and the numerous interactions with the national space industries.

4. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO (en el caso de proyectos coordinados deberá abarcar a todos los subproyectos)

Se debe **detallar y justificar con precisión la metodología y el plan de trabajo** que se propone y debe exponerse la planificación temporal de las actividades, incluyendo cronograma (se adjunta un posible modelo a título meramente orientativo).

- ◆ El plan de trabajo debe desglosarse en actividades o tareas, fijando los hitos que se prevé alcanzar en cada una de ellas. En los proyectos que empleen el Hespérides o se desarrollen en la zona antártica, deberán también incluir el plan de campaña en su correspondiente impreso normalizado.
- ◆ En cada una de las tareas debe indicarse el centro ejecutor y las personas (ver apartados 2.1, 2.2 y 2.3 del formulario de solicitud) involucradas en la misma. Si en el proyecto participan investigadores de otras entidades no relacionados en el apartado 2.3 del formulario de solicitud, deberán exponerse los méritos científicos que avalan su participación en el proyecto.
- ◆ Si solicita ayuda para personal contratado justifique claramente su necesidad y las tareas que vaya a desarrollar.

La adecuación de la metodología, diseño de la investigación y plan de trabajo en relación con los objetivos del proyecto se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (ver *apartado Noveno de la convocatoria*).

4.1 Consortium IMaX and UPM in SUNRISE

4.1.1 General description

IMaX is being developed by a consortium of four Spanish institutes, each of them with ample experience in space related projects. The four institutes are: IAC (Tenerife, coordinating the consortium), IAA (Granada), GACE (Valencia) and LINES/INTA (Madrid). The instrument is entirely designed, built and commissioned in Spain, counting with the collaboration of Spanish industry. Besides IMaX, an additional Spanish contribution to the SUNRISE project is the thermal design and analysis of the whole mission on system level, which is carried out by a specialized team of the UPM. In the following sections details of the contributions of each IMaX consortium member and of the UPM contribution to SUNRISE are described.

4.1.1.1 IAC sub-project

The tasks of the IAC sub-projects are the following:

IMaX EGSE: This is a very important software tool during integration of IMaX itself on system level, and also for integration of IMaX as a subsystem in SUNRISE. It is furthermore the core part of IMaX ground control during flight (sending housekeeping, receiving telemetry, minimum requirement science data storage, etc.). It is developed at the IAC with the mission standard development tools to assure compatibility with any software interface during the different integration and flight scenarios. This work is carried out by the software engineer whose contract needs to be funded by the PNE in the scope of this project.

Calibration of the Fabry Perots: The voltage tunable Fabry Perot filters are a core part of the scientific relevance of IMaX. These custom specified filters have been delivered and received by the end of 2005. Given the importance of these filters in the science concept of IMaX, any work package related to them from specification to acceptance and detailed characterization is under direct responsibility of the IMaX PI, counting with technical support of specialized personnel and equipment from the IAC and from INTA. Special attention is given to controlling the correct behavior of the filters under the environmental conditions during the balloon mission. Initial tests, checking the behavior with increased voltage ramps, have been carried out at the IAC with a raw etalon (no optical quality). The optical quality etalons delivered by the provider with pressurized housing are now under test at INTA laboratories. Once these tests are finished, the etalons will be tested with solar light at one of the Teide Observatory telescopes.

Integration and test: This is the late phase of IMaX construction. Getting it ready as a fully functional magnetograph for science observation. Integration will be done first on subsystem level and then the subsystems will get together for instrument integration on system level. While subsystem integration will take place at the respective institutes responsible for the subsystem, the scenario for system integration will be the laboratories of LINES/INTA. IAC is the institute responsible for and coordinating any integration and verification activities. The IMaX system engineer (Juan Carlos González) has therefore moved from Tenerife to Madrid to be physically present at all integration activities. He counts with the collaboration of the INTA test manager (see INTA sub-project) who is familiar with all INTA test facilities and specialized equipment necessary for IMaX integration and test. All test procedures on subsystem and system level are subject of IAC approval. Final IMaX acceptance which is foreseen by the end of 2006 is IAC responsibility.

Testing IMaX with solar light: After integration and final acceptance of IMaX at INTA/LINES, The instrument will see solar light in one of the Teide Observatory telescopes early in 2007. This allows us to verify with highest precision (better than with laboratory equipment) the spectral calibration of IMaX tuning it to its nominal working wavelengths in the emission line Fe I at 5250.6 Å.

Preparing mission flight: The role of the IAC as coordinating institute is of particular importance as the mission flight by the end of 2009 comes closer. IAC is the primary contact for SUNRISE in any IMaX related matters, will be in charge of resolving logistic issues during integration of IMaX with SUNRISE (first with PFU, then PFU with telescope, then telescope with gondola). A specialized team with members of all ImaXsub-projects will be constituted for carrying out the technical tasks during the different integration phases of IMaX with SUNRISE. This team will work according to integration procedures defined by SUNRISE system engineering.

IMaX science output: In order to prepare the science groups for receiving and working on IMaX mission flight data, the IAC will be responsible of and coordinate the following activities: description of final data set and calibration levels, development of proper software for data analysis and reduction, organize national science meetings for providing optimum data exploitation, building a IMaX data base.

The preparation of the scientific exploitation requires the development of specific data access, handling and visualization software. In this project, this task is under the responsibility of the scientific personnel of all subprojects, coordinated by the proposal coordinator. To support these activities a number of Ph D student positions are asked within the FPI program.

Furthermore the IAC is in charge of the following general project responsibilities:

General project management and coordination: The IAC is the leading institute in IMaX for any science aspects and for high level technical decisions. Configuration control and control of documentation as a part of it is transmitted to all IMaX team members through an access controlled web page edited and maintained by the IAC. The IAC is also the contact institute for the Ministry of Science and Technology in any IMaX related matters.

Coordination with the rest of SUNRISE: For the rest of the SUNRISE team members, the IAC is the unique contact point for official project communication with IMaX. In this communication channel, the IAC is responsible of representing correctly all IMaX sub-projects. The IMaX coordinator, Dr. Valentín Martínez, is Co-Investigator in the projects SUNRISE that have been presented to and approved by DLR and NASA.

4.1.1.2 INTA sub-project

As a continuation of the tasks performed during the Conceptual Design and Preliminary phases, the INTA's subproject participation consists in the following activities:

Opto-mechanics: detailed design, specification, manufacture and acceptance of the fastening elements for optical devices including positioning devices, as well as the mechanisms necessary to control the instrument (i.e. phase-diversity mechanism) in order to guarantee the fulfilment of the requirements at instrument level.

Optical Design: detailed optical design of the whole instrument. This task includes optimization of the preliminary design, detailed specification of all the optical elements including their manufacturing and mounting tolerances. These activities will be performed using CODE V software.

Straylight analysis: analysis of the instrument straylight by using geometrical models with ASAP software. The definition of the optical baffles to be used to fulfill the straylight requirements will be extracted from the conclusions of this analysis. The possible ghost images will be evaluated in order to eliminate them or reduce them till the required level establishing the suitable methods (i.e. tilt of optical elements, baffles...).

Thermal Design: detailed analysis of the environmental conditions that the instrument will suffer during the mission to elaborate the detailed design of the thermal subsystem including manufacturing, integration, verification and acceptance.

LCVRs characterization and calibration: execution of the necessary additional tests defined by the results obtained from the LCVRs characterization performed before considering the environmental conditions of the mission. Calibration of the LCVRs to be used in IMaX, as well as of the polarization modulation system.

Integration and Tests at INTA: the integration plan of the INTA subsystems, that includes assembly, alignment and verification of the components, will be developed at INTA, as well as the contribution to the test plan of the complete instrument.

The participation and responsibility of INTA in the final phase of AIV will be very relevant since the final integration of the whole instrument will be performed in its facilities and an important part of the INTA equipment will be necessary and used. For the coordination and execution of the different activities associated, whose final responsibility corresponds to the coordinating institution IAC, one *test manager* will be designated by the INTA team and this will be the person in charge of the tests made with INTA equipment.

Among the activities foreseen during AIV phase at **INTA**, it is important to highlight the environmental tests (mechanical, thermal-vacuum tests). These tasks, even if they are at system level, will require lots of participation and an elevated workload to the INTA team.

It is also important to note that the characterization of the different subsystems previous to the integration phase (CCDs cameras, etalons, calibration with solar light...) will also require from INTA lots of logistics support, use of its facilities and personnel involved as it has been become patently clear during the development of the last phases. All these tasks are not only reduced to an isolated technical support for use of the facilities and equipment but also to an intense collaboration in the development and subsequent analysis of the tests results.

In the same way, the integration of IMaX in SUNRISE platform at the MPS Institute (Lindau, Germany), will require lots of involvement in the elaboration and performance of the integration plan and tests. In this sense, the optical alignment of the instrument with the telescope, the *end-to-end* test and the thermal interfaces will be some of the main tasks. Finally, the participation of INTA personnel will be also necessary during the operative phases of the instrument (Arctic and Antarctic).

Within the framework of this project, the most relevant activities foreseen during the 2007-2009 period will be related to the IMaX solar light calibration, AIV phase of IMaX in SUNRISE (including the development of the integration and verification plan), the preparation activities for the Arctic and Antarctic flights as well as the necessary adjustments and verifications during the

Taking into account all this, it is essential **the continuity of the contracts of the specialized personnel (2)** that are part of the team that is performing these fundamental tasks. It also is completely necessary the **continuity of the postgraduate scholarship** that has allowed the characterization of the LCVRs and whose future task is the setting of the polarimeter to be used for the calibration of the polarization modulator system. These tasks represent the beginning of one **research work on the physics of materials (optical properties)** that it is part of one PhD program.

4.1.1.3 IAA sub-project

During the integration and flight phases, the IAA sub-project mainly aims at providing the necessary support on both electronics and acquisition and control software. Adjustment of devices will also be needed from the IAA team after practically every integration procedure. The fulfilment of all the instrument technical requirements will be checked throughout these stages. Most importantly, the interfaces both internal between IMaX sub-systems and external with the *SUNRISE* platform will be watched out. Spare sub-systems will be constructed that allow an easy and fast substitution in case of failures. In order to these spares be useful, verification tests following the AIV procedures will be

needed, as well as the calibration of every such sub-system. Based on our experience in the development of the IMAx electronics and flight software the following items can be outlined:

Acquisition sub-system: It is aimed at acquiring and digitizing the signal coming out from the two CCD cameras (specifically designed and built for IMAx by PSL, Great Britain), adapting all analog and digital signal levels, and providing the necessary read-out clocks and synchronism mechanisms with the remaining sub-systems of the magnetograph, so that intervals between measurements will be as small as possible. The software that acquire and control the images has a paramount role in the integration and verification phases.

Control sub-system: The image acquisition speed requirements lead to the use of a very powerful and fast DPU, so that the transfer of the enormous data volume is possible without information losses. On the other hand, the practical absence of telemetry during a significant fraction of the flight time makes it mandatory the use of a huge permanent mass storage memory. This data storage is governed by this control sub-system. This sub-system must act as an interface between our magnetograph and the platform and remaining instruments. As in the acquisition system, the control software lies in the heart of this sub-system and, hence, must be conveniently adapted during the integration and verification phases both of IMAx and of *SUNRISE*. The control sub-system has a user interface which is responsibility of the IAC team.

Power and actuators: This sub-system is in charge of supplying the necessary energy by generating and filtering the suitable voltages for each one of the remaining sub-systems of the magnetograph. All circuits providing the necessary current to either moving mechanisms (phase diversity mechanism) or fixed elements (etalon, ROCLI) are under its responsibility as well. It also controls the temperature of those devices requiring thermal stability. Once IMAx is integrated in *SUNRISE*, all the specifications established in the interface documents should be checked since this sub-system is among the most critical ones.

To fulfil the main objectives of the IAA sub-project, the technical tasks are distributed as follows:

Integration phase at INTA: The participation of the IAA team during this stage will be continuous and provide the necessary inputs for further versions of the flight software and of the acquisition and control software. After the tests are carried out, IAA will provide the necessary support during calibration.

Integration in *SUNRISE*: IMAx will be integrated with the remaining instruments on the platform during this phase. The work load is reduced to assessment and help to the set-up and platform assembly. These tasks will also be needed during the test and scientific flights.

Acquisition and control software version optimization: Our experience in other instruments on-board satellites shows us that the software is continuously being improved and verified just until launch. Therefore, although based on a stable and functionally correct version, the programs will need retouching and afterward validating during practically the whole project. Every new integration and test step will induce at least a new version for both the on-board control and acquisition software packages. Every such a new version will have a design phase with documentation changes, a programming phase, and a validation phase prior to integration in IMAx. This work will be carried out at the following steps:

- After integration and tests at INTA.
- After the first tests at the VTT.
- After the first integration tests with *SUNRISE*.

- Before the end of integration with *SUNRISE*.
- Just before the flight (last version?)
- Even during the flight.

All these tasks imply a remarkable work load that needs an effective co-ordination for the two software packages to suitably converge .

In parallel to the purely technological tasks, the IAA aims at contributing to the scientific work of the project. We should not forget that the scientific objectives do not end with the flight itself. On the contrary, the huge amount of high-quality data that we expect makes it necessary a correct planning, managing, and processing for the data exploitation phase to be successful. We should take into account that all the members of the consortium will have access to all the data coming from all the instruments so that a necessary preparation to interpret the data resulting from the other instruments is in order. Being aware of the budgetary limitations of the National Program, we ask for a grant within the Formation of Research Personnel Program for a PhD student to be formed conveniently during the project. The preparation of new solar physicists able to exploit the scientific results should start well in advance to the end (the flight) of the project. In order to carry out an adequate training, the grant awarded will have the KIS/IAA Visible Imaging Polarimeter, jointly developed by the Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik (Friburgo, Alemania) and the IAA by using the electronics already developed for IMAx, as a bench test.

4.1.1.4 GACE sub-project

The structural components to enclose the electronic and optical systems of IMAx are under the responsibility of GACE. The responsibility refers to:

- the protective enclosures
- structural analysis of the instrument
- packing for transport
- software development for data processing and analysis

By the time the running project ends on November 30th 2006, IMAx will have been integrated and a prototype of the Proximity Electronics Enclosure, built in 2006, will have been flown as part of the balloon test flight foreseen for the Fall 2006 in Texas, USA.

Instrument protective enclosures: During the first two years of the project, GACE will support the various activities of integration, calibration and transport. The pressure containment of the pressurized containers as well as the behaviour of the fixation points, connectors and valves, will be object of a devoted follow-up. The results of the environmental tests generated at the IMAx/SUNRISE AIV will be analysed.

Structural analysis of the instrument: Evaluation of the environmental tests with respect to both mechanical stability and pressure containment.

Software development for data processing and scientific analysis: In order to get ready for the scientific exploitation of the IMAx data, GACE will continue developing software useful for image processing and images analysis obtained by IMAx by itself and/or in coordination with the other SUNRISE instruments, with the participation of the research fellows of the **FPI** program.

With respect to the science flight, GACE will provide support for the transport of SUNRISE. One GACE person will attend the data centre in USA during the balloon flight. GACE will support the data evaluation, and will develop data processing and analysis software for the occasion.

4.1.1.5 IDR-UPM in SUNRISE

During the development of the project SUNRISE, the necessity of a dedicated thermal analysis was found as a consequence of the increase of the requirements related to electrical power dissipation that are necessary to carry out the experiments, with respect to those usual in this type of missions. The Institute IDR-UPM is in charge of the thermal control design of the structure PFI (Post Focus Instrumentation) and of the PFI electronics rack, elements very solicited from the thermal point of view, as well as of the thermal control of SUNRISE at system level, that is, the coordination of the global system thermal design.

A fact that must be pinpointed is that the environment that is going to surround the payload SUNRISE during the development of the mission is quite similar, at least from the thermal point of view, to the space environmental conditions that surround an instrument onboard a generic spacecraft, since the low density of the residual atmosphere reduces notably the convective heat transfer; being the conduction and radiation the main means to transfer heat. For this reason, the heat produced by both the dissipation of electrical energy and the incoming heat flux from the external thermal loads (solar radiation, albedo and infrared radiation from Earth) has to be rejected basically by radiation.

The Project consists of several phases. First the concept of the project has been analyzed from the thermal point of view, with the aim of carrying out a feasibility study (phase A). The following tasks are the preliminary design (phase B) and the detailed design (phase C), defining a thermal mathematical model for each one of the different subsystems mentioned above. Once these models have been verified, the telescope, the PFI structure, the electronics racks, the balloon, the gondola and all the instruments and accessories will be integrated in a global model.

As result of the work, a thermal configuration must be defined (instruments arrangement, geometry, surface thermo-optical properties, conductive couplings, etc.) that guarantees that all the thermal requirements are met: all the devices are in a suitable thermal environment, they are within the operational temperature range and the thermal gradients do not exceed the specified values. It is also determined whether it is necessary or not to include thermal control hardware like multilayer insulation blankets, heat pipes or radiators; in that case they have to be dimensioned and their operation parameters have to be defined.

The UPM team will validate the model by means of the results obtained during the test flight, foreseen to be carried out from Fort Sumner (New Mexico) in fall 2006, and by means of thermal tests that will have to be defined, performed and analyzed.

The thermal design in these kind of projects is closely linked to the structural design. Due to the delay of the project and under request of the Institute MPS, in charge of the systems engineering, IDR has proposed to advise such Institute on the activities related to the design and analysis of the global system (in particular the gondola).

4.1.2 Project organization

IMaX and IDR/UPM are part of the SUNRISE project in an organizational structure such as shown in Figure 6. As mentioned before, the IAC in its leader role within the IMaX consortium is responsible for any official project communication with SUNRISE.

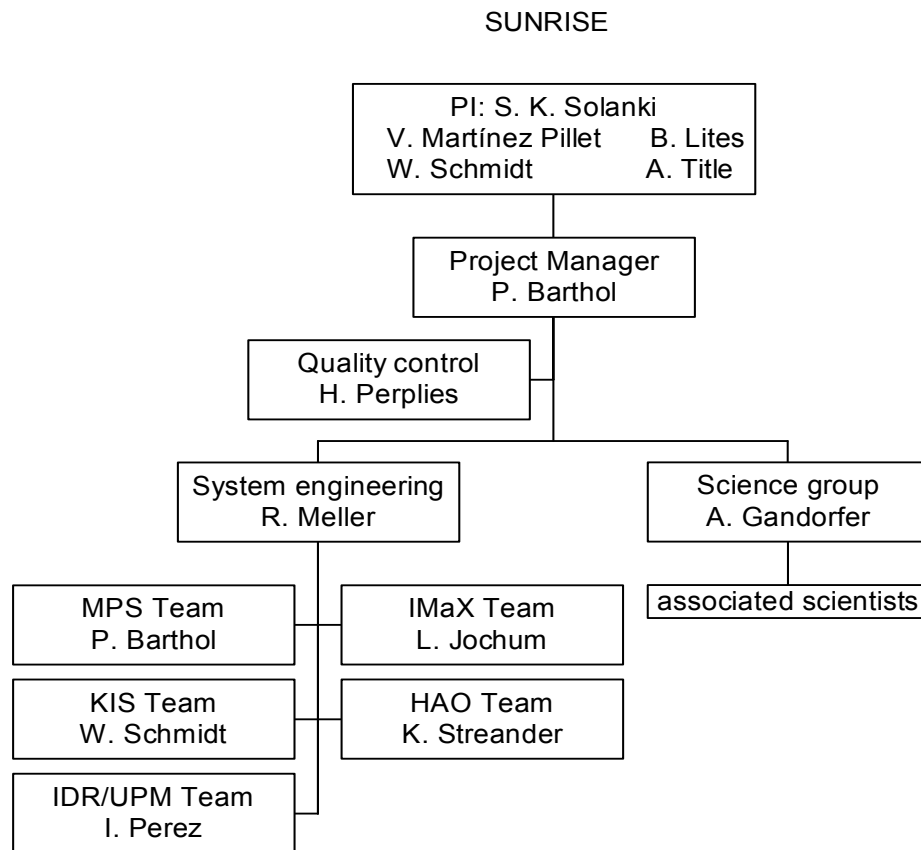


Figure 6: *SUNRISE* organization chart

Within SUNRISE, the organizational structure of IMaX is as shown in the following figure:

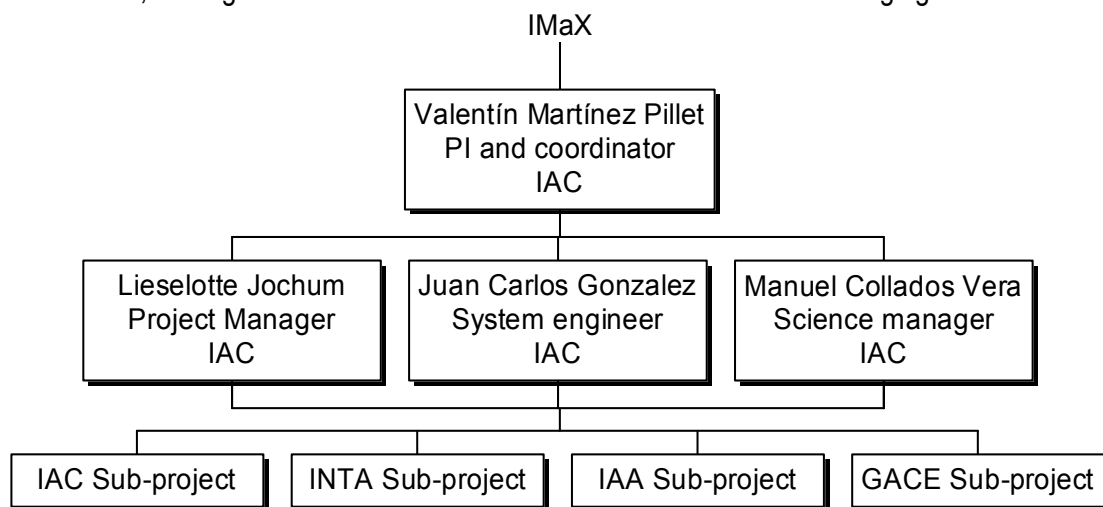
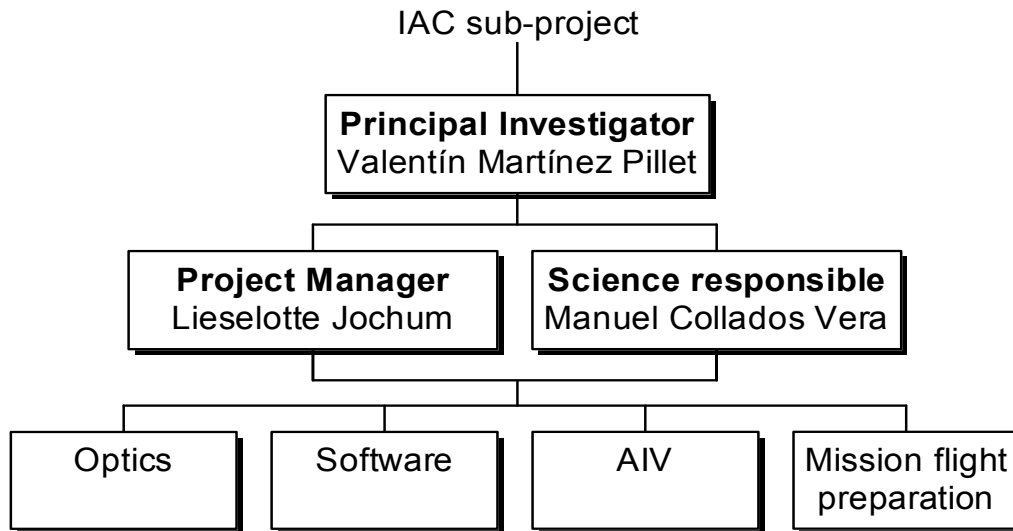


Figure 7: IMaX consortium organization chart

As project coordinator, Dr. Valentín Martínez is responsible of the entire project, reporting to the financing agency and supervising correct development in terms of scope, schedule and cost. Project coordination is done in closest collaboration with the project manager, system engineer and science manager. This organizational structure is similar to the one of SUNRISE (see Figure 6).

The following sections show details on personnel and the organization charts of all IMaX sub-projects and the IDR/UPM.

4.1.2.1 Organization chart and personnel of the sub-project IAC



Valentin Martinez Pillet: Principal investigator of IAC' subproject. Takes responsibility in the coordinated project of the correct fulfilment of the scientific objectives within the established schedule. He is responsible for the calibration of the Fabry-Perots and coordination of the Antarctic flight including its logistics.

Manuel Collados Vera: Person in charge of the scientific definition group. He manages the definition of the scientific requirements of IMaX and the study of alternatives from a technical point of view. He is responsible for the software engineering team. Together with Dra. Lieselotte Jochum, he takes part in the phase of integration of the Instrument. He informs to the principal investigator.

Basilio Ruiz Cobo: Participates in the scientific definition group. He will lead the study that has selected the spectral line chosen for IMaX and the best use of the data analysis through inversion techniques. He will propose alternatives to the lines selected within the spectral rank that will be observed by IMaX. In collaboration with Dra. Ines Rodriguez Hidalgo, he will manage the Web of the project

Jose Antonio Navarro Bonet: Participates in the scientific definition group. It will define the phase diversity techniques for IMaX. It will collaborate with the group of optical design in the studies of image quality and their relation with the previous techniques.

Ines Rodriguez Hidalgo: Participates in the scientific definition group. Together with Dr Basilio Ruiz Cobo, she will participate in the study of the selected spectral line. She will manage the public Web of the project and will lead the pubic outreach tasks.

Santiago Vargas: participates in the scientific definition group. He collaborates with Jose Antonio Bonet in the definition of the phase diversity techniques for IMaX. (FPI)

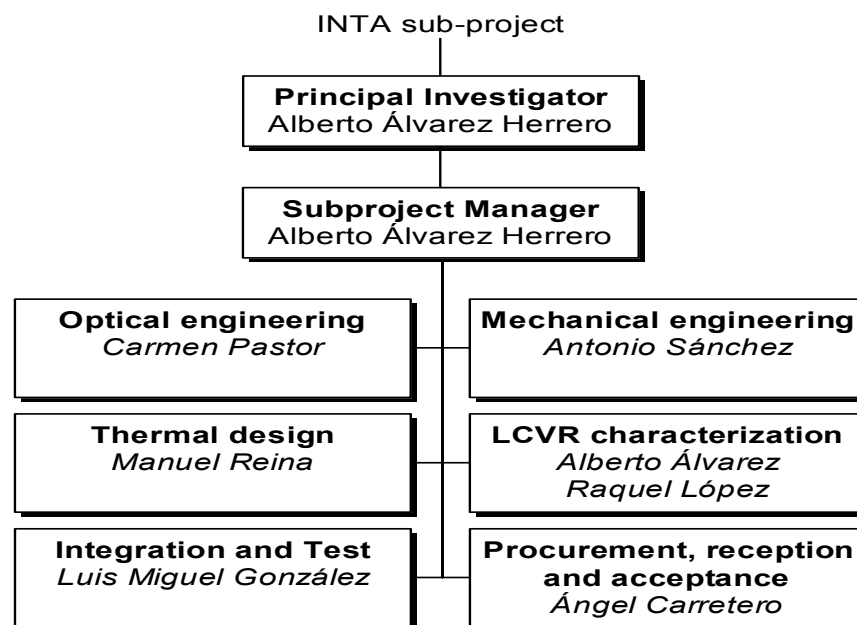
Lieselotte Jochum: Project manager. In close collaboration with the scientific definition group she manages the correct development of the scientific requirements in technical solutions within the terms of the established budget. Responsible for optical engineering. Together with Dr Manuel Collados Vera, she takes part in the phase of integration of the Instrument. Informs to the principal investigator.

Juan Carlos González Herrera: Systems engineer. Person in charge of AIV, system budgets, interfaces control and configuration control.

Engineer contract requested: Responsible of the development of the EGSE for IMaX and communications with SUNRISE. It is the continuation of an already existing contract.

Postdoctoral contract requested: Numerical simulations of magnetic flux emergence from the photosphere to the corona with special attention to the processes of energy dissipation that occur in them. Comparison between 3D simulations and extrapolations of the photospheric flux. These two subjects are of fundamental importance for the SUNRISE and Solar Orbiter missions. The first is a fundamental ingredient in the particle acceleration mechanisms (space weather) and the second is the key for the studies of magnetic connectivity of high relevance for the two missions. The postdoctoral contract is asked for.

4.1.2.2 Organizatio chart and personnel of the sub-project INTA



Alberto Álvarez Herrero: Principal Investigator. He is in charge of the appropriate coordination of the project to assure the fulfilment of the scientific goals within the specified schedule and the established budget.

Tomás Belenguer Dávila: Within the Optical Engineering activities, he is responsible for the straylight design.

Carmen Pastor Santos: Within the Optical Engineering activities, she is responsible for the design tasks, specification and acceptance of the optical elements

Luis Miguel González Fernández: Responsible of the integration and verification tests, as well as the tasks performed at system level at **INTA** (test manager).

Gonzalo Ramos Zapata: Responsible of the tasks related to the optical and mechanical integration and tests. He is also collaborates in the performance of the tests with specialized **INTA** equipment.

Raquel López Heredero: Participates in the LCVR characterization and in the calibration of the polarization modulator system. She also collaborates in the performance of the tests with specialized **INTA** equipment.

Nestor Raúl Uribe Patarroyo: Participates in the LCVR characterization and the calibration of the polarization modulator system.

Antonio Sánchez Rodríguez: Responsible for the opto-mechanical engineering.

Manuel Reina Aranda: Responsible for the thermal design.

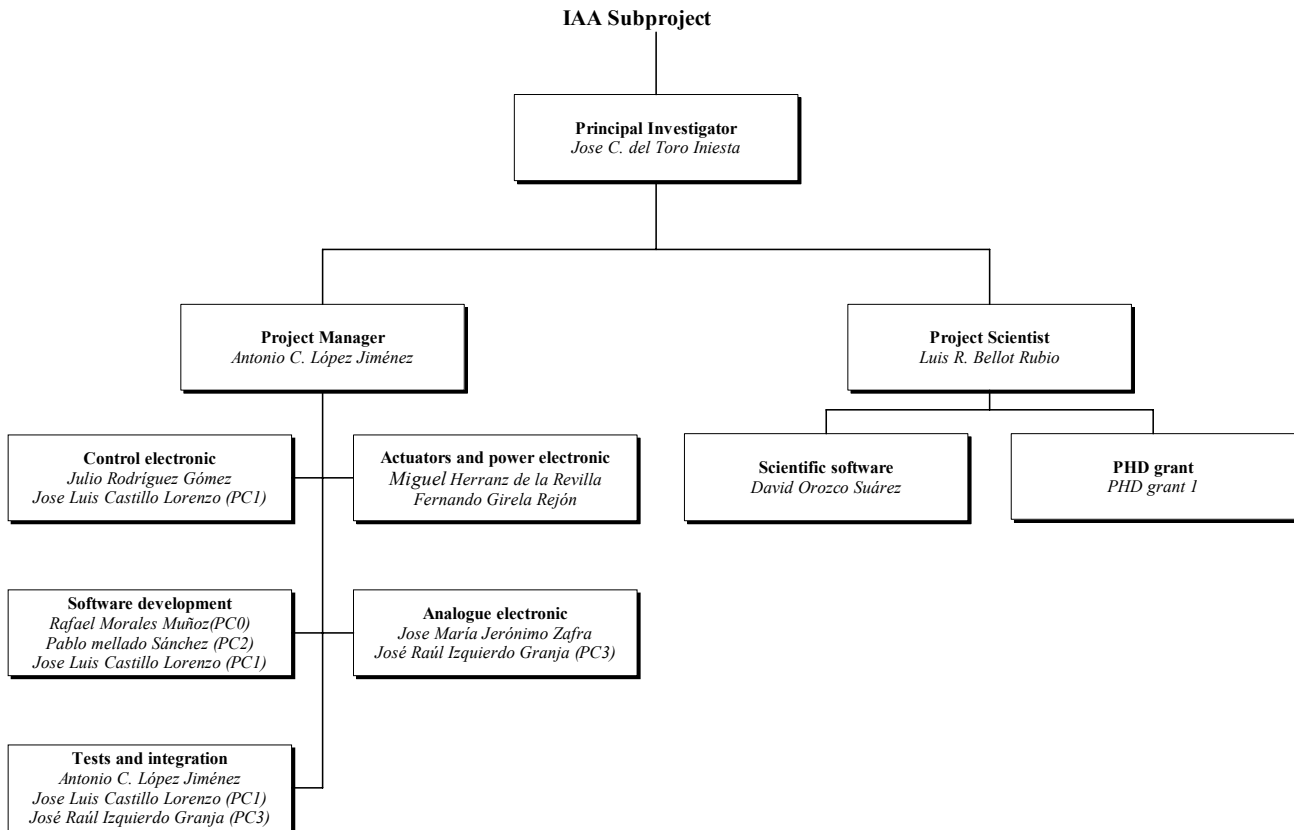
Joaquín Azcue Salto: Participates in opto-mechanical engineering tasks.

Mercedes Menéndez Aparicio: Participates in thermal design tasks.

Angel Carretero Serna: Responsible for the supply, reception and acceptance of the opto-mechanical and thermal material.

M^a Dolores Sabau Graziati: Participates in the performance of the tests with specialized **INTA** equipment.

4.1.2.3 Organizatio chart and personnel of the sub-project IAA



Jose Carlos del Toro Iniesta: Principal investigator. He is responsible of the scientific and technological objectives fulfilment within the foreseen time intervals and within the allocated budget.

Luis R. Bellot Rubio: He is responsible of the scientific management of the sub-project. Together with the principal investigator he will advice the work carried out by the PhD students, both on the scientific analysis software of the mission and on the observational preparation of it. He will also advice on the data compression tasks developed by the engineers.

Antonio Carlos López Jiménez: He is the technical manager of the sub-project. He is in charge of the correct development of the technical solutions to the scientific requirements within the allocated time and budget. He is the engineer in chief and the responsible of then reception, acceptance, and verification of the electronics. He is also responsible of the integration and test phase.

Miguel Herranz de la Revilla: He is in charge of the power and actuator electronics. He will support the integration phase.

José María Jerónimo Zafra: He is responsible of the analogue electronics of IMAx. He will support the integration phase.

Fernando Girela Rejón: He participates in the actuator and power electronics. He will support the integration phase.

David Orozco Suárez: He is developing scientific analysis software to be used after the flight for the exploitation of the data. In particular, he is adapting an inversion of the radiative transfer equation code to the specific features of the IMaX magnetograph, like just five samples in wavelength, variation of the wavelength across the field of view, etc.

The following personnel are needed to be hired both for IMaX and *Solar Orbiter*. Although they also appear in the VIM part of the application, we understand that the contracts are solicited just once and are strictly needed for the IMaX project completion. The contracts were awarded by the PNE since the beginning of the project, except for PC0, Rafael Morales Muñoz, who has been doing an excellent job, although sharing tasks with other projects of the institute.

PC0 Rafael Morales Muñoz: He is responsible of the control software of IMaX. He plans the different flight software versions and prepares all the necessary documentation. He has been shared by our project with other projects of the institute. Nowadays he is a crucial member of the team. Every design and validation process implies a remarkable documentation task for this engineer. Should modifications to the EGSE interface be needed, he will also be in charge of carrying them out. This contract amounts the costs for 0,5 net engineers.

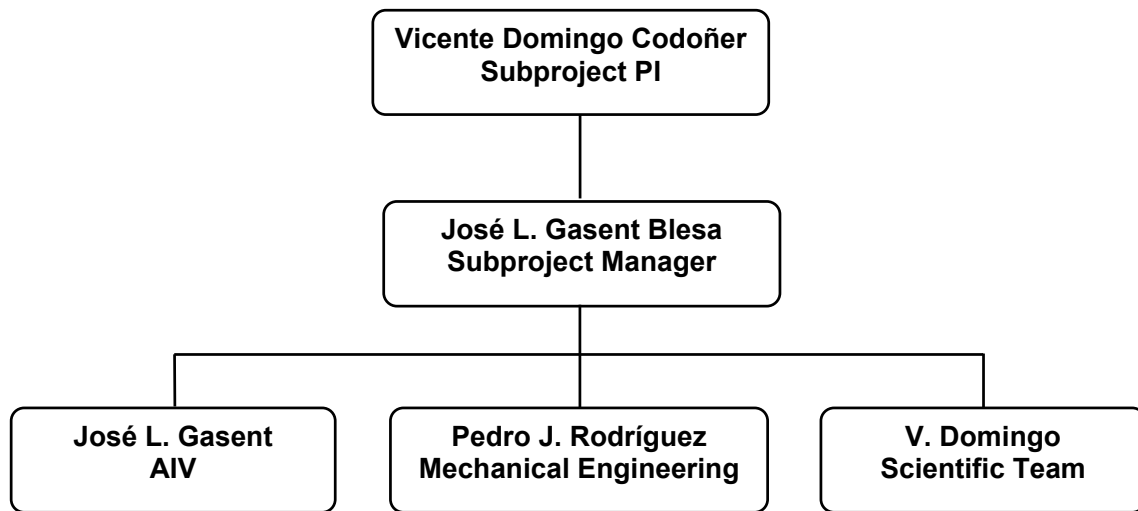
PC1 contract (José Luis Castillo Lorenzo): He participates in the control and acquisition electronics sub-systems and, hence, he will contribute during the integration phases both at INTA and at Lindau to the *SUNRISE* platform. He is responsible for the data acquisition, control, management, and storage. He will, thus, participate in the several modifications to the acquisition software for the flight model and in the validations of the flight software.

PC2 contract (Pablo Mellado Sánchez): He contributes to the control software in its several versions and to the communications with the Electrical Ground Support Equipment (EGSE). He will also support the integration and test phases, both of IMaX and of *SUNRISE*. He will be in charge of programming and validating the various software package versions.

PC3 contract (José Raúl Izquierdo Granja): He carries out support tasks for the set-up and integration of the sub-systems both of IMaX and of *SUNRISE*. He will support the tests at the VTT, the integration with *SUNRISE* and the preparation to the scientific flight. His very active participation will be necessary during the validation phases of the software.

PhD student 1: He/she will be introduced in the science to be made within *SUNRISE* project. In particular, the awarded will compare IMaX data with those of other instruments in order to start investigations of the chromosphere of the Sun.

4.1.2.4 Organization chart and personnel of the sub-project GACE



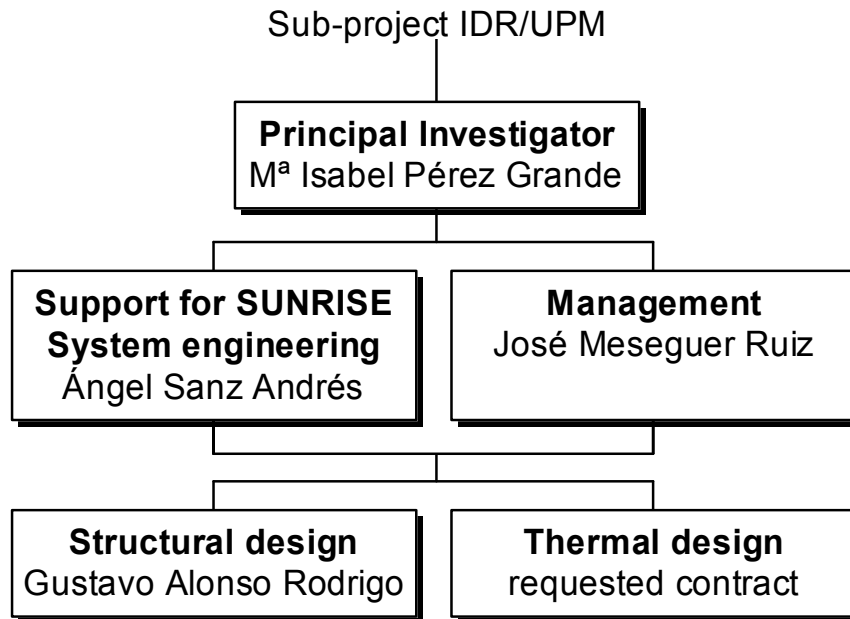
Vicente Domingo Codoñer: Principal investigator (PI) of the subproject. Responsible to the project coordinator for the proper observance of the scientific objectives within the agreed time deadlines and budget. Responsible of the scientific team.

José Luis Gasent Blesa: Technical manager of the subproject. Management of the development of the technical applications as required by the scientific specifications within the agreed time deadlines and budget. Responsible of the verification and testing of the subsystems developed by GACE. Quality and Documentation control within the subproject.

Pedro J. Rodríguez: Responsible of the mechanical engineering. Mechanical design of the GACE assigned subsystems and the structural analysis (Finite Element Analysis, FEA). Support to the quality control activities.

Iballa B. Cabello García: member of the Science Team. Software development for the data processing and analysis.

4.1.2.5 Organization chart and personnel of the sub-project IDR/UPM



M^a Isabel Pérez Grande: Principal Investigator. She is the person responsible to the Spanish Space National Plan for the fulfillment of the foreseen objectives within the scheduled time and budget. She coordinates the tasks of the group.

Ángel Sanz Andrés: He takes part in the systems engineering of *SUNRISE*.

José Meseguer Ruiz: He takes part in the management of the subproject.

Gustavo Alonso Rodrigo: He participates in tasks of thermal design and structural consulting of the systems engineering.

Requested Contract: Graduate requested to participate in the tasks of thermal modeling.

4.1.3 Project phases and mayor milestones

Initial estimations on the project duration from conceptual design studies on until mission flight were about 5 years. In this estimation the problems *SUNRISE* had to deal with during primary mirror fabrication had not been taken into account. The initially foreseen M1 production had to be canceled completely producing an important schedule slip for *SUNRISE*, and consequently for *IMaX*, too. A new, safer technology has been chosen for M1 fabrication, and since early 2005 M1 related issues are under firm control so that a new master schedule could be agreed.

The following figure shows an overview of the project schedule, pointing out the mayor milestones of *IMaX* and *SUNRISE*. *IMaX* is funded since November 2001 when first conceptual design studies on optics were made in the scope of the PNE project PNE-007/2001-I-A (PROFIT for development of LCVRs). Since October 2002 *IMaX* development is funded as a coordinated project “*IMaX* – a magnetograph for *SUNRISE*” and its continuation “Design and fabrication of the Imaging Magnetograph

eXperiment". We are now applying for funding to finish the mission, from after IMaX commissioning on until the science flight and production of scientific output. In the project schedule in Figure 8, only the three years corresponding to the period pending to be funded in on white background, whereas the rest of the schedule has a colored background. The colors of the task bars indicate the institution responsible for it as follows: red: IAC, Blue: INTA, Green: IAA and Yellow: GACE. AIV activities are in grey color.

During the whole project, each subproject is responsible for meeting its scope within the sub-project assigned budget and schedule. The IAC as coordinating institute is responsible of providing a fluid and efficient development, resolving all logistic issues related to having the instrument development distributed over Spain in four different institutions.

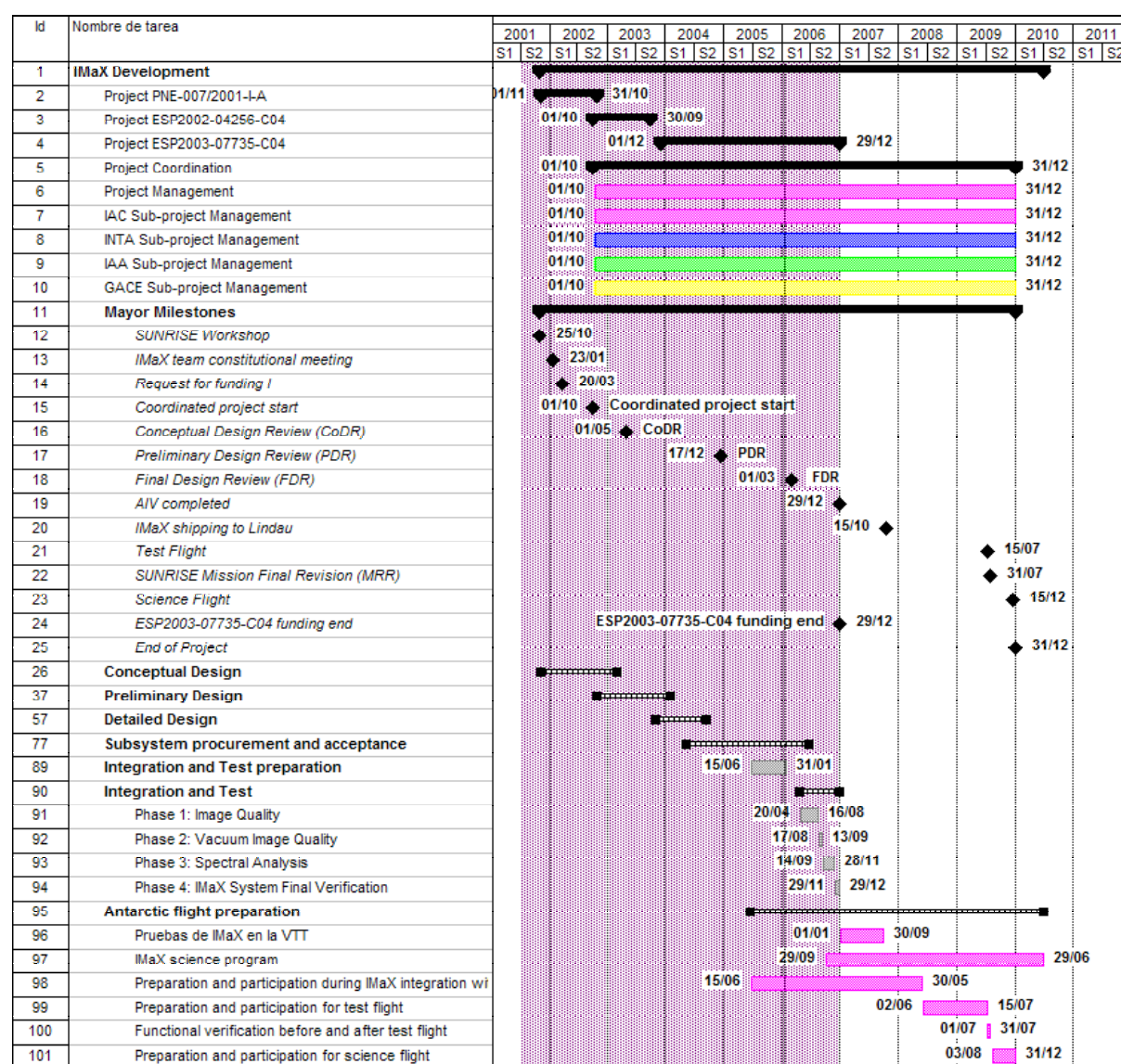


Figure 8: Project schedule and principal milestones

The project passed successfully the revisions of the conceptual design and preliminary design, receiving in each case a very positive overall evaluation of the work presented itself and also of the methodology and team spirit, which are a fundamental ingredient for our project success. All subsystems are now

about to pass final design revision. The most critical components (e.g. CCDs, etalons) have been purchased very early in the project and are now under test and detailed characterization by the IMaX team. During the project phase which is already funded, IMaX will be completed and tested, ready to be shipped to SUNRISE for integration with the rest of the mission. Given that this second integration phase will not take place before October 2007, we have the opportunity to do a complete instrument test with solar light at one of the Teide Observatory telescope before shipping IMaX to MPS.

4.1.4 Scope of the work

The scope of the work consists in continuing the coordinated project ESP2003-07735-C04-01/02/03/04 which is finishing IMaX as Spanish participation in the SUNRISE project. In particular this will be testing IMaX with solar light, all integration phases with the SUNRISE mission and any activity (scientific and technical) related to the science flight out of McMurdo.

We also apply for the continuation of the project ESP2004-04733, which is the PNE funded contribution of IDR/UPM to the SUNRISE mission, consisting of the thermal design and specification of the SUNRISE mission on system level (see Figure 6).

4.1.4.1 Work packages summary

The principal Work Packages (WP) of the project who are part of the funding period we are applying for are shown in Table 1. The columns of the table show the WP ID number, WP title and the name of the institute responsible for the WP. All ID numbers have four digits that classify the WP. The first digit indicates the general topic this WP belongs to (e.g. management, conceptual design, preliminary design, etc.). The second digit stands for the institute in charge of the WP, the third digit classifies the specific topic inside each sub-project and the fourth digit is reserved to introduce one more level of break down if it turns out to be necessary. This numbering scheme has been chosen to serve as an easy to handle tool for project and sub-project management and system engineering in this coordinated project with four parties participating.

We want to point out that the WP blocks 2000-6000 are not included in the table, because they will be already closed when the new financing period starts. A complete WP description is available in the public part of the IMaX web page (<http://www.iac.es/proyect/IMaX/Public/PP-start.htm>).

ID#	WP Title	Responsible
1110	Project coordination	IAC
1120	Project management	IAC
1130	IAC Sub-project management	IAC
1140	System engineering	IAC
1210	INTA Sub-project management	INTA
1310	IAA Sub-project management	IAA
1410	GACE Sub-project management	GACE
	Antarctic flight preparation	IAC
7110	IMaX science program	IAC
7120	Preparation and participation during IMaX integration with SUNRISE	IAC
7130	Preparation and participation for test flight	IAC
7140	Functional verification before and after test flight	IAC
7150	Test with solar light at VTT	IAC

Table 1: Project organization in Work Packages (only WPs pending to be finished after 2006)

The WPs of the 7000 block refer to working with IMaX after its integration, verification and acceptance and INTA laboratories. The IAC is therefore the responsible institution for all these activities, but it is important to point out that all these activities will be carried out with substantial collaboration and contributions of all sub-projects. This refers to scientific as well as technical activities. INTA personnel will have an important role in end-to end testing. During all phases until the science flight, control electronics and software will be optimized, optomechanical alignment and pressurization will be checked regularly. These activities need to be carried out by the respective designer team. Counting with the same personnel in the IMaX team from 2007 on until mission flight is therefore fundamental for mission success.

The integration phases in the *SUNRISE* platform and the science flight in 2009 require the continuation of the IAC-INTA-IAA-GACE consortium in the same conditions as it has been maintained until now. All teams are needed until the very last moment. This is why its continuation is being asked for.

This refers, specially, to all existing personnel contracts within the project

Table 2 shows a list of the workpackages which are UPM responsibility within the SUNRISE project, pending to be finished after 2006.

WP Name	Start	End
Management of the subproject UPM	January 2007	December 2009
Detailed Design		
Detailed thermal design of the PFI	January 2007	June 2007
Integration of the submodels in the global thermal model	January 2007	December 2007
Update the models with the results of the test flight and thermal testing.	January 2007	June 2008
Integration and Testing		
Test flight results analysis	January 2007	June 2007
Support to MPS in the definition and performance of thermal tests	January 2007	June 2008
Thermal tests results analysis	January 2007	December 2008
Antarctic flight Preparation		
Preparation of documentation and thermal models for NSBF	January 2007	December 2009
Interaction with NSBF for acceptance to flight after the PIC	January 2009	December 2009
Support to the integration in SUNRISE of the thermal control hardware	June 2008	December 2009

Table 2: Work Packages Organization of the IDR/UPM contribution in SUNRISE

We must emphasize that the UPM activities extent until the science flight as the thermal subsystem will continue its detailed development phase until that time.

4.2 Solar Orbiter

4.2.1 General description

In this memory, the funding of the Spanish consortium that will participate in the response to the AO of ESA for the VIM instrument of the Solar Orbiter is asked for. The hypothesis we make here is that this AO will be open in the first half of 2006 and that it will have been decided by the second half of that year. In addition, we also assume that the European partnership with German and Spanish leadership in which we will participate has been selected by ESA to construct this instrument. Starting off from these hypotheses, we specify in the following sections the activities that need to be developed and the necessary funding for the years 2007-2009. This period would correspond to the phases of conceptual and preliminary design of the VIM instrument. This phase, with the exception of prototypes that may be needed, does not include the acquisition of hardware for the different models of the instrument. The planning that is considered here is to pass conceptual design review in the first half of 2008 and the preliminary design review in the second half of 2009 (CDR in 2011, AIV until the end of 2013, procurement to ESA of the flight model in 2014).

As commented previously, the Spanish participation in this instrumental consortium is considered to be around 40 % of the total. ESA considered that the cost of the original VIM (the one with a 25 cm aperture) was somewhere in the range from 45 to 84 Meuro (total costs), which should give an idea of the magnitude of the project that is asked for here. It is for that reason that we include up to 6 public institutions coordinated in this proposal and to which others may join in the future. Needless to say, an ample representation of the national industry dedicated to space projects is also considered.

4.2.2 Scope of the work

4.2.2.1 IAC sub-project

Within the framework described above, the IAC will develop the following tasks:

MGSE: The IAC, as PI institution, will be in charge to manufacture all the necessary mechanical support elements for the project that, for different reasons (like timing or size), are not considered advisable to subcontract. They correspond to tasks assigned to a mechanical engineer from the IAC staff that will work together with the mechanical workshops of this institute. During the phase of the project that is asked for here, it is expected that this task will not represent a large workload nor will it have an impact in the budget (but it will be more important in future phases such as AIV).

Conceptual and preliminary design of the onboard software: ESA will provide a new software development tool called PISA (PI Software Architecture), common to all the instruments and based on the dynamic load of codes. This architecture allows that the validation of the software generated for the instrument, will not have to be repeated continuously during the integration phase and avoids multiple compilations of the software with each new controller. The IAC making use of PISA, would develop the conceptual and preliminary phases of the control and communications software of the instrument, which would be in charge to manage low and high level control commands, housekeeping, together with the duty to store, and compress, the generated telemetry and data sent from the processor in charge of its analysis in real time.

Definition of the scientific requirements of the FDT: The FDT is one of the high-visibility contributions of the Spanish consortium. The technical responsibility of the development of the FDT is on INTA side, but the IAC will lead the definition of the scientific requirements of this telescope.

Definition of the scientific requirements for the PMP: The PMP is yet another of the important contributions of our consortium to the instrument. VIM uses two PMPs, one for the FDT and another one for the HRT. Although they are conceptually similar (based on LCVR technology), the different illumination (ray paths and field of view) of each one of them has as a consequence that the two PMPs are far from being identical. The technical responsibility of the development of the PMPs is on INTA side, the driving electronics on IAA side. But the IAC will lead the definition of the scientific requirements of the PMP based on LCVRs and of the alternative polarization modulator that will be studied as an alternative (rotating retarder).

We must emphasize that we have been invited to procure a PMP similar to the ones in VIM for the Solar Orbiter Coronagraph (one of the remote sensing instruments) within a consortium led by Italy. In that case, our team would indeed provide all polarization modulators of the Solar Orbiter mission.

Definition of the scientific requirements of the thermal control: The thermal control of the instrument is responsibility of the UPM. IAC will lead the overall definition of scientific requirements of the thermal control of the instrument and of individual subsystems (LCVRs, etc.).

Quality assurance and systems engineering (project office): The quality assurance of the Spanish contribution will be supervised by the IAC based project office. Among other tasks it will prepare and organize all the documentation of the project that will be sent to the corresponding office on the German side. The systems engineering will centralize the mass and power budgets (among others) of the Spanish contribution as well as the management of complex interfaces within our consortium and with the other international institutions.

Global management (project office): The management of the coordinated project, including fulfilment of tasks within the budget, documentation and maintenance of the Web page as communication platform, exchange of information, configuration control and management risks will be responsibility of the IAC. The IAC is also the main contact point for the Ministry of Education and Science regarding the timely development of this project.

Scientific leadership and participation in the SWT (project office): The scientific team of the IAC will participate, together with the rest of the national and international teams, in the definition of the scientific requirements of the instrument. As Co-PI of the response to the AO, the coordinator of this proposal will participate in the ESA established SWT of the mission.

The last three items described will be made within the centralized tasks of the project office for which IAC asks the funding needed for a support engineer, in particular the quality assurance engineer. Principal investigator, project manager and systems engineer will be from IAC staff (all members of the project office).

4.2.2.2 IAA sub-project

The main objective of the IAA sub-project is the conceptual and preliminary design of the VIM instrument electronics box. According to the scientific requirements, VIM gets a huge amount of data during the observations (about 160 Mbytes/min). The behavior of *Solar Orbiter*, however, allows telemetry for just 30 out of the 150 days of every orbit, hence implying the need for mechanisms or devices that save the data storage and sending dramatically. The VIM electronics needs, therefore, be able to carry out on-board and real-time processing of the acquired images. To reach this goal, we suggest to include an original device that inverts electronically the radiative transfer equation for polarized light thus translating the polarization measurements into physical parameters of the solar photosphere, most importantly, the three components of the vector magnetic field. On the other hand, the mass, volume, and power budgets allocated to VIM imply a critical level for the electronic design within the overall instrument development. Because all the above reasons, the conceptual design should fulfill a basic requirement: the highest integration level with the lowest power consumption. This aim can be reached by using space-design, state-of-the-art technologies as the last high-density, space qualified FPGAs or the (qualified as well) ASIC devices. The complex algorithms needed to solve the problem quantitatively demand intensive study so that they can be adapted and physically implemented on hardware with formats suited to be synthesized by current tools available in the market. Thus, the designs based on synthesis tools appear to be unavoidable in our development. The first conceptual design studies for the electronic inverter of the radiative transfer equation have been partially funded by the PNE (AC # ESP2004-20929-E). Several electronic devices have been bought with this financing

that has allowed us to carry out the preliminary studies and simulations of the algorithms starting from very basic concepts. The first results are very promising.

The different tasks can be classified in the following big blocks:

Control electronics: It is responsible of the whole instrument co-ordination as well as of the communications with the *Solar Orbiter* main processor. It will also share processing tasks, mainly of compression, with the electronic inverter of the transfer equation. It is responsible of the communications with and among sub-systems, including the Image Stabilization System (ISS) which is not within the direct responsibilities of the Spanish consortium. It is the “heart” of the system and contains the RTC (Remote Terminal Controller) core adopted by ESA as an interface with some of the instruments aboard *Solar Orbiter*. Most likely, it will include a LEON-II type DSP, developed for ESA, and will be based on programmable devices like FPGA or ASIC besides the data and program memory, the telemetry data memory, and the Error Detection And Correction (EDAC) devices.

Acquisition and control electronics: It is in charge of the image acquisition coming out from the CMOS-APS, four-million pixel sensor. Its main aim is the production of physical quantities maps of the observed solar zone from the polarization images (20 images at maximum). This task should be carried out in real time, so that the design is foreseen very demanding. Highly integrated devices will be used. It shares massive memory with the control electronics.

Interface electronics with *Solar Orbiter*: It must follow the communications handshake according with the “Spacewire Bus” developed by ESA. It is in charge of electrical level adaptation between the Spacewire bus signals and the DPU board signals. This subsystem must store the data to be received by housekeeping and to be sent by telemetries in a dedicated memory in order to avoid a lost in the data packets when either the VIM DPU or Spacecraft are busy.

Analogue electronics: This sub-system is responsible of getting housekeeping parameters, the signal generation for controlling the LCVRs and the electronics that governs the moving elements, either piezo-electric devices or motors. It also generates the high-voltage signal needed for the Fabry-Perot wavelength tuning. Avoiding arcing and crown effects and electromagnetic interferences make it this part very critical.

Software development: Independently of the on-board control software, several software packages will be needed to simulate the different devices that will be implemented on the FPGA afterwards. This sub-system is also in charge of that software needed to be included in the electronic inverter of the radiative transfer equation. All the necessary simulators for developing the electronics are within this task block.

Development of support and simulation equipment: Different types of devices able to simulate the different sub-systems with any electrical interface with VIM must be designed and performed. Such devices will allow testing of the functional models of electronic parts proposed in this project instead of the expensive real systems. In this way, it is needed to design devices like a spacecraft main power supply, providing the main voltage and fulfilling with similar requirements in current supervisory behavior and in-rush current limiters. Or, an APS CMOS sensor simulator, i.e. This packet contains all of these devices.

As a final consideration, one may clearly see that the solicited travel budget is fairly small because we assume that most of the VIM meetings should coincide with IMaX/SUNRISE meetings.

4.2.2.3 Sub-project INTA

The INTA subproject has as high-priority goal the accomplishment of the following activities during the Conceptual and Preliminary Design phases of VIM/Solar Orbiter:

Full disc telescope: INTA is responsible for the design, manufacture and integration of the FDT from the scientific requirements as defined by the IAC. This includes the optical, opto-mechanical and thermal control design, as well as the activities corresponding to the integration and verification of the instrument (AIV phase). It also includes the activities of integration of the ISS subsystem that will be provided by the German consortium. This instrument will provide a high visibility to the Spanish consortium. Some of its main design difficulties lie in the high packing requirement of the system (800x400x300 mm), the inclusion of a mechanism for deviation of the line-of-sight (double wedge mechanism) and the viability of a zoom mechanism.

OGSE (Optical Ground Support Equipment): This task includes the design, manufacture and integration of the OGSE Equipment corresponding to the FDT. This instrument will be used to verify the optical features of the FDT during the AIV phase.

LCVRs (FDT and HRT): one optical device based on LCVRs will be developed and qualified for aerospace applications to be used as polarization modulator system for the FDT and also for the HRT. The experience acquired with the application of these devices in IMaX, as well as the detailed characterization performed before, will allow the technological development of these devices.

In this way, a technological innovation within the aerospace sector will be developed by using this type of devices in a novel way, avoiding mechanisms and high voltages and, therefore, avoiding these risk factors.

This technical development will be carried out within the ESA GSTP activities starting with the scientific requirements defined by IAC and with the leadership of the Spanish industry (Visual Display S. L. L.).

Alternative PMP: Since the qualification and use of LCVR in an aerospace application supposes an innovation, possible alternatives with more traditional concepts (i.e. rotating retarder) will be studied as a possible solution in case of difficulty during the LCVR qualification process. For this purpose, the design and manufacture of one prototype will be necessary.

Radiation environment studies and effects for VIM: An analysis of space environmental conditions during the VIM mission will be carried out, as well as the definition of the specifications. For this purpose, a model will be developed with GEANT4 Toolkit and a dose calculation, NIEL, energy spectra, etc, for any sensible part of the instrument. Finally, the specification, planning and development of the radiation tests needed, will be described.

With all this it will be possible to extract information about the power particles conditions in the surroundings of the instrument and its effects. This information is essential during the design and qualification phase. At the same time, during the VIM operation time, it is possible to simulate the radiation conditions in the relevant components inside the VIM by using power particles spectra obtained by radiation monitors placed on board of the Solar Orbiter. This method permits to calculate the correlation between the space environment and the behavior of the system.

4.2.2.4 GACE Subproject

Due to the experience gained in other projects (IMaX, INTEGRAL, ASIM, etc), the Astronomy and Space Science Group of University of Valencia will request the development of the working packages related to the design of the electronic box and parts of the MGSE for the VIM instrument. GACE will also propose the software design for handling and data compression of the VIM instrument.

Mechanical Ground Support Equipment (MGSE): GACE will deal with the design of MGSE components defined at the beginning of the project, for which industrial contracts will be needed, for instance, supporting devices for the complete instrument handling in the AIV phase, as well as for storage and for transportation.

Electronics Box: GACE is the responsible of the conceptual and preliminary design of the enclosure that will accommodate the instrument electronics. Feed-through connectors and a “Grounding and Bonding” device will be placed in the box as well. The firm EADS/CRISA has offered its support for this subsystem definition.

Structural Analysis: In the preliminary phases of the project, structural analysis will be performed for the conceptual models. Analyzes done for IMaX have been carried out with ProMechanica (PTC) and verified with Nastran (MSC).

The Polytechnic University of Valencia and several engineering firms are supporting GACE for the development of mechanical/structural elements in the conceptual phase of VIM design. SENER, Aciturri Group, Vibrachoc (Hutchinson Group), RICFE, SCA and CT Group (see attached letters) are the companies that will collaborate with GACE for developing the proposal to be submitted to the European Space Agency in the preliminary stages of the A phase.

Data Compression: Due to the orbiting characteristics and the way the Solar Orbiter will be transmitting data, the development of data compression methods according to the mission requirements is a mandatory topic in the VIM design. It will be necessary to use lossy compression algorithms. These compression algorithms should be computationally efficient for saving processing time, and its total or partial hardware implementation should be feasible.

The Robotics Institute, the Computational Mathematics and the Informatics Departments of the University of Valencia have shown their interest in developing the data compression working packages. Both of them have a large experience in images processing and in images compression particularly.

4.2.2.5 Subproject UPM

The UPM activities in the Project VIM/Solar will be focused on two aspects: the instrument global thermal design and the instrument structural analysis.

Thermal Design of VIM: The overall objective of the thermal control is to provide a suitable thermal environment to all the elements under its responsibility that require it, keeping their temperature within the specified operational (or storage) range and/or limiting the thermal gradients to the specified values.

Due to the vehicle movement along its orbit, the payload is subjected to a set of external thermal loads (solar radiation, planetary albedos, planetary thermal radiation) and internal thermal loads (generated by the energy dissipation of the different components). Besides, the space environment (radiation, pollution) generates material degradation, particularly changes in the thermal-optical properties of the external surfaces, specially in long lasting missions as this one is. The aim of the design is to meet the requirements described above, considering the thermal loads and the degradation in orbit, at the minimum cost (both the financial cost during its development and the energetic cost during its life in orbit)

The instrument VIM, due to the opening of the telescope, is thermally very highly solicited mainly because the proximity of Solar Orbiter to the Sun (0.21 UA); this is why the thermal control design must be specially relevant in this mission. Since it is a new development, all the typical phases in aerospace projects will be carried out. The phases A (feasibility analysis) and B (preliminary design) are expected to finish within the requested period, reaching the Preliminary Design Review (PDR).

Structural Design of VIM: The overall objective of the structural design is to guarantee the physical well-being of both the instrument and the satellite, and to meet the requirements of dimensional stability, stiffness and strength required by the instrument and satellite designers. During the different phases of life of the space vehicle, the instrument is subjected to thermal loads (tests, transport, launch, operation in orbit, etc.) defined by the main contractor of the spacecraft and by ESA. On the other hand, the instrument designers establish requirements of dimensional stability that must be fulfilled to meet the requirements of the scientists related to resolution and other optical features of the instrument. As in the thermal design, the classic phases of a space project will be carried out, being the end of this project the Preliminary Design Review.

4.2.2.6 Sub-project UB

The University of Barcelona Instrumentation and Control Systems laboratory will provide its experience in two fields: the design of piezoelectric control acquired in the “Miniaturised co-operative robots advancing towards the nano-range” European project and the design of embedded and microelectronic system in hard radiation environments obtained during the “Estudio de la violación CP con el detector LHCbC” project.

The work will be focused in three fields: design of the Fabry Perot etalon power supply, the DC/DC low and medium voltage supply, and also collaborate with the IAA in the electronic design of the instrument.

Fabry Perot etalon power supply: The VIM instrument uses FP etalons to filter the spectral bands that it has to measure. The etalons are tuned to change the spectral band filtered. In the IMaX project the etalon is based on LiNbO_3 , this material is widely used in optoelectronics integrated circuits because it allows to modify the refraction index when a voltage is applied. Its main drawback is the necessity to use high voltage supplies when it is used in etalons (around $\pm 2\text{kV}$).

In the VIM case, the etalons will be based on the piezoelectric principle. In this case the width of the etalon is modified, changing the filtered band. Its main advantage is its reduced working voltage (around $\pm 200\text{V}$). The use of this materials introduce new challenges because they have hysteresis, so a close loop control is necessary to control the etalon to obtain the desired filtered band.

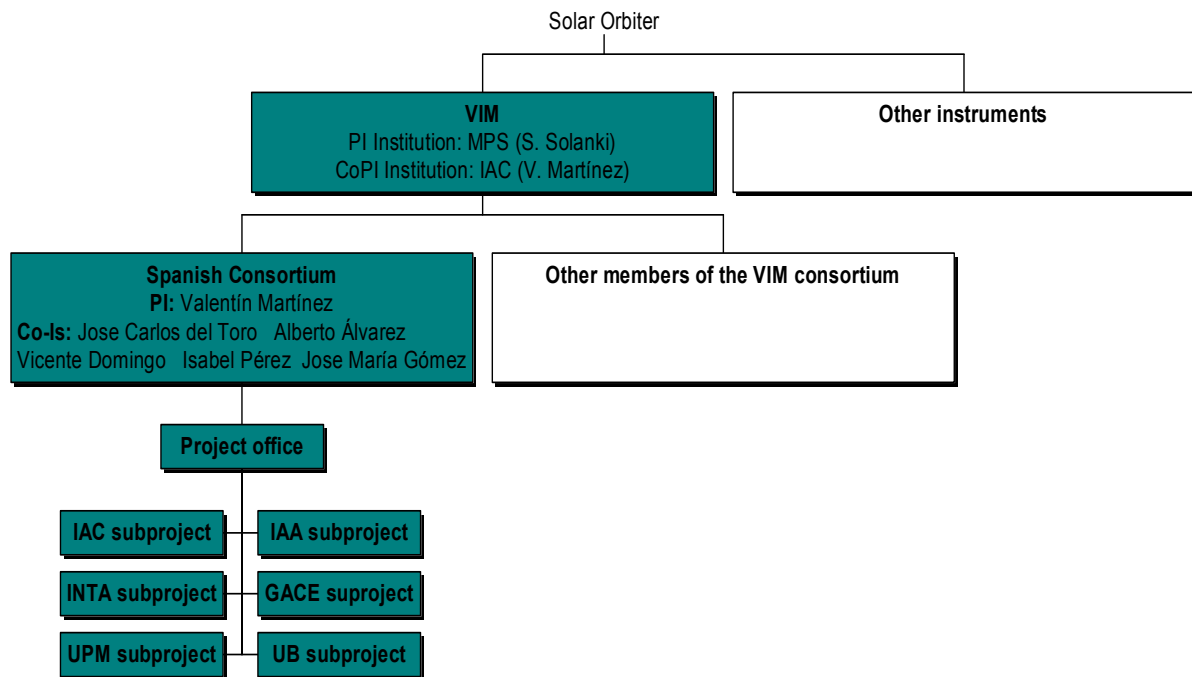
The tasks that will be done in this subproject are: characterization and modeling of the etalon, design of the control system and the supply in collaboration with NTE, and finally develop functional prototype that will allow to analyze the technical viability of this solution.

DC/DC power supply: The VIM instrument electronics needs a power supply that assures the correct requirements of stability and consume, avoiding to exceed the maximum established by the ESA. This power supply will include the low power module that provides energy to the electronic equipment, and a medium voltage supply which will give the necessary power to control the FP. The UB is going to lead the conceptual design and a first prototype of both DC/DC modules in collaboration with NTE.

Electronic design collaboration: The objective is to provide support to the IAA in the design of the VIM electronics in the following areas: FPGAs and ASICs design for data processing and control, and development of firmware for control and communications.

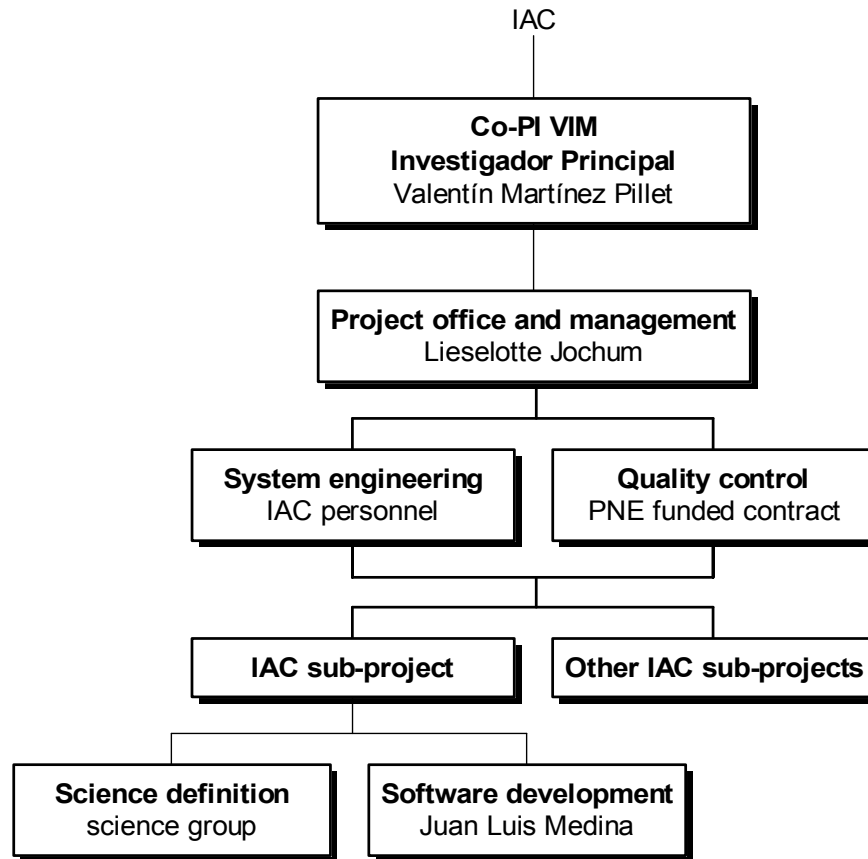
4.2.3 Organization chart

The Spanish participation in the development of VIM for the Solar Orbiter will be structured as it is shown in the following organizational chart:



The structure looks similar to the one of IMAx within SUNRISE with which our team has demonstrated a very successful operation as a coordinated project. In what follows, the organizational structure of each subproject will be detailed.

4.2.3.1 Organization chart and personnel of IAC in VIM consortium



Valentín Martínez Pillet: Principal investigator of IAC' subproject. Project Coordinator of this proposal and Co-PI of VIM in the response to the AO of the Solar Orbiter Lot. His tasks are the participation in the scientific team of the instrument and of the mission (SWT), definition of scientific requirements for the polarization modulator and the thermal subsystem. It will also lead the definition of the scientific requirements for the onboard software.

Lieselotte Jochum: Global management of the Spanish contribution to the VIM instrument. She takes responsibility of the fulfilment of terms in the project, production of documentation and coordination of the project office.

Jose Antonio Bonet Navarro: Will lead the definition of the scientific and optical quality requirements of the FDT. He will also provide support in the AIV phase of the FDT. He will participate in the various tasks of the scientific team of the instrument.

Basilio Ruiz Cobo: He will participate in the various tasks of the scientific team of the instrument. In particular he will lead the definition of the observing modes of the instrument (selection of spectral line, number of points within the line, spectral resolution). He will work in close collaboration with the IAA.

Ines Rodriguez Hidalgo: Development of a module about solar physics from space for the Sciences and Cosmos Museum of La Laguna.

Fernando Moreno Insertis: He will participate in the tasks of the scientific team of the instrument. In particular, leading the MHD numerical simulations that allow studying the processes of magnetic field emergence in the solar surface. These studies are especially important for the SUNRISE and Solar Orbiter missions.

Juan Luis Medina Trujillo (Contracted under IMAx project): Engineer in charge of the design of the onboard software for the control of the instrument.

Santiago Vargas: (FPI student): He will participate in the various tasks of the scientific team of the instrument.

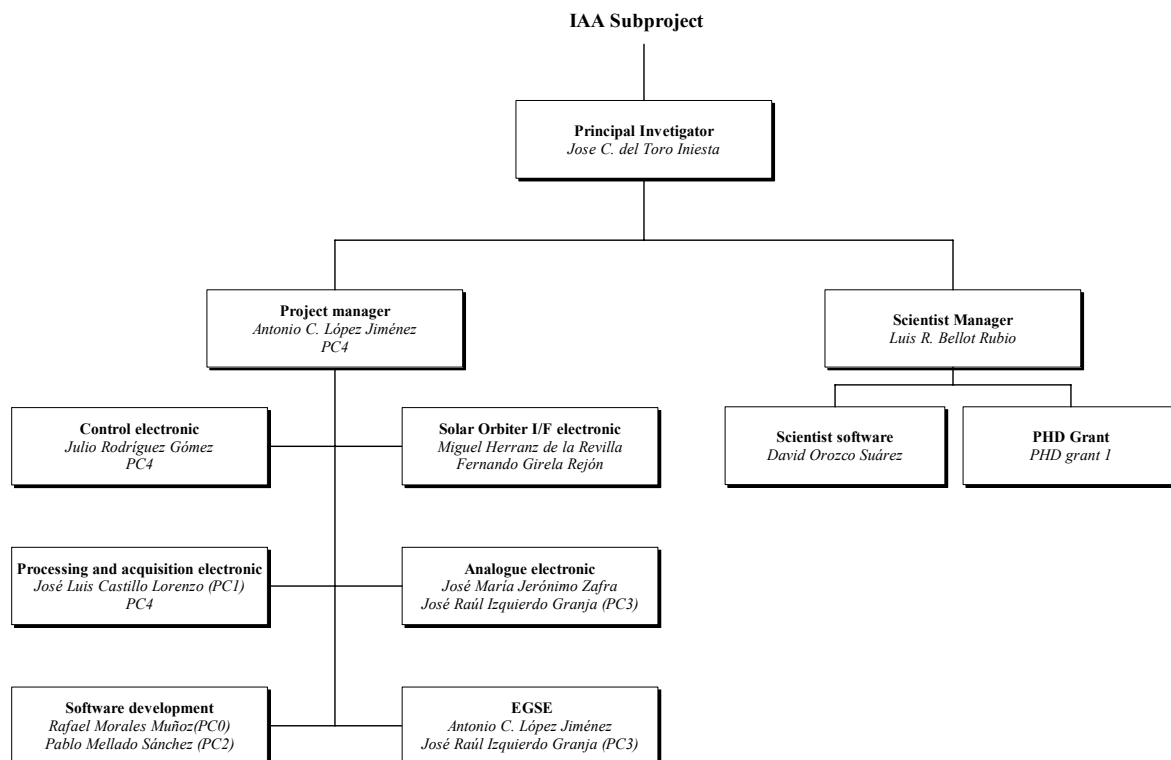
Alberto Sainz Dalda: (External. Contracted by THEMIS): He will participate in the various tasks of the scientific team of the instrument. In particular he will collaborate in the definition of the Web access to the mission data.

Irene González Hernandez: (External Investigator. NSO, Tucson): She will participate in the various tasks of the scientific team of the instrument. In collaboration with Dr Jose Antonio Bonet, they will develop the scientific requirements of the FDT that arise from the local helioseismology techniques.

Quality assurance engineer: Member of the project's office. Person in charge of the quality assurance of the Spanish contribution to the project. A contract is asked for this position.

Systems engineer: Member of the project's office. Person in charge of controlling of the budgets of the system, interfaces, etc. (IAC staff to be defined).

4.2.3.2 Organization chart and personnel of IAA in VIM consortium



Jose Carlos del Toro Iniesta: Principal investigator. He is responsible of the scientific and technological objectives fulfilment within the foreseen time intervals and within the allocated budget. He is co-responsible of the scientific exploitation preparation package.

Luis R. Bellot Rubio: He is responsible of the scientific management of the sub-project. Together with the principal investigator he will advice the work carried out by the PhD students, both on the scientific analysis software of the mission and on the observational preparation of it.

Antonio Carlos López Jiménez: Sub-project manager. He is in charge of the correct development of the technical solutions and its associated documentation within the allocated time and budget. He coordinates the technical team and is responsible for the reception, acceptance, and verification of the electronics. He is responsible for the simulator developments.

Julio Federico Rodríguez Gómez: He is responsible of the control electronics of the instrument as well as of the interface with the inverter.

Miguel Herranz de la Revilla: He is responsible of the interface electronics with the platform.

José María Jerónimo Zafra: He is responsible of the analogue electronics of the instrument.

Fernando Girela Rejón: He participates in the development of the interface electronics with the instrument.

David Orozco Suárez: He is developing the scientific analysis tools. More specifically, he collaborates in the development of the electronic inverter by providing his codes developed for the IMaX project. These codes must be taken into account to prepare the electronic inverter.

The following personnel appears as well in the IMaX part of this document. Only contract number 4 is new and necessary because of the larger work load that implies our involvement in the VIM magnetograph development. It should be understood that the electronic inverter itself means a challenge never reached before by any group in the world.

PC0 Contract (Rafael Morales Muñoz): He is responsible of the processing software and of the support tasks to the algorithm implementation for the inverter and coordinator of the processing and support software.

PC1 Contract (José Luis Castillo Lorenzo): Responsible for the acquisition and processing electronics of VIM. He develops and implements the algorithm of inversion of the radiative transfer equation. This contract was awarded by the PNE for the two first projects of IMaX. His participation appears to be fundamental to the *Solar Orbiter* development since he has acquired a considerable expertise, abilities, and knowledge with IMaX, especially in the FPGA development. He is currently carrying out a PhD thesis about the electronic inverter, under the advice of the sub-project IP .

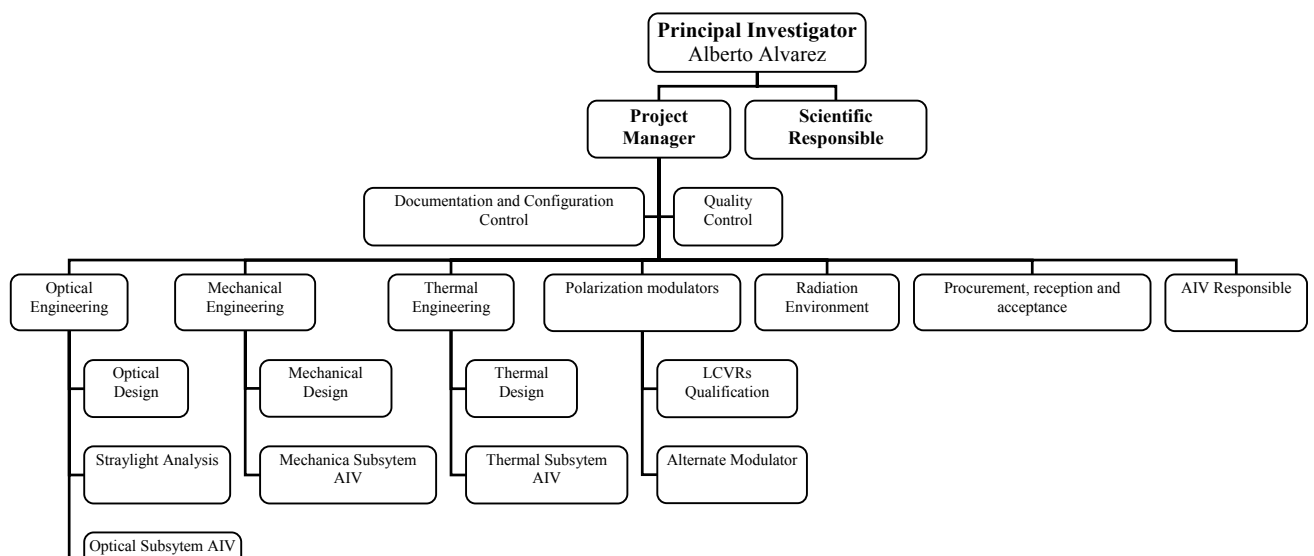
PC2 Contract (Pablo Mellado Sánchez): He participates in the development of the associated software of the project as far as models and simulators are concerned. This contract was awarded by the PNE for the second project of IMaX. We cannot lose this contract for the *Solar Orbiter* development because the acquired expertise in IMaX, true prototype of VIM, and because his good team involvement.

PC3 Contract (José Raúl Izquierdo Granja): He carries out set-up and integration tasks of the flight electronics and of the simulators. The work of a technician specialist on electronic set up is fundamental and so was acknowledged by the PNE that awarded this contract since the very beginning of the project.

PC4 Contract: He/she carries out support tasks to the control and processing electronics. The tasks related to this sub-system are huge and cannot be undertaken just with the work of José Luis Castillo Lorenzo. Please think that we are embarking in the development of an inexistent device which is very interesting for international groups as explained in other sections of this application.

PhD student 1: Besides his/her preparation for the IMaX data exploitation, the formation of personnel able to cross-correlate the different products coming out from all the instruments of the mission, in particular those studying the chromosphere and corona, will enable the team to fully exploit the *Solar Orbiter* mission.

4.2.3.3 Organization chart and personnel of INTA in VIM consortium



Alberto Alvarez Herrero: Principal Investigator. He will be in charge of the appropriate coordination of the project to ensure the fulfilment of the scientific goals within the specified schedule and the established budget.

Tomás Belenguer Dávila: Engineer in charge of the Optical Engineering activities including the stray-light analysis.

Carmen Pastor Santos: Within the Optical Engineering activities, she is responsible for the design tasks, specification and acceptance of the optical elements

Luis Miguel González Fernández: Responsible of the integration and verification tests.

Gonzalo Ramos Zapata: Participates in the tasks related to the optical and mechanical integration and tests.

Raquel López Heredero: Participates in the LCVR space qualification and in the calibration of the alternative polarization modulator system.

Nestor Raúl Uribe Patarroyo: Participates in the LCVR qualification for space applications.

Antonio Sánchez Rodríguez: Responsible for the mechanical engineering.

Manuel Reina Aranda: Responsible for the thermal design.

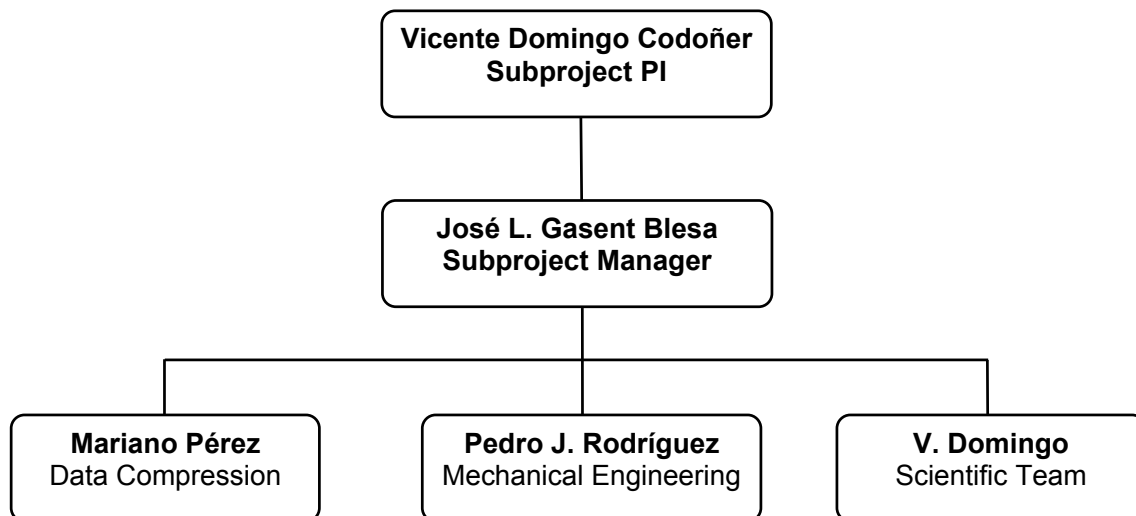
Joaquín Azcue Salto: Participates in opto-mechanical engineering tasks.

Mercedes Menéndez Aparicio: Participates in thermal design tasks.

Angel Carretero Serna: Responsible for the supply, reception and acceptance of the opto-mechanical and thermal material.

M^a Dolores Sabau Graziati: Participates in the management tasks.

4.2.3.4 Organization chart and personnel of GACE in VIM consortium



Vicente Domingo Codoñer: Principal investigator (PI) of the subproject. Responsible to the project coordinator for the proper observance of the scientific objectives within the agreed time deadlines and budget. Responsible of the scientific team

José Luis Gasent Blesa: Technical manager of the subproject. Management of the development of the technical applications as required by the scientific specifications within the agreed time deadlines and budget. Responsible of the verification and testing of the subsystems developed by GACE. Quality and Documentation control within the subproject

Pedro J. Rodríguez Martínez: Responsible of the mechanical engineering. Mechanical design of the GACE assigned subsystems and the structural analysis (Finite Element Analysis, FEA). Support to the quality control activities

Iballe B. Cabello García: member of the Science Team. Software development for the data processing and analysis

Mariano Pérez Martínez: Responsible of the Data Compression Team

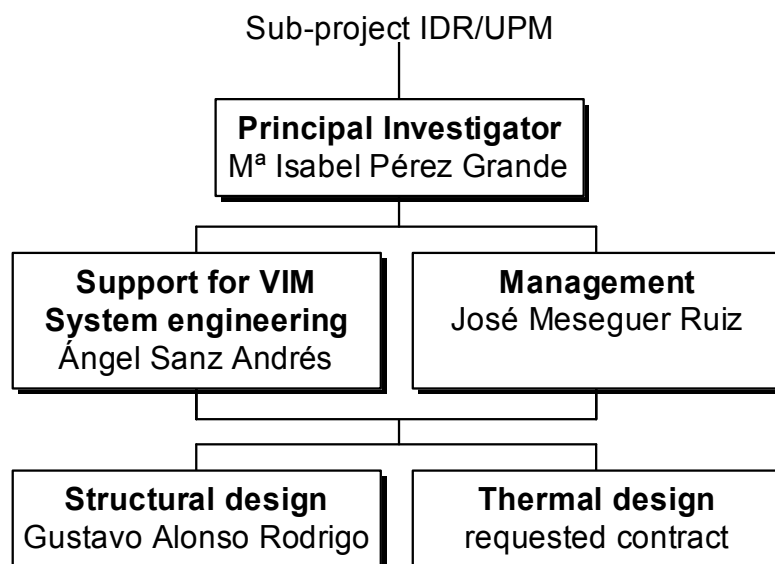
José L. Oliver Herrero: support to the structural analysis

Antonio Lázaro Villar: support to the definition and design of VIM MGSE

Enrique Maset Sancho: support to the definition and design of VIM Electronic Box

Agustín Ferreres Sabater: support to the definition and design of VIM Electronic Box

4.2.3.5 Organization chart and personnel of IDR/UPM in VIM consortium



Mª Isabel Pérez Grande: Principal Investigator. She is the person responsible to the Spanish Space National Plan for the fulfillment of the foreseen objectives within the scheduled time and budget. She coordinates the tasks of the group.

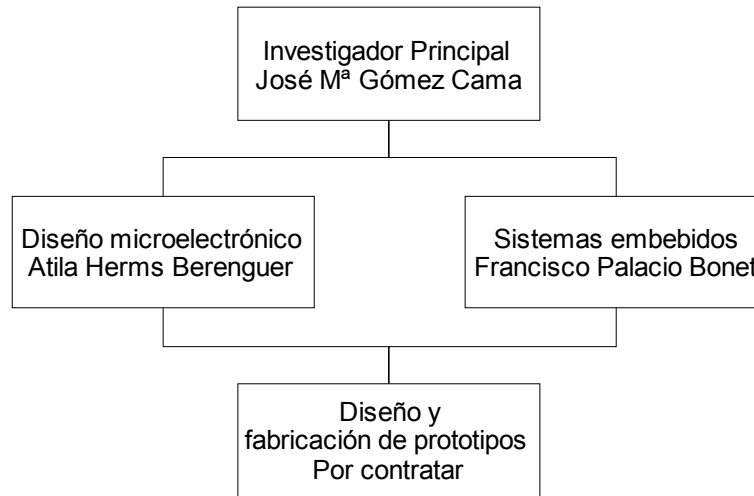
Ángel Sanz Andrés: He takes part in the systems engineering of VIM.

José Meseguer Ruiz: He takes part in the management of the subproject.

Gustavo Alonso Rodrigo: He participates in tasks of thermal design and structural consulting of the systems engineering.

Requested Contract: Graduate requested to participate in the tasks of thermal modeling.

4.2.3.6 Organization chart and personnel of UB in VIM consortium



José María Gómez Cama: Principal researcher. He is going to lead the definition of technical requirements for the DC/DC components and follow-up the progress of the industry assessments that could be necessary.

Atila Herms Berenguer: FPGAs y ASICs microelectronic design.

Francisco Palacio Bonet: Fabry-Perot power supply development.

Requested contract: Engineer that has been requested to participate in the design, implementation and test of the prototypes.

4.2.4 Project phases and mayor milestones

Figure 9 shows a first schedule approach with mayor milestones for VIM development: Responding to ESO's Announcement of Opportunity and technological development of the Solar Orbiter instrument VIM. We are not applying for receiving funding during 2007, 2008 and 2009 (white background in the figure) which coincides with the expected duration of conceptual and preliminary design of VIM.

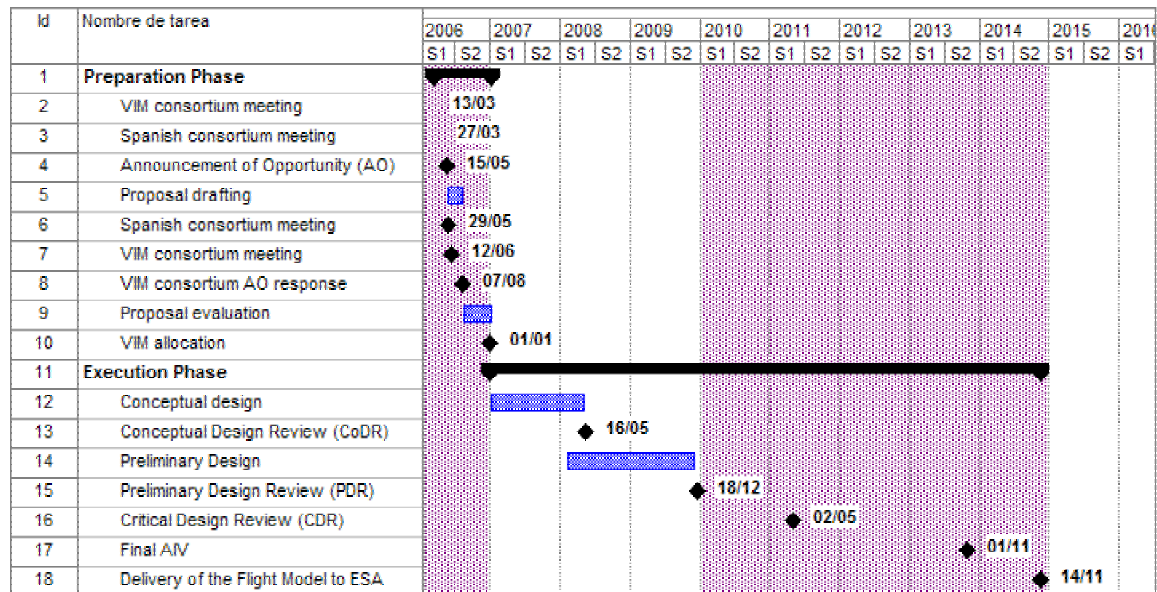


Figure 9: Schedule and mayor milestones for VIM

4.3 Project budget

Concept	Responsible	IMaX/SUNRISE	VIM	Total
Personnel		1.092.587,50 €	744.562,50 €	1.837.150,00 €
	IAC	206.775,00 €	206.775,00 €	413.550,00 €
	IAA	377.437,50 €	125.812,50 €	503.250,00 €
	INTA	297.600,00 €	102.800,00 €	400.400,00 €
	GACE	144.175,00 €	144.175,00 €	288.350,00 €
	IDR/UPM	66.600,00 €	44.400,00 €	111.000,00 €
	UB	0,00 €	120.600,00 €	120.600,00 €
Small equipment		178.569,00 €	367.620,00 €	546.189,00 €
	IAC	8.969,00 €	17.320,00 €	26.289,00 €
	IAA	65.000,00 €	226.300,00 €	291.300,00 €
	INTA	54.000,00 €	8.000,00 €	62.000,00 €
	GACE	40.000,00 €	22.000,00 €	62.000,00 €
	IDR/UPM	10.600,00 €	50.000,00 €	60.600,00 €
	UB	0,00 €	44.000,00 €	44.000,00 €
Other material		65.000,00 €	189.000,00 €	254.000,00 €
	IAC	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	IAA	3.000,00 €	30.000,00 €	33.000,00 €
	INTA	45.000,00 €	92.000,00 €	137.000,00 €
	GACE	12.000,00 €	6.000,00 €	18.000,00 €
	IDR/UPM	5.000,00 €	5.000,00 €	10.000,00 €
	UB	0,00 €	56.000,00 €	56.000,00 €
Traveling		399.057,00 €	345.097,00 €	744.154,00 €
	IAC	74.335,00 €	77.747,00 €	152.082,00 €
	IAA	140.372,00 €	39.000,00 €	179.372,00 €
	INTA	100.000,00 €	90.000,00 €	190.000,00 €
	GACE	53.750,00 €	66.750,00 €	120.500,00 €
	IDR/UPM	30.600,00 €	21.600,00 €	52.200,00 €
	UB	0,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €
Various		64.875,00 €	430.215,00 €	495.090,00 €
	IAC	6.075,00 €	10.075,00 €	16.150,00 €
	IAA	11.880,00 €	33.180,00 €	45.060,00 €
	INTA	41.920,00 €	374.960,00 €	416.880,00 €
	GACE	5.000,00 €	5.000,00 €	10.000,00 €
	IDR/UPM	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	UB	0,00 €	7.000,00 €	7.000,00 €

Table 3: Project budget details

Table 3 shows the budget of the coordinated project broken down by concepts and subprojects, indicating also if the cost is generated by finishing the IMaX/SUNRISE mission or if it is VIM related. A very summary of Table 3 is shown in Table 4, indicating total project cost by subprojects, indicating which part of it remains to IMaX/SUNRISE or VIM.

	IMaX/SUNRISE	VIM/SOLAR ORBITER		
IAC	296.154,00 €	311.917,00 €	Total IAC	608.071,00 €
IAA	597.689,50 €	454.292,50 €	Total IAA	1.051.982,00 €
INTA	538.520,00 €	667.760,00 €	Total INTA	1.206.280,00 €
GACE	254.925,00 €	243.925,00 €	Total GACE	498.850,00 €
UPM	112.800,00 €	121.000,00 €	Total UPM	233.800,00 €
UB	0,00 €	277.600,00 €	Total UB	277.600,00 €
	Total SUNRISE/IMaX	Total VIM/SOLAR ORBITER		Total Project
	1.794.088,50 €	2.082.494,50 €		3.876.583,00 €

Table 4: Project budget summary

5. BENEFICIOS DEL PROYECTO, DIFUSIÓN Y EXPLOTACIÓN EN SU CASO DE LOS RESULTADOS

(máximo **una** página)

Deben destacarse, entre otros, los siguientes extremos:

- ◆ Contribuciones científico-técnicas esperables del proyecto, beneficios esperables para el avance del conocimiento y la tecnología y, en su caso, resultados esperables con posibilidad de transferencia ya sea a corto, medio o largo plazo.
- ◆ Adecuación del proyecto a las prioridades de la convocatoria y, en su caso, del Programa Nacional correspondiente.
- ◆ Plan de difusión y, en su caso, de explotación, de los resultados del proyecto, el cual se valorará en el proceso de evaluación de la propuesta (ver apartado Noveno de la convocatoria) y en el de seguimiento del proyecto.

This project represents the consolidation of the scientific and technical activities of the current project that began in 2003. In particular the most remarkable contributions are:

- Consolidation of a multidisciplinary team integrated by several public institutions dedicated to space activities. This partnership is involved in a sequence of projects (IMaX→VIM) where they take advantage of the previous experiences acquired by the participants, maximizing this way the technological return (in areas like optics, on-board electronics, thermal).
- In the case of the project VIM/Solar Orbiter, it will allow to concentrate the national effort in a large project with a high visibility in the mission where we act as Co-IP of the largest instrument on-board. This fact assures a seat in the SWT (scientific work team) that will be created by ESA for this mission
- Consolidate the development of optical retarders based on liquid crystal (LCVRs) that began within the framework of the IMaX project. At the present time we already have the flight LCVRs for IMaX and are in contact with the company that makes them (Valladolid) to produce LCVRs valid for the Solar Orbiter. ESA has shown interest in including this development in the GSTP program, as it can be seen in the e-mail from Dr Marcos Bavdaz (responsible for the section of technologies developments-ESTEC).
- One of the specific developments in which this equipment is working is the design and manufacture of a real-time inversor for the Stokes parameters (based on a circuit FPGA or ASIC type). The necessity to make this inversor for the Solar Orbiter comes from the very limited telemetry of the mission. It is important to emphasize that this circuit is of interest for a great number of similar projects that have necessity to translate the observed polarization into solar magnetic field in fast and accurate way. The HMI team for the NASA/SDO mission has shown interest in this development.

The present project, as it contains technical and scientific aspects of the IMaX and VIM instruments, it adjusts to the following PNE priorities: 1.1 (Astronomy and Astrophysics from space), 1.3 (interplanetary medium), 1.4 (space weather), 2.7 (payload elements including opto-electronic technologies) and 2.8 (processes and methods for integration and tests).

During the development of the present project, the team has presented the results in a number of international forums. In particular, they have appeared in two SPIE encounters (Hawaii and Glasgow) and there are two presentations submitted to the one in Miami (2006). These presentations are either based on the IMaX instrument itself or more focused in the LCVR development. Also presentations have been made in the astronomical forums of the involved countries in the mission like SEA meetings (Toledo and Granada) and at the Astronomische Gesellschaft (Friburgo). There are also contributions of the SUNRISE project, contributions on the space characterization of LCVRs made in INTA and on the development of the Stokes inversor made at more specific meetings on each of these topics (in the last case associated to a Complementary Action led by the IAA). All these contributions can be easily found in the NASA/ADS with the exception of the characterization of the LCVRs for space environments that was not made in an astronomy meeting. During the development of the project that is presented here, we will follow a similar policy of presentations in scientific and technical meetings. We will also count now with the presentations related to the three PhDs under the FPI program that have been started in the IMaX project and that will be more focused on scientific aspects. As a novel aspect, we want to point out that we are soliciting the funding for a module for the Science Museum in La Laguna with the theme 'Solar physics from the space'. This module will be made available to other museums nationwide.

6. HISTORIAL DEL EQUIPO SOLICITANTE EN EL TEMA PROPUESTO (En caso de Proyecto Coordinado, los apartados 6. y 6.1. deberán rellenarse para cada uno de los equipos participantes)
(máximo dos páginas)

♦ **Indicar las actividades previas del equipo y los logros alcanzados en el tema propuesto:**

Si el proyecto es continuación de otro previamente financiado, deben indicarse con claridad los objetivos ya logrados y los resultados alcanzados.

Si el proyecto aborda una nueva temática, deben indicarse los antecedentes y contribuciones previas del equipo, con el fin de justificar su capacidad para llevar a cabo el nuevo proyecto.

Este apartado, junto con el 3, tiene como finalidad determinar la adecuación y capacidad del equipo en el tema (y en consecuencia, la viabilidad de la actividad propuesta).

This project represents the continuation of the coordinated projects ESP2002-04256 (one year of duration) and ESP2003-07735 (three years) that considered the funding of the IMaX/SUNRISE consortium during the period 2003-2006. It also provides continuation to the project ESP2004-XXXXX (two years of duration) that represents the participation of IDR/UPM in SUNRISE to develop the thermal analysis of the mission. In the original project, the flight phase was scheduled for 2006. As explained in section 2 of the present memory, the flight has undergone a total delay of almost 3 years, fundamentally due to the problems with the primary mirror. The project we ask here, integrates in the coordination all five institutions that participate in SUNRISE and will allow them to make the necessary activities to reach the final science flight in 2009. To this consortium, it joins now the University of Barcelona for the activities corresponding to the development of the conceptual and preliminary phases of the instrument VIM of the ESA mission Solar Orbiter. The objectives achieved within the IMaX/SUNRISE project have been:

1. Evaluation of preliminary design at the end of 2004. The report of the reviewers (available in the web page of the project) begins like this:

'The highly competent IMaX team has done a great job at providing extensive and detailed documentation and in presenting the preliminary design. The documents and presentations provide a complete overview of the instrument design and project planning, as well as covering the project's science and management aspects.'

2. The instrument is now close to passing the critical design evaluation, waiting for the end of the phase of reception and acceptance of components that were contracted at the beginning of the project. The accumulated delays in IMaX are inferior to one year and at the moment we count on a certain margin for the AIV phase in relation to the planning of the SUNRISE project.
3. The definition of IMaX includes at the present time the thermal concept (see Figure 10, left) with heat-pipes and radiators, being the first instrument of SUNRISE that has this high degree of definition.
4. Identification and/or acquisition of a large number of flight components: LCVRs, FPGA/DSP for real-time analysis and data compression, control CPU (Figure 10 center), etalon (and spare).
5. The observing modes for longitudinal and vector polarimetric observations have modulation schemes that have been fully reproduced in laboratory with the flight LCVRs, obtaining very satisfactory modulation efficiencies.
6. The use of LiNbO_3 etalons at a double tuning speed of that recommended by the manufacturer has been verified in the laboratory with a raw etalon.

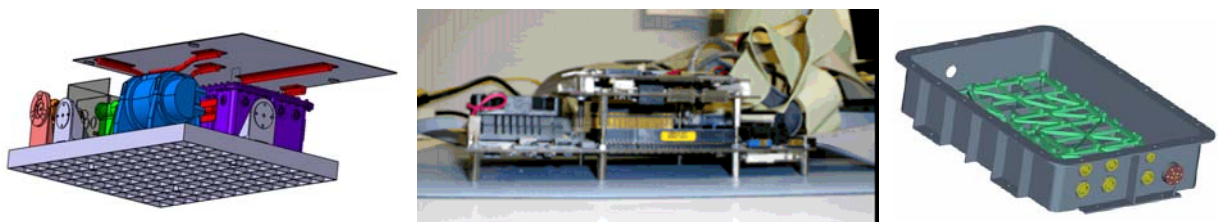


Figure 10: Left: Present concept of IMaX including the thermal control of the focal plane. Center: Control electronics of IMaX in test phase. Right: Main electronics box of IMaX with the support structure of different electronic boards. The corresponding connectors and feedthroughs are included.

7. The pressurized boxes concept (main and proximity electronics) has been developed completely, including vacuum connectors and feedthroughs. A test box is being constructed to validate this concept during the flight in New Mexico in 2006.

8. The flight software and control EGSE have been developed (level CDR) using the software proposed by institution PI (ICU simulator and GSEOS, respectively).
9. The integration and verification plan of the instrument at INTA has been developed almost completely, only waiting for the impact that the reception of contracted components could have in the project.
10. The global thermal model developed by the main contractor of the telescope (KT) has been transferred completely to IDR/UPM, who is now in charge of finalizing the study including the gondola and the instrument platform, all for the various flight scenarios.
11. The thermal model has been validated with those of the NASA/NSBF.

With regard to the VIM magnetograph for Solar Orbiter, we must emphasize the work made by this consortium during the assessment that ESA has made these years and in which the Coordinator of this proposal has participated leading this definition. It has put our group in a privileged international situation to be selected for the procurement of this instrument. Through this participation in the PWG of ESA the following activities have been developed:

1. Definition of VIM magnetograph including two telescopes, a focal plane and a image stabilization system. This concept includes the use of LCVRs modulators developed for IMaX (Figure 11 left, led by IAC).
2. Development of a prototype of a real time inversor of Stokes parameters for the on board data processing of the instrument (Figure 11 center, led by IAA).
3. Development of a complete optical and opto-mechanical concept of VIM (alternative to the existing one in the MPS) including the telescopes, the focal plane and structural elements (led by INTA).
4. Study of the thermal conditions of the instrument near perihelion, identifying those components that are more critical as they reach the larger temperatures (Figure 11 right, led by IDR/UPM).
5. Proposal to ESA for the development of LCVRs valid for the mission (led by IAC and INTA).

In general, the IMaX/SUNRISE experience has been tremendously important for the definition of the VIM instrument of ESA. The degree of definition of this instrument has been considered as one of highest of the mission. This is even more important if we note that the rest of the instruments of the mission has been constructed previously in Europe (missions Ulyses and SOHO). Note also that IMaX is the only magnetograph developed outside the U.S.A..

The integration in the consortium of the University of Barcelona, with its experience developing FPGAs and ASIC circuits, will be of a great value given the complexity of the instrument that we are considering.



Figure 11: Left: Present concept of VIM that includes LCVRs (PMP). Center: prototype FPGA of the Stokes inversor. Right: Nodes of the thermal model of VIM.

6.1 FINANCIACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA (PROYECTOS Y CONTRATOS DE I+D) DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO INVESTIGADOR

Debe indicarse únicamente lo financiado en los últimos cinco años (2000-2004), ya sea de ámbito autonómico, nacional o internacional.

Deben incluirse las solicitudes pendientes de resolución.

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
Procesos Físicos en el Plasma Solar (IAC)	1	Dr. Manuel Vázquez Abeledo	450.180	DGES (PB95-0028)	1997-2001 (C)
European Solar Magnetometry Network (IAC)	1	Dr. Rob Rutten	160.000	UE	1998-2002 (C)
Magnetismo Solar y Espectropolarimetría Aplicaciones en Astrofísica (IAC)	1	Dr. Javier Trujillo Bueno	279.921	PNAYa 2001-1649	2002-2004 (C)
Desarrollo de Retardadores Opticos basados en Cristal Líquido (ROCLIs) (IAC)	1	Dr. Valentín Martínez Pillet	108.037	CDTI-PROFIT/PNE-007/2001-I-A	2002 (C)
IMaX-Un magnetógrafo para <i>SUNRISE</i> (IAC-IAA-INTA-GACE)	0	Dr. Valentín Martínez Pillet	439.820	ESP2002-04256-C04-01/02/03/04	2003 (C)
Diseño avanzado y fabricación de IMaX (IAC-IAA-INTA-GACE)	0	Dr. Valentín Martínez Pillet	2.800.000	ESP2003-07735-C04-01/02/03/04	2004-2006 (C)
Control térmico del telescopio <i>SUNRISE</i> (IDR/UPM)	0	Prof. Angel Sanz	97.500	ESP2004-04733	2005-2006 (C)

Diseño conceptual de un inversor electrónico de la ecuación de transporte radiativo (IAA)	0	Dr. Jose Carlos del Toro Iniesta	14.000	ESP2004-20929-E	2005-2006 (C)
Misión Rosetta de exploración de un cometa (IAA)	2	Dr. José Juan López Moreno	2.596.372	CICYT-PNIE	1997-2000 (C)
Misión Rosetta : participación española en los Instrumentos OSIRIS y GIADA. Fases C y D (IAA)	2	Dr. Rafael Rodrigo Montero	1.019.497	CICYT-PNIE	2001-2003 (C)
Luz polarizada en el sistema solar: una aplicación al estudio de comas planetarias (IAA)	1	Dr. Fernando Moreno Danvila	234.394	MCyT-PNAyA2001-1177	2002-2004 (C)
Caracterización de materiales ópticos para el espacio (LINES/INTA)	1	Dr. Armonía Nuñez	68.300	PNE	2001 (C)
Study on optical wireless links for intra-satellite communications (LINES/INTA)	2	Dr. José Torres Riera	48.000	ESA	2000 (C)
Osiris (LINES/INTA)	2	Dra. Maria Dolores Sabau	2.096.194	ESP97-1773-CO3-02 PNE-001/2000-C-02 ESP2001-4676-E	1997-2001 (C)
Protones, choques interplanetarios y variabilidad solar. Aplicaciones en meteorología espacial. Participación en proyectos de la agencia espacial europea (METEOSOL). (GACE)	1	Dr. Blai Sanahuja Parera	124.836	PNAyA2001-3304	2002-2004 (C)

INTErnational Gamma-Ray Astrophysical Laboratoy (INTEGRAL) (GACE)	2	Dr. Victor Reglero Velasco	8.022.911	CICYT ESP-95-0389-C02-C01 ESP-96-1905-E ESP-97-1673-E ESP-99-1532-E PNE-005/2000-C-C1	1995-2000 (C)
FUEGO instrument design, prototype construction and validation	1	Angel Sanz	50.485	Comunidad Europea ENV4-CT98-0763	1998-2000 (C)
Trabajos de medida de cargas de viento sobre diversos modelos de estructuras y edificios, y de caracterización de vientos sobre modelos topográficos (ver curriculums)	3	José Meseguer y Angel Sanz	200.000	Diversas Empresas	2000-2005 (C)
5000 calibraciones de anemómetros	3	Angel Sanz	600.000	Diversas Empresas	2000-2005 (C)
Instituto Universitario de Microgravedad "Ignacio Da Riva"-USOC	1	José Meseguer	691.194	MCYT UPM01-35-003	2000-2002 (C)
Misión ROSETTA. Participación de la UPM en el instrumento OSIRIS (Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System), Fases C/D	1	Angel Sanz	153.047	CICYT PNE-001/2000-C-03	2000-2002 (C)
Estudios de Barreras Cortavientos	3	Angel Sanz	30.351	Puertos del Estado	2001 (C)
Estudio preliminar del comportamiento de caída de una submunición inteligente contra carro	3	Angel Sanz	15.797	C.I.D.A.	2001-2002 (C)
Programa de Infraestructuras. Implantación de un Sistema de Calidad	3	Angel Sanz	12.000	CAM y UPM	2001-2002 (C)

Estudios de Caracterización de Pavimentos y de Envoltentes de Edificios	3	José Meseguer	108.100	GOP-CDTI	2002-2003 (C)
Centro Español de Operaciones y Ayuda al Usuario de la Estación Espacial Internacional	2	José Manuel Perales	135.636	CDTI	2002-2003 (C)
Programa de Infraestructuras. Implantación de un Sistema de Calidad	3	Angel Sanz	59.715	CAM y UPM	2003 (C)
Accurate Wind Speed Measurements in Wind Energy	3	Angel Sanz	42.291	Comunidad Europea NNE5/2001/831	2003 (C)
Análisis térmico del método de la zona flotante en microgravedad	2	Damián Rivas Rivas	11.119	Dirección General de Enseñanza Superior y Científica. PB98-0726	2000-2001 (C)
Análisis térmico del método de la zona flotante en microgravedad. Experimentos AO-99-034 y AO-99-067 en la ISS	2	Damián Rivas Rivas	28.238	MCYT ESP2001-4536-PE	2001-2003 (C)
Ampliación del Contrato "Implementation of the STCDD as EDB Handbook", CCN 2	2	José Manuel Perales	50.000	ESA Contract 10995/99/NL/FG CCN2	2000 (C)
Experimentos Embarcados para la Estación Espacial Internacional (SSM, Spanish Soyuz Mission)	2	José Meseguer	41.000	MCYT ESP2002-10928-E	2003 (C)
Instalaciones para Ensayos Aerodinámicos	3	José Meseguer	588.800	PCT200200-2003-48	2003 (C)
Programa de Infraestructuras. Sistema de Calidad	3	Angel Sanz	4.000	CAM y UPM	2004 (C)

Feasibility Study of <i>SUNRISE</i> Thermal Concept	0	Angel Sanz	11.500	Max Planck Institute	2003 (C)
Extension of <i>SUNRISE</i> Feasibility Study	0	Angel Sanz	11.200	Max Planck Institute	2004 (C)
Ampliación del Contrato "Implementación of STCDD Handbook as EDB", CCN3	2	Gustavo Alonso	59.900	ESA Contract 10995/99/NL/FG CCN3	2005-2006 (C)
Laboratorio de Ensayos de Aerodinámica	3	José Mesequer	395.000	M.E.C. PCT-310000-2005-1	2005 (C)
Metodologías de Diseño y Evaluación de Prestaciones en los Sistemas Distribuidos de Control: Desarrollo de nodos inteligentes para la interconexión de sensores y actuadores en sistemas de comunicación industrial	3	Josep Samitier	46.278	CICYT TAP98-0585-C03-03	1998-2000 (C)
Food safety and quality monitoring with microsystems	3	Joan Ramon Morante	301.000	IST6 - IST-VI. VI Programa Marco. Information Society Technologies.	2004-2007 (C)
Realización de transceptores compactos de corto alcance utilizando tecnologías de Silicio para aplicaciones en redes de sensores en un entorno de 'Ambient Intelligence'	3	Jose Maria Lopez Villegas	109.200	TEC2004-01801/MIC	2004 (C)
Implementation of Short Range Compact Transceivers for applications in an Ambient Intelligence Environment	3	Jose Maria Lopez Villegas	85.000	Seiko-Epson.	2004-2005 (C)
Intelligent Small World Autonomous Robots for Micromanipulation (I-SWARM).	3	Manel Puig	560.000	Unión Europea, 6º Programa Marco, Contrato 507006.	2004-2007 (C)

Miniaturised co-operative robots advancing towards the nano-range (MICRON)	3	Manel Puig	379.617	Unión Europea IST-2001-32782.	2002-2005 (C)
Development of an emerging technology based on Micropyrotechnics. Aplicative exploration of energetic microsystem	3	Manel Puig	200.000	Unión Europea IST-1999-29047.	2000-2003 (C)
SISTEMA DE CAPTURA Y PROCESADO DE IMÁGENES CON CÁMARAS CMOS PARA APLICACIONES DE ESTEREOVISIÓN	3	Atila Herms	70.468	Proyecto CICYT TIC99-0485	1999 (C)
ESTUDIO DE LA VIOLACIÓN CP CON EL DETECTOR LHCb	3	Lluis Garrido	654.800	Proyecto CICYT ref. FPA2002-04452-C02-02	2002 (C)
DESARROLLO DE UN MICROSISTEMA BIOSENSOR ÓPTICO PARA MEDIDA DE TOXICIDAD EN AGUA	3	Mauricio Moreno	123.760	Proyecto CICYT ref. DPI2003-08060-C03-03	2003 (C)
ESTUDIO DE LA VIOLACIÓN CP CON EL DETECTOR LHCb	3	Lluis Garrido	765.000	Proyecto CICYT ref. FPA2005-06889-c02-01.	2005 (C)

(*) Véase apartado 5º.2 de la Convocatoria

(1) Escribase 0, 1, 2 o 3 según la siguiente clave:

0 = Es el mismo proyecto

1 = está muy relacionado

2 = está algo relacionado

3 = sin relación

(2) Escribase una C o una S según se trate de una concesión o de una solicitud.

7. CAPACIDAD FORMATIVA DEL PROYECTO Y DEL EQUIPO SOLICITANTE (En caso de Proyecto Coordinado deberá rellenarse para cada uno de los equipos participantes)

Este apartado sólo debe rellenarse si se ha respondido afirmativamente a la pregunta correspondiente en el cuestionario de solicitud.

Debe justificarse que el equipo solicitante está en condiciones de recibir becarios (del Programa de Formación de Investigadores) asociados a este proyecto y debe argumentarse la capacidad formativa del equipo. En caso de Proyecto Coordinado, debe rellenarse por cada subproyecto que solicite becarios de FPI.

GACE

GACE-UV requests two fellows to the “Formación de Personal Investigador” (FPI) program and a Training Technician.

The Astronomy and Space Science Group (GACE), within the Materials Science Institute of the University of Valencia (ICMUV), has shown a large educational background in both spatial instrumentation development and processing software and data analysis, as a result of various spatial projects developed mainly in high energy astrophysics. The group of solar physics is leaded by Dr Vicente Domingo, with extensive spatial experience obtained in 25-year service at the Department of Spatial Sciences of ESA, where he has coordinated the scientific aspects of the development, construction and operation of the solar observatory SOHO, and among other prominent aspects he has participated in the development and exploitation of almost all the solar radiometers for the space developed in Europe (SPACELAB-2, several flights of the Shuttle, EURECA, SOHO). At present he leads an international team for the study of the relation between magnetism and solar irradiance, sponsored by the International Space Science Institute (ISSI), in Berne, Switzerland.

In GACE, the scientific activity in solar physics is centered in the study of the solar magnetism, the solar irradiance and Sun-Earth relations. The development of IMAx software for the solar magnetic field and solar intensity images processing and analysis is designed using data both from SOHO and Swedish Solar Telescope (La Palma), and shortly from Precision Solar Photometric Telescope (PSPT) of HAO, within a program to understand the mechanism by which magnetic formations emerging from photosphere contribute to Solar Irradiance.

One of FPI fellows will join the group and will collaborate in the processing and exploitation of the IMAx observations. This fellow will participate in the investigation under way of solar magnetic elements irradiance, acquiring experience in image processing, and will be trained in solar photospheric physics. By visiting IAC s/he will get familiarized in Solar magnetic spectrography techniques. He will participate in observations with terrestrial telescopes to provide data to check the software that s/he will have to develop for the processing and analysis data of SUNRISE.

The other fellow FPI will join the group having as a priority her/his training in data compression techniques. This fellow would rely on coordinated advise from two professors of the University of Valencia, Dr. Mariano Pérez, member of Robotic Institute and Dr. Francisco Arándiga, director of the Applied Mathematics Department and coordinator of “Computational Mathematics and Processing Data” PhD program (this program includes several subjects related to the images processing and compression). Both professors have a broad experience in data compression. This fellow will study compression methods employed in the SUNRISE mission, their advantages and disadvantages. With this background he would be able to collaborate in the definition and development of VIM compression methods, a critical item in this mission. Inside this framework

different simulations with solar images and different compression methods will be carried out keeping in mind these special features.

GACE requests also a training technician with background in mechanical design and manufacturing, who will support design and management functions during all the phases of the project. Thus s/he could acquire a solid experience in structural and mechanical design in the aerospace sector.

S/he will also collaborate in the establishment and management of a PDM system (Product Data Management) called Windchill and marketed by PTC (Parametric Technology Corporation). This design management system allows controlling the development activities while managing the product data (versions, permission, etc.) in several computers at the same time. The only requirement to use Windchill is a browser web, by means of which we can access the information stored in the server. Other tasks would be structural calculations by means of finite elements of components and the execution of preliminary studies on several mechanical design questions.

GACE counts on a broad experience in mechanical design, mainly through the INTEGRAL and IMaX projects. This training technician would be under the direct supervision of both the GACE engineers and the Mechanics and Materials Department of the Polytechnic University of Valencia. S/he would count also upon the support of mechanical engineering companies.

Several letters of intent from different companies are included in the printed version of the GACE sub-project.

IAA

The IAA is asking for a grant within the Research Personnel Formation program leading to the training of a young researcher on the science that is foreseen to be made first with IMaX and later with VIM. The PNE already recommended one of such FPI grants for the first project. With it, David Orozco Suárez is preparing all the scientific analysis software necessary for the instrument. Specifically, he is adapting a radiative transfer equation inversion code to the particular case of the IMaX observations. The second PhD student will be in charge of using these codes with VIP (Visible Imaging Polarimeter) that, built by the IAA and the Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik (Freiburg, Germany), operates as a post-focus instrument at the VTT telescope of the Observatorio del Teide. This polarimeter is an excellent benchmark for IMaX and VIM. Taking into account that not only our data but all those coming from the remaining instruments aboard the *SUNRISE* and *Solar Orbiter* platforms will be available, this new student will be formed on chromospheric and coronal vector magnetic field extrapolations that can be compared to the results from those instruments. This way, we try to increase the degree of completeness of our research team.

The IAA team has a large experience in advising PhD students: the PI has already supervised three theses: two of them at the Universidad de La Laguna (one of them with a Biennial Extraordinary Award), and a third at the Université de Paris VII. Currently, he is co-supervising two theses together with Luis R. Bellot Rubio (that by David Orozco and another within the FPU program) that should end by the end of 2006 and 2007, respectively. He also advises José Luis Castillo Lorenzo on an engineering thesis about the development of the electronic inverter.

INTA

INTA requests a grant of the Investigator Staff Training program and a technician in training period. The Space Instrumentation Laboratory (LINES) has two main activities: development of instrumentation for space applications and, applied and basic research in physics-optics. In the IMaX/Sunrise and VIM/Solar Orbiter missions the main tasks of the INTA team are focused on the development of instrumentation (optical, opto-mechanics and thermal engineering). Nevertheless, one of the most relevant work packages for both missions, which has been carried out with the IAC collaboration, is the characterization of the polarization modulators based on LCVRs and their behaviour in the aerospace environment. This innovative proposal has promoted a deep research in the field of optical materials by variable angle spectroscopic ellipsometry. This study is close related to the LINES research activities and, specially, to optical material analysis for aerospace applications which is one of the fundamental areas of its scientific development.

The Space Instrumentation Laboratory (LINES) has a wide scientist experience since its foundation in 1994, guaranteed by many articles published in prestigious international journals and PhD works. The close relationship achieved between the optical engineering works, state of art of the field, and the researches performed produces a high quality, innovation and interest of the works carried out. Because of all these reasons, we think that we offer a proper training place for investigator staff. Likewise, it is considered a favourable situation for the training of specialized technicians.

APPENDIX

1. E-mail from Dr. Marcos Bavdaz (Head of advanced technology division-ESTEC) expressing interest in the development of LCVR technology for space applications

X-Mozilla-Status2: 00000000

X-Original-To: vmp@iac.es

Delivered-To: vmp@iac.es

Subject: Re: Liquid crystals variable retarders for *Solar Orbiter*

To: Valentin Martinez Pillet <vmp@iac.es>

Cc: Nicola.Rando@esa.int, vmp@iac.es

From: Marcos.Bavdaz@esa.int

Date: Thu, 7 Apr 2005 15:01:39 +0200

X-MIMETrack: Serialize by Router on estecmta1/estec/ESA(Release 5.0.11 |July 24, 2002) at 07/04/2005 02:57:55 PM

MIME-Version: 1.0

Dear Valentin,

I appreciate your interest in the SOLO mission and the very interesting technology you are developing, which could be of great benefit to this science mission.

As Nicola will have explained to you, we have recognised the importance of such retarders in the SOLO TDP, and in fact plan to incorporate the corresponding requirements in the ESA technology programmes.

While I would certainly expect the Agency to invest in some specific technologies required for SOLO, it would at the same time be of great importance to inform and prepare the Spanish funding agencies and the Delegate about your technology and its relevance to the ESA Science Programme. The GSTP programme in effect is a very attractive route to fund technologies of this maturity level, but the GSTP requires expression of interest from both the member state and ESA.

In addition, I would like to take the opportunity to request further information from your side, on what, in your opinion, would form the main focus of the technology development required for the application of the liquid crystal variable retarder in VIM. It would be extremely useful, if you could let us have a document,, similar to the VIM window requirement technical note, for the retarder. This TN would allow us to better prepare any technology development activity under GSTP or any other programme.

Thanks in advance for the effort.

Best regards,

Marcos.

Dr Marcos Bavdaz

Head of Advanced Technologies Section SCI-AT

Science Payload and Advanced Concepts Office

European Space Agency, ESTEC

Keplerlaan 1 - P.O.Box 299 - NL2200AG Noordwijk

Tel +31 (0) 71 565 4933, Fax +31 (0) 71 565 4690

2. Document sent to Dr. Marcos Bavdaz as a result of above correspondence.

Development of Space Qualified Liquid Crystal Variable Retarders (LCVRs)

1. **Polarization modulators and LCVRs.**
2. **Description of LCVRs and use for aerospace projects.**
3. **Requirements for *Solar Orbiter* LCVRs.**
4. **Methodology and schedule.**
5. **List of potential partners.**

V. Martínez Pillet (IAC, Tenerife), A. Alvarez (INTA, Madrid), J.C. del Toro Iniesta (IAA, Granada), S. Fineschi (INAF, Turin)

GOALS OF THE ACTIVITY:

- 1) To study the viability of Liquid Crystal Variable Retarders (LCVRs) for their use in the ESA ***Solar Orbiter*** mission.
- 2) To involve the European industry in the development of space qualified LCVRs.

1. Polarization modulators and LCVRs

The measurement of the polarization of light is a common method used for the study of magnetic fields in astrophysical objects (like the Sun) or in remote sensing applications to study the scattered radiation field after the interaction with a planetary atmosphere or a solid surface. Other than the commonly detected light intensity, one needs to measure two orthogonal linear polarization states and the ellipticity of the electric vector of the light. In total, one is interested in four independent quantities (that need at least the same amount of measurements). This is traditionally achieved by some method of polarization modulation. In polarization sensitive instruments, two options have been commonly adopted in the past:

- A polarization wheel that sequentially introduces different polarization optical elements (such as fixed retarders and linear polarizers).
- A continuously rotating retarder at a rate of typically a few Hz.

The first method needs some time between different measurements as given by the time needed by the wheel to change its orientation (it allows measurements of polarization degrees of the order of 1 %). The second method provides a faster performance as it is normally needed for accurate polarization measurements (degrees of polarization as low as 0.01 %). Any of these options requires a mechanism to perform the modulation, with the associated mass, power and mechanical demands. They have been adopted in various space missions such as in SoHO or Solar-B (launch 2006).

Electro-optical devices however allow for a much simple polarization modulation scheme with considerably smaller requirements in terms of mass, power and mechanical complexity. They are ideal candidates for compact, low resources payloads. The most

common device being used now in a number of ground-based instruments are Liquid Crystal Variable Retarders or LCVRs. These devices are conceptually similar to widespread Liquid Crystal Displays (LCDs, which involve a large industrial sector with strong R&D components). The present document describes how LCVRs can be manufactured in the framework of the ESA *Solar Orbiter* mission, where two of the proposed instruments in the PDD aim at using this technology as polarization modulators: the Visible-light Imaging Magnetograph (VIM) and the Coronagraph (COR) visible channel.

2. LCVRs description and use for aerospace projects

Optical retarders are characterized by introducing a retardance, δ , between two components linearly polarized in orthogonal directions. The parameters describing a retarder are the retardance δ and the orientation (with respect to a given reference) of one of the linear polarization directions, α . Fixed retarders have constant δ and to achieve temporal modulation one changes its orientation making $\alpha=\alpha(t)$. LCVRs can be constructed to produce temporal modulation in two ways. First by changing the retardance as a function of time, $\delta=\delta(t)$ (depending on the applied voltage). These LCVRs use a nematic liquid crystal material. Second, they can also be designed to produce a temporal modulation of the reference axis so that $\alpha=\alpha(t)$ (again depending on the applied voltage). In this case, they use a ferroelectric liquid crystal material. Nematic and ferroelectric LCVRs are very similar but this document only describes nematic ones.

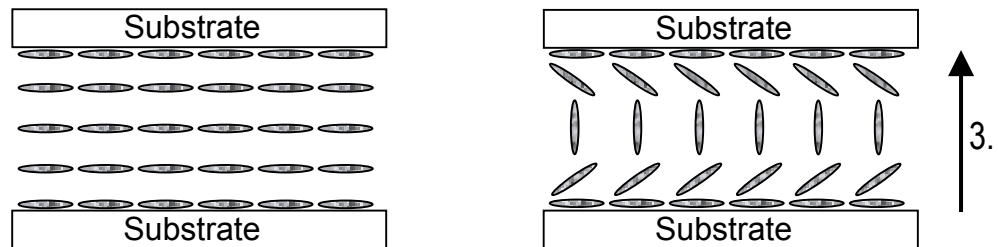


Figure 12: Sketch of nematic liquid crystal molecules in voltage-off (left) and voltage-on (right) states.

Like in standard LCDs, LCVRs consist on two glass substrates forming a cavity that is filled with a liquid crystal material (nematic in this description). On the outside face the glass substrate usually has standard antireflection coatings. On the inside of the cell, each glass substrate has two layers critical for the operation of the LCVRs. First a transparent conductive ITO (Indium Tin Oxide) layer for the application of an electric field inside the cell. On top of this, there is a polyimide alignment layer that provides a reference direction for the liquid crystal molecules. LCVRs use parallel alignment of the two substrates whereas normal LCDs use orthogonal directions. When there is no electric field applied to the cell, the molecules are parallel all inside the cell (see Figure 12, left). Then the LCVR has a maximum retardance $\delta=d*\beta/\lambda$ (retardance measured in waves), where d is the cell thickness (typically several microns), β the birefringence of the liquid crystal material and λ the wavelength. When a voltage difference is applied, the resulting electric field aligns the molecules by an amount that is a function of the electric field itself and the distance to the alignment layers (Figure 12, right). The light

sees now a different birefringence. In this way $\delta=\delta(V)$ which, by applying a time dependent voltage to the cell in the range of [0,10] volts, typically produces the desired temporal modulation. Typically, the driving signal is a DC compensated square wave at 2 KHz frequency for nematic devices.

A typical calibration curve, $\delta=\delta(V)$, is shown in Figure 13. The retardance drop for higher voltages is a consequence of the more isotropic shape of the molecules when the applied field re-orientes them.

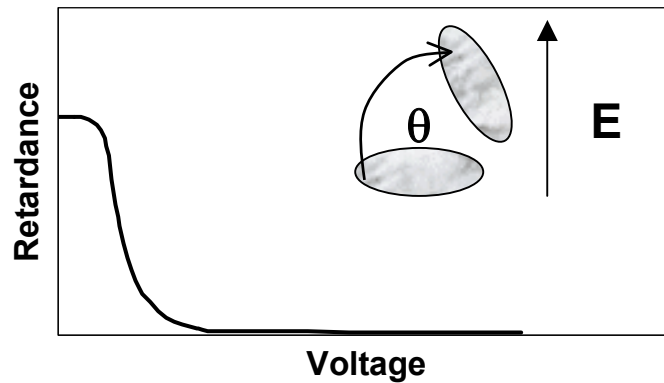


Figure 13: Change of retardance with increasing applied voltage. Maximum voltages are typically in the range of 10-20 volts depending on the exact LCVR.

The cell thickness is maintained with a spacer that surrounds the outer part of the LCVR. A diagram of a complete LCVR is shown in Figure 14. Once filled with the liquid crystal material, the glass sandwich is sealed with a welding drop. The LCVR is adequately provided with connectors contacting the ITO layers of each substrate for the application of a voltage difference.

The dimensions shown in Fig. 3 refer to actual LCVRs produced in a collaborative effort between the Instituto de Astrofísica de Canarias and the LCD company TECDIS Display Ibérica (Valladolid, Spain, a brand of TECDIS Italy located in Chatillon). These devices have been built under the auspices of the Space Programs section of the Spanish *Centro para el Desarrollo Industrial y Tecnológico* (CDTI). CDTI is the official Spanish representative at ESA.

These LCVRs (known as ROCLIs in Spanish terminology) have been produced for their use in the Imaging Magnetograph eXperiment (IMaX, Fig. 4 shows one of the IMaX LCVR in its mounting), which will fly in the NASA Long Duration Balloon project *SUNRISE* (led by the Max Planck für Sonnensystemforschung in Lindau, Germany). The balloon is expected to fly in Antarctica in 2008.

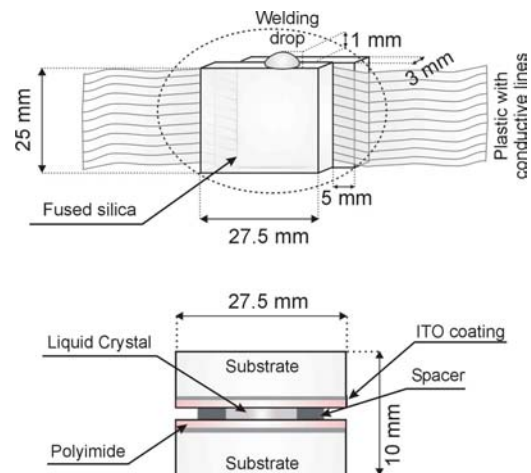


Figure 14: LCVR structure and dimensions manufactured by TECDIS Display Iberica.

IMaX is a collaboration between 4 Spanish institutions: IAC (Tenerife; PI institution), IAA (Granada; responsible for the electronics and the control software), GACE (Valencia; responsible for mechanics) and INTA (Madrid; responsible for optics and opto-mechanics). At INTA facilities a preliminary qualification study of the LCVRs has been carried out in the framework of the balloon project, but also having in mind future full space applications. IMaX is conceptually speaking very similar to the VIM instrument described in the *Solar Orbiter* PDD. They both use a couple of LCVRs to produce the modulation of the full Stokes vector (linear and circular polarizations). In the framework of the IMaX project, a number of preliminary space qualification studies (lead by INTA) have been carried out. They have included gamma radiation tests, UV radiation tests, outgassing tests, thermal cycling, vibration tests and vacuum performance. Figure 5 shows the change in the calibration curve observed in the gamma radiation tests.

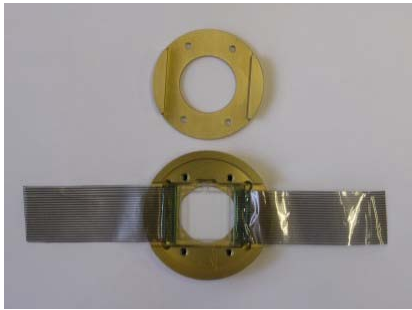


Figure 4: IMaX LCVRs (produced by TECDIS) and holder similar to that described in Figure 3.

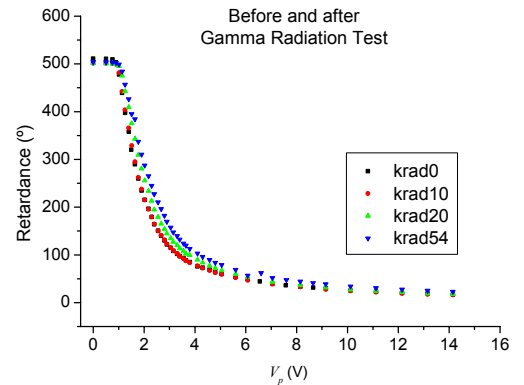


Figure 5: Calibration curves after irradiation of 10, 20 and 54 krad for the complete voltage range made by INTA.

The use of LCVRs in ground-based polarimeters for astronomy has become a standard. They are in use since the early 90's, most of them using LCVRs commercially available in the USA (Meadowlark Optics). More than 7 such instruments are actually in use at today's telescopes. IAC has leaded two ground-based polarimeters that use ferroelectric LCVRs produced by an extinguished company in Israel. In order to secure the procurement of LCVRs and in order to produce custom made devices, the collaboration with TECDIS display Iberica was started in the framework of the IMaX project.

The University of Turin is developing the coronagraph for the NASA Herschel rocket experiment (see Figure 6). This instrument contains a white-light polarimeter channel that uses one LCVR (from Meadowlark) as a polarization modulator. The coronagraph described in the *Solar Orbiter* PDD follows a similar concept. The rocket flight is scheduled for 2007.

In spite of all these projects aiming at the use of LCVRs for aerospace platforms, a clear validation for space missions is not yet available. It is clear that their use in the *Solar Orbiter* payload (as requested by two instruments) requires a careful qualification within the scope of this mission project. Only ESA can lead successfully such an

activity, even if it includes funding support from involved partners. We note that the application of liquid crystal materials to space applications should lead to a large number of applications as it has happened in the ground (from LCDs to telecommunication systems). Other preliminary space qualification tests in Europe and in the USA have been reported in the past (Graham et al. SPIE, 2811, 46; Berghmans et al. SPIE 2811, 2).

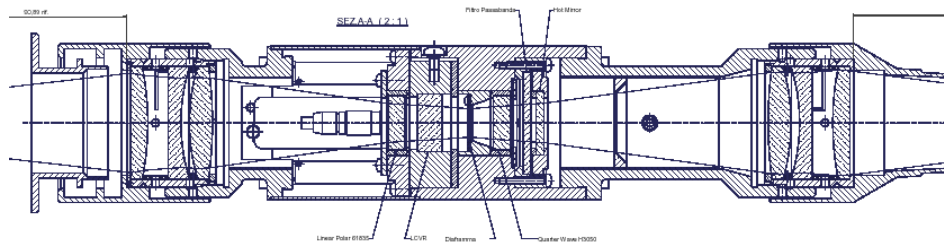


Figure 6: Visible Polarimeter of the Solar Coronagraph for the Herschel

3. Requirements for *Solar Orbiter* LCVRs

While the VIM and COR instruments are very different, the LCVRs required by the two instruments are basically identical. VIM is monochromatic and the LCVRs can be manufactured for a very specific wavelength (and, for example, specify a given retardance at zeroth volts). COR is a white light instrument and achromaticity plays a role. However, tests made at Turin have shown that standard LCVRs (that behave like true zero order retarders) have a sufficiently good achromatic performance and the loss of contrast from the lack of enough achromaticity is well within the tolerable range. Nevertheless, there is freedom in selecting a different liquid crystal material for VIM than for COR, so that chromatic performance for COR could be prioritized. In this case the space qualifications studies would have to be slightly different for each instrument. But all evidence points to the fact that the same liquid crystal material will be useful for the two instruments.

We list in what follows a number of basic requirements for the LCVRs. They rely, largely, in the acquired experience by TECDIS during the production of the IMaX LCVRs. However, they need to be revised in the context of the proposed activity.

3.1. Reference wavelength:

VIM is monochromatic. Reference wavelength is 617 nm.

COR is white light broad band [450,600] nm

3.2. Clear aperture:

≤ 5 cm.

3.3. Liquid crystal material

LCDs use a large variety of liquid crystal materials. Those with small viscosity and smaller temperature sensitivity are to be preferred. Birrefringencies in the [0.1,0.2] range are also preferred.

3.4. Thickness of cells

Depends on liquid crystal material. Typical values are in the range [2,10] microns.

3.5. Response time

LCVRs response times are a function of liquid crystal material, thickness cell and temperature. Additionally, the response time to a voltage increase is much faster than to a voltage drop. Ideal response times smaller than 30 ms are achievable.

3.6. Temperature range

Working temperature ranges [-20, 80] °C.

3.7. Temperature stability

LCVR retardances depend on temperature. Stability within ± 0.5 °C is normally used.

3.8. Transmission

Antireflection coatings allow achieving broadband transmissions larger than 95 %.

3.9. ITO thickness layer

Minimize absorption. 100-200 Å are typical values.

3.10 Polyimide material

Index matching. Thicknesses of 500-1000 Å are common.

3.11 Glass substrate

Space qualified. Minimize ionic contamination. Fused silica is normally used.

3.12 Optical quality of glass substrates

$\lambda/10$ transmitted wavefront distortion (full aperture). 40-20 scratch and dig.

3.13 Optical quality of LCVRs

$\lambda/4$ transmitted wavefront distortion (full aperture).

3.14 Spacer materials

Space qualified (outgassing)

3.15 Welding epoxies

Space qualified (outgassing)

3.16 Retardance range

[0.05,1] waves

3.17 Retardance homogeneity

3 % full aperture and over FOV angles (2.7° VIM; 9.2° COR, wide-fielded)

3.19 Driving signal

DC compensated square wave at 2 kHz with rms amplitudes in the range [0,20] Volts.

4. Methodology and schedule

The main purpose of this activity is the validation of the LCVR technology for its use in two instruments of the core payload of the ESA *Solar Orbiter* mission. This technology is being tested for balloon and rocket experiments and it is a natural candidate for a mission such as *Solar Orbiter*. In the case of the balloon experiment, the LCVRs have been produced within a collaborative effort between scientific institutions and the R&D department of TECDIS Display Ibérica. It is clear that the application of this technology to a specific space mission such as *Solar Orbiter* requires a careful validation process. We explain in this section a methodology that would include partners involved in Europe in the use of this technology but that must be coordinated with ESA leadership. The timeframe proposed (a total of 1.5 years from the beginning of the activities) might look optimistic at first sight. But we want to emphasize that LCVRs have been recently successfully produced (for IMaX) and a number of space qualification studies have been carried out already. This experience provides a wealth of knowledge that is of direct applicability to the proposed activity and helps reducing the time one would foresee if we were starting from scratch.

The starting point should be the requirements set by the orbit planned for *Solar Orbiter*. Within this framework, the space qualification studies of LCVRs should include the following tests:

- **UV radiation:** Liquid crystal molecules can be dissociated by UV radiation. The two instruments that are proposing the use of LCVRs have a number of reasons to ensure that no UV radiation actually enters the path where they would be located (by using entrance filters that would select a bandpass of visible light for the incoming light). Use of UV filters as the first element of the polarization modulator help reducing any risk. But this should be adequately characterized. Experience learned at INTA/SPASOLAB has shown that it is also important to distinguish between the UV performance of the glass substrate, the polyimide and the liquid crystal material itself.
- **Gamma radiation:** According to a number of studies already existing this is not a real problem for LCVRs. But the protection needed for the expected doses should be defined.
- **Outgassing:** The problems in this area arise from the epoxies and connectors that are used in the LCVRs. Using adequately qualified materials no problems are foreseen in this area.

- **Vibration and shocks:** Nematic liquid crystals have shown repeatedly to be reliable under standard vibration and shock tests for space missions. The situation for ferroelectric liquid crystals is less clear, though.
- **Vacuum performance:** Optical performance under vacuum conditions including retardance, wavefront distortions, transmittance, etc. must be studied.
- **Thermal cycling:** The thermal environment of *Solar Orbiter* is known to display large fluctuations and is a source of concern for all components that will be used. Liquid crystal change phase at extreme temperatures (below $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and above $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ typically) but they are fully recoverable (unless permanent damage to the glass or polyimide is inflicted). Yet a careful study of performance and survivability for operative and non-operative conditions is needed.
- **Durability:** LCVRs have been working satisfactorily in a number of ground-based instruments for more than ten years. Still, it is considered that for the case of *Solar Orbiter*, tests under vacuum conditions, including thermal cycling for relatively long periods (months) are needed. The proposed tests include phases where the LCVRs will alternatively be operative and non operative.

The methodology proposed would be as follows (we indicate at the end the month in which the activity should have been finished):

- **Kick-off meeting:** Under ESA leadership. It should set the objectives for the validation of the LCVR technology in the *Solar Orbiter* payload. Month 1.
- **Requirements for VIM & COR instruments:** Establish the requirements for the LCVRs of each of the two instruments (selection of liquid crystal material most likely needs to be made here). This involves mostly the scientific partners, but interaction with industry is also needed. Month 2.
- **Manufacturing procedure:** Industry should propose a manufacturing procedure and schedule able to meet the requirements agreed with all partners. Month 3.
- **Manufacture LCVRs prototypes:** The prototypes will be produced by the industry. Note that, other than LCD industries, different industrial partners might be involved as ITO coated glass suppliers. During this phase, science partners must prepare the characterization phase that starts soon after the reception of the first prototypes. This includes, not only the optical set-up, but also the procurement of necessary driving electronics and software. It is noted that the proposing institutions already have a fair amount of experience in this direction, including specific EGSE components. Follow-up meeting between all partners, including ESA, should take place around this time. Month 7.
- **Characterization of LCVR prototypes:** It includes retardance calibration, response time characterization, wavefront distortion, transmission, etc. All prototypes should be calibrated during this phase. The number of prototypes needed is estimated to be 30 or so of each type (if more than one). Month 9.
- **Space qualification tests:** After month 3, all partners should have agreed a procedure for space qualification tests (institution, timing, etc.). They would start at this stage and end after 5 months. During this time, science partners should perform simulations of intended polarization modulation for VIM and COR in laboratory conditions. Month 14.
- **Vacuum performance tests:** A test including on and off states for several days in vacuum and with an agreed thermal cycling profile will be carried out. Month 17.
- **Close-up meeting:** Summary meeting to revise conclusions of the LCVR characterization of the technology for *Solar Orbiter* mission. Month 18.

5. List of Possible Partners

We list the partners that are interested in the proposed activity together with a brief description of their responsibility. The following list does not include ESA who is supposed to lead and coordinate the activity.

Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife, Spain.

IAC led the development of LCVRs together with TECDIS Display Ibérica for IMaX and has produced the laboratory characterization of the devices including full Stokes modulation schemes. They would lead the definition of the requirements for the VIM instrument.

Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales, Madrid, Spain:

INTA has performed a complete calibration of the LCVRs produced by TECDIS in the context of the balloon project. They will help in establishing the requirements for the LCVRs of the two instruments using space qualify materials. They also have the capabilities of leading further space qualification tests following ESA procedures.

Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada, Spain:

IAA has produced the EGSE equipment and related software for the driving signals of the LCVRs in IMaX and they would play a similar role in the present activity. They will also participate in setting the requirements of the LCVRs for the VIM instrument.

Tecdis Display Ibérica (Visual Display), Valladolid, Spain:

Tecdis R&D group (Visual Display) would manufacture the LCVRs prototypes. They would also interact with the scientific institutions during the definition of the requirements of the LCVRs.

Observatorio Astronomico de Torino, Turin, Italy:

OAT (INAF) will lead the definition of the requirements of the LCVRs for the white light channel of the COR instrument.

Tecdis, Chatillon, Italy:

Their participation is TBD but they could also help in manufacturing LCVRs prototypes.

3.- Letter of interest by Valladolid Visual Display for collaboration in VIM/Solar Orbiter



A quien pueda interesar,

Por la presente queremos manifestar y dejar constancia del interés de la empresa Visual Display S.L.L. en el desarrollo de Retardadores Opticos de Cristal Líquido (ROCLI's) que se tiene intención de llevar a cabo dentro del proyecto Solar Orbiter.

Valladolid, 10 de Enero de 2006

Manuel López
Director Gerente

Visual Display S.L.L.
Parque Tecnológico de Boecillo,
47151, Boecillo, Valladolid
C.I.F.: B47565577

Visual Display S.L.L., Parque Tecnológico de Boecillo, 47151 Boecillo, Valladolid. C.I.F.: B47565577.
Inscrita en el Registro Mercantil Tomo 1189, folio 113, hoja VA-17.703, Inscripción 1ª. Sujeta a los
Juzgados de Valladolid

4. Letter of interest by EADS CASA for collaboration in VIM/Solar Orbiter.



Instituto Universitario "Ignacio Da Riva"
Universidad Politécnica de Madrid
Atn: Sr. D. Ángel Sanz

Madrid, 11 de Enero de 2006

Asunto: Control Térmico Instrumento VIM

Estimado Ángel:

Según hemos hablado, te confirmo en esta carta que tenemos interés y os apoyaremos como asesores en el diseño del control térmico del instrumento VIM (Visible Imager & Magnetograph).

Dicho instrumento es una de las cargas de pago del satélite Solar Orbiter, que dentro del marco del Programa Científico de la ESA, se acercará a una distancia de 0.22 UA del Sol y saldrá del plano de la eclíptica, permitiendo mediante la observación del Sol a esta distancia dar un paso adelante el conocimiento de la heliosfera.

La gran proximidad del satélite al Sol hace de la misión Solar Orbiter un problema térmico complejo, que supone un reto para la tecnología disponible.

Además de participar en tareas de asesoría en el diseño térmico en esta primera parte del proyecto, cuando comience la fase de producción, EADS CASA Espacio manifiesta también su interés en colaborar en la construcción del hardware térmico necesario para garantizar la supervivencia y correcta operación del instrumento VIM.

La persona de contacto en EADS CASA para este programa será Félix Lamela.

Un saludo:

Subdirector de Ingeniería, Desarrollo y Ensayos
EADS CASA Espacio

EADS CASA ESPACIO, S.L. (Soc. Unipersonal) – Avda. Aragón, 404 – 28022 MADRID - España
Teléfono: (34) 91 586 37 00 – Fax: (34) 91 747 47 99

5. Letter of interest by NTE for collaboration in VIM/Solar Orbiter.



Can Mollà
08186 Lliçà d'Amunt
Barcelona-Spain
Tel. 34 93 860 90 01
Fax 34 93 860 90 19
www.nte.es
e-mail: info@nte.es

Lliçà d'Amunt, 11 de Enero de 2006

La empresa NTE S.A., sita en Lliçà d'Amunt (Barcelona) manifiesta su interés como Ente Promotor Observador en el proyecto "Integración y vuelo de SUNRISE/IMaX. Fase conceptual Solar Orbiter/VIM", cuyo investigador principal es el Dr. José M^a Gómez, del Departamento de Electrónica de la Facultad de Físicas de la Universidad de Barcelona.

Como empresa de ingeniería de desarrollo de instrumentación científica, con una dilatada experiencia en el sector espacial, NTE está muy interesada en el seguimiento del proyecto principalmente en el estudio de definición del subsistema electrónico del magnetógrafo VIM (Visible-light Imaging Magnetograph), uno de los instrumentos de observación más relevantes de la misión Solar Orbiter.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pau Planas', is positioned above the printed name.

Pau Planas
Director General de NTE, S.A.

6. Letter of interest by SENER for collaboration in VIM/Solar Orbiter.



GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
Apdo. de Correos 22085
46071 Valencia
Attn.: Dr. Vicente Domingo

5/01/2006

Ref.: DRG-001/06

Asunto: Colaboración de SENER para el proyecto Solar Orbiter

Estimado Dr. Domingo,

Con el fin de continuar la fructífera relación y estrechar la colaboración con el GACE, queremos manifestar nuestra intención de participar en la preparación de la oferta y el posterior desarrollo como proyecto, de los instrumentos que dentro de la misión de la ESA, SOLAR ORBITER, sean asignados al GACE.

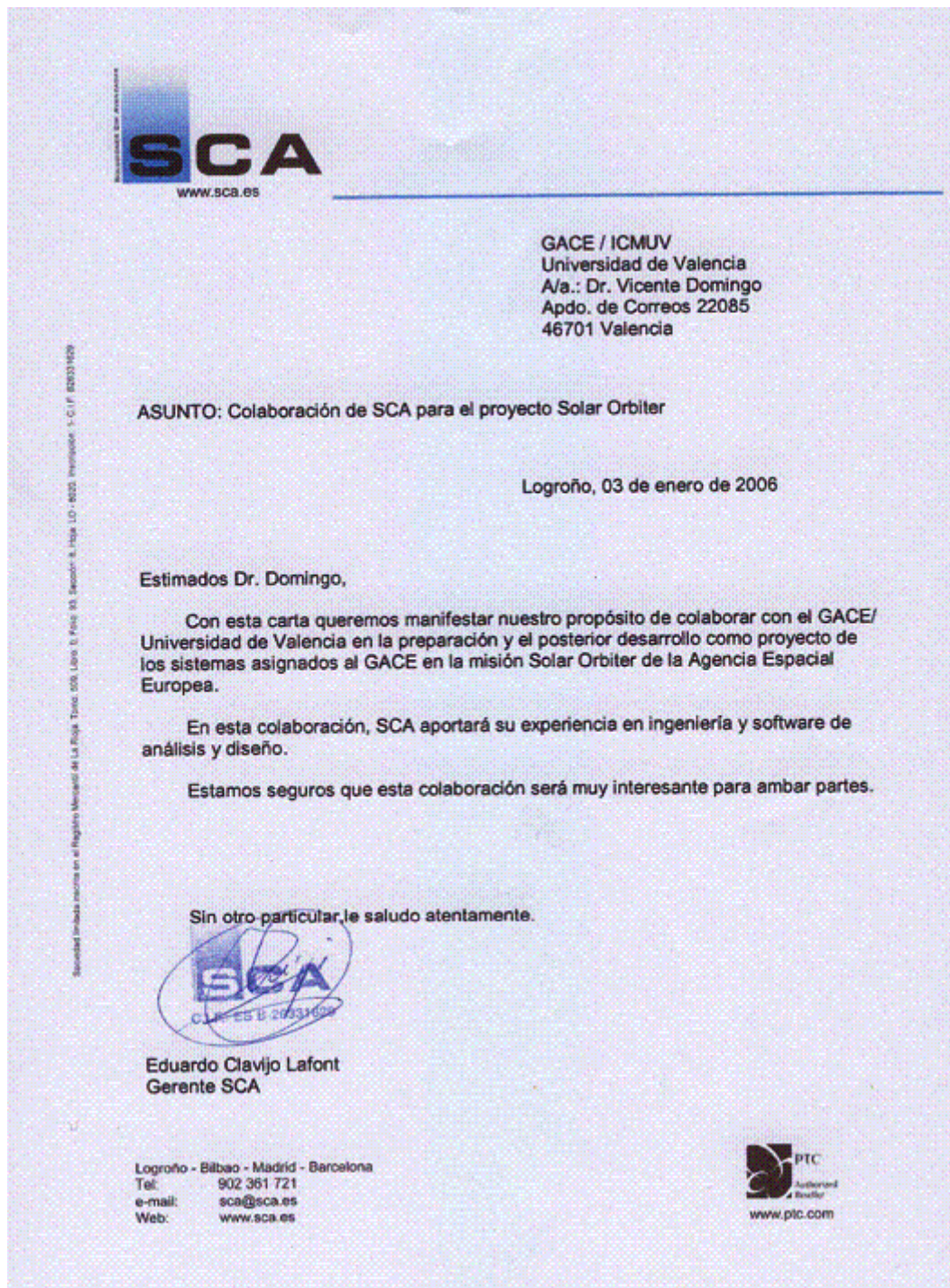
Esta colaboración se inició en otros proyectos de carácter científico y precursores del SOLAR ORBITER, resultando ampliamente satisfactoria.

Esperando que la colaboración se concrete en breve, atentamente,

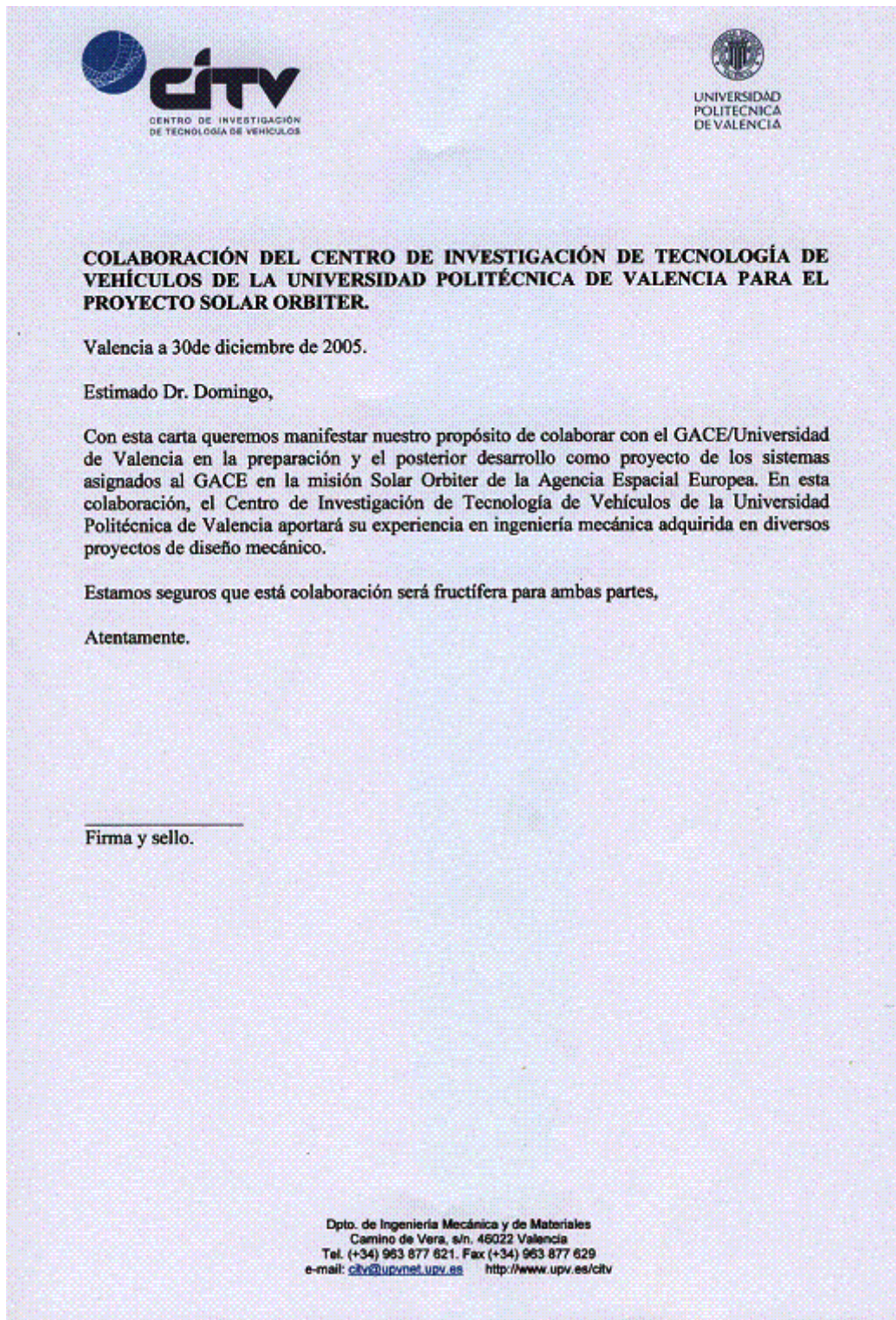
Diego Rodríguez
Director Departamento de Espacio.

DOMICILIO SOCIAL: Avda. Zugazarte, 56 - 48930 LAS ARENAS (Vizcaya) - Tel. +34 94 481 75 00 - Fax +34 94 481 75 01
Severo Ochoa, 4 - Parque Tecnológico de Madrid 28760 TRES CANTOS (Madrid) - Tel. +34 91 607 7000 - Fax +34 91 607 7201
Avenida Diagonal, 549 5ª - 08029 BARCELONA - Tel. +34 93 228 3300 - Fax +34 93 228 3316
Avda. Blasco Ibáñez, 26 - 46010 Valencia - Tel. +34 963 394 200 - Fax +34 963 394 200
Luis Doreste Silva, 22, bajo local A - 35004 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA - Tel. +34 928 295 080 - Fax +34 928 240 313
REGISTRO MERCANTIL DE VIZCAYA - HOJA 6421, FOLIO 168, LIBRO 197, SECCIÓN 3ª N.I.F.E.S. A46024723

7. Letter of interest by SCA for collaboration in VIM/Solar Orbiter.

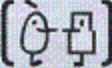


8. Letter of interest by CITV for collaboration in VIM/Solar Orbiter.



9. Letter of interest by Robótica for collaboration in VIM/Solar Orbiter.

VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

 Instituto de Robótica

Polígono de la Coma, s/n
Aptdo. de Correos 2085
Valencia E-46071-SPAIN

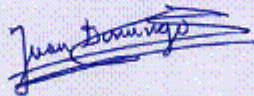
Tel: +(34)-963543550
Fax: +(34)-963543550

A la atención del Dr. D. Vicente Domingo

Yo, Juan de Mata Domingo Esteve, prof. titular del Dpto. de Informática de la Universitat de Valencia, y director del Instituto de Robótica de dicha universidad, por la presente manifiesto haber sido informado por D. José Luis Gasent, como gestor del subproyecto VIM/Solar Orbiter, de su deseo de recabar nuestra colaboración en aspectos relacionados con el procesado y compresión de imágenes provistas por el actual o futuros satélites de observación solar, dada la experiencia previa del grupo de Proceso de Imagen del instituto en temas afines.

Considerando que la investigación presenta un alto interés científico y práctico y que la colaboración entre el Instituto de Robótica y el de materiales es de gran valor, recomiendo la participación del Instituto a través del investigador Dr. Mariano Pérez, y me comprometo a prestar el soporte científico del grupo de visión, así como a colaborar en la formación y tutorización de futuros becarios que pudieran adscribirse al proyecto.

Y para que conste lo firmo, en Paterna, a 4 de Enero de 2006



Juan Domingo

Institut de
Robòtica
Universitat de València

10. Letter of interest by Grupo CT for collaboration in VIM/Solar Orbiter.

Servicios de Consultaría, Ingeniería, Formación e Integración

Madrid - Barcelona - Bilbao - Vigo - Valencia



A att.: **Dr. Vicente Domingo**

GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
Apdo. de Correos 22085
46071 Valencia

Valencia, 29 de Diciembre del 2005
Joan Font Piqué
Director Área Cataluña y Levante

Apreciado Vicente Domingo,

Con esta carta queremos manifestar nuestro propósito de colaborar proactivamente con el departamento de la GACE/Universidad de Valencia en la elaboración, preparación y el posterior desarrollo en los diferentes proyectos asignados al GACE, en la misión Solar Orbiter de la Agencia Espacial Europea.

En esta colaboración, Grupo CT aportará la experiencia y asesoramiento en la implantación de las diferentes soluciones para la perfecta ejecución del proyecto, así como personal técnico experto en las soluciones de análisis y diseño, como la experiencia en diferentes proyectos de ingeniería realizados hasta la fecha.

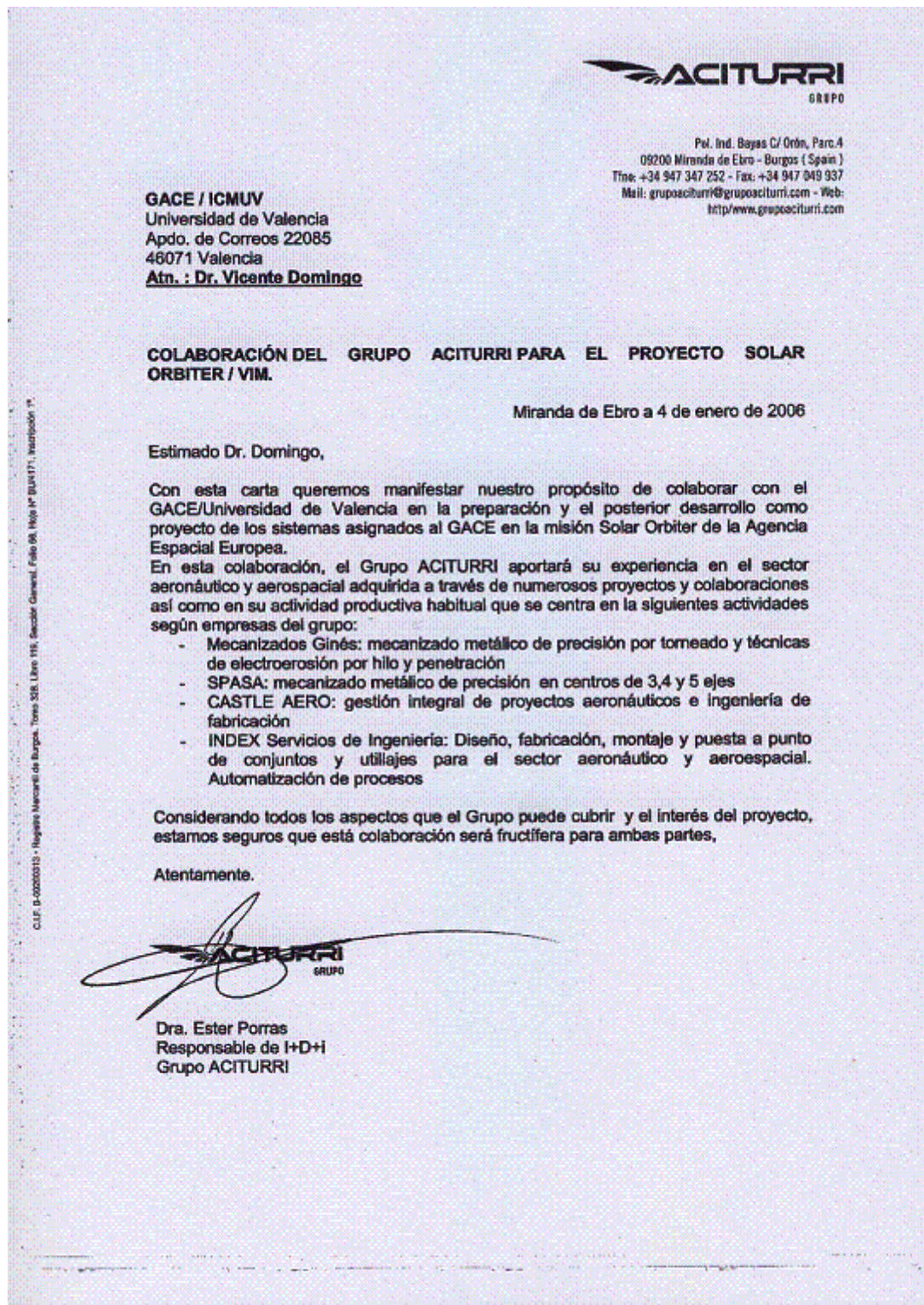
Nota: Adjuntamos a este documento la presentación corporativa de GrupoCT y también de CTIngenieros donde se pueden ver referencias de los últimos proyecto realizados.

Joan Font Piqué

Director General
Área Cataluña y Levante

CAUTECI BERSCA, S.A. Registro Mercantil de Madrid - T. 8048 - L. 7080 - S. 3 - 145456 - 114 - CIF A78891421

11. Letter of interest by Grupo Aciturri for collaboration in VIM/Solar Orbiter.



12. Letter of interest by EADS-CRISA for collaboration in VIM/Solar Orbiter.



CRISA
C/ Torres Quevedo, 9 (P.T.M.)
28760 Tres Cantos (Madrid)
España
Contacto:
Teléfono: +34 806 86 00
Fax: +33 806 02 35
e-Mail: edomingo@crisa.es
Referencia: CRS-ED-LT-102-05

Grupo de Astronomía y Ciencias del Espacio
Instituto de Ciencias de los Materiales
Campo Universitario de Paterna
E-46080 Paterna
Valencia

Altn. D. Vicente Durrágu
D. Jose Luis Gasent

11/01/2006

Asunto: Interes en participación en Instrumento VIM (Solar Orbiter)

Estimados amigos:

En primer lugar, dar las gracias por la presentación de la carga útil de la misión Solar Orbiter y especialmente en el Instrumento VIM.

Es un proyecto muy interesante e innovador tanto desde el punto de vista científico como de los elementos tecnológicos que contiene en el área de detección y de procesamiento de datos, potencia. La misión presenta desafíos importantes ya que los equipos estarán sometidos a condiciones ambientales extremas en las órbitas utilizadas.

En la actualidad Crisa es responsable del diseño del Remote Environmental Monitoring Station (REMS) de Mars Rover (NASA) incluyendo sensores y electrónica y también ha desarrollado con éxito la electrónica del motor de propulsión iónica que llevará Bepi-Colombo a la órbita de Mercurio. Ambos proyectos tienen requisitos medioambientales tan duros como la superficie de Marte o la órbita de Mercurio.

Crisa ha desarrollado equipos para muchos instrumentos científicos de diferentes institutos tanto nacionales como de otros países miembros de ESA. Las áreas de actividad cubren típicamente: procesadores de señal, computadores de control, electrónica analógica de sensores, electrónica de proximidad, electrónica de potencia, unidades de control y housekeeping, etc.

Los nuevos retos del Instrumento VIM son una continuación natural de nuestras actividades y en este sentido quiero confirmar el interés de nuestra empresa en participar en el proyecto. Continuamos de esta forma la fructífera colaboración iniciada en los proyectos MINISAT-01 e INTEGRAL.



13. Letter of interest by Mathematics Department of UV for collaboration in VIM/Solar Orbiter.

09/01 2006 13:20 FAX 96 3564085 MAT.APLICADA 001

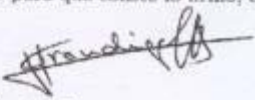

VNIVERSITAT ID VALÈNCIA
Facultat de Ciències Matemàtiques
Departament de Matemàtiques Aplicades

A la atención del Dr. D. Vicente Domingo,

Yo, Francesc Aràndiga Llaudes, profesor titular, director del Departament de Matemàtica Aplicada de la Universitat de València y co-coordinador del programa de doctorado "Informàtica i Matemàtica Computacional", manifiesto por la presente haber sido informado por D. José Luis Gasent, como gestor del subproyecto VIM/Solar Orbiter, de su deseo de recabar nuestra colaboración en aspectos relacionados con el tratamiento y comprensión de imágenes en el subproyecto arriba mencionado.

Considerando que la investigación presenta un alto interés científico y práctico y teniendo en cuenta la experiencia previa del grupo de investigación al que pertenezco en el tratamiento y comprensión de imágenes, me comprometo a colaborar científicamente en el proyecto así como, desde el programa de doctorado anteriormente mencionado, a participar en la formación y tutorización de futuros becarios que pudieran adscribirse al proyecto.

Y para que conste lo firmo, en Burjassot, a 4 de Enero de 2006,



F. Aràndiga

Dr. Moliner, 50 Burjassot 46100 VALÈNCIA
Tel. / Fax 96 356 40 85 e-mail: matapl@uv.es

14. Letter of interest by VIBRACHOC for collaboration in VIM/Solar Orbiter.



GACE / ICMUV
Universidad de Valencia
Apartado de Correos 22085
46071 Valencia

At. D. Vicente Domingo

N/Ref: 1.324/06

Humanes, 11 de Enero de 2006

Asunto: Colaboración de VIBRACHOC para el proyecto Solar Orbiter

Estimado Sr. Domingo,

Con esta carta queremos manifestar nuestro propósito de colaborar con el GACE/Universidad de Valencia en la preparación y posterior desarrollo como proyecto de los sistemas asignados al GACE en la misión Solar Orbiter de la Agencia Espacial Europea.

En esta colaboración, VIBRACHOC aportará su experiencia en ingeniería, análisis y diseño.

En la confianza de que esta colaboración pueda ser interesante para ambas partes, aprovechamos la ocasión para saludarle atentamente



Juan Manuel Corzo
Director

VIBRACHOC S.A.
C/ Almería, 2 - P. 1. Valdonaire - 28970 Humanes (Madrid)
Apartado 37, 28970 Humanes (Madrid)
Tel: (34) 91 690 16 58 - Fax: (34) 91 690 40 63
Email: comercial@vibrachoc.es - www.vibrachoc.es

Delegación en Barcelona:
C/ Teet, 8, Entlo., 08290 Cerdanyola (Barcelona)
Tel: (34) 93 692 39 95 - Fax: (34) 93 580 58 39
Email: barcelona@vibrachoc.es

HUTCHINSON®
WORLDWIDE

15.- Correos electrónicos de los responsables de Alberto Sainz (THEMIS) e Irene González (NSO) aceptando la participación en el subproyecto IAC en relación con VIM/Solar Orbiter

Subject: Alberto en Solar Orbiter
From: Bernard Gelly <bgelly@themis.iac.es>
Date: Thu, 12 Jan 2006 17:32:37 +0000
To: vmp@iac.es CC: Alberto Sainz Dalda
<asainz@themis.iac.es>

Hola Valentin,

Como responsable en THEMIS de Alberto Sainz, estoy completamente de acuerdo para que el participe como investigador externo al proyecto del Solar Orbiter. Te agradezco muchísimo para involucrarlo en este excitante asunto. Un amical saludo.

Bernard Gelly. --

Bernard Gelly [bgelly@themis.iac.es] - THEMIS S.L. - INSU-CNRS/CNR c/o
IAC, Via Lactea s/n , E-38200 La Laguna Tenerife - Espagne Tel: +34 922314850
- Fax: +34 922314294 -----

Subject: Re: Solar Orbiter proposal From: "Frank Hill" <hill@noao.edu> Date:
Wed, 11 Jan 2006 10:12:11 -0700 To: vmp@iac.es CC: Irene Gonzalez-Hernandez
<irenegh@noao.edu>, <fhill@noao.edu>, <peliason@noao.edu>

Dear Valentin:

I am delighted that you have invited Dr. Irene Gonzalez-Hernandez to participate in your proposal for the Solar Orbiter project as an external collaborator. I am quite happy to approve her participation in this exciting project.

Regards, Dr. Frank Hill
GONG Program Director

16.- Solicitud Dr. Jose M. Gómez Cama asignación EDP a proyecto VIM/Solar Orbiter.



Jose M. Gómez Cama
Laboratorio de Sistemas de Control e Instrumentación
Departamento de electrónica
Facultad de Física
Universitat de Barcelona
Martí i Franques 1
E08028 Barcelona

A la atención del Subdirector/a General de Proyectos de Investigación

Estimado Sr./a.

Mi nombre es José María Gómez Cama (NIF 46134507A) y soy profesor titular del Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona (UB). Actualmente formo parte del grupo de investigación consolidado Sistemas de Instrumentación y Comunicaciones (SIC).

Hace unos meses surgió la posibilidad de que la UB colaborara en el proyecto Solar Orbiter (SO) de la Agencia Espacial Europea (ESA). Dicho proyecto tiene como objetivo el envío de una sonda espacial a una órbita próxima al sol. Concretamente el departamento colaboraría en el desarrollo del instrumento Visible-Light Imager and Magnetograph (VIM) que permite realizar magnetogramas de la superficie solar.

Este proyecto es estratégico para el programa espacial ya que se prevé que la electrónica del VIM este gestionada por el consorcio español que ya participo en el Imax. La entrada de la UB fortalecería dicho consorcio, al proporcionar su experiencia en diseño de circuitos integrados y sistemas electrónicos de bajo consumo y gran tolerancia a radiación. También mencionar que la empresa NTE S.A., con sede Lliça de Munt (localidad próxima a Barcelona), ha mostrado su interés en participar en el proyecto.

Todo ello ha llevado a considerar el interés de tener un Co-Investigador Principal (IP) en la UB, que pudiera gestionar tanto el diseño de los componentes sobre los que tendrá responsabilidad, como la relación con NTE. Para ello la UB entraría a formar parte del consorcio dentro de un proyecto del Plan Nacional del Espacio que se solicitará en enero de 2006.

Teniendo en cuenta las características de dicho proyecto, se ha considerado adecuado que el IP participara sea joven (la construcción del SO puede llevar unos 10 años, y otros tantos la misión científica), con experiencia en la industria y en el campo del diseño de ASICs y sistemas embebidos, y por supuesto, que mostrara interés en el proyecto. Entre los miembros del SIC, se me ha considerado la persona que mejor cubría los requisitos.

En estos momentos estoy participando en el proyecto TEC2004-01801 investigando en el desarrollo de un transceiver para sistemas de inteligencia ambiental basado en el estándar IEEE 802.15.4, en el cual lidero el equipo de diseño digital. Mi entrada en el nuevo proyecto implica causar baja en el proyecto TEC anteriormente mencionado, por ser la primera vez que tendría la responsabilidad de IP.

1/2

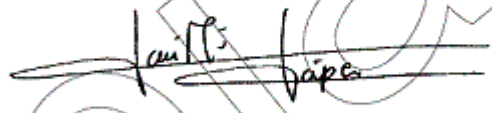
Conjuntamente con José María López Villegas, IP del proyecto TEC2004-01801 hemos buscado la forma de minimizar los posibles trastornos que se puedan producir. Como solución se ha planteado una posible reestructuración del proyecto, donde el Dr. Manuel López de Miguel pasaría a tomar mis responsabilidades, y Dña. Ana Moragrega Estrany, profesora asociada y estudiante de doctorado, incrementaría sus responsabilidades en el proyecto. Mi desvinculación se realizaría de forma paulatina, hasta el momento del anuncio de oportunidad de la ESA para el SO.

Por todo ello solicito causar baja del proyecto TEC2004-01801 para poder solicitar como co-IP el nuevo proyecto.

Atentamente,



José María Gómez Cama



Visto y Conforme,
Jose María López Villegas

17.- Aceptación del Prof. Josep Samitier Martí del cambio de los EDP del Dr. Jose M. Gómez Cama a proyecto VIM/Solar Orbiter.



Departament d'Electrònica

Martí i Franques, 1
08028 Barcelona (Spain)
Tel. +34 93 403.72.47
Fax +34 93 402.11.48
E-mail: samitier@el.ub.es

Barcelona, 11 de Enero de 2006.

El Dr. Josep Samitier Martí, Catedrático de Universidad del Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona y coordinador del Grupo de Investigación consolidado Sistemas de Instrumentación y Comunicación,

INFORMA

Que el proyecto Solar-Orbiter, es un proyecto estratégico en el que la Universidad de Barcelona, a través de diversos grupos de investigación plantean realizar una investigación interdisciplinar y conjunta en los próximos años. En este sentido, nuestro grupo de investigación ha participado en proyectos internacionales financiados por la ESA, ha colaborado con grupos de investigación de Astrofísica y Física de Altas energías en el desarrollo de sistemas de Instrumentación y detección novedosos y participa de forma activa dentro de la asociación BAIE, Barcelona Aeronáutica y Espacio.

En este contexto, y en diferentes reuniones de trabajo para coordinar y aunar los esfuerzos que los diferentes grupos de la Universidad de Barcelona, desean realizar para contribuir al proyecto Solar Orbiter, se ha planteado la necesidad de implicar a investigadores jóvenes en este proyecto dados los plazos que se requieren para desarrollar este tipo de acciones. En este sentido se ha considerado conveniente que el Dr. José M. Gómez Cama, participe de forma muy activa en este proyecto y por tanto pase a hacerse cargo de una parte del desarrollo tecnológico que se plantea en el proyecto de Plan Nacional que se presenta en la convocatoria de 2005-2006.

Sin embargo, nos encontramos que hasta el momento el Dr. Gómez Cama participa en un proyecto de plan nacional previo, por lo que atendiendo a las particulares circunstancias de este caso y al acuerdo de todos los investigadores implicados en los proyectos, **se autorice la participación del Dr. Gómez Cama en el nuevo proyecto, causando baja en el proyecto anterior.**

Esperando que esta petición pueda ser atendida, saludos muy cordiales

Dr. Josep Samitier