

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Aeroespacial  
Intensificación en Vehículos Aeroespaciales

Desarrollo e implementación de un Plan de Gestión  
de Proyectos para un experimento de BEXUS21  
(Resumen en castellano)

Autora: María de la Cruz Sánchez Gómez

Tutor: Hipólito Guzmán Miranda

Departamento de Ingeniería Electrónica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



*A mis padres, porque son un pilar fundamental en mi vida.*

*Gracias a su amor y apoyo incondicionales he llegado hasta donde estoy hoy.*

<b>Índice</b>	<b>i</b>
<b>Abreviaciones</b>	<b>i</b>
<b>1 Resumen</b>	<b>3</b>
1.1 <i>Introducción</i>	3
1.2 <i>Contexto</i>	3
1.2.1 El programa REXUS/BEXUS	3
1.2.2 Experimento SPADE	5
1.3 <i>Definición del proyecto, objetivos y alcance</i>	6
1.4 <i>Análisis de los requisitos y de las soluciones: Gestión de Proyectos</i>	7
1.4.1 Definición y análisis de requisitos y limitaciones	7
1.4.2 Work Breakdown Structure (WBS)	7
1.4.3 Análisis de los recursos	11
1.4.4 Distribución temporal de tareas: calendario	11
1.4.5 Gestión de patrocinadores y soporte externo	13
1.4.6 Control del Proyecto	13
1.4.7 Gestión de equipos	13
1.5 <i>Gestión de riesgos</i>	13
1.6 <i>Logística y gestión de material</i>	14
1.7 <i>Documentación y mejora de la corrección</i>	15
1.8 <i>Difusión (outreach)</i>	15
1.9 <i>Resultados</i>	15
<b>2 Conclusiones</b>	<b>17</b>
<b>Referencias</b>	<b>19</b>



# Abreviaciones

---

AICIA	Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía, Spain
asap	as soon as posible
BEXUS	Balloon-borne Experiments for University Students
CDR	Critical Design Review
CN	Concentrator Node
CNM	Centro Nacional de Microelectrónica, Spain
COTS	Commercial off-the-shelf
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Spain
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EAR	Experiment Acceptance Review
ECTS	European Credit Transfer System
ESA	European Space Agency
Espace	Espace Space Center
ESTEC	European Space Research and Technology Centre, ESA (NL)
ESW	Experiment Selection Workshop
ETSI	Escuela Técnica Superior de Ingeniería, US Center, Spain
FR	Final Report
GS	Ground Station
H/W	Hardware
IPR	Integration Progress Review
IBM	Instituto de Microelectrónica de Barcelona, Spain
LC	Launch Campaign
Mbps	Mega Bits per second
MORABA	Mobile Raketen Basis (DLR, EuroLaunch)
OP	Oberpfaffenhofen, DLR Center
OS	Operating System
PCB	Printed Circuit Board (electronic card)
PDR	Preliminary Design Review
REXUS	Rocket Experiments for University Students
SD	Smartphone Device
SED	Student Experiment Documentation
SN	Sensor Node
SNSB	Swedish National Space Board
SPADE	Smartphone Platform for Acquisition of Data Experiment
STW	Students Training Week
S/W	Software
T	Time before and after launch noted with + or -
TAS	Thermal Active System
TBC	To be confirmed

TBD	To be determined
TFG	Trabajo de Fin de Grado (End-of-Degree Thesis in spanish)
US	Universidad de Sevilla, Spain
VTT	Vicerrectorado de Transferencia Tecnológica, US center, Spain
WBS	Work Breakdown Structure
WP	Work Packages
WSN	Wireless Sensor Network
ZARM	Zentrum für Angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation

# 1 RESUMEN

---

El presente documento expone de forma concisa los aspectos clave tratados en el Trabajo de Fin de Grado.

## 1.1 Introducción

Este TFG comprende la gestión del experimento SPADE en todas sus fases. El trabajo realizado está centrado en la Planificación de proyectos y su implementación, así como la gestión del equipo y los recursos necesarios. Dado que las comunicaciones con los supervisores del programa REXUS/BEXUS, la universidad, los proveedores y patrocinadores junto con la comunicación interna del equipo son esenciales, también se cubren las tareas desarrolladas de coordinación entre ambos. Por último, se ha realizado bastante trabajo de producción de documentación y su revisión, tanto técnica como de la traducción al inglés. También se incluyen tareas de la investigación del estado del arte y la divulgación del experimento.

## 1.2 Contexto

En este capítulo se introduce el contexto que enmarca este trabajo.

### 1.2.1 El programa REXUS/BEXUS

El Programa REXUS / BEXUS (Rocket / Balloon EXperiments for University Students) está dirigido a estudiantes universitarios y de educación superior en las áreas de ciencias naturales e ingeniería en toda Europa. Los participantes realizan un experimento científico o tecnológico sobre globos de investigación estratosféricos (BEXUS) o cohetes sonda (REXUS). Cada año, se lanzan dos globos y dos cohetes. [1]



Figura 1-1: Logotipo del programa REXUS / BEXUS [1]

El programa se realiza en el marco del Acuerdo de Agencia bilateral entre el Centro Aeroespacial Alemán (DLR) y la Junta Nacional Espacial de Suecia (SNSB). La parte sueca de la carga útil está disponible para estudiantes de otros países europeos a través de la colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA). EuroLaunch, una cooperación entre el Centro Espacial de SSC (Swedish Space Corporation) y la base de cohetes móviles (MORABA) de DLR, es responsable de la gestión de la campaña y el funcionamiento de los vehículos de lanzamiento. BEXUS y REXUS se lanzan desde SSC, Esrange Space Center, en el norte de Suecia.

La idea detrás del Programa REXUS / BEXUS es proporcionar una plataforma espacial experimental para estudiantes en el campo de la tecnología aeroespacial y aumentar el interés por este sector dentro del entorno universitario.

Los estudiantes experimentan el ciclo de vida completo de un proyecto desde el análisis de requisitos, el diseño y desarrollo, pasando por la construcción y pruebas, hasta el lanzamiento y el análisis de datos. Expertos de DLR, SSC, ZARM y ESA brindan apoyo técnico a los equipos de estudiantes. [1]

El programa está implementado en ciclos anuales con las revisiones típicas de un proyecto: preliminar, crítica, de integración y de aceptación, así como el lanzamiento y la publicación de los resultados.

Este TFG fue desarrollado durante la 8ª edición del programa, dentro de los experimentos de BEXUS en la carga de pago sueca. Los hitos más importantes para los experimentos de BEXUS en la carga de pago de SNSB/ESA se describen a continuación:

- **Taller de selección de SNSB/ESA.** Cuando ha terminado el período de pre-selección, los equipos escogidos son invitados a una defensa de su proyecto frente a un panel de expertos. Además, en este evento se dan conferencias con información del programa y de los próximos pasos si se ha resultado seleccionado.
- **Revisión del Diseño Preliminar (PDR) & Semana de Entrenamiento de Estudiantes (STW).** La revisión tiene lugar en paralelo con la semana de entrenamiento. Por un lado, el objetivo del PDR es demostrar ante el panel de expertos que se manejan todos los aspectos del proyecto. Por otro lado, la STW es una formación intensiva en desarrollo de proyectos que tiene lugar a través de charlas y sesiones de preguntas a expertos.
- **Revisión Crítica de Diseño (CDR).** En esta revisión, el diseño detallado del experimento debe estar completo y adecuado a la normativa. El objetivo del CDR es comprobar que el experimento está listo para la fase de integración y pruebas. En este evento también hay sesiones formativas y se proporciona un curso de soldadura a un miembro del equipo.
- **Revisión del Proceso de Integración IPR:** Esta revisión es llevada a cabo por un representante de EuroLaunch y su objetivo es comprobar el progreso en la integración y la fase de pruebas, así como saber si el proyecto estará terminado para la fecha el lanzamiento.
- **Revisión de Aceptación para Vuelo (EAR):** El EAR es la revisión final en la que un representante de EuroLaunch evalúa si el experimento es apto para el vuelo.
- **Campaña de lanzamiento:** La campaña de lanzamiento se estructura en tres bloques: realización de los últimos preparativos antes de vuelo, pruebas antes de lanzamiento con el globo BEXUS y lanzamiento. Posteriormente, si es posible se recupera el experimento y vuelve a las instalaciones de los equipos para su posterior análisis.
- **Presentación de resultados.** Después de la campaña, los equipos deben analizar sus datos, obtener resultados y sacar conclusiones. Este análisis deberá ser incluido en la versión final del SED y enviado al programa.

Los experimentos BEXUS deben ser diseñados teniendo en cuenta todas las fases del proyecto: construcción, integración, vuelo y recuperación, así como las limitaciones en tiempo impuestas por el cronograma del programa. Además, hay que considerar las características del vehículo de lanzamiento y de las condiciones atmosféricas (estratosféricas) durante todas las fases, especialmente en las de definición de requisitos y diseño.



## 1.2.2 Experimento SPADE

SPADE significa Plataforma Smartphone para Adquisición de Datos de Experimento, que consiste en una plataforma de adquisición de datos en tiempo real de bajo costo para misiones de exploración estratosférica. Se basaba en hardware comercial (COTS). Se componía de dos teléfonos inteligentes y una red de sensores auxiliares. La red de sensores estaba compuesta por nodos sensores, como los que se utilizan actualmente en aplicaciones industriales, conectados entre ellos por una conexión inalámbrica estándar de baja potencia (protocolo 802.15). [6] Fue desarrollado por un equipo de estudiantes de Ingeniería Aeroespacial, de Telecomunicación, Industrial y de Software de la Universidad de Sevilla. Este experimento fue parte del octavo ciclo del programa REXUS / BEXUS en la campaña BEXUS 21.



Figura 1-2 SPADE logo

La idea principal detrás de SPADE fue demostrar si la tecnología comercial podría reemplazar esta tecnología espacial específica una vez que estén correctamente adaptadas a las aplicaciones espaciales. El experimento comprobó si era posible reemplazarlos o no en las condiciones (condiciones BEXUS) que no son exactamente las condiciones del espacio exterior, pero son bastante similares como una primera aproximación. Este sería un resultado interesante para futuros experimentos como la adaptación de una plataforma satelital.

El objetivo principal del experimento era estudiar el comportamiento de la red de sensores inalámbrica, incluyendo el rendimiento de las comunicaciones desde y hacia la unidad central, en un entorno estratosférico, con especial interés en la radiación.

El experimento estaba formado por tres bloques funcionales:

**BLOQUE 1:** consistente en una red de sensores inalámbricos, que incluía los nodos sensores y el nodo concentrador formando una configuración en estrella.

- El nodo del concentrador almacena información sobre la red y la envía al enrutador.
- Los nodos del sensor eran la unidad de medida externa.

**BLOQUE 2:** consta de una unidad central (UC) compuesta por dos smartphones y el enrutador:

- SD1, SD2 toman medidas por su cuenta.
- El enrutador envía toda la información a E-link.

**BLOQUE 3:** consiste en una estación terrestre (GS) que descarga datos para análisis posterior y comandos de carga para cualquier ajuste necesario.

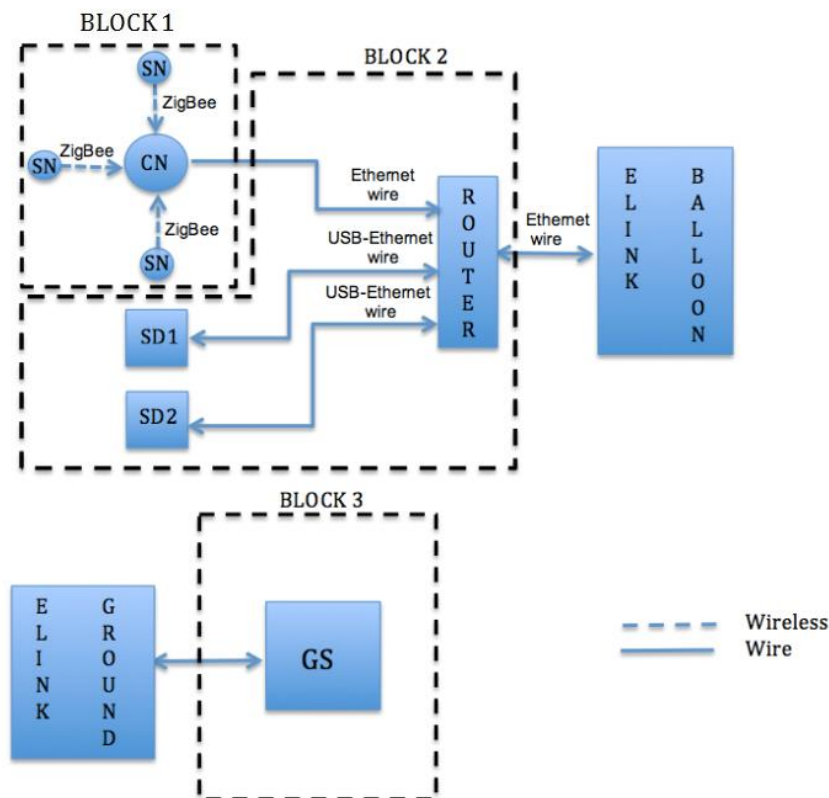


Figura 1-3: Concepto SPADE [6]

### 1.3 Definición del proyecto, objetivos y alcance

El Trabajo de Fin de Grado comprende el desarrollo y seguimiento de un Plan de Gestión para el experimento SPADE dentro del programa REXUS/BEXUS. Este trabajo engloba la gestión desde la fase de definición hasta el lanzamiento del experimento. Se centra en los siguientes temas:

- El análisis de los requisitos, limitaciones y recursos.
- La planificación del experimento, incluyendo la distribución de carga de trabajo, su distribución a lo largo del tiempo y presupuesto.
- La gestión del experimento junto con la gestión de riesgos, logística, gestión de patrocinadores y proveedores y gestión de equipo.
- Otras tareas desarrolladas como documentación, corrección de textos en inglés y divulgación.

El objetivo principal de este TFG es desarrollar y dar seguimiento a un Plan de Gestión de Proyectos, incluyendo Gestión de Riesgos, que involucre y gestione todos los aspectos que sean necesarios para el correcto desarrollo de SPADE, durante todo el ciclo de vida del proyecto, con el fin de lograr los objetivos del experimento. Además, otros objetivos secundarios son desarrollar la función de líder de equipo, actuando como punto focal para todos los participantes del proyecto (programa REXUS / BEXUS, Universidad de Sevilla, patrocinadores, proveedores y el equipo), también para producir y revisar la documentación requerida y para desarrollar algunas funciones de apoyo como logística y suministro de materiales.

El alcance de este proyecto incluye todo el ciclo de vida del proyecto SPADE, desde la definición de objetivos y requisitos, el diseño, la integración y las fases de prueba hasta el lanzamiento y vuelo. Además, se presentan el análisis de resultados y las conclusiones.

## 1.4 Análisis de los requisitos y de las soluciones: Gestión de Proyectos

Dado que el proyecto tuvo una duración de más de un año, la planificación ha ido cambiando mientras evolucionaba el proyecto para adecuarse a la realidad. Las actividades principales se detallan en las subsecciones siguientes.

Al comienzo del experimento SPADE, era necesario desarrollar una planificación para organizar las tareas. Esta planificación preliminar evolucionó a lo largo de las diversas fases del proyecto de forma iterativa. Las actividades que conforman esta evolución de forma que se garantice una visión completa y coherente del proyecto se describen a continuación.

- **¿Qué queremos lograr?** Definir los requisitos y limitaciones del proyecto para lograr los objetivos y la declaración de misión del proyecto.
- **¿Cómo se realizará?** Analizar los requisitos y las limitaciones junto con los hitos del programa REXUS / BEXUS y otros factores externos para proporcionar una salida con los paquetes de trabajo y definir la estructura de desglose del trabajo.
- **¿Cuáles son los recursos?** Analizar los recursos disponibles: mano de obra, apoyo externo y presupuesto.
- **¿Cuándo se hará?** Definir el cronograma con fases e hitos que permitan controlar el avance del proyecto con respecto al costo, el cronograma y los objetivos técnicos.
- **¿Se está desarrollando el proyecto según lo planeado?** Seguimiento y control del proyecto.

### 1.4.1 Definición y análisis de requisitos y limitaciones

Para lograr los objetivos de SPADE el experimento tuvo que tener funcionalidades específicas, las cuales debían ser realizadas durante el vuelo bajo el estándar deseado a través de un buen diseño técnico. Estos requisitos funcionales, de rendimiento, de diseño y operacionales deben determinarse durante las primeras etapas del diseño, antes de comenzar el diseño detallado del experimento.

Los requisitos pueden definirse como la traducción práctica de los objetivos y cómo lograrlos. Además, debe considerarse todo el proceso, que incluye la acumulación, las pruebas, las operaciones, el vuelo, la recuperación y el cronograma del programa. Además, todas las limitaciones del proyecto deben reflejarse para asegurar la definición clara, completa y detallada del experimento.

El proceso fue iterativo y se inició con un análisis de objetivos del experimento, que proporciona los requisitos y limitaciones. En su redacción, cada requisito fue clasificado por una escala decreciente de condiciones vinculantes como sigue: debe, se debe o se puede hacer.

La clave del diseño es seguir la regla "Keep it simple", que significa simplificar el diseño tanto como sea posible para evitar problemas derivados de la complejidad del diseño.

Una vez finalizadas las diversas etapas del diseño, se revisaron los requisitos para verificar si se cumplían. Este proceso de verificación se realizó en la fase de pruebas.

### 1.4.2 Work Breakdown Structure (WBS)

WBS es una estructura que divide el proyecto en paquetes de trabajo manejables (WP) organizados por la naturaleza del trabajo, dividiendo el trabajo total en niveles cada vez mayores de detalle. Un WP puede ser cualquier elemento de la WBS hasta el nivel más bajo que se puede medir y administrar para planificación, monitorización y control. [13]

Al principio, la distribución inicial de la carga de trabajo se centró en su aspecto técnico. Esta decisión se tomó porque la idea era adaptar COTS y era más fácil identificar la carga de trabajo utilizando los bloques que componían el experimento: Wireless Sensor Network (WSN), Smartphones Devices (SD), router y 'hardware

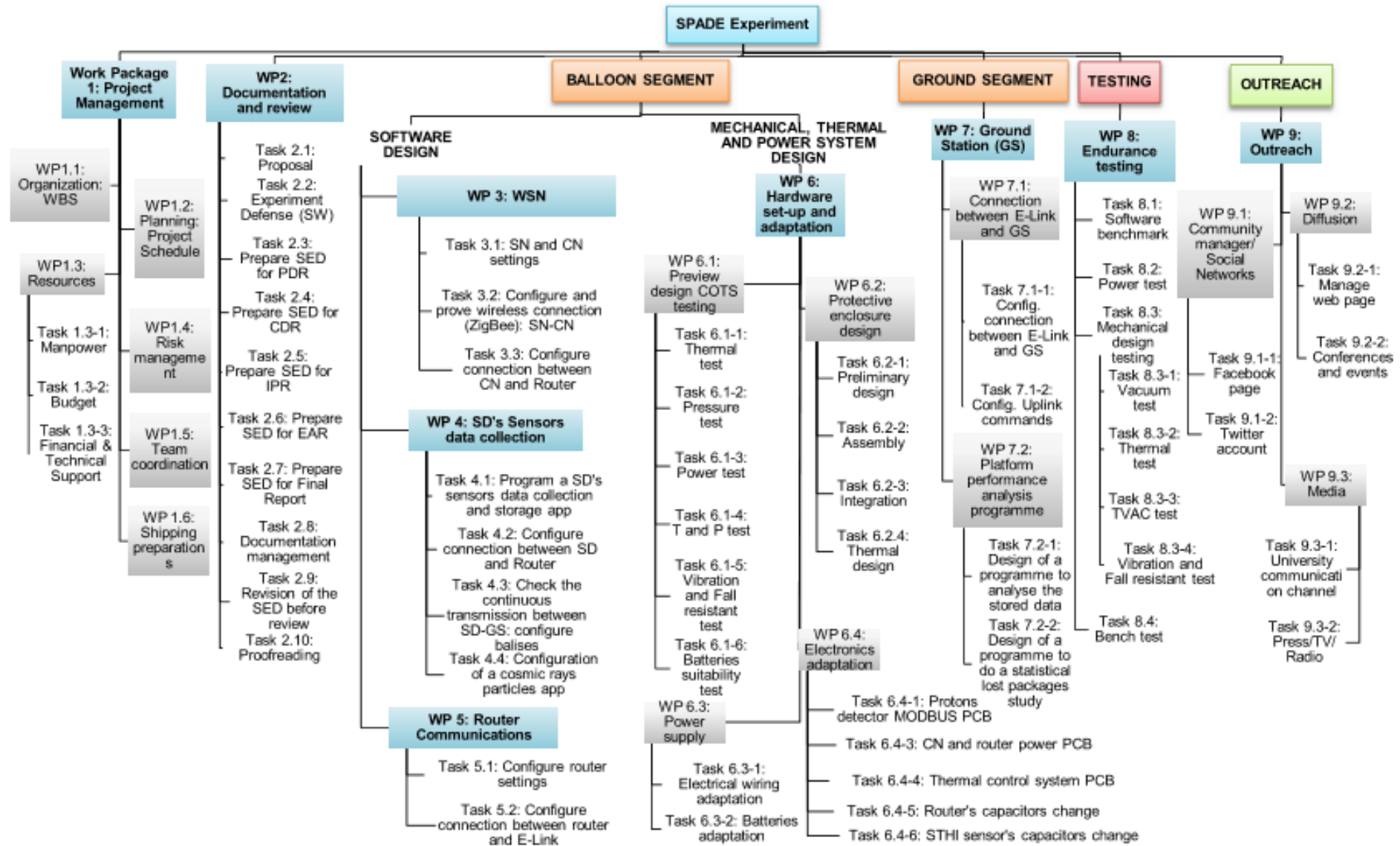
adaptation & testing'. Lo último incluye el diseño de las cajas protectoras que cubrían los sistemas y las pruebas adecuadas.

Después de eso, surgieron nuevas necesidades como la planificación de proyectos y la documentación. Además, el programa REXUS / BEXUS solicitó que se pudiese controlar el experimento utilizando una estación de tierra durante el vuelo y también el desarrollo de un plan de divulgación. Por estas razones, se crearon cuatro nuevos WP: Project Management, Documentación, Ground Station y Outreach. Además, el WP de adaptación y prueba de hardware se dividió en dos: "Configuración y adaptación de hardware" y "Pruebas de resistencia". Esta última decisión fue tomada para tener un mejor control de las tareas debido a un aumento de las tareas WP originales.

La WBS se revisó a lo largo de varias fases. Durante este proceso, algunas de las tareas fueron creadas, modificadas o eliminadas por necesidades del proyecto, causadas principalmente por un creciente detalle en el diseño y cambios en la mano de obra. Al final, el trabajo global se dividió en 9 WP y cada WP tuvo varias tareas que se describen a continuación.

En la página siguiente se muestra la versión final del WBS.

Figura 1-4: Versión final del Work Breakdown Structure [6]





### 1.4.3 Análisis de los recursos

En este apartado se realizó el análisis de los recursos disponibles: recursos humanos, apoyo externo y presupuesto.

- **Recursos humanos:** La mayor parte del tiempo el equipo ha estado formado por seis estudiantes de ingeniería. Las tareas han sido asignadas en función de las capacidades y disponibilidad de cada persona. Cada tarea tenía asignado a un responsable y a otra persona responsable en el caso de que fuese necesario.
- **Apoyo externo:** El apoyo externo se ha conseguido a lo largo del proyecto. De este modo, la planificación de las necesidades y los recursos disponibles en cada etapa se convierte en un proceso iterativo. Al tratarse de un proyecto de estudiantes, SPADE está vinculado a la Universidad de Sevilla, en especial a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros, que le ha ofrecido soporte técnico/científico, financiero y acceso a algunas instalaciones. Además, el proyecto ha contado con patrocinios de empresas privadas.
- **Presupuesto:** El análisis de los recursos económicos y su correcta distribución durante el desarrollo del experimento fue esencial para el correcto y completo desarrollo del experimento. Para el control de costes, se han utilizado una tabla presupuesto con todos los elementos y una tabla con las aportaciones de cada patrocinador.

### 1.4.4 Distribución temporal de tareas: calendario

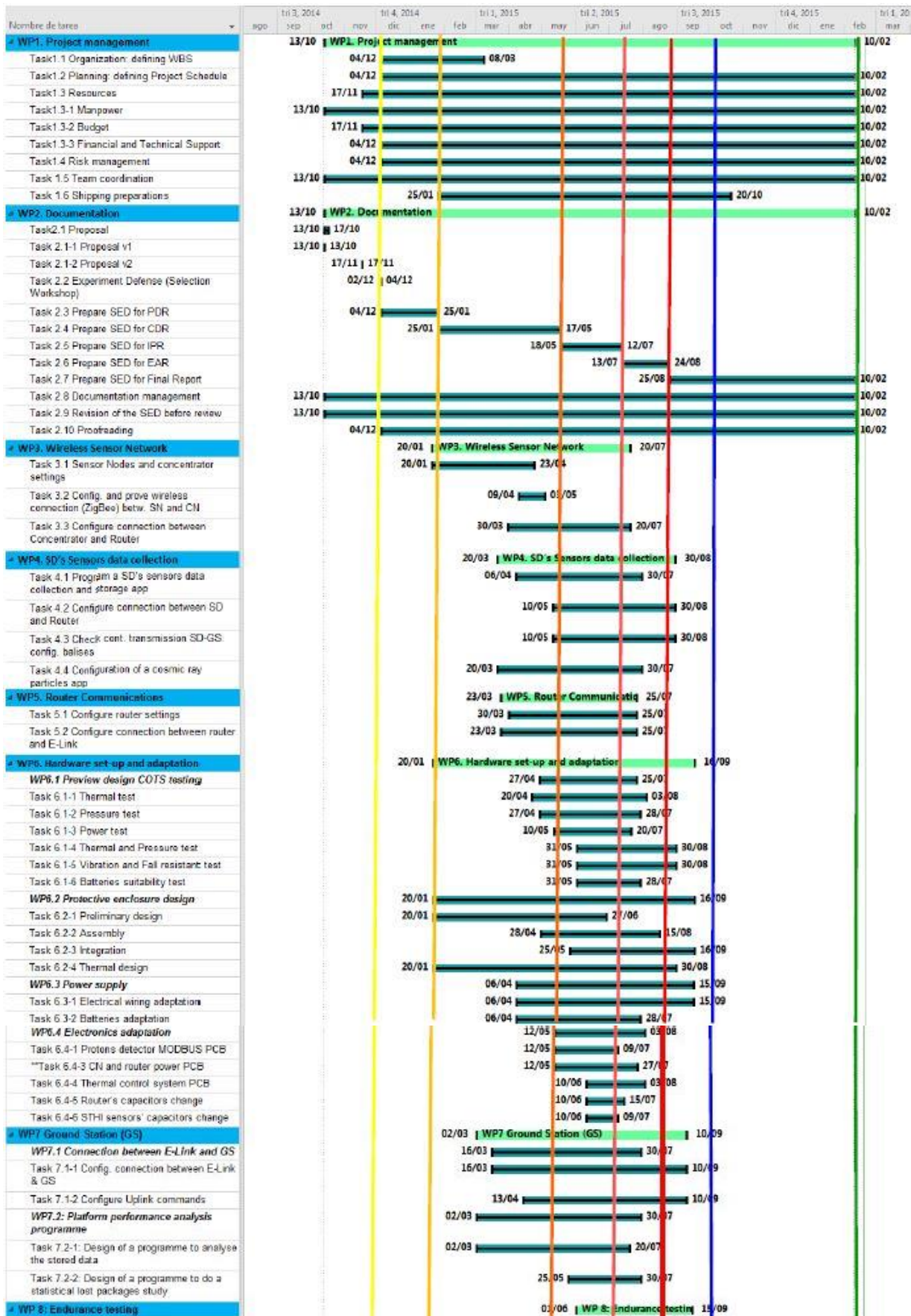
La distribución temporal de tareas se realizó después de la identificación de las tareas, la creación del WBS y la asignación de los recursos disponibles a dichas tareas. Los aspectos más importantes que se consideraron fueron:

- Hitos del proyecto, principalmente provenientes del programa REXUS/BEXUS.
- Fechas de entrega
- Recursos disponibles

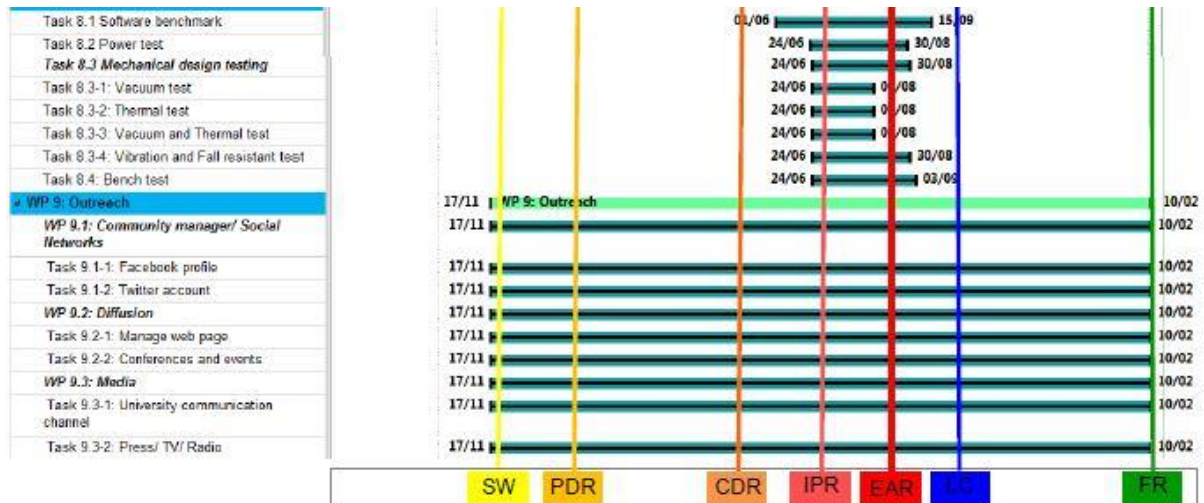
Se definió un calendario preliminar y se actualizó periódicamente. Antes de los hitos, el responsable de cada WP debe actualizar sus tareas asociadas en un archivo común. Además, para seguir el progreso del cronograma de una manera visual se creó un Gráfico de Gantt que incluía los plazos de los hitos del proyecto.



Figura 1-5: Visión global del Gantt Chart







### 1.4.5 Gestión de patrocinadores y soporte externo

El proyecto contaba con tres tipos de apoyo externo: técnico y científico, público y privado. En cuanto a los públicos y privados, la forma de obtener apoyo era diferente. En las instituciones públicas los plazos eran más altos y se necesitaba más documentación, pero los procedimientos eran estándar. Por esta razón, planificar de antemano las necesidades del proyecto que debían cubrirse para los patrocinadores públicos se volvió más crítico. En las instituciones privadas, el enfoque era diferente porque el procedimiento debía ser personalizado para cada empresa.

### 1.4.6 Control del Proyecto

El control del proyecto se desarrolló utilizando los hitos como puntos de control. Antes de cada hito, el progreso del trabajo de cada WP fue enviado por los responsables al Team Leader. Este informe actualizó el Plan de Gestión y reflejó la visión general del estado del proyecto. Además, el Plan de Gestión de Riesgos se actualizó en cada etapa.

### 1.4.7 Gestión de equipos

La gestión de equipos ha sido el tema más desafiante en este trabajo y probablemente el más difícil. La comunicación dentro del equipo es la clave del éxito en cada proyecto y considerarlo en un Plan de Gestión de Proyectos es esencial desde el principio. La gestión se ha enfocado en dar solución a las particularidades de un proyecto de estudiantes.

## 1.5 Gestión de riesgos

La identificación y evaluación del riesgo es una actividad esencial que debe realizarse desde las primeras etapas del Proyecto. Por esta razón, junto con el Plan de Gestión del Proyecto, se estableció y se controló un Plan de Gestión de Riesgos. Cuanto antes se haya identificado el riesgo, menos costará.

En primer lugar, era necesario responder a la pregunta: ¿Cuáles son los riesgos? La identificación del riesgo comenzó una vez que se establecieron los objetivos y el plan preliminar del proyecto, incluyendo la WBS, los recursos y el calendario. Luego se realizó una lluvia de ideas sobre las posibles fuentes comunes de riesgo. El análisis fue en una creciente escala de detalle en un proceso iterativo. Después, los riesgos deben ser clasificados en ciertas categorías relevantes.

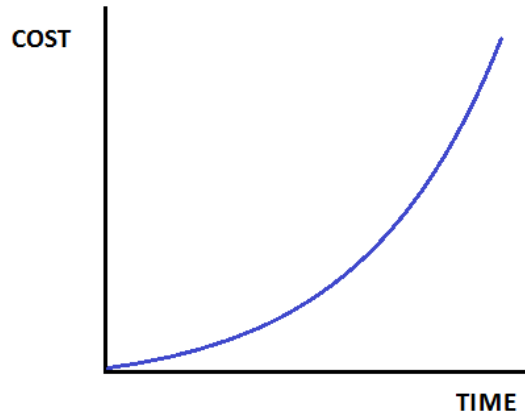


Figura 1-6: Coste vs Tiempo

Más tarde, se cuantificó el riesgo: ¿Qué probabilidad hay de fallo? Y ¿Cómo de grave sería? La probabilidad (P) y la severidad (S) pueden estimarse, y combinarse para dar lugar a un indicador de riesgo (PxS) que clasifique los riesgos. Posteriormente, se proponen acciones para mitigarlos o reducirlos. Y finalmente, se registran.

Figura 1-7: Ejemplo de Indicador de Riesgo. Crédito: EuroLaunch [12]

Probability (P)	E	low	medium	high	very high	very high
	D	low	low	medium	high	very high
	C	very low	low	low	medium	high
	B	very low	very low	low	low	medium
	A	very low	very low	very low	very low	low
			1	2	3	4
		Severity (S)				

### 1.6 Logística y gestión de material

Las principales actividades desarrolladas relacionadas con la logística fueron la gestión de viajes, el envío del experimento a Kiruna y la búsqueda y compra de materiales, así como la gestión de inventarios para garantizar que el experimento tenía el material necesario en el tiempo.

Figure 1-8: Ejemplo de presupuesto para la gestión de viajes

Budget SPADE Experiment					
	WORK-RELATED TRAVELS	TOTAL COST	Detalles	Devolución a ETSI	Pago ETSI
LOGISTICS	Selection Workshop. ESA/ESTEC Noordwijk (The Netherlands), 1-5 December 2014	1.263,28 €	3 vuelos: 417,76 €+2*422,76€	1.263,28 €	0,00 €
	Air Travel (economy fare) Seville (Spain) - Amsterdam (The Netherlands)				
	Students Training Week. DLR Oberpfaffenhofen (Germany), 9-13 February 2015	1.957,40 €	4 vuelos: 3*496,85€ +466,85€	1.600,00 €	357,40 €
	Train travel (economy fare) Seville (Spain) - Madrid (Spain)				
	Air Travel (economy fare) Madrid (Spain) - Munich (Germany)				
	Air Travel (economy fare) Munich (Germany) - Barcelona (Spain) - Seville (Spain)				
	BEXUS Critical Design Reviews (CDRs). ESA/ESTEC Noordwijk (The Netherlands), 18-21 May 2	1.365,71 €	4 vuelos: 3*253,11€ +606,38€	Pendiente**	
	Air Travel (economy fare) Seville (Spain) - Amsterdam (The Netherlands)				
<b>Subtotal</b>	<b>4.586,39 €</b>			<b>2.863,28 €</b>	<b>357,40 €</b>

\* Se detallan los vuelos que se han adelantado y las devoluciones a la Escuela      \*\* Al ser el valor menor a 1600 €, se espera la devolución íntegra de todos los vuelos.

The contents of this document is property of SPADE Experiment, Escuela Técnica Superior de Ingenieros (University of Seville).  
The total or partial reproduction is totally prohibited without the explicit permission from their authors.

## **1.7 Documentación y mejora de la corrección**

La documentación se ha dividido en la creación de documentación administrativa para diversas tareas y de la revisión de la documentación técnica.

## **1.8 Difusión (outreach)**

El objetivo era llegar al mayor público posible. El esbozo del programa de difusión fue:

- Utilizar el sitio web y las redes sociales para ofrecer las actividades de difusión más destacadas: compartir las noticias, los patrocinadores y los detalles del programa REXUS / BEXUS y una breve información sobre las revisiones del proyecto, utilizando un lenguaje no técnico. Además, se utilizó para contactar con otros equipos seleccionados que previamente participaron en el programa, así como con otras personas y científicos interesados en nuestro proyecto. La información fue proporcionada en inglés y español.
- Utilizar el contacto en diferentes asociaciones de ingenieros y la radio local para difundir el proyecto.
- Introducir el proyecto al entorno universitario ya la escuela secundaria para despertar el interés de los jóvenes por la ingeniería y el sector espacial.

## **1.9 Resultados**

SPADE fue construido a tiempo, lanzado y recuperado con unos porcentajes de éxito entorno al 80 %. Por esta razón, se considera que la planificación propuesta cumple con los objetivos de este TFG.



## 2 CONCLUSIONES

---

En un proyecto cercano al espacio, los requisitos y las limitaciones son muy estrictas con un entorno ambiental muy severo. Además, los lanzamientos son mucho más caros y están restringidos por fechas y disponibilidad de técnicos y bases de lanzamiento. Por estas razones, el análisis de riesgos y los planes de mitigación son prácticamente obligatorios y un buen Plan de Gestión es muy importante.



# REFERENCIAS

---

- [1] REXUS/BEXUS Programme, 2017. [Online]. Available: <http://rexbexus.net>. [Accessed 3 July 2017].
- [2] REXUS/BEXUS Programme, "BX2021\_CAM\_Campaign Schedule\_v1-1\_27Mar15", 2015.
- [3] Proc. "21st ESA Symposium on European Rocket & Balloon Programmes and Related Research", ESA SP-721, Thun, Switzerland, October 2013.
- [4] EuroLaunch, "BX\_UserManual\_v6-10\_05Feb14", 2014.
- [5] EuroLaunch, "RXBX08\_SSC\_SEL\_Experiments for Balloons, Estring and STW 2014\_Alex Kinnaird", 2014.
- [6] SPADE team, "BX21\_SPADE\_SED\_V5-1\_23May16", Sevilla, Spain, 2016.
- [7] M. Marszalek, M. Rummelhagen and F. Schramm, "Potentials and Limitations of IEEE 802.11 for Satellite Swarms," in *Aerospace Conference*, IEEE Conference Publications, 2014.
- [8] T. Stone, R. Alena, J. Baldwin and P. Wilson, "A viable COTS based wireless architecture for spacecraft avionics," in *Aerospace Conference*, IEEE Conference Publications, 2012.
- [9] A. Akbulut, F. Patlar, A. H. Zaim and G. Yilmaz, "Wireless sensor networks for space and Solar-system missions," in *5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)*, IEEE Conference Publications, 2011.
- [10] European Space Agency (ESA), "ESA Website: Wireless Networks Spread From Earth to Space," 28 July 2009. [Online]. Available: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Engineering\\_Technology/Wireless\\_networks\\_spread\\_from\\_Earth\\_to\\_space](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Wireless_networks_spread_from_Earth_to_space).
- [11] REXUS/BEXUS Programme, "REXUS/BEXUS (Rocket/Balloon Experiments for University Students)," 7 October 2015. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/rexbexus/photos/pcb.10153240523657123/10153240523317123>. [Accessed 3 July 2017].
- [12] EuroLaunch, "RXBX\_SED\_guidelines\_v5-1\_11Jun14", 2014.
- [13] European Space Agency (ESA), "Space project management. Project planning and implementation." (ECSS-M-ST-10C\_Rev.16March2009), ESA-ESTEC, Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, 2009.