



METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE UN PROYECTO DE SOPORTE TÉCNICO SOBRE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE VIENTO

Inés De La Cruz Castellano

Tutora: Eva Antonino Daviu

Trabajo Fin de Grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Curso 2020-21

Valencia, 08 de Septiembre de 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TELECOM ESCUELA
TÉCNICA **VLC** SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIÓN





Resumen

Este trabajo trata del desarrollo de una metodología concreta para llevar a cabo la gestión de un proyecto que da soporte técnico a un sistema de medición de viento. El sistema está formado por la conexión de cuatro nodos de antenas que se ocupan de la recolección y el procesamiento de datos de viento, como la temperatura y la velocidad, mediante el uso de sensores de medición. Después, cada nodo recopila los datos y los reenvía a un nodo central que, a través de una red ad hoc inalámbrica, procesa los datos y los encaminan a una interfaz web, donde se visualizan los datos tanto en tablas numéricas, como en gráficas a tiempo real. Esta metodología se estructura en siete capítulos: primero el marco de desarrollo detallado de cada parte, segundo la estructura de organización, evaluación, flujo de trabajo y metodología, tercero estudio de mercado y planificación del presupuesto, cuarto análisis de los requisitos necesarios para el funcionamiento del sistema, quinto análisis detallado de los riesgos, sexto valoración de los indicadores de rendimiento, séptimo ejecución final completa y exposición de los resultados.

Resum

Aquest treball tracta del desenvolupament d'una metodologia concreta per a dur a terme la gestió d'un projecte que dóna suport tècnic a un sistema de mesurament de vent. El sistema està format per la connexió de quatre nodes d'antenes que s'ocupen de la recollida i el processament de dades de vent, com la temperatura i la velocitat, mitjançant l'ús de sensors de mesurament. Després, cada node recopila les dades i els reenvia a un node central que, a través d'una xarxa ad hoc sense fil, processa les dades i els encaminen a una interfície web, on es visualitzen les dades tant en taules numèriques, com en gràfiques a temps real. Aquesta metodologia s'estructura en set capítols: primer el marc de desenvolupament detallat de cada part, segon l'estructura d'organització, avaluació, flux de treball i metodologia, tercer estudi de mercat i planificació del pressupost, quarta anàlisi dels requisits necessaris per al funcionament del sistema, cinquena anàlisi detallada dels riscos, sisè valoració dels indicadors de rendiment, setè execució final completa i exposició dels resultats.

Abstract

This work deals with the development of a concrete methodology to carry out the management of a project that gives technical support to a wind measurement system. The system consists of the connection of four antenna nodes that deal with the collection and processing of wind data, such as temperature and speed, by using measurement sensors. Each node then collects the data and forwards it to a central node which, through a wireless ad hoc network, processes the data and routes it to a web interface, where the data is visualised in both numerical tables and real-time graphs. This methodology is structured in seven chapters: first the detailed development framework of each part, second the organisational structure, evaluation, workflow and methodology, third market research and budget planning, fourth analysis of the requirements





necessary for the operation of the system, fifth detailed risk analysis, sixth assessment of the performance indicators, seventh complete final implementation and presentation of the results.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodología	4
1.3.1. Desglose del Trabajo	5
1.3.2. Diagrama Temporal.....	6
2. MARCO DE DESARROLLO	8
2.1. Estructura	12
2.1.1. Concepto.....	12
2.1.2. Componentes	13
2.2. Antena	16
2.2.1. Concepto.....	16
2.2.2. Componentes	19
2.2.3. Ubicación	20
2.3. Fuente de Alimentación	22
2.3.1. Concepto.....	22
2.3.2. Componentes	23
2.4. Almacenamiento de Datos y Página Web	25
2.4.1. Concepto.....	25
2.4.2. Componentes	27
2.4.3. Casos de Uso	29
3. ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO.....	30
3.1. Gestión de Proyectos.....	30
3.2. Trabajo Técnico.....	31
3.3. Pautas de Funcionamiento.....	32
3.3.1. Flujo de Trabajo Interno.....	32





3.3.2.	Flujo de Trabajo Externo.....	34
3.3.3.	Medidas Actuación por COVID -19	35
3.4.	Metodología de Evaluación.....	36
4.	ESTUDIO DE MERCADO	37
4.1.	Estructura	37
4.2.	Antena	38
4.3.	Fuente de Alimentación	39
5.	REQUISITOS PARA EL DESARROLLO.....	40
5.1.	Estructura	41
5.2.	Antena	44
5.3.	Fuente de Alimentación	46
5.4.	Interfaz Web.....	48
6.	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	50
6.1.	Estructura	51
6.2.	Antena	52
6.3.	Fuente de Alimentación	53
6.4.	Interfaz Web.....	54
6.5.	Gestión de Equipos.....	56
7.	INDICADORES DEL RENDIMIENTO (KPI)	57
8.	PRESUPUESTO	58
9.	DEMOSTRACIÓN FINAL	59
10.	RESULTADOS FINALES	60
11.	CONCLUSIÓN	68
11.1.	Conclusiones del Proyecto	68
11.2.	Líneas Futuras de Desarrollo.....	69
	BIBLIOGRAFIA.....	70





Índice de Figuras

FIGURA 1. DIAGRAMA DE LA ESTRUCTURA DE TRABAJO.....	5
FIGURA 2. ESQUEMA DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE VIENTO.....	8
FIGURA 3. DIAGRAMA DEL SISTEMA.....	10
FIGURA 4. MÁSTIL.....	13
FIGURA 5. TRÍPODE AJUSTABLE.....	13
FIGURA 6. DIBUJO ESQUEMÁTICO DE LA PIEZA ENTRE TRÍPODE Y MÁSTIL.....	14
FIGURA 7. DIBUJO ESQUEMÁTICO DE LA PIEZA ENTRE LA ESTRUCTURA Y EL SENSOR.....	14
FIGURA 8. CABLE SMA.....	14
FIGURA 9. EJEMPLOS ABRAZADERAS, TUERCAS Y TORNILLOS.....	14
FIGURA 10. DIBUJO ESQUEMÁTICO DEL SOPORTE.....	15
FIGURA 11. CAPA SUPERIOR E INFERIOR DE LA ANTENA VIVALDI.....	16
FIGURA 12. SIMULACIÓN PÉRDIDAS DE RETORNO.....	16
FIGURA 13. SIMULACIÓN DE GANANCIA.....	17
FIGURA 14. PLANO HORIZONTAL DEL PATRÓN DE RADIACIÓN.....	17
FIGURA 15. PLANO VERTICAL DEL PATRÓN DE RADIACIÓN.....	18
FIGURA 16. ANTENA VIVALDI.....	19
FIGURA 17. DIBUJO ESQUEMÁTICO DEL ELIPSOIDE DE FRESNEL.....	20
FIGURA 18. PLANO REAL DE LA DISTRIBUCIÓN ESTRUCTURAL.....	21
FIGURA 19. DIAGRAMA DE ANTENAS HPBW.....	21
FIGURA 20. CIRCUITO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	22
FIGURA 21. CONVERTIDOR AC/DC.....	23
FIGURA 22. DIODO 80SQ045NG.....	23
FIGURA 23. BATERÍA 12V-7AH.....	23
FIGURA 24. CARGADOR DE BATERÍA.....	23
FIGURA 25. CONVERTIDORES DE POTENCIA.....	24
FIGURA 26. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ALTO NIVEL.....	25
FIGURA 27. DIAGRAMA DE SECUENCIA - ESCENARIO 1.....	26
FIGURA 28. DIAGRAMA DE SECUENCIA - ESCENARIO 2.....	26
FIGURA 29. TABLA DE DATOS.....	27
FIGURA 30. MAPA CONEXIONES DE LA INTERFAZ.....	28
FIGURA 31. DIAGRAMA DE CASOS DE USO.....	29
FIGURA 32. TRUSS.....	37
FIGURA 33. ESQUEMA DE LA CAJA CON SUS DIMENSIONES.....	38
FIGURA 34. ANTENA VIVALDI.....	38
FIGURA 35. PLANO DE UBICACIONES.....	59
FIGURA 36. RESULTADO FINAL DE LA ESTRUCTURA.....	60
FIGURA 37. RESULTADO FINAL DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	61
FIGURA 38. PÉRDIDAS DE RETORNO SEGÚN LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN.....	61
FIGURA 39. GANANCIA DE LA ANTENA SEGÚN SU ACHO DE HAZ.....	62
FIGURA 40. PÁGINA INICIO DE SESIÓN.....	62
FIGURA 41. PÁGINA DE REGISTRO.....	63
FIGURA 42. PÁGINA DE INICIO.....	63
FIGURA 43. PÁGINA DE RUEDAS DE VIENTO.....	64
FIGURA 44. PÁGINA DE NODO.....	65
FIGURA 45. PÁGINA DEL NODO DEL VIENTO.....	66
FIGURA 46. PÁGINA DE NODO DE GRÁFICO.....	66
FIGURA 47. PÁGINA DE ALERTAS.....	67





Índice de Tablas

TABLA 1. DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO DEL EQUIPO DE SOPORTO TÉCNICO	6
TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE LA GESTIÓN DEL PROYECTO	30
TABLA 3. ETIQUETA PARA EL ESTADO DE LOS REQUISITOS.....	40
TABLA 4. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL MÁSTIL.....	41
TABLA 5. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL TRÍPODE	42
TABLA 6. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LA CAJA DE ALMACENAMIENTO	42
TABLA 7. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL MONTAJE DE LA ESTRUCTURA	43
TABLA 8. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LA ANTENA.....	45
TABLA 9. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	46
TABLA 10. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LA BATERÍA.....	47
TABLA 11. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL CABLEADO.....	47
TABLA 12. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LA INTERFAZ WEB.....	49
TABLA 13. MATRIZ PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS	50
TABLA 14. ANÁLISIS DE LOS RIESGO DE LA ESTRUCTURA	51
TABLA 15. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS DE LA ANTENA	52
TABLA 16. ANÁLISIS DEL RIESGO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	53
TABLA 17. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS DE LA INTERFAZ WEB.....	55
TABLA 18. ANÁLISIS DE LOS RIEGOS DE LA GESTIÓN DE EQUIPOS	56
TABLA 19. DESGLOSE PRESUPUESTO FINAL DEL PROYECTO.....	58





1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es proporcionar una perspectiva de la metodología desarrollada para la gestión de un proyecto de ingeniería dentro de un entorno universitario. De este modo, se conocerá cómo se llevaría a cabo un proyecto en la vida real de un ingeniero, pues es un sistema que requiere de altas capacidades técnicas, organizativas y estructurales para su desarrollo y aplicación.

La realización de este trabajo proporciona a los futuros ingenieros los conocimientos necesarios para utilizar metodologías de especificación y desarrollo de sistemas a partir del conocimiento de la función a realizar. Así evaluar la oferta de productos existentes e identificar funciones para introducir elementos innovadores que permitan diferenciar la solución propuesta, participar en el trabajo en equipo y autoevaluar su contribución al trabajo en equipo.

Por lo tanto, a lo largo del trabajo se va a mostrar la metodología llevada a cabo para el desarrollo del proyecto, desde el marco técnico a desarrollar, la planificación de subequipos y tareas, la elección y compra de los componentes del sistema diseñado, hasta el montaje y demostración del mismo.

El sistema de medición de viento que se ha desarrollado se basa en la conexión de cuatro nodos de antenas que se ocupan de la recolección y el procesamiento de datos de viento, como la temperatura y la velocidad, mediante el uso de sensores que miden las métricas en un área específica. Cada nodo recopila datos y los reenvía a un nodo central o nodo maestro que a través de una red ad hoc inalámbrica, los datos se procesan y encaminan a una página web desarrollada para este proyecto.

Además, el sistema de medición de viento está compuesto por cuatro equipos que de manera interrelacionada gestionan proyectos que se enfocan en diferentes áreas y subsistemas del propio sistema. Estos equipos se dividen en:

- ◆ Proyecto sobre los sensores de viento que realizarán la medición: este equipo se responsabiliza del correcto desarrollo de los sensores de viento y de su implementación.
- ◆ Proyecto sobre el protocolo de red para la transmisión y comunicación de los datos: este equipo se encarga de que el sistema de redes funcione con un correcto direccionamiento.
- ◆ Proyecto sobre el estudio de las formas de ondas recibidas y transmitidas: este equipo se encarga que la transmisión y recepción de las ondas por radio se realice correctamente a una frecuencia de transmisión entre 1.24 GHz y 1.3 GHz.
- ◆ Proyecto sobre el soporte técnico de las antenas y la web: este equipo es responsable de la instalación y el funcionamiento de la estructura física de cada antena del sistema y del desarrollo de la página web donde se visualizarán los datos recogidos por los sensores. Este es el proyecto sobre el que versa el trabajo.





1.1. Motivación

Este trabajo surgió tras la maravillosa experiencia de Erasmus en la Universidad de Ingeniería de Oporto, más concretamente en la Facultad de Ingeniería Electrónica, que a pesar de vivirla en plena pandemia, pude descubrir nuevas tecnologías y métodos de estudio.

Este trabajo fue motivado al realizar una asignatura que consistía en desarrollar un sistema de medición de viento. La asignatura la escogí por el interés que me creaba poder desarrollar un sistema tecnológico. Por eso, tras finalizar la asignatura, quise indagar más en los requisitos que son necesarios en el mundo empresarial para que un proyecto de esta envergadura, este bien estructurado y organizado desde el principio hasta el final, cumpliendo con todos los requisitos para su correcto desarrollo y funcionamiento.

Por ello, la metodología explicada conlleva un buen desarrollo técnico, una organización grupal estructurada de distribución de tareas, una correcta metodología de evaluación y unos procedimientos de análisis de riesgos y rendimiento específicos. Todos ellos desde una perspectiva de telecomunicaciones y aplicando todo lo aprendido a lo largo de la carrera. Además, personalmente esa asignatura y este trabajo han reforzado la idea, que tengo para continuar con mis estudios, de realizar un Master sobre Gestión de Proyectos pues me resulta un campo muy amplio e interesante.

Por lo tanto, la oportunidad que supuso el desarrollo de un proyecto de estas características me permitió aplicar mis conocimientos sobre una serie de herramientas tecnológicas no solo potentes, sino que el mercado laboral requiere de profesionales que sepan manejarse con ellas. Aunque la carrera aporta una importante base de conocimientos técnicos y prácticos, este tipo de enseñanza académica fue una gran oportunidad de crecimiento personal, profesional e internacional.





1.2. Objetivos

A continuación, se mostrarán los objetivos marcados a cumplir en el TFG:

1. Análisis de los requisitos necesarios para el desarrollo de un sistema electrónico de medición de viento
2. Utilización de metodologías de análisis en el ámbito de Gestión de Proyectos
3. Evaluación de la viabilidad de utilizar un sensor de viento vectorial para medir fenómenos de flujo de viento rápido
4. Investigación de componentes en el mercado y elegir lo más útiles e innovadores
5. Aplicación de técnicas de modelización y de análisis de sistemas
6. Recopilación de medidas de viento vectorial sincronizadas
7. Planificación de tareas grupales
8. Organización y buena comunicación entre los diferentes equipos del proyecto
9. Definición de soluciones específicas para conseguir la integración de un sistema complejo de medición de viento, transmisión y comunicación de información en tiempo real
10. Evaluación y desarrollo de soluciones a problemas técnicos reales
11. Utilización de principios y conceptos de la Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación
12. Creación de un sistema completo funcional orientado al cliente
13. Desarrollo de una interfaz web capaz de mostrar datos a tiempo real con localización y orientación geográfica





1.3. Metodología

El proyecto consiste en la realización de un sistema de medición de viento que se divide en 4 partes, asignadas a 4 equipos. Primero, se crea un sensor de viento basado en el cambio de fase de la onda acústica, después se conecta a un controlador por procesador integrado (FPGA), luego se transmiten los datos mediante formas de ondas gestionadas en CPU y una interfaz USB para radio definida por software (SDR), y finalmente todo ello sustentado por antenas TX/RX combinadas que proyectaban la información en una interfaz web desarrollada específicamente para el proyecto.

Mi equipo se encargaba del soporte técnico para la antena, la estructura, la fuente de alimentación y la interfaz web. Primero, se realizó en una reunión de equipo donde se definió la organización, la distribución de tareas y el modo de funcionamiento para la toma de decisiones. Luego, se realizó un estudio de mercado para ver que materiales y componentes estaban disponibles en el mercado, que opciones habían y cual se ajustaba mejor al presupuesto. Después, en posesión de los materiales recibidos se comenzó a montar el sistema y a desarrollar la interfaz web. Finalmente, se realizó una demostración a tiempo real para los profesores.

La metodología desarrollada en este trabajo añade pasos relevantes para el correcto desarrollo del proyecto como son los procesos de validación para la decisiones, la metodología de evaluación dentro del propio equipo, el concepto del sistema desglosando cada parte en sus características, utilidades y materiales necesarios, análisis de los riesgos que podrían existir y cuáles serían los indicadores de rendimiento.

Por lo tanto, la metodología se estructura en 7 capítulos: primero el marco de desarrollo detallado de cada parte, segundo la estructura de organización, evaluación, flujo de trabajo y metodología, tercero estudio de mercado y planificación del presupuesto, cuarto análisis de los requisitos necesarios para el funcionamiento del sistema, quinto análisis detallado de los riesgos, sexto valorar los indicadores de rendimiento, séptimo ejecución final completa y exposición de los resultados.

Además, la metodología se enfoca en integrar cada aspecto relevante de un proyecto tecnológico. Por una parte, los aspectos técnicos como el tiempo, el coste, la calidad, los recursos humanos, la transmisión de información, los riesgos y las provisiones. Por otra parte, los aspectos sociales como la cultura y política organizacional, la comunicación personal, las reuniones, las herramientas sociales, la disciplina, el liderazgo y los roles de equipo.



1.3.1. Desglose del Trabajo

La Estructura de desglose del trabajo es el proceso de subdividir las tareas del proyecto en componentes más pequeños y manejables que deben ser completados por el equipo, de manera jerárquica. El propósito es poder tener una visión general del trabajo con el que poder llevar a cabo una organización de tareas más detallada y precisa para el correcto desarrollo del trabajo de forma ordenada y coherente.

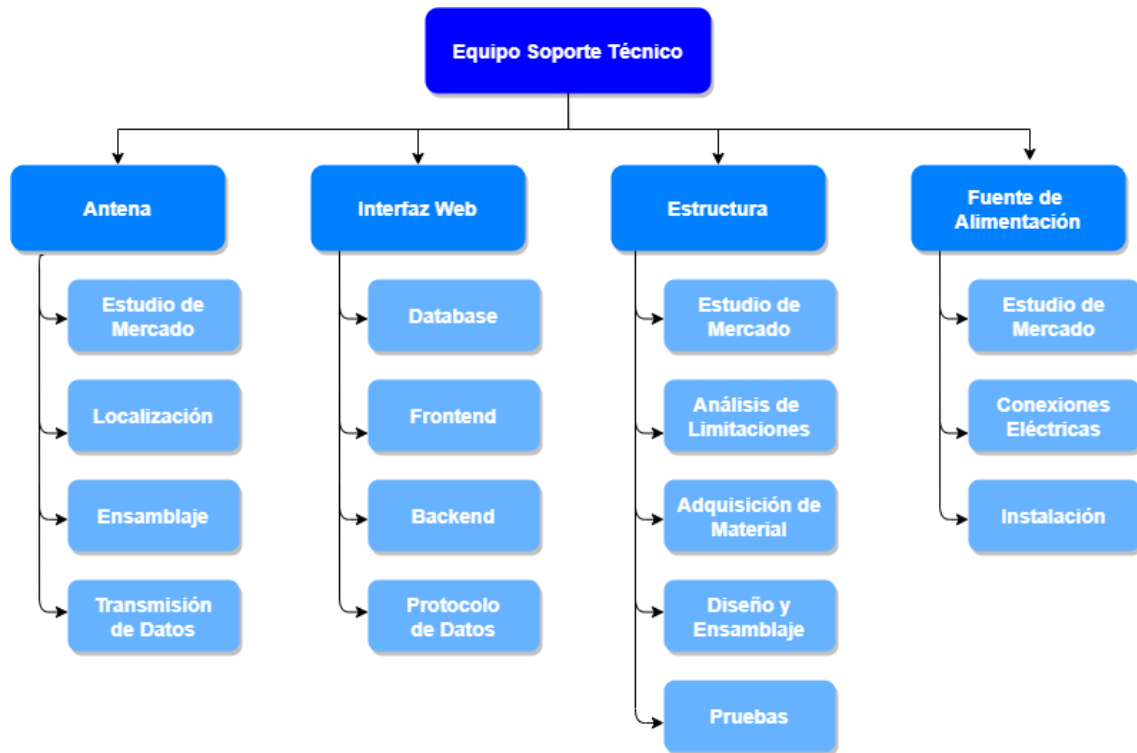


Figura 1. Diagrama de la Estructura de Trabajo

Por ello desarrollamos un diagrama para su mejor comprensión como el de la Figura 1 donde se observa que el equipo del Proyecto de Soporte Técnico se divide en 4 bloques principales: diseño y montaje de la antena, desarrollo de la interfaz web, diseño y montaje de la estructura, y creación del circuito de alimentación. Cada uno de los bloques tiene una sub división de tareas para tener una mayor estructuración y organización del tiempo necesario para el proyecto.

1.3.2. Diagrama Temporal

La distribución temporal del proyecto se planeó para un período de casi 4 meses, es decir, en el tiempo de duración del primer cuatrimestre. Los 4 meses restantes, fueron para el desarrollo de mi Trabajo Final del Grado durante el segundo cuatrimestre, como se puede observar en el Diagrama de Gantt de la Tabla 1.

Tarea	Inicio	Final	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
1. Organización del Equipo	01/10/2020	15/10/2020	█							
2. Estudio del Mercado y Presupuesto	15/10/2020	15/11/2020	█	█						
3. Recepción de Materiales	15/11/2020	07/12/2020		█	█					
4. Construcción de la Antena	07/12/2020	07/12/2020			█					
5. Ensamblaje de la Estructura	07/12/2020	14/12/2020			█					
6. Elección de la Localización	07/12/2020	14/12/2020			█					
7. Desarrollo del Backend Web	01/12/2020	27/12/2020			█					
8. Desarrollo del Frontend Web	10/12/2020	10/01/2021			█	█				
9. Ensamblaje de la Fuente de Alimentación	10/01/2021	15/01/2021				█				
10. Integración con los otros Equipos	15/01/2021	17/01/2021				█				
11. Pruebas del Funcionamiento Conjunto	17/01/2021	23/01/2021				█				
12. Preparación de la Demostración	20/01/2021	25/01/2021				█				
13. Estudio sobre las Metodologías y Procesos	01/02/2021	15/02/2021					█			
14. Redacción de la Introducción	15/02/2021	17/03/2021					█	█		
15. Desarrollo del Manual de Calidad	17/03/2021	10/04/2021						█	█	
16. Desarrollo de los Requisitos del Sistema	10/04/2021	20/04/2021							█	
17. Redacción del Análisis de Riesgos	20/04/2021	30/04/2021							█	
18. Desarrollo de los Indicadores de Rendimientos	30/04/2021	15/05/2021							█	█
19. Redacción de las Conclusiones	15/05/2021	31/05/2021								█

Tabla 1. Diagrama de Gantt del proyecto del Equipo de Soporto Técnico



Como se muestra en el calendario del proyecto, durante las dos primeras semanas, el equipo trató de organizar y asignar posiciones a cada elemento. Después, los miembros del equipo se dedicaron a elaborar el Estudio del Mercado y el Presupuesto. Luego, una vez llegaron los materiales se comenzó con el montaje de la antena y la estructura.

Seguimos con el desarrollo de la interfaz web durante un mes, y finalmente se montó la fuente de alimentación y se pudo ensamblar todas las partes del sistema.

Por otro lado, llevé a cabo mis tareas individuales para la redacción del trabajo. Comencé con una búsqueda en internet de diferentes metodologías y procesos, y ya una vez decidida comencé con la redacción de las diferentes partes. Dejando listo el trabajo a finales de Mayo, solo que la presentación sea pospuesta hasta Septiembre por exámenes y trabajo.



2. MARCO DE DESARROLLO

El sistema de medición de viento que se ha desarrollado se basa en la conexión de cuatro nodos de antenas que se ocupan de la recolección y procesamiento de datos de viento mediante el uso de sensores que miden varias métricas en un área específica. Cada nodo recopila datos y los reenvía a un nodo central o nodo maestro que a través de una red ad hoc inalámbrica, los datos se procesan y encaminan a una página web desarrollada para este proyecto

Además, el sistema de medición de viento está compuesto por cuatro equipos que de manera interrelacionada gestionan proyectos que se enfocan en diferentes áreas y subsistemas del propio sistema como se puede observar en la Figura 2.

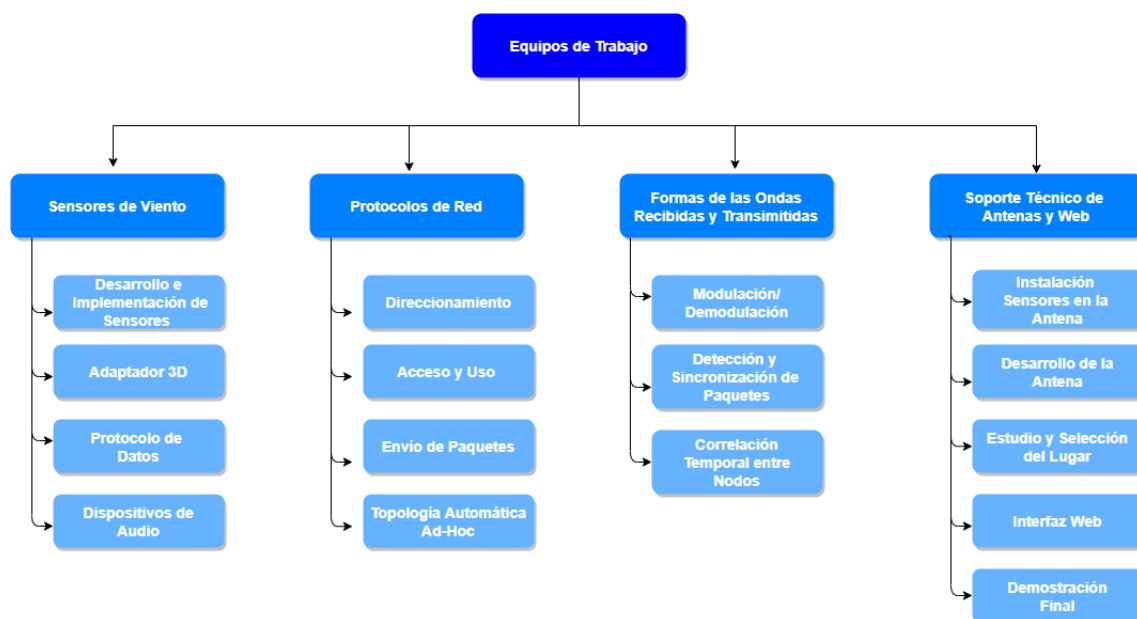


Figura 2. Esquema de la División de Equipos

Empezando con el proyecto del **equipo encargado de los sensores de viento**, estos se ocupan de diseñar la estructura y procesamiento de los sensores de viento, los cuales toman medidas vectoriales a tiempo real de la velocidad del viento. Dichas medidas formateadas son proporcionadas a una Raspberry Pi, la cual contiene un programa desarrollado por el mismo equipo que se encarga de recibir, almacenar y enviar las muestras a un nodo principal a través de la infraestructura desarrollada por los otros equipos. Es por la complejidad de este proyecto que las tareas están subdivididas de la siguiente forma:

- ◆ Diseño y fabricación de la estructura que mantiene los transductores ultrasónicos.
- ◆ Desarrollo de una parte del Frontend de la web
- ◆ Implementación de una cadena de procesamiento de datos en un circuito FPGA en Verilog.
- ◆ Implementación de un programa de recepción y envío de paquetes para Raspberry Pi.

Siguiendo por el proyecto del **equipo encargado del protocolo de red**, este equipo se encuentra a cargo de transmitir los datos recopilados de los sensores de viento en una red de



convergencia estable y ad-hoc. En el contexto del proyecto, este equipo aparece como un bloque fundamental debiendo tomar decisiones de enrutamiento y temporización, siendo determinante en la comunicación entre los diferentes grupos. Por lo que han desarrollado un protocolo específico para describir la comunicación entre los distintos nodos de la red. Dicho protocolo se divide en tres partes fundamentales: enrutamiento, temporización y gestión de red. Por un lado, el enrutamiento es el proceso de reenviar paquetes entre redes, siempre buscando la ruta más óptima, es decir, la más corta y para encontrarla, se debe tener en cuenta la tabla de enrutamiento, la métrica, la distancia administrativa y el ancho de banda (1). Por otro lado, la temporización indica el tiempo que cada nodo debe tardar en comunicarse con su nodo respectivo. Por último, la gestión de la red administra la información sobre cómo y cuándo se han comunicado entre sí los nodos.

Después con el **proyecto del equipo sobre el estudio de las formas de ondas recibidas y transmitidas**, este sustenta la responsabilidad de poder transmitir paquetes de información desde una antena transmisora a otra antena receptora, mediante haces con bajas tasas de error y utilizando un sistema de radio definida por software o SDR (del inglés *Software Defined Radio*). Por tanto, una vez el sistema obtiene datos de la capa del protocolo de red, se encarga de ponerle un encabezado, encapsula los datos, modula la banda base y envía a través de una portadora la información al receptor. Además de tener que aplicar opciones inversas las cuales han de sincronizar la frecuencia con los niveles de paquetes del transmisor.

Finalmente, el **proyecto del equipo de soporte técnico** se centra en los principales temas necesarios para la finalización de los objetivos del sistema final, los cuales son la estructura de la antena, la comunicación de la antena, la interfaz web y la fuente de alimentación del sistema. Es por ello que también se lleva a cabo una subdivisión de tareas:

- ◆ Diseño e implementación de una estructura para la antena de alta resistencia y robustez que soporte y asegure el funcionamiento de los elementos técnicos ante cualquier problema climatológico.
- ◆ Creación y desarrollo de un sistema de almacenamiento de datos y comunicación mediante una interfaz web compuesta por el cliente web, el servidor HTTP, la base de datos y el servidor UDP.
- ◆ Montaje de la fuente de alimentación que permita al sistema funcionar con una batería principal CA.



Por otro lado, para identificar los factores del entorno que pueden afectar al rendimiento del sistema, se requiere más detalle y especificidad para los componentes del sistema y del entorno. Una herramienta excelente para ello es la Estructura de Desglose del Sistema o SBS (del inglés *System Breakdown Structure*). Un SBS es un pictograma jerárquico que muestra los componentes del sistema, del entorno y del usuario pero primero hay que identificar los propios componentes. Se pueden añadir subniveles adicionales en cualquier grado que sea necesario.

A menudo, las personas que no piensan en los sistemas se centran únicamente en los componentes físicos tangibles de un sistema, lo que puede dar lugar a problemas. Sin embargo, debe adaptarse cada diseño a su sistema específico. Por ejemplo, los diseñadores de plataformas petrolíferas en alta mar de petróleo en alta mar tendrían que incluir más factores ambientales relacionados con los mares, el fondo oceánico y la vida submarina. Los niveles superiores del SBS corresponden a los elementos estructurales y después contiene muchos más detalles y un nivel de especificidad que es accionable (2).

Como se puede observar en la Figura 3, el SBS del proyecto realizado dividido en 4 bloques principales con sus respectivas ramas.

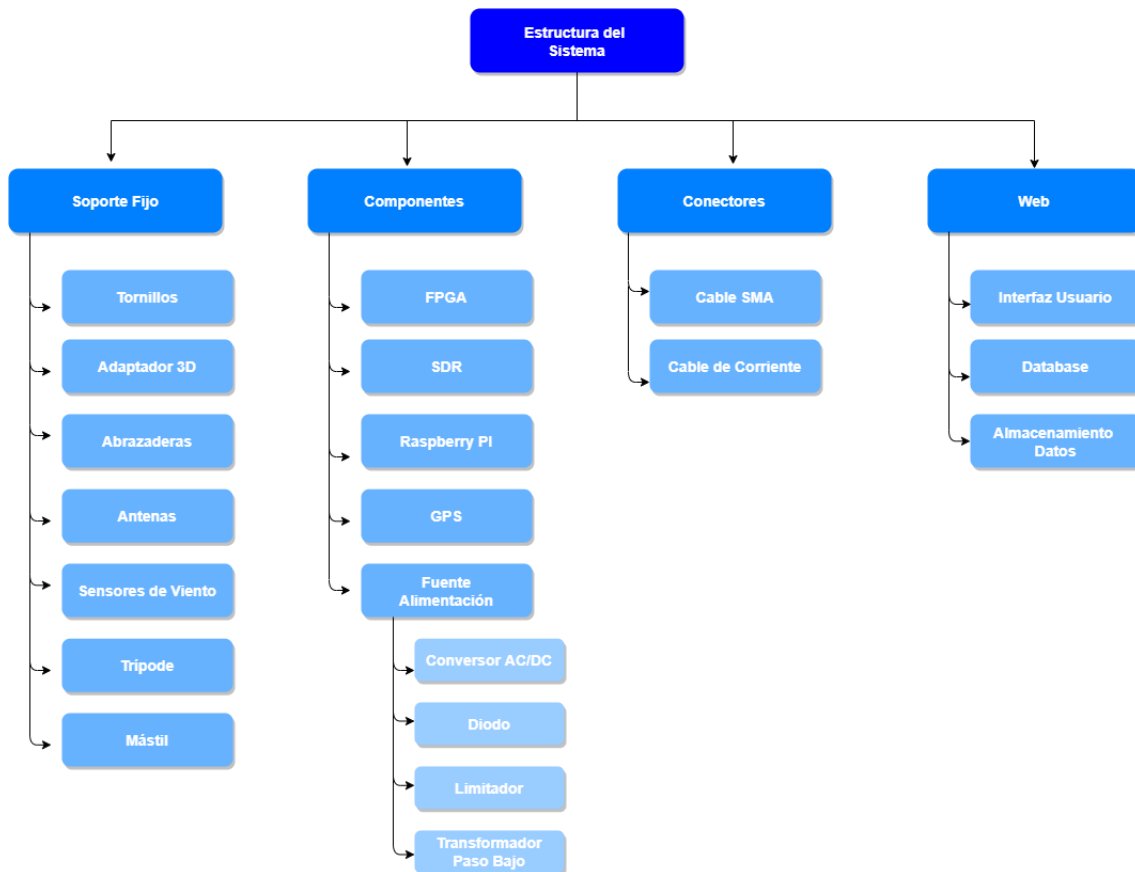


Figura 3. Diagrama de la Estructura de Desglose del Sistema

Además, en la Figura 4 se puede ver visualmente un diagrama de cómo se van a interconectar las diferentes partes y componentes que cada equipo va a realizar.

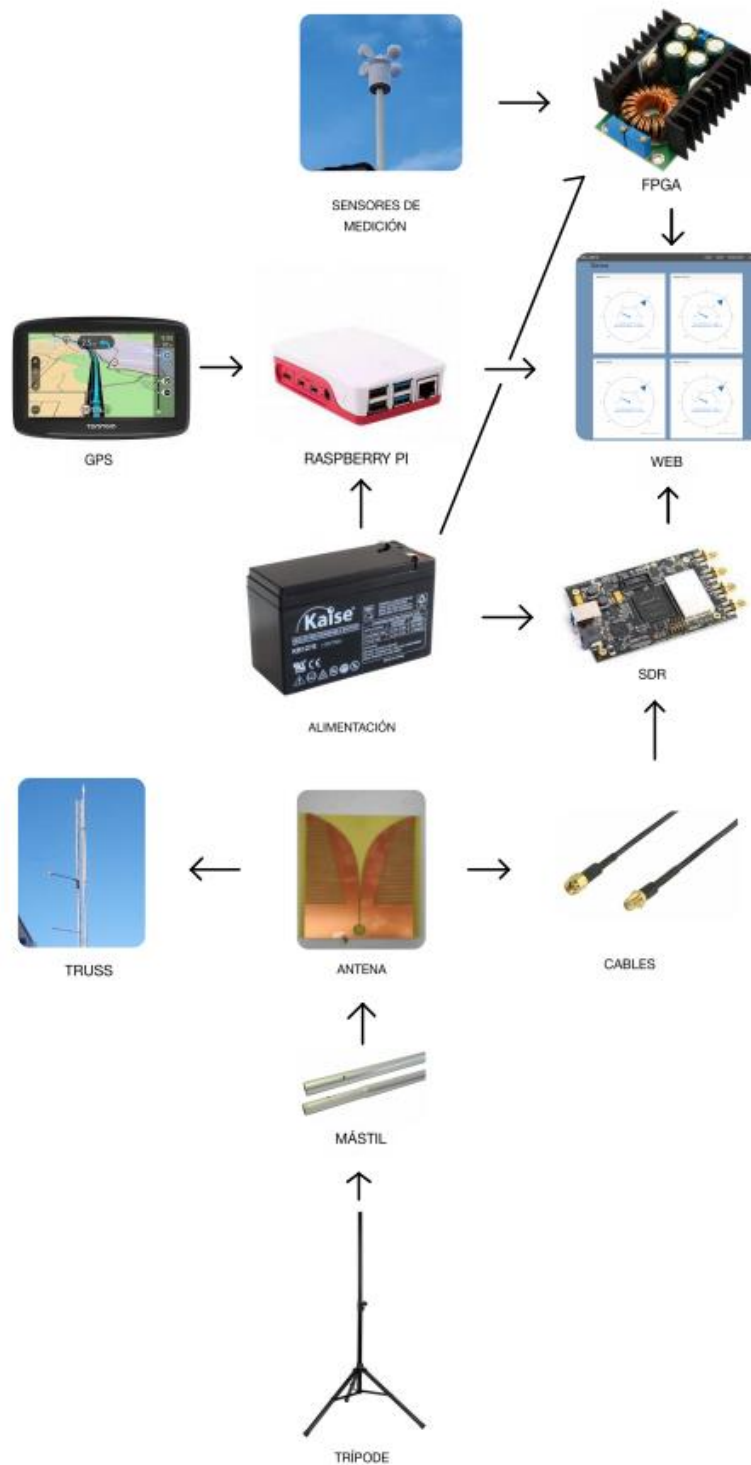


Figura 4. Diagrama del Montaje



2.1. Estructura

2.1.1. Concepto

La estructura del sistema de medición de viento está formada por materiales altamente resistentes, robustos y duraderos para que aseguren el correcto funcionamiento de los elementos técnicos. Es una parte fundamental del proyecto, ya que el sistema depende de su nivel de eficiencia al ser instalada en el tejado de varios edificios de la universidad.

Los ensamblajes consisten en un mástil que conecta la antena con el sensor anemómetro y el trípode. La unión entre trípode-mástil y antena-sensor se realizará mediante un adaptador impreso en 3D. Todo ello se asegura a 3 metros de altura desde el piso más cercano y siempre que sea necesario se usan tuercas y abrazaderas para asegurar todo en su correcta posición. El trípode debe permanecer estable durante todo el proceso de estudio, soportando un peso de alrededor 10 kg. El mástil debe estar firmemente asentado sobre el trípode, así como la antena y el sensor. Además, como la antena y el SDR están a una distancia considerable, se utilizan cables con conectores SMA para conectarlos, salvaguardando su comunicación.

Nótese que todos los materiales físicos deben tener las dimensiones adecuadas para llevar a cabo un montaje correcto y compacto en cada sitio de instalación y además que todos los procedimientos de montaje de cualquiera de los referidos miembros de la estructura solo se implementarán con éxito si existe el uso de accesorios de montaje apropiado para los diferentes procesos de instalación.



2.1.2. Componentes

Las diferentes partes de la estructura son:

Mástil: parte central de la estructura la cual sujeta y une todos los componentes restantes de la estructura. Mide 1.5 metros de largo, tiene un diámetro de 35 mm y está fabricado en acero galvanizado (ver Figura 5).



Figura 5. Mástil

Trípode: al ser la base de la estructura se encarga de sostener y estabilizar todos los demás elementos, asegurando que el sistema se mantenga sólido compacto y firme. Su altura es ajustable, su diámetro de 3 mm y su material es acero galvanizado (ver Figura 6).



Figura 6. Trípode ajustable

Montaje de las estructuras: se diseñan dos piezas con Autocad¹ para posteriormente imprimirlas en 3D. Una pieza será encargada de unir fija y uniformemente el mástil con el trípode y la otra pieza une toda la estructura con el sensor de viento (ver Figuras 7 y 8).

¹ Autocad es un software de diseño con el que se diseñan geometrías 2D y modelos 3D con caras sólidas, superficies y objetos de malla (13).

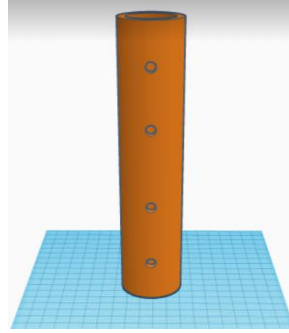


Figura 7. Dibujo esquemático de la pieza entre trípode y mástil

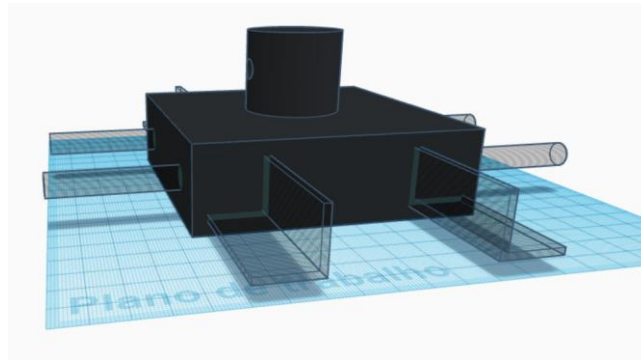


Figura 8. Dibujo esquemático de la pieza entre la estructura y el sensor

Cableado: los cables SMA (ver Figura 9) se utilizan para ayudar en la comunicación entre la antena y el SDR de los sensores, conectándolos entre sí. Tienen unos 5 metros de largo, poseen una impedancia de 50Ω y la atenuación ideal sería menor a 1.5dB a una frecuencia de 12 GHz.



Figura 9. Cable SMA

Accesorios de Fijación: son pequeñas piezas que ayudan al montaje de los distintos componentes físicos como abrazaderas, tornillos y tuercas (ver Figura 9).



Figura 10. Ejemplos abrazaderas, tuercas y tornillos

Soporte de la Antena: es la pieza encargada de sujetar la antena en la posición exacta requerida, ya que al tratarse de un sistema de medición de viento, las altas velocidades del mismo es un factor externo que se debe mitigar lo máximo posible. Se diseña con Autocad e imprime en 3D (ver Figura 11).

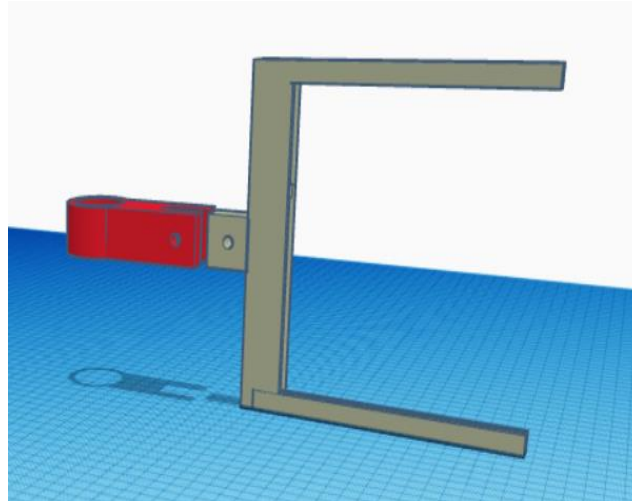


Figura 11. Dibujo esquemático del soporte

Como se puede observar en la Figura 11, el ángulo del soporte es vertical y ajustable para mayor versatilidad, ya que la antena estará en posición vertical para que el área de contacto con el viento sea mayor. Y al tener varias antenas direccionales, este soporte facilitará la comunicación.

2.2. Antena

2.2.1. Concepto

La antena es la interfaz de comunicación entre las diferentes estaciones y su correcta ubicación es fundamental para el proyecto. Por ello, se consideró elegir una antena Vivaldi (ver geometría en la Figura 12), y para conocer mejor sus características se obtuvieron sus parámetros a través de la simulación con el programa de simulación electromagnética FEKO.

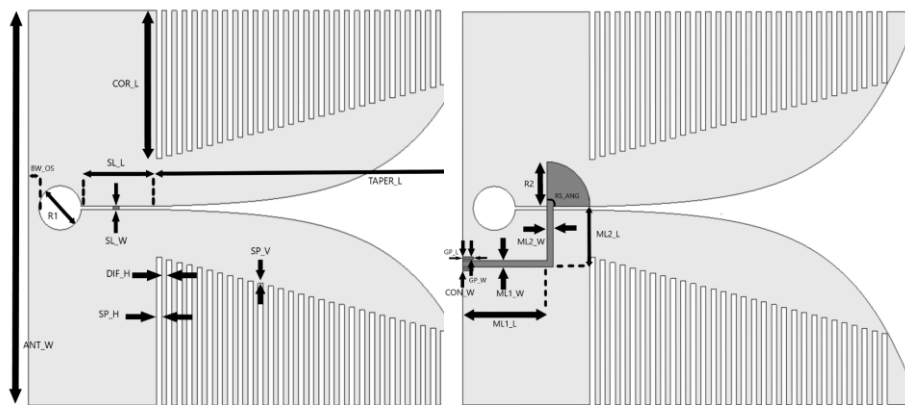


Figura 12. Capa superior e inferior de la antena Vivaldi

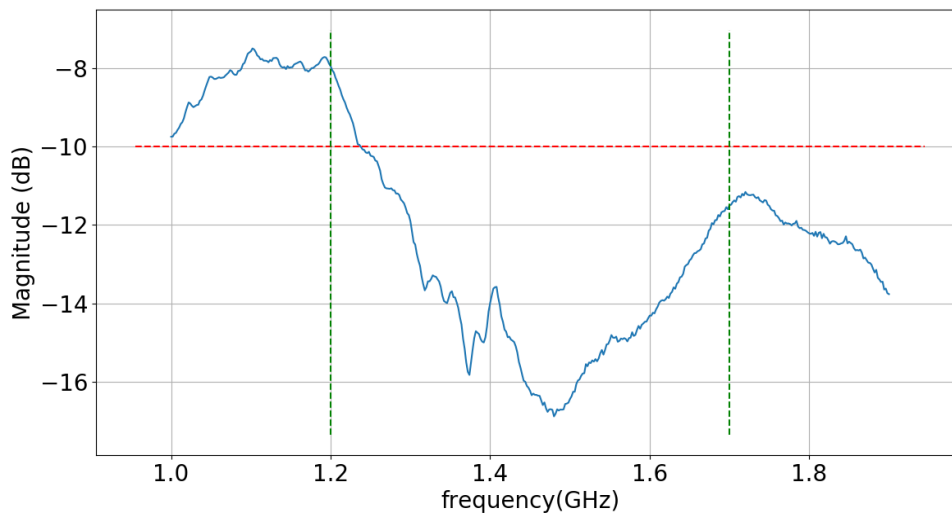


Figura 13. Simulación de las Pérdidas de Retorno

En la Figura 13, se observa que las pérdidas de retorno cruzan la magnitud de -10 dB a una frecuencia de 1.22 GHz y permanece por debajo de ese valor el resto de la banda. Por tanto, se concluye que hay que utilizar frecuencias de funcionamiento superiores o iguales a 1.25 GHz.

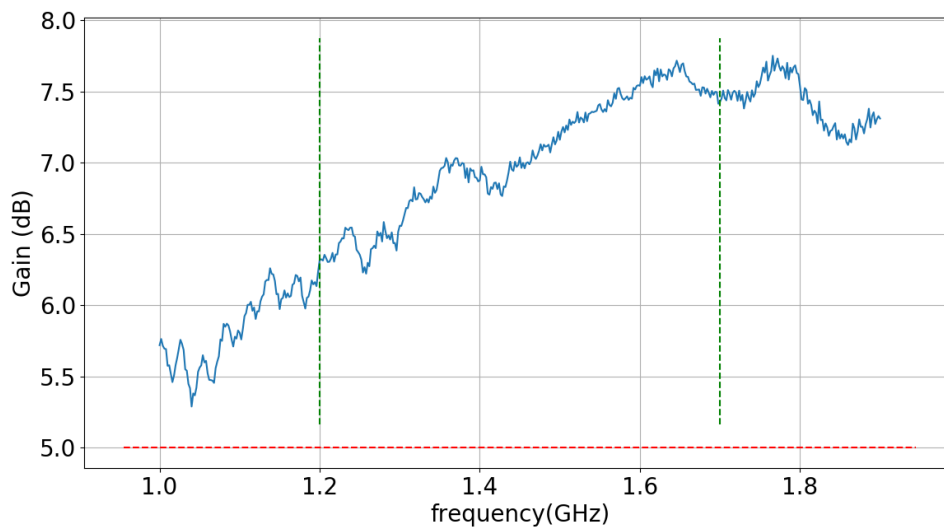


Figura 14. Simulación de Ganancia

Como podemos ver en la Figura 14, la ganancia es de aproximadamente 6.2 dBi para la frecuencia de 1.2 GHz. En las líneas discontinuas verdes, podemos ver los límites de ancho de banda y en rojo el requisito de ganancia mínima estipulado (5 dB). La ganancia aumenta al aumentar la frecuencia, por lo que se recomienda utilizar la frecuencia más alta posible en esta banda de frecuencia. Por razones legales, optamos por utilizar 1,25 GHz como frecuencia central. Cabe destacar que a mayores frecuencias, mayores pérdidas de propagación y mayores pérdidas habrá en los cables coaxiales que van desde la antena al SDR.

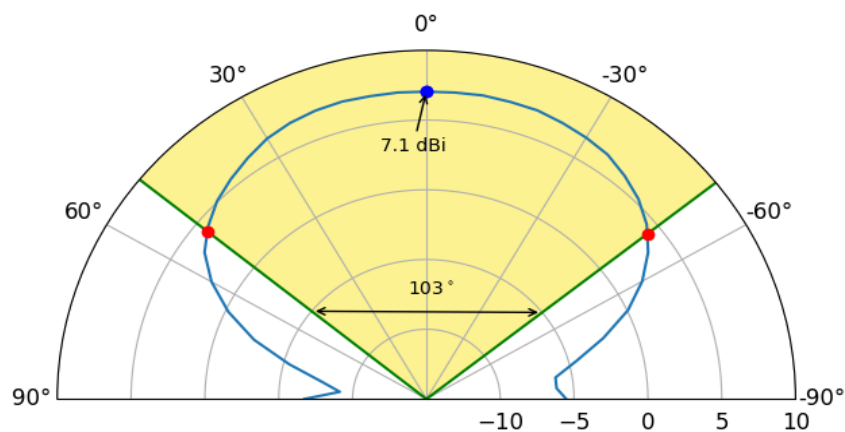


Figura 15. Plano horizontal del patrón de radiación.

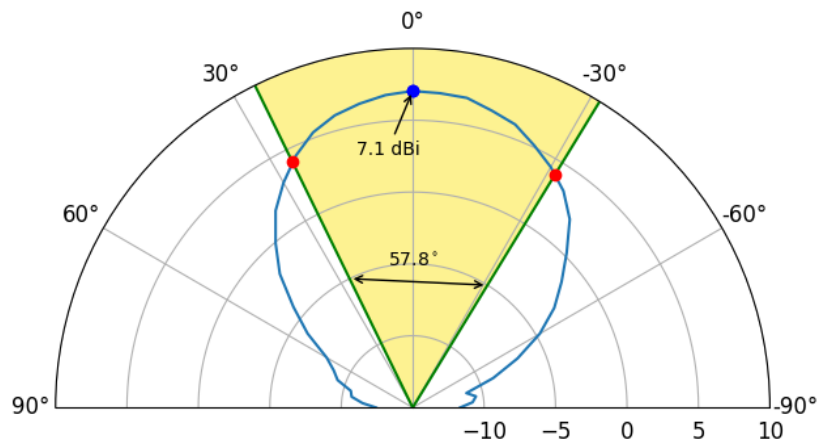


Figura 16. Plano vertical del patrón de radiación.

Los anchos de haz de los diagramas de radiación de las Figuras 14 y 15 influirán en gran medida en cómo y dónde tendremos que colocar las antenas.

2.2.2. Componentes

Las diferentes partes de la antena son:

Antena: tiene una amplia banda de funcionamiento entre 1.2 GHz y 1.7 GHz y toda la banda está cubierta por SDR. Su frecuencia central es de aproximadamente 1.45 GHz y su longitud de onda de 0.207m. Su patrón de radiación es directivo, lo que significa que radia mucho más en una determinada dirección que en otra, al contrario que el dipolo omnidireccional. Debido a esto, hay que prestar mucha atención a la dirección en la que apuntan las antenas. Por otra parte, la ganancia de la antena es de 7 dBi, proporcionando un margen mucho más cómodo para el presupuesto. En la Figura 17 se puede observar la antena utilizada del tipo Vivaldi.

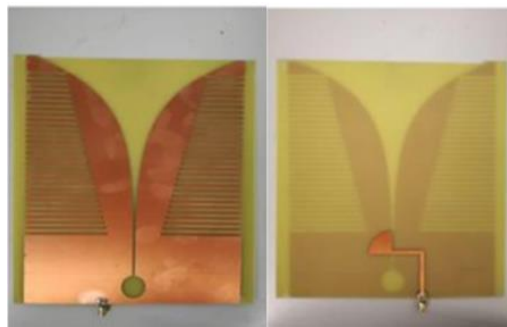


Figura 17. Antena Vivaldi

Conector SMA: usado para poder conectar la antena al SDR, se trata de un cable de 5 metros de longitud y polarización normal (sin polarización inversa). Tiene una impedancia de 50 Ω , una atenuación de 7.5 dB y pérdidas de alrededor 3 dB.

2.2.3. Ubicación

La altura de la antena en relación con el suelo es un aspecto importante a tener en cuenta. Si no es suficiente, los otros edificios en el frente podrían bloquear los elipsoides de Fresnel. Por ello, se decidió hacer un Análisis de Fresnel (ver Figura 18) considerando el peor de los casos en el que las antenas están a la misma distancia de un obstáculo colocado a 200m de ambas.

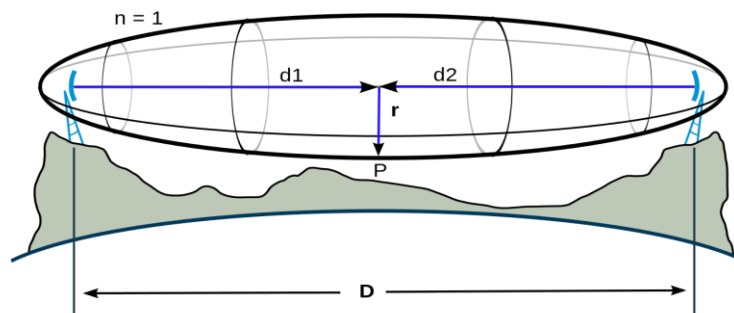


Figura 18. Dibujo Esquemático del Elipsoide de Fresnel

En base a la fórmula $F_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$ con:

n = número del elipsoide.

F_n = radio de la n -ésima zona de Fresnel en metros.

d_1 = distancia entre el punto P y una de las antenas en metros.

d_2 = distancia entre el punto P y la otra antena en metros.

λ = longitud de onda de la señal en metros.

Se obtiene que $F_n = \sqrt{\frac{1 \cdot 0.207 \cdot 100^2}{100 + 100}} = 3.22$. Lo cual significa que si la antena se coloca a 3,22 m sobre el suelo, se puede estar seguro de que no hay bloqueo del elipsoide de Fresnel.

Por ello, la distribución final será la mostrada en las Figuras 19 y 20:

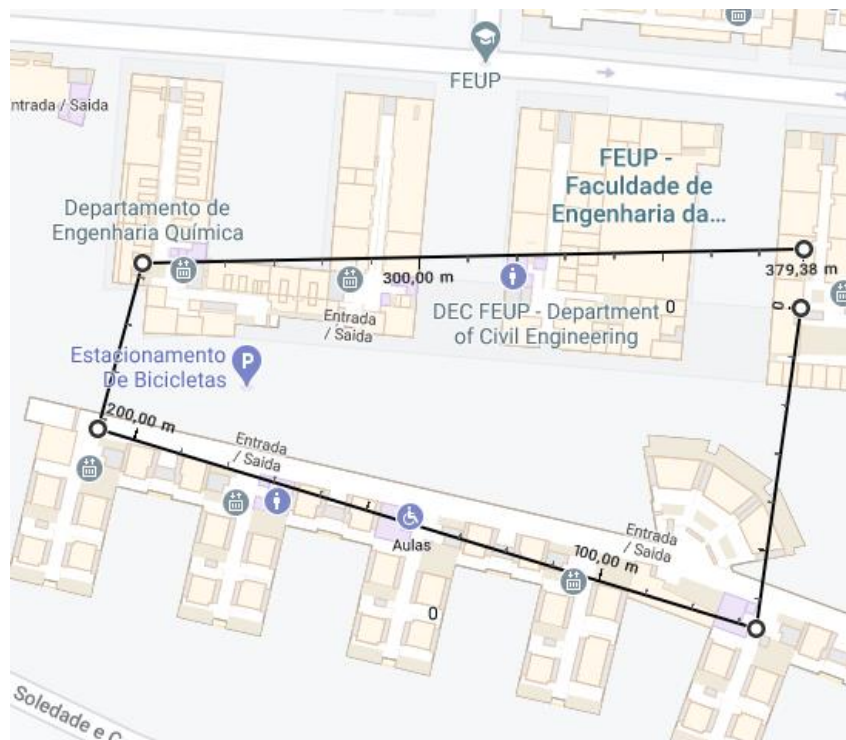


Figura 19. Plano Real de la Distribución Estructural

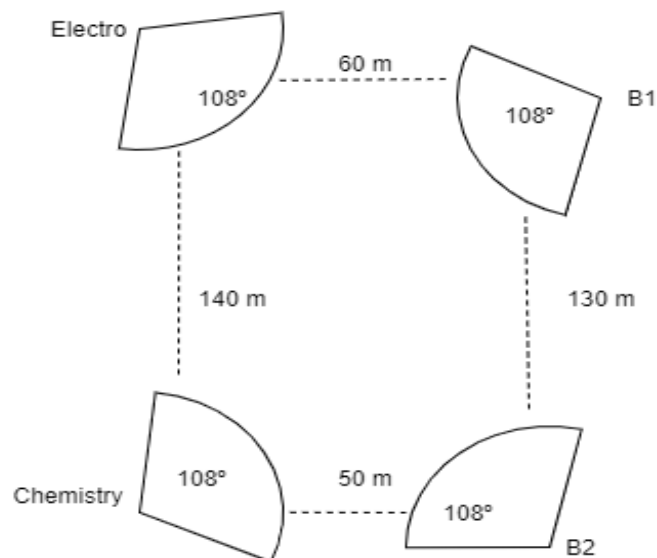


Figura 20. Diagrama de antenas HPBW

El diagrama de la Figura 20 muestra los patrones de radiación horizontal en los diferentes sitios de la Figura 19 y cómo podemos alinear las antenas direccionales para tener una comunicación efectiva. En conclusión, si las dos antenas del edificio B están a 2,96 metros por encima del techo (según la ecuación de Fresnel), tendrían un margen cómodo, ya que la distancia máxima entre antenas sería de 170 metros. La combinación del mástil del trípode y un mástil de acero de 1,5 metros sostendrá estas antenas, sumando un mástil de 3,5 metros.

2.3. Fuente de Alimentación

2.3.1. Concepto

La fuente de alimentación permite al sistema tener energía a través de una batería principal AC o de 12V y para ello se implementa un circuito como el de la Figura 21.

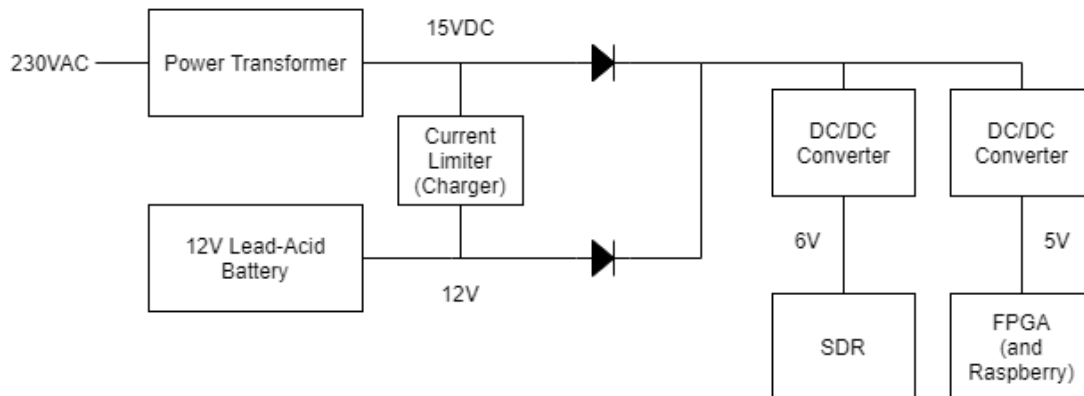


Figura 21. Circuito de la Fuente de Alimentación

Se puede observar que el circuito está dividido en dos secciones:

1. **Batería AC:** subcircuito alimentado por un transformador de potencia de 230V AC a 15V DC que después se encuentran unos convertidores que crean los diferentes niveles de voltaje necesarios para alimentar los componentes finales: SDR, FPGA y Raspberry que requieren solamente 6V y 5V, respectivamente.
2. **Batería 12V:** el subcircuito es como el anterior, la diferencia es que solo podrá alimentarlo durante un período de tiempo limitado.

Al unir ambos y agregar un cargador de corriente limitada entre ellos seguido de dos diodos, se obtiene un circuito final que permite que la alimentación del hardware se realice siempre, pues al tener dos fuentes de energía puede haber un fallo o desconexión pero el sistema seguirá funcionando.

2.3.2. Componentes

Las diferentes partes del circuito son:

Convertidor AC/DC: dado que todos los componentes del sistema funcionan con DC, tenemos un transformador de potencia (ver Figura 22).



Figura 22. Convertidor AC/DC

Diodos: dos diodos permiten que el hardware funcione desde la red de AC o la fuente de alimentación de DC (batería) (ver Figura 23).



Figura 23. Diodo 80SQ045NG

Batería: batería de Plomo-Ácido de 12V y 7Ah de capacidad. Se utiliza para alimentar el sistema durante un mínimo de 1,15 horas (ver Figura 23).



Figura 24. Batería 12V-7Ah

Cargador de batería FPGA: convertidor capaz de cargar la batería a voltaje constante y corriente constante (15V a 1A) (ver Figura 25).



Figura 25. Cargador de Batería

Convertidores: se utiliza para suministrar los diferentes voltajes que requiere el hardware: SDR, FPGA y Raspberry a 6V y 5V, respectivamente. Capaces de proporcionar la máxima potencia de cada uno también: 20W, 15W y 18W respectivamente (ver Figura 26).

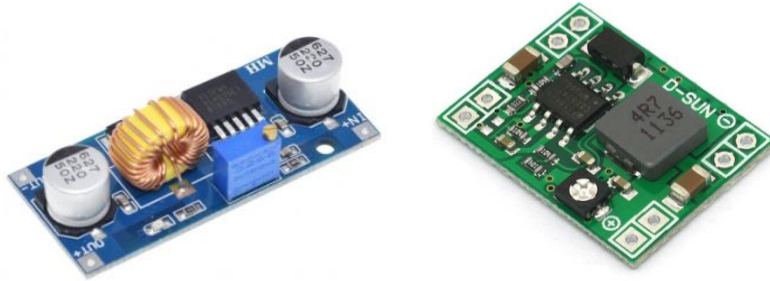


Figura 26. Convertidores de potencia

2.4. Almacenamiento de Datos y Página Web

En este apartado, cabe especificar que el desarrollo de la interfaz web fue uno de los componentes del sistema en el que más trabajé. Con la base de datos creada por mis compañeros, me enfoqué en programar los cálculos que iba a realizar el Frontend para mostrar por pantalla las medidas de los sensores de viento, tanto de velocidad como de temperatura. Desarrollé unas tablas donde se visualizaba el número de sensor, el momento temporal en el que se realizaba la medida, y la velocidad de cada eje vectorial de dirección. Además, del cálculo del valor mínimo, máximo, la media aritmética y la desviación estándar de la velocidad y la temperatura.

2.4.1. Concepto

El sistema de almacenamiento de datos y web se compone de cuatro subsistemas principales: el cliente web, el servidor HTTP, la base de datos y el servidor UDP. Comenzando por el servidor UDP el cual establece sockets para recibir datos de una entidad externa, los analiza y los inserta en la base de datos. Después, el servidor HTTP está conectado a la base de datos y proporciona los datos a la interfaz web que, a su vez, los muestra. En la Figura 27 se puede ver una descripción general del sistema de alto nivel.

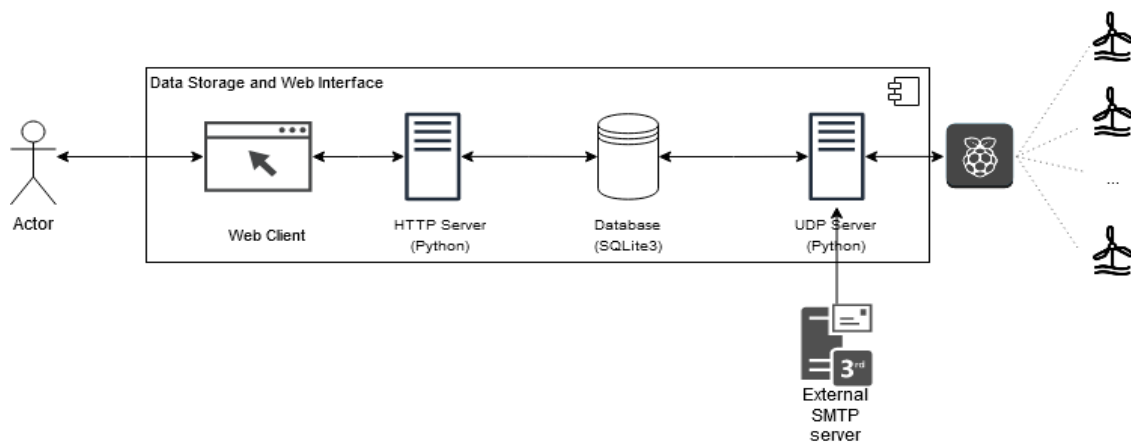


Figura 27. Descripción General del Sistema de Alto Nivel.

Luego, podemos observar varios diagramas de secuencia, que representan dos escenarios diferentes en las Figuras 28 y 29. Estos dos diagramas sirven como ejemplos de las diferentes funcionalidades que proporciona la interfaz web y tienden a generalizar los procesos.

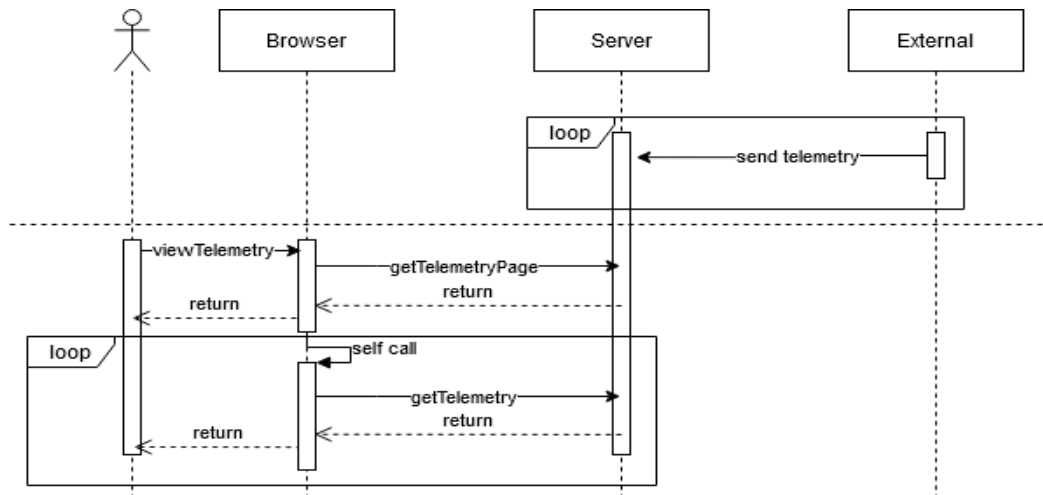


Figura 28. Diagrama de Secuencia - Escenario 1

En la Figura 28, muestra el escenario en el que el usuario intenta visualizar datos en la página web y cómo podemos observar, la entidad externa está enviando telemetría continuamente. En un proceso paralelo, después de que el usuario ingresa a la página web del navegador, el navegador envía una solicitud al servidor para obtener los datos. Luego, el navegador realiza un auto llamada de vez en cuando (agrupación) para solicitar datos del servidor, recibirlos y finalmente mostrarlos al usuario.

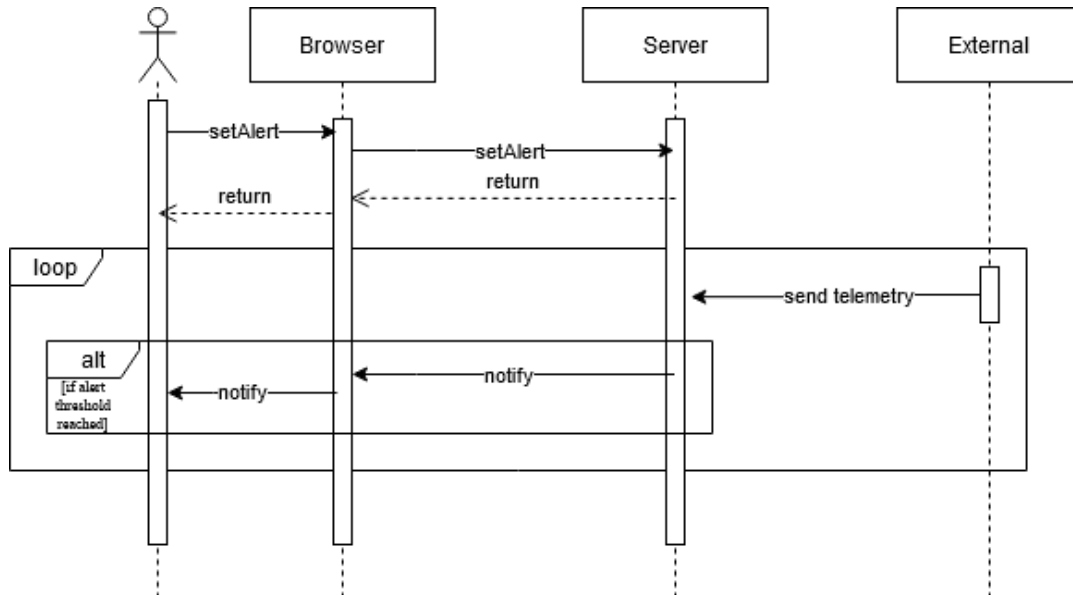


Figura 29. Diagrama de Secuencia - Escenario 2

Un segundo escenario se representa en la Figura 29. En este diagrama, el usuario establece y recibe una alerta. El usuario inicia el proceso configurando una alerta en la página web. El navegador sigue solicitando dicha alerta en el servidor. A medida que la entidad externa continúa enviando datos de telemetría, se genera una alerta en el servidor cada vez que se alcanza un umbral y se envía una notificación al usuario.

2.4.2. Componentes

Ciente web: referencia al navegador web en la máquina del usuario. Su propósito es mostrar datos y permitir la interacción entre el usuario, la web y el sistema de almacenamiento de datos. Para implementar la web se utilizan tecnologías web del tipo JavaScript, HTML y CSS.

Servidor HTTP: mención al software que atiende las solicitudes HTTP, siendo este el protocolo de la Web. Para implementar el servidor HTTP se utiliza Python3 junto con el marco del matriz.

Base de datos: conjunto de archivos relacionados que son creados y administrados por un sistema de administración de bases de datos. Para este sistema en particular, existen dos tablas, una tabla de usuario y una tabla de telemetría que se pueden examinar en la Figura 30. No es necesario especificar ninguna relación, ya que este es un sistema de almacén de datos basado en el tiempo. Para implementar la base de datos se utiliza SQLite3.

User	Speeddata	Alerts
ID	ID	ID
Username	Sensorid	Email
Password	Acquisition Time	Sensorid
Email	Speed x	Maximum Speed x
	Speed y	Maximum Speed y
	Speed z	Maximum Speed z
		Minimum Speed x
		Minimum Speed y
		Minimum Speed z
		Maximum Temperature
		Maximum Pressure
		Maximum Humidity
		Minimum Temperature
		Minimum Pressure
		Minimum Humidity

GPS data	Atmospheric data
ID	ID
Sensorid	Sensorid
Acquisition Time	Acquisition Time
Latitude	Temperature
Longitude	Pressure
	Humidity

Figura 30. Tabla de Datos

Servidor UDP: Protocolo de Datagramas de Usuario, que es un sencillo protocolo de comunicación sin conexión con un mínimo de mecanismos de protocolo. En nuestro caso, el servidor UDP se encarga de abrir un socket UDP y recibir datos de la entidad externa. Para implementar el servidor UDP, se utiliza la biblioteca de sockets Python3.

Mapa de la Interfaz: en la Figura 30 podemos observar el mapa de conexiones de la interfaz.

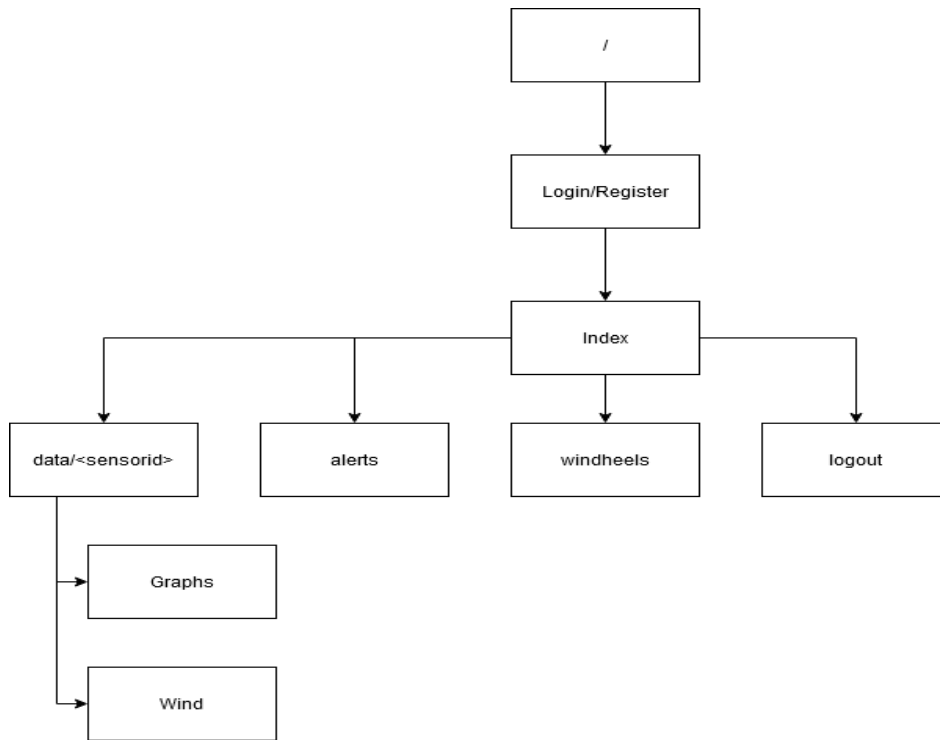


Figura 31. Mapa de Conexiones de la Interfaz

Se pueden encontrar más detalles sobre cómo utilizar la interfaz web en los resultados finales del proyecto.

2.4.3. Casos de Uso

Los casos de uso son una descripción escrita de cómo los usuarios realizarán las tareas en su sitio web. Describe, desde el punto de vista del usuario, el comportamiento de un sistema cuando responde a una solicitud. Cada caso de uso se representa como una secuencia de pasos simples, que comienzan con el objetivo del usuario y finalizan cuando se cumple ese objetivo.

Al examinar los casos de uso de nuestra interfaz (ver Figura 32), se pretende que el usuario tenga cierta disponibilidad para realizar un conjunto de acciones. Tomando la posición del usuario, al interactuar con el sistema, debería poder usar la interfaz para ver todos los datos de los nodos. Esto incluye la visualización de estadísticas agregadas, la visualización de la dirección y la velocidad del viento en un determinado nodo y la visualización de la ubicación del nodo en un mapa. Otro caso de uso sería descargar un informe de un período de tiempo y un nodo específicos.

Finalmente, la interfaz se utilizará para administrar nodos como una extensión de la configuración de alarmas en umbrales específicos.

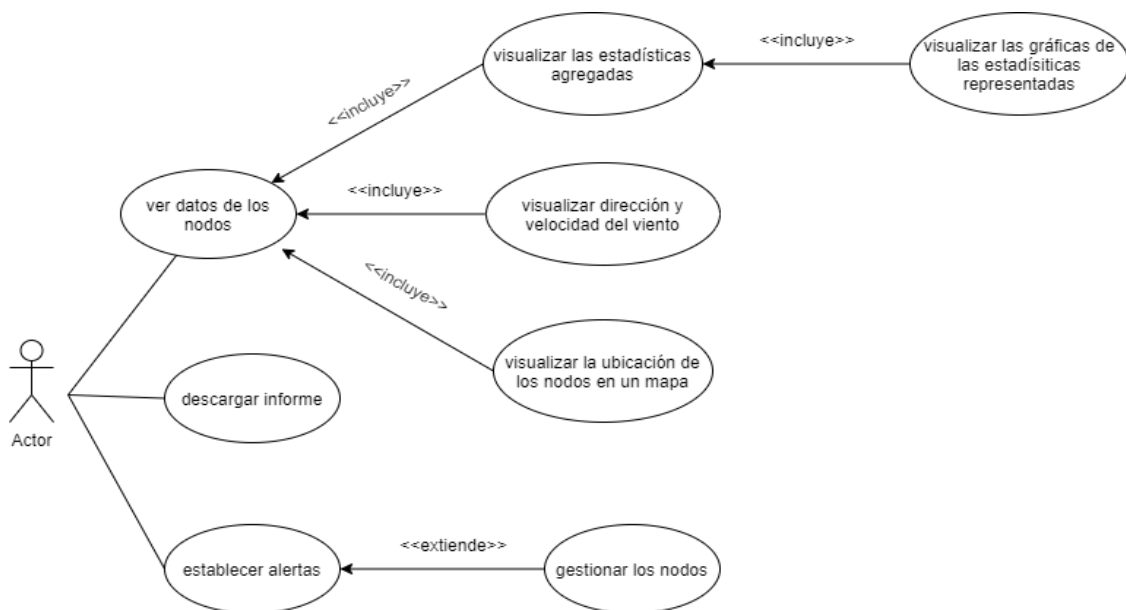


Figura 32. Diagrama de Casos de Uso

3. ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO

Este tema habla de la organización del equipo en términos de Gestión de Proyectos y Trabajo Técnico. También menciona las reglas generales del equipo y los parámetros y el método de evaluación que el equipo decidió sobre cómo evaluar a sus miembros.

En cuanto a la Gestión de Proyectos, los miembros del equipo se distribuyen en diferentes puestos y roles de trabajo asignados, para así llevar a cabo una gestión exitosa. En relación al Trabajo Técnico, los miembros del equipo se dividieron las tareas para ocuparse de los temas clave del equipo de soporte de hardware.

3.1. Gestión de Proyectos

La distribución de puestos y roles de trabajo para cada miembro del subequipos es el que se puede observar en la Tabla 1.

MIEMBROS	PUESTOS	ROLES DE TRABAJO
Sergio Carvalho Gonçalves	Líder	Antena / Comunicación Demostración Presentación
André Escobar	Vice-líder	Fuente de alimentación Estructura
Daniela Figueiredo Ângelo	Coordinador de documentación	Antena / Comunicación Demostración / Presentación
Inés De La Cruz Castellano	Coordinador de recursos	Interfaz / Base de Datos
Luís Pedro de Freitas	Secretario	Estructura Demostración / Presentación
Luís Pedro Borges	Asistente secretaria	Interfaz Fuente de alimentación
João Pedro Pinto Morais	Facilitador	Antena / Comunicación
Rui Dinis Pinheiro Dias	Facilitador	Fuente de alimentación Estructura
Ana Filipa Barros	Revisor de textos	Interfaz / Backend / Base de datos / Demostración

Tabla 2. Distribución de la Gestión del Proyecto



3.2. Trabajo Técnico

Empezando por el almacenamiento de datos y página web, las tareas se dividen en tres grupos:

- **Interfaz:** tarea dedicada a trabajar en la apariencia enfocada al cliente y en la interfaz del usuario del sitio web.
- **Backend:** tarea dedicada a trabajar en el funcionamiento del servidor que procesa la información de la web.
- **Base de datos:** tarea dedicada al diseño e implementación del almacenamiento de datos que se lleva a cabo en el servidor.

Siguiendo con el hardware, existen otras tres tareas principales:

- **Antena/Comunicación:** tarea encargada de estudiar el mercado, las características de la antena y de instalar todos los materiales relacionados con la antena.
- **Fuente de alimentación:** tarea encargada de diseñar la red de suministro eléctrico con las mejores opciones del mercado y ensamblar el montaje correctamente.
- **Estructura:** tarea encargada de esbozar y crear la estructura del sistema, buscar las mejores opciones del mercado e instalar la estructura.

Finalmente, la parte de la demostración y presentación del proyecto consiste en preparar y organizar como se va a exponer.



3.3. Pautas de Funcionamiento

En esta sección se presentan las reglas básicas establecidas para operar en equipo.

3.3.1. Flujo de Trabajo Interno

Reglas generales:

- Los miembros del equipo deben mantenerse actualizados sobre el progreso de otros miembros, así como comunicar los suyos propios.
- Después de la comunicación del progreso, los miembros del equipo deben permanecer accesibles a través de las diferentes plataformas de comunicación utilizadas por el grupo y compartir cuando esperan no estar disponibles.
- Cada miembro debe respetar las opiniones de los demás y tratar de llegar a un consenso cuando se crea una disputa.
- Cada miembro debe ser asiduo y puntual, y estos criterios serán parte del proceso de evaluación.

Las reuniones son una parte crucial del trabajo en equipo y se dividen en dos categorías:

- Las reuniones de equipo ocurren solo entre los miembros, ya sea de forma remota o en la sala I222 ubicada en Facultad de Ingeniería de la Universidad de Oporto (FEUP).
- Las reuniones de asesores se llevan a cabo durante las clases programadas semanalmente o se pueden llamar en caso de necesidad.

En todas las reuniones, debe estar presente al menos un líder y debe asistir al menos el 75% del equipo.

Reglas de la reunión de equipo:

- Las reuniones de equipo se enfocarán en responder todas las preguntas de los miembros y realizar un pequeño análisis del estado actual del proyecto *qué se hace y qué se necesita hacer*.
- Una reunión de equipo semanal tendrá lugar todos los martes a las 7 pm.
- Se pueden llevar a cabo reuniones de equipo adicionales si es necesario.

Reglas de la reunión de asesores

- Las reuniones de asesores se llevan a cabo todos los viernes en la sala I011 en un horario variable según la disponibilidad del asesor.



- Las reuniones adicionales con el asesor deben discutirse con el equipo antes de programarlas para reunir todas las dudas antes de que lo llamen.

Además, después de cada reunión se realizará un acta que contendrá los asistentes, los temas tratados y otras notas relevantes. El secretario es el encargado de redactar y entregar el acta 72 horas después de las sesiones y los miembros que se pierdan una reunión deben leer el documento para ponerse al día sobre lo que se habló.

Finalmente, la entrega de documentos al profesor debe ser aprobada por uno de los líderes y es responsabilidad del Coordinador de Documentos de adjuntarla al profesor y subirla a Drive del equipo.



3.3.2. Flujo de Trabajo Externo

Los líderes son responsables de comunicarse con los otros equipos en las reuniones de líderes. A pesar de eso, los otros miembros pueden compartir dudas con los miembros del otro equipo si los líderes están demasiado ocupados o sienten que pueden expresar mejor sus dudas si se lo dicen directamente.

Procesos de validación / Calidad del trabajo:

Por una parte, el líder y el facilitador se asegurarán de que las tareas asignadas a los diferentes miembros del equipo se hayan desarrollado según lo previsto y que presenten todos los requisitos para ser validados. Si el líder o facilitador está ausente, este es reemplazado por el sublíder.

Por otra parte, si algún miembro del equipo piensa que una tarea en particular no se ha llevado a cabo bajo lo que se suponía que era o que está incompleta, esa información debe ser transmitida al facilitador. El facilitador, junto con el líder o sublíder, si el primero está ausente, discutirá la calidad de la tarea. Si llegan a la conclusión de que la tarea no está completa o podría mejorarse, el facilitador debe informar al miembro del equipo a cargo de la tarea para una mejora adicional.

Procesos de decisión / manejo de conflictos:

Todas las decisiones dependerán de este proceso por ello divide en cuatro categorías:

- **Subdecisiones:** la realizarán los miembros del equipo a los que se les haya asignado una tarea junto con otros miembros del equipo. La decisión se discute entre ellos y se toma después de que todos los miembros de ese subgrupo lleguen a un consenso.
- **Decisiones no críticas:** será discutido por todos los miembros del equipo y estará sujeto a la regla del voto de la mayoría. Si resulta en un empate, el líder tiene la decisión final.
- **Decisiones críticas:** todos los miembros del grupo discutirán las decisiones críticas y la toma de decisiones se lleva a cabo cuando todos los miembros del equipo están de acuerdo con la decisión final.
- **Decisiones urgentes:** será tomado por el líder o por el sub-líder, si el primero está ausente, y después de escuchar la opinión de todos los miembros del grupo presentes en la reunión.



3.3.3. Medidas Actuación por COVID -19

Si el número de casos de COVID-19 aumenta considerablemente, y puede haber una transmisión del virus en el recinto de la FEUP, es decir, en los lugares donde se realizan las reuniones semanales del Equipo, entonces es necesario tomar medidas frente a este problema para evitar el contagio.

1. Las reuniones semanales se realizarán de forma remota a través de aplicaciones de voz en línea, principalmente en Discord.
2. Si en la circunstancia dada, el proyecto implica la presencia de miembros del equipo para su desarrollo, el equipo debe elegir, como máximo, cuatro miembros del equipo para ejecutar la tarea.
3. Las reuniones de asesores también deben realizarse en línea, utilizando una aplicación de voz en línea. Si el asesor exige una reunión cara a cara, solo deben asistir el líder o vice-líder y el secretario o secretario adjunto (solo dos miembros del equipo). Los asuntos discutidos en la reunión serán luego transmitidos al resto de los miembros del equipo por el líder o sublíder.

Además, en el caso de que la infección o la sospecha de infección de uno de los miembros del equipo le impidan cumplir con sus responsabilidades, el equipo debe votar a otra persona para que desempeñe su función temporalmente.



3.4. Metodología de Evaluación

Cada dos semanas, cada elemento del equipo se autoevaluará y también evaluará a cada miembro del equipo individualmente.

Los parámetros a tener en cuenta en la evaluación son:

- **Trabajo en equipo (15%):** contribuye a una buena dinámica dentro del equipo, escucha la opinión de todos, es respetuoso con los miembros de su equipo y asiste a otros miembros que puedan requerir ayuda.
- **Cumplimiento de objetivos (35%):** los objetivos previamente delineados por el equipo para el trabajo de los miembros se han logrado dentro del plazo previsto.
- **Calidad del trabajo (30%):** el trabajo del miembro del equipo está bien estructurado, explicado y pasa la mayoría de las pruebas.
- **Comunicación (10%):** el miembro sabe cuándo y cómo participar con relevancia, comparte y discute sus ideas y las de los demás con respeto, sus intervenciones muestran un buen sentido de juicio y prospera para explicar activamente cuál es el estado actual de su trabajo durante la semana.
- **Compromiso (10%):** el miembro del equipo muestra una dedicación particular en la ejecución de sus tareas, se asegura de asistir a la mayoría de las reuniones del equipo con puntualidad y está comprometido no solo con su trabajo técnico sino con su título.

El método de evaluación consiste en que cada parámetro tenga cinco niveles, que serán calificados como tales:

Nivel 1: no cumplió con las demandas de los parámetros de ninguna manera → Grado 0%

Nivel 2: hizo casi todo lo que exige el parámetro → Grado 25%

Nivel 3: hizo lo que exige el parámetro → Grado 50%

Nivel 4: superó positivamente las demandas de los parámetros → Grado 75%

Nivel 5: superó las demandas de los parámetros con distinción → Grado 100%

Después de la atribución de un nivel a un parámetro, ese valor se multiplicará por la puntuación del parámetro. Y una vez que se hayan calculado y sumado todos los parámetros, la calificación final dará como resultado un valor de -2 a 2 tras la comparación con las calificaciones finales de otros miembros del equipo.

Después de que se hayan enviado todas las evaluaciones, las calificaciones finales de los miembros darán como resultado el valor medio de las calificaciones que cada persona ha recibido individualmente. También habrá un cuadro de comentarios para que los miembros puedan justificar sus calificaciones.

4. ESTUDIO DE MERCADO

Esta sección tiene como finalidad investigar y analizar el mercado de componentes de un sistema de antenas de acuerdo con los requisitos, así como comprender sus características, expectativas y requisitos. Como tal, exploramos los diferentes componentes como la estructura, la antena y su fuente de alimentación.

4.1. Estructura

En cuanto a la estructura, se diseñaron dos tipos:

El primer diseño consiste en utilizar un *truss*, como el de la Figura 33. Dado que podíamos montar el sistema a cualquier altura, utilizamos dos perfiles en L fijados al *truss*, estos perfiles de aluminio de 2 metros instalados horizontalmente aportan la robustez suficiente para instalar el sensor y la antena en su borde. Esto se logrará utilizando adaptadores impresos en 3D, abrazaderas en forma de U, abrazaderas de tubo, varilla roscada, tuercas y pernos.



Figura 33. *Truss*

En segundo lugar, utilizando un trípode extensible robusto hasta 1.6 metros y de 35 mm de diámetro para asegurar el sistema colocado en el piso del techo. Asegurado al trípode, un mástil de 35 mm de diámetro y 1.5 metros de largo mediante un adaptador donde se fijarán la antena y el sensor.

En relación a una caja donde almacenar de manera segura el cableado y los componentes en el tejado, se buscó una caja lo suficientemente grande como para adaptarse a todos los componentes anteriores y al mismo tiempo cubrir el peor de los casos (ver Figura 34). Se eligió una con las siguientes dimensiones: 58x45x30cm (Fondo x Ancho x Alto). Esta es lo suficientemente grande para incorporar el SDR (20x10x5cm), la Raspberry Pi (85x56mm) y la FPGA (72x52mm). Teniendo en cuenta el presupuesto, el material con la mejor relación calidad / precio para un tamaño razonable fue el plástico.

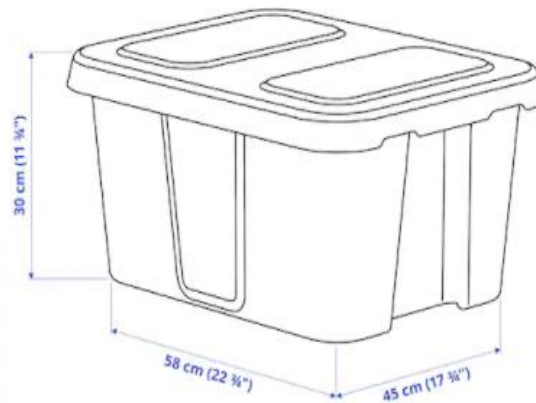


Figura 34. Esquema de la caja con sus dimensiones

4.2. Antena

Dado que las frecuencias necesarias eran entre 1.24 – 1.3 GHz y no eran compatibles con el SDR que teníamos hubo que cambiar a otra antena, una impresa (ver Figura 35) por un proyecto anterior de la universidad basando la mayor parte de la información en su informe final. La cual es una antena impresa en 3D con impedancia de entrada de 50Ω y utilizando un cable SMA para conectarlo al SDR.



Figura 35. Antena Vivaldi



4.3. Fuente de Alimentación

Con respecto a la fuente de alimentación, primero consideramos suministrar el sistema solo con baterías. Sin embargo, esta alternativa finalmente se descartó ya que el cliente no estaba preocupado por la portabilidad del sistema. Además, tendríamos que superar el presupuesto si queríamos que las baterías duraran un tiempo razonable. Por lo tanto, solo se compró una como una forma de mostrar que si hubiera un corte de energía el sistema no fallaría.

En cuanto a los convertidores, primero se planteó usar uno que solo admitía una salida de corriente máxima de 3A, pero después se optó por un convertidor diferente para alimentar tanto la FPGA como la Raspberry (la suma de sus consumos está por debajo del máximo admitido de 8A).

Finalmente, en relación al cableado se eligió un alargador con conectores SMA de 5 metros y pérdidas de 1.5 dB ya que era la opción más eficiente.



5. REQUISITOS PARA EL DESARROLLO

Los requisitos para el desarrollo consisten en un desglose según las funciones que va a llevar a cabo cada conjunto de componentes y que en base a su funcionalidad, su desempeño y su desarrollo deben ser cumplidos en más o menos medida. Por ello, una vez diferenciado cada uno, se le asignará un código de identificación y al realizar las pruebas se irá marcando con un color como en la Tabla 3 que indica su estado de cumplimiento.

ESTADO
ALCANZADO
EN PROCESO
FALLIDO

Tabla 3. Etiqueta para el Estado de los Requisitos

5.1. Estructura

Respecto a la estructura, empezamos analizando los requerimientos necesarios que debe cumplir el **mástil** con las nomenclaturas empleadas para definir cada requisito.

Requerimientos funcionales:

- ◆ Debe tener una altura de 1,5 metros o más → MASF1
- ◆ Deberá ser de acero inoxidable (o acero galvanizado) → MASF2

Requisitos de desempeño:

- ◆ Debe soportar 3 kg o más → MASP1
- ◆ Debe soportar todo el proceso para realizar un estudio certero → MASP2

Requisitos de desarrollo:

- ◆ Debe instalarse en las ubicaciones indicadas por la inspección del sitio → MASD1

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 4):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
MASF1	Medir el mástil.
MASF2	Verifique si el mástil está hecho del material deseado.
MASP1	Probar si puede contener una estructura de 3 kg.
MASP2	Asegurarse de que el mástil tenga un alto nivel de resistencia.
MASD1	Verifique si el mástil está instalado en las ubicaciones correctas.

Tabla 4. Cumplimiento de los Requisitos del Mástil

Siguiendo con el **trípode** tenemos. Requerimientos funcionales:

- ◆ Debe tener las medidas correctas para poder colocar el mástil → TPDF1
- ◆ Deberá ser de acero inoxidable (o acero galvanizado) → TPDF2

Requisitos de desempeño:

- ◆ Debe soportar todo el proceso, manteniendo estable todo el sistema, soportando 10 kg o más → TPDP1

Requisitos de desarrollo:

- ◆ Montar con el mástil en los lugares indicados por la inspección del sitio → TPDD1

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 5):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
TPDF1	Medir el trípode.
TPDF2	Verificar si el trípode está hecho del material deseado.
TPDP1	Probar cuánto peso puede soportar el trípode.
TPDD1	Asegurarse de que el trípode esté montado con el mástil en las ubicaciones correctas.

Tabla 5. Cumplimiento de los Requisitos del Trípode

A continuación se analiza la **caja de almacenamiento**.

Requerimientos funcionales:

- ◆ Debe ser lo suficientemente grande para incorporar todos los elementos de la fuente de alimentación, FPGA / PIC32, SDR y Raspberry Pi → CASF1
- ◆ Debe ser de metal, policarbonato o caja acrílica → CASF2

Requisitos de desempeño y nomenclatura empleada para definir el requisito:

- ◆ Debe permanecer intacto durante todo el proceso → CASP1

Requisitos de desarrollo:

- ◆ Debe proteger todo el material de hardware de los elementos externos de la naturaleza → CASD1

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 6):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
CASF1	Medir todos los componentes y comprobar si encajan.
CASF2	Verificar si la carcasa está realmente hecha del material deseado.
CASP1	Examinar si el estuche es duradero y no está defectuoso.
CASD1	Asegurarse de que la carcasa tenga un alto nivel de resistencia.

Tabla 6. Cumplimiento de los Requisitos de la Caja de Almacenamiento



Finalmente, cuando se lleva a cabo el **montaje final de la estructura** con todos los componentes mencionados hay que tener en cuenta lo siguiente:

Requerimientos funcionales:

- ◆ Monte / monte el mástil con el trípode, utilizando tornillos u otros accesorios de fijación → ATSF1

Requisitos de desempeño:

- ◆ Debe soportar todo el proceso, manteniendo estable todo el sistema, soportando 10 kg o más → ATSP1

Requisitos de desarrollo:

- ◆ Ambas estructuras deben estar conectadas para permitir la interacción de los componentes que la componen → ATSD1

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 7):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
ATSF1	Verificar si la pieza que conecta el mástil y el anemómetro tiene las medidas adecuadas para hacerlo.
ATSP1	Examinar si ambas estructuras se ensamblan realmente a través de la pieza de conexión.
ATSD1	Asegurarse de que ambas estructuras estén conectadas de forma compacta.

Tabla 7. Cumplimiento de los Requisitos del Montaje de la Estructura



5.2. Antena

Respecto a la antena, empezamos analizando los requerimientos necesarios que debe cumplir con las nomenclaturas empleadas para definir cada requisito.

Requerimientos funcionales:

- ◆ El enchufe SMA de la antena debe conectarse con el puerto "RF1" en el SDR → COMF1
- ◆ La antena debe transmitir en la modulación de comunicación definida → COMF2
- ◆ La antena tiene que recibir en la modulación de comunicación definida → COMF3

Requisitos de desempeño:

- ◆ La ganancia de la antena debe ser de al menos 6 dBi en su ancho de banda → COMP1
- ◆ La frecuencia de operación debe estar en la banda 1.2 ~ 1.7 GHz → COMP2
- ◆ La antena debe tener un patrón de radiación direccional → COMP3
- ◆ La pérdida de retorno (S11) debe ser inferior a -10 dB → COMP4
- ◆ El alcance de la antena debe ser de al menos 110 metros → COMP5
- ◆ La presencia de obstáculos entre dos antenas no debe interrumpir críticamente la transmisión de datos → COMP6
- ◆ La antena debe tener al menos un ancho de banda de 300 MHz → COMP7
- ◆ La antena debe adaptarse a 50Ω → COMP8
- ◆ En el plano horizontal, el HPBW debe ser superior a 60° e inferior a 120° → COMP9
- ◆ En el plano vertical, el HPBW debe ser superior a 30° e inferior a 60° → COMP10

Requisitos de desarrollo:

- ◆ La antena debe colocarse al menos a 2 metros sobre el suelo → COMD1
- ◆ El conector SMA debe cubrirse con la carcasa y aislarse con un manguito térmico → COMD2
- ◆ La instalación de la antena debe realizarse en los lugares indicados en la inspección del sitio → COMD3
- ◆ La potencia proporcionada a la antena por el SDR no puede exceder los 3W → COMD4

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 8):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
CONF1	Comprobar la conexión.
CONF2- CONF3	Intentar transmitir en una antena y recibir datos en la otra usando la configuración de WF en la radio GNU.
COMP1-4 y 7-10	Con el VNA (analizador de red virtual), comprobar el rendimiento de la antena.
COMP5	Usando la configuración de WF en la radio GNU, intentar distanciar las dos estaciones hasta que la comunicación deje de ser posible.
COMP6	Usando la configuración de WF en la radio GNU, intentar bloquear la comunicación con obstáculos y observar los cambios de rendimiento.
COMD1	Utilizar una cinta métrica durante la colocación de la antena.
COMD2	Colocar cada DEG dentro del estuche correspondiente.
COMD3	Verificar el estudio del sitio antes de colocar las antenas.
COMD4	Asegurarse de que la potencia entregada por el puerto SDR sea inferior a 10 W.

Tabla 8. Cumplimiento de los Requisitos de la Antena

5.3. Fuente de Alimentación

Continuando con la **fuente de alimentación**, los requisitos generales necesarios serán los siguientes con las nomenclaturas empleadas para definir cada requisito.

Requerimientos funcionales:

- ◆ Debe haber dos niveles de salida diferentes, siendo estos 5V y 6V → PSF1
- ◆ Debe permitir que el sistema funcione tanto conectado a la red eléctrica como solo con la batería → PSF2
- ◆ Debe permitir la carga de la batería → PSF3
- ◆ Cuando la batería está cargada y el sistema está conectado a la red eléctrica, la batería debe estar aislada → PSF4

Requisitos de desempeño:

- ◆ Soporta la potencia máxima requerida por el sistema → PSP1
- ◆ La salida debe ser lo suficientemente estable para permitir que el sistema funcione como se espera (SDR) → PSP2

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 9):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
PSF1	Verificar si los niveles de salida están siguiendo los valores esperados con un multímetro.
PSF2	Cuando la batería esté cargada, verificar si la salida está dentro del rango usando un multímetro.
PSF3	Cuando la batería no esté cargada, verificar la corriente de carga.
PSF4	Cuando el sistema está conectado a la red eléctrica y la batería está cargada, verificar el flujo de corriente hacia la batería.
PSP1	El transformador y los convertidores seleccionados deben estar clasificados para la potencia máxima requerida por el sistema, que se puede simular utilizando cargas ficticias.
PSP2	Comprobar si la salida está dentro del rango esperado con un osciloscopio.

Tabla 9. Cumplimiento de los Requisitos de la Fuente de Alimentación

Siguiendo con la **batería** los requerimientos necesarios que debe cumplir de desempeño:

- ◆ La batería debe permitir que el sistema funcione sin conexión a la red en caso de un corte de energía → BP01
- ◆ La batería tiene que enviar un mensaje / actualización de estado cuando el voltaje es bajo → BP02

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 10):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
BP01	Retirar la entrada de la red eléctrica y verificar si la salida está dentro del rango con un multímetro.
BP02	Cuando el voltaje de la batería alcanza un umbral bajo, ver si el estado de la batería se actualiza.

Tabla 10. Cumplimiento de los Requisitos de la Batería

Por último, respecto al **cableado** los requisitos analizados a cumplir. Requisitos funcionales:

- ◆ Debe ayudar en la comunicación de la antena con el SDR → CABF1
- ◆ Debe tener unos 5 metros de largo → CABF2
- ◆ Debe tener una impedancia de 50Ω → CABF3

Requisitos de desempeño:

- ◆ Debería tener una atenuación de 1.7 dB → CABP1

Requisitos de desempeño:

- ◆ El cable debe poder conectar el SDR a la antena → CABD1

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 11):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
CABF1	Verificar si el cable es adecuado para conectar ambos componentes.
CABF2	Medir el cable.
CABF3	Verificar si el valor de impedancia coincide.
CABP1	Verificar si el valor de atenuación coincide.
CABD1	Examinar si realmente se estableció la conexión entre los dos componentes.

Tabla 11. Cumplimiento de los Requisitos del Cableado

5.4. Interfaz Web

Finalmente, se analizan los requisitos a cumplir de la interfaz web **como usuario** con las nomenclaturas empleadas para definir cada requisito.

Requerimientos funcionales:

- ◆ Visualizar estadísticas como valores medio, máximo y mínimo, así como la desviación estándar en un intervalo actualizado de los últimos 5 minutos, por nodo → US1
- ◆ Ver una agregación de estas estadísticas aplicadas a un gráfico y representadas como una función de tiempo mediante regresión lineal → US2
- ◆ Visualizar la dirección y la velocidad del viento en cada nodo con una animación de rueda de viento → US3
- ◆ Ver los diferentes nodos mostrados en un mapa → US4
- ◆ Descargar un informe de una ventana de tiempo específica → US5
- ◆ Ver el historial de valores por nodo → US6
- ◆ Administrar los nodos, así como establecer posibles valores de alerta para las velocidades del viento → US7

Requisitos de desempeño:

- ◆ La aplicación debe ser compatible con dispositivos móviles → P1
- ◆ Solo se puede permitir que un usuario autenticado interactúe con la aplicación → P2

Requisitos de desarrollo:

- ◆ La aplicación debe ser simple y fácil de usar → D1
- ◆ La aplicación debe funcionar en cualquier navegador reciente → D2
- ◆ La aplicación debe ejecutarse en cualquier sistema operativo basado en Linux con Python3 → D3

Alcanzando finalmente el cumplimiento de los requisitos de la siguiente manera (ver Tabla 12):

CÓDIGO	PROCESO DE COMPROBACIÓN
US1 - US2	Probar si la interfaz web muestra los datos más recientes junto con estadísticas dinámicas.
US3 - US4	Verificar que las visualizaciones de datos se actualicen casi en tiempo real, pero no se consiguió imitar las condiciones del mundo real a la perfección.
US5 - US6	Probar si los datos históricos son navegables y descargables.
US7	Probar si las operaciones CRUD cambian la información actual sobre los nodos.
<u>P1</u>	Verificar la visualización de todas las páginas en diferentes gadgets.
<u>P2</u>	Probar si la autenticación valida las credenciales del usuario correctamente y si ningún usuario no autorizado puede acceder a la interfaz.
<u>D1</u>	Validar si la aplicación cumple con los requisitos del W3C en términos de UX y UI.
<u>D2</u>	Probar la aplicación en diferentes navegadores actualizados.
<u>D3</u>	Probar la aplicación en diferentes sistemas operativos Linux actualizados con Python3 instalado.

Tabla 12. Cumplimiento de los Requisitos de la Interfaz Web

6. ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos es una práctica clave de la gestión de proyectos para garantizar que se produzca el menor número de sorpresas mientras el proyecto está en marcha. Este apartado tiene como objetivo prevenir este tipo de situaciones, identificando cada una y clasificándolas en términos de probabilidad de ocurrencia e impacto en el proyecto. Para que podamos analizar cada riesgo utilizamos la siguiente matriz de riesgos de la Tabla 13:

IMPACTO ↑	Catastrófico	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto	Alto
	Crítico	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
	Moderado	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Medio Alto
	Menor	Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto
	Despreciable	Bajo	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio
		Raro	Improbable	Posible	Probable	Seguro
		PROBABILIDAD →				

Tabla 13. Matriz para el Análisis de Riesgos

6.1. Estructura

El riesgo de estructura apareció principalmente durante la fase de montaje de piezas. Algunas piezas 3D del mástil tuvieron que ser reemplazadas porque las que nos dieron no encajaban, además algunas de ellas también se rompieron y tuvieron que ser reemplazadas por otras nuevas. A parte de esos riesgos, se establecieron varios según su impacto, probabilidad, clasificación y solución como los de la Tabla 14.

RIESGO	IMPACTO	PROBABILIDAD	CLASIFICACIÓN	SOLUCIÓN
Daños por agentes climáticos o animales	Crítico	Improbable		Reemplazar los componentes dañados
Corrosión a lo largo del tiempo	Menor	Seguro		Reemplazar componente
Dificultad de transporte	Moderado	Posible		Desmontar y ensamblar en destino
Daño causado por error humano	Crítico	Probable		Comunicación y diseño eficientes
El soporte no puede sostener la antena	Crítico	Improbable		Soporte de rediseño

Tabla 14. Análisis de los Riesgos de la Estructura

6.2. Antena

Después, la antena no suponía demasiados riesgos en sí como se puede observar a continuación en la Tabla 15.

RIESGO	IMPACTO	PROBABILIDAD	CLASIFICACIÓN	SOLUCIÓN
Antenas no resistentes a caídas	Menor	Improbable		Utiliza un material más resistente
Coste de la tela por encima de 65 €	Crítico	Improbable		Utilice material más barato
$S_{11} > -10$ dB (*)	Crítico	Improbable		Rediseño de antenas

Tabla 15. Análisis de los Riesgos de la Antena

6.3. Fuente de Alimentación

Seguidamente, la fuente de alimentación los riesgos venían o de parte de la mano humana o de problemas con la batería como se observa en la Tabla 16.

RIESGO	IMPACTO	PROBABILIDAD	CLASIFICACIÓN	SOLUCIÓN
Defecto de manufactura	Crítico	Improbable		Reemplazar de componentes defectuosos
Daño por error humano	Crítico	Improbable		Reemplazar componentes dañados
No suficiente autonomía de la batería	Menor	Posible		Cambiar la batería
Calentamiento excesivo	Crítico	Improbable		Agregar disipadores de calor o convertidores más potentes

Tabla 16. Análisis del Riesgo de la Fuente de Alimentación

6.4. Interfaz Web

A continuación, el suministro de datos para la interfaz web viene por la tarjeta de memoria SD que está conectada a la Raspberry Pi, lo cual podría comprometer la base de datos debido a la cantidad de escrituras y lecturas. La forma en que decidimos solucionar este posible contratiempo fue cambiar la frecuencia de las lecturas a cada 5 segundos. Otra forma en que podríamos haberlo solucionado pero no lo implementamos por falta de tiempo sería utilizar una base de datos alojada en un servidor externo. Por tanto, los riesgos de la interfaz web se pueden ver en la Tabla 17.

RIESGO	IMPACTO	PROBABILIDAD	CLASIFICACIÓN	SOLUCIÓN
La aplicación no es escalable	Moderado	Probable		Pruebas de estrés de carga
La aplicación no es estable	Crucial	Improbable		Pruebas de aceptación
La aplicación no es segura	Moderado	Probable		Utilizar las mejores prácticas de seguridad más recientes
El cliente no está satisfecho con la aplicación	Crucial	Improbable		Interactuar de forma rutinaria con el cliente para afirmar su satisfacción
La aplicación no cumple las características funcionales cruciales	Catastrófico	Improbable		Priorizar las características cruciales
Falta de experiencia para implementar ciertas funciones	Crítico	Posible		Expertos en el tema brinden capacitación.



El sistema proporciona información errónea sobre el estado actual.	Crítico	Improbable		Afirmar la coherencia entre los datos recibidos y representados
--	---------	------------	--	---

Tabla 17. Análisis de los Riesgos de la Interfaz Web



6.5. Gestión de Equipos

Finalmente, la gestión con el equipo y sus miembros también supone posibles riesgos humanos, de compañerismo, esfuerzo, empatía y sacrificio (ver Tabla 18).

RIESGO	IMPACTO	PROBABILIDAD	CLASIFICACIÓN	SOLUCIÓN
No cumplir los plazos	Moderado	Posible		Reorganizar los subequipos
Conflictos entre miembros del equipo	Moderado	Improbable		Realizar votaciones
Elementos que se niegan a cooperar	Crítico	Improbable		Penalizar y redistribuir tareas
Dañar componentes	Crítico	Posible		Arreglarlo o comprar uno nuevo (el más rentable)
Problemas de salud (principalmente relacionados con Covid-19)	Moderado	Probable		Redistribuir tareas y evitar tener reuniones presenciales

Tabla 18. Análisis de los Riesgos de la Gestión de Equipos



7. INDICADORES DEL RENDIMIENTO (KPI)

Los KPI son valores medibles que demuestran la eficacia de un proyecto específico para lograr sus objetivos clave. Se utiliza en varios niveles para evaluar su éxito en el logro de los objetivos individuales establecidos. En nuestro caso, contábamos con indicadores de desempeño de la gestión de equipos e indicadores de desempeño laboral. Los indicadores clave de desempeño laboral fueron requisitos esenciales previamente establecidos para el sistema y los indicadores de gestión del equipo indicaron un buen trabajo en equipo y una buena ética de equipo.

Por una parte, los indicadores clave de un buen desempeño laboral son:

- ❖ **Antena** → consistencia de la potencia y la fuerza de la señal.
- ❖ **Fuente de Alimentación** → funcionamiento estable del equipo y duración de la batería.
- ❖ **Estructura** → estabilidad de la conexión.
- ❖ **Interfaz Web** → velocidad en recibir datos y la tasa de error del usuario.
- ❖ **Presupuesto** → coste total del proyecto

Por otra parte, los indicadores de una buena gestión de equipos son:

- ❖ N° de asistencia de los miembros del equipo a las reuniones.
- ❖ N° de reuniones extraordinarias realizadas.
- ❖ N° de conflictos entre miembros del equipo.
- ❖ N° de conflictos entre miembros de otros equipos.



8. PRESUPUESTO

A continuación, se muestra en la Tabla 19 el presupuesto total de la adquisición de los componentes con el precio, las unidades y el coste final del proyecto.

Producto	Precio unidad	Cantidad	Precio total
Diodos 80SQ045NG (3)	0.51€	8	4.8€
Convertor AC/DC SRS 100-15 (4)	15.62€	4	62.48€
Reductor XL4015 (5)	4.31€	4	17.24€
Reductor MP1584 (6)	3.75€	4	15€
Reductor XL4106 CV CC (7)	6.01€	1	6.01€
Batería Chumbo Acido Vrla Kaise (8)	12.9€	1	12.9€
Caja Klämtare (9)	15€	4	60€
Mástil Evology (10)	7€	3	21€
Trípode VDL8SS (11)	17€	3	51 €
Tornillos 8x60mm	2.9€	1	2.39€
Tornillo 4x60mm	1.99€	1	1.99€
Material 3D para antena Vivaldi (FR4)	50 €	1	50€
Material 3D para soportes, conectores de antenas y mástiles (PETG)	3.5€	7	3.5€
Extensión SMA Extensión SMA (12)	4.5€	4	18€
		TOTAL	347.31€

Tabla 19. Desglose Presupuesto Final del Proyecto

9. DEMOSTRACIÓN FINAL

La demostración final del proyecto se basó en la medición de la velocidad y dirección del viento, así como en la visualización de los resultados de las respectivas mediciones en la interfaz web. Previamente se realizó un estudio de la ubicación que consistió en evaluar y elegir las mejores ubicaciones de instalación para las estructuras y los componentes para realizar dichas mediciones. Estas ubicaciones se eligieron de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Intensidad y frecuencia con la que pasa el viento en una zona determinada.
2. Alcance de la antena (110 metros).
3. Rango de comunicación de la antena (108°) dependiendo de su ancho de haz.
4. Presencia reducida o nula de obstáculos entre las dos antenas.

Inicialmente, se planeó que las ubicaciones de montaje estuvieran en los techos de los departamentos de química, electrónica y en el edificio B, como se muestra en la figura 36.

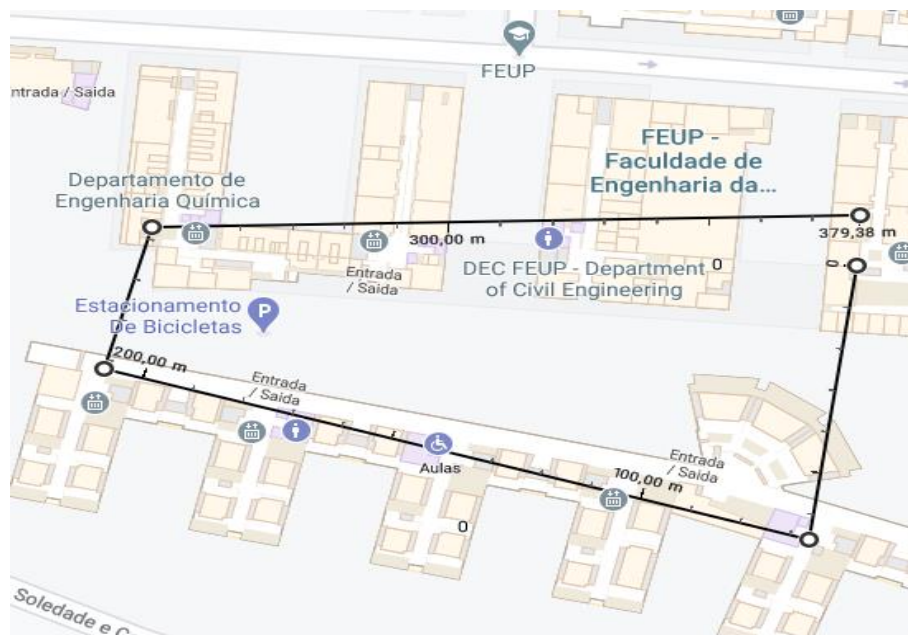


Figura 36. Plano de Ubicaciones

En una de estas estructuras, una batería mostraría la autonomía del sistema, lo que implica que puede tener una fuente de energía independiente. Sin embargo, como estaba lloviendo el día de la demostración, usamos lugares seleccionados cerca del jardín de FEUP. Es decir, desde el pasillo de Electrónica a los departamentos de Química y la puerta del edificio B. Después de algunos ajustes en las antenas, terminamos con comunicación bidireccional en los tres nodos.

10. RESULTADOS FINALES

Comenzando con los resultados de la **estructura**, los cuatro componentes estaban bien montados, ya que el mástil, el trípode y el resto de piezas de montaje tenían las medidas perfectas para lograr el mejor montaje posible. La estructura se puede caracterizar por tener un alto grado de robustez y rigidez, sujetando correctamente los dos sensores y las antenas. La estructura podría soportar las condiciones atmosféricas más diversas sin grandes vacilaciones. Para conectar los componentes eléctricos a sus respectivas fuentes de energía se hicieron agujeros en la caja para que los cables pudieran pasar. Se puede observar el resultado final en la Figura 37.



Figura 37. Resultado Final de la Estructura

Seguidamente, la **fuentes de alimentación** de la Figura 38 se verificó que estuviera correctamente alimentada con el circuito y la potencia deseada de las baterías. Dentro de la caja, se pudo observar toda la fuente de alimentación adecuadamente ensamblada e incluso con el estuche extra de la batería funcional. Toda la estructura fue sellada para proteger los componentes de las condiciones climáticas adversas.



Figura 38. Resultado Final de la Fuente de Alimentación

A continuación, la antena fue probada con en la cámara anecoica. Se conectó a un pequeño enchufe que simulaba un circuito corto o abierto, por separado y se utilizó una impedancia de carga de 50Ω , siempre recurriendo al VNA fuera de la cámara. En la cámara anecoica, había una rueda que estaba unida a una antena. La antena se torció de 0 a 180° , lo que nos permitió realizar un estudio detallado de la evolución de la ganancia a lo largo del eje. Por el contrario, la segunda antena se fijó sobre un soporte fijo. Después de eso, repetimos el proceso, cambiando las antenas "móviles" y "fijas". La frecuencia del estudio estuvo entre 1 y 2 GHz, y la distancia entre las antenas fue de aproximadamente $2,5$ m y la pérdida de retorno a la frecuencia de operación alcanzó -11 dB como se puede observar en la Figura 39.

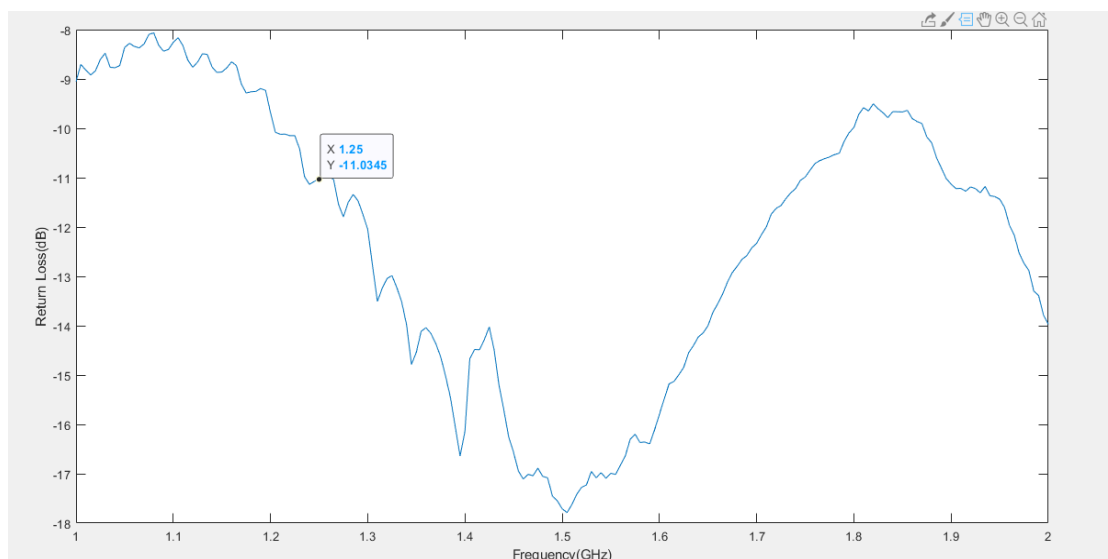


Figura 39. Pérdidas de Retorno según la Frecuencia de Operación

Por otro lado, como aparece en la Figura 40 la ganancia alcanzó un valor máximo de 7,4 dBi y el ancho de haz a media potencia entre -55° y 55° . Estos valores son cercanos a los obtenidos el año pasado y se concluyó que los valores prácticos estaban muy cerca de lo esperado del análisis teórico.

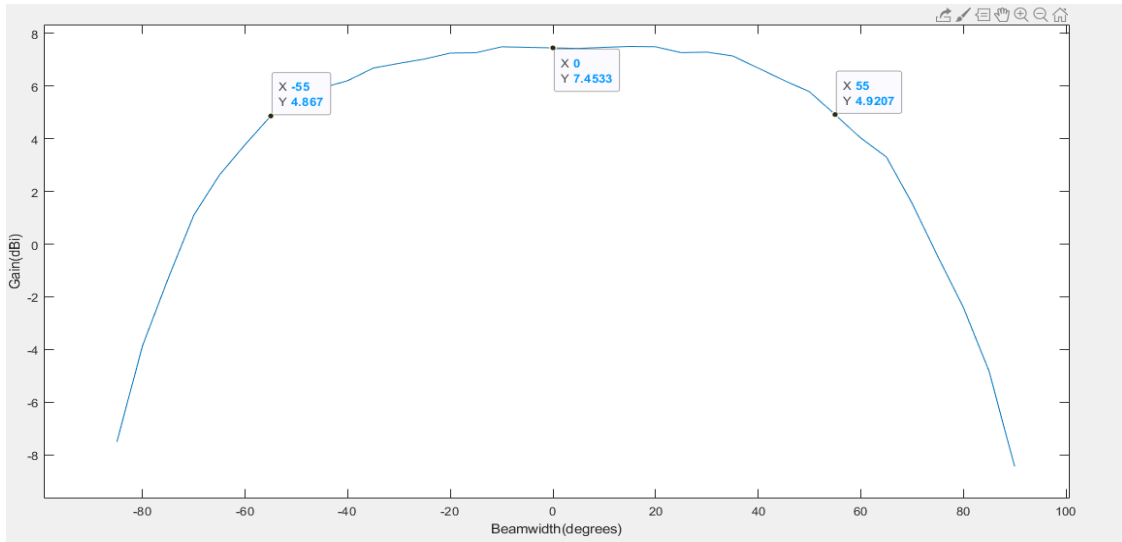


Figura 40. Ganancia de la Antena según su Acho de Haz

Finalmente, con respecto a la **interfaz web** se realizó como resultado final una guía de usuario sobre el manejo de la misma. La guía tiene el propósito de ayudar al usuario a interactuar y obtener la mejor experiencia posible mientras lo hace, con la interfaz.

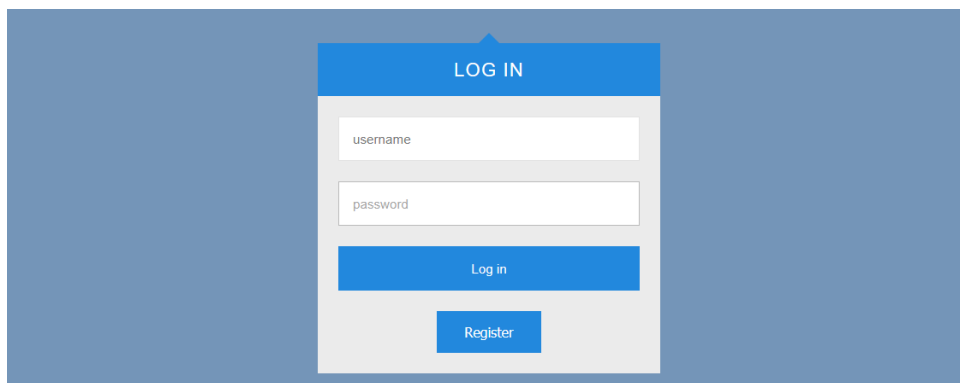


Figura 41. Página Inicio de Sesión

La primera página que le aparece al usuario es la página de inicio de sesión. Si un usuario ya está registrado, debe iniciar sesión desde esta página que se muestra en la Figura 41.

REGISTER

username

password

mail@mail.com

Register

Login

Figura 42. Página de Registro

Si el usuario aún no está registrado, puede hacerlo haciendo clic en el botón de registro en la página de inicio de sesión y será redirigido a la página de registro que se muestra en la Figura 42. Después de registrarse e iniciar sesión, el usuario es redirigido a la página de inicio que se muestra en la Figura 43. Aquí los nodos de medición se muestran tanto en un mapa como en una tabla de botones.

Hello, admin

Index Alerts Windwheels Logout

Sensor 49.228
Sensor 50.17
Sensor 251.88
Sensor 252.46

Figura 43. Página de Inicio

Para ver una descripción general del viento en los nodos, el usuario puede hacer clic en el enlace *Windwheels* que se muestra en la barra de navegación. Al hacerlo, la interfaz se redirige a la página que se muestra en la Figura 44.

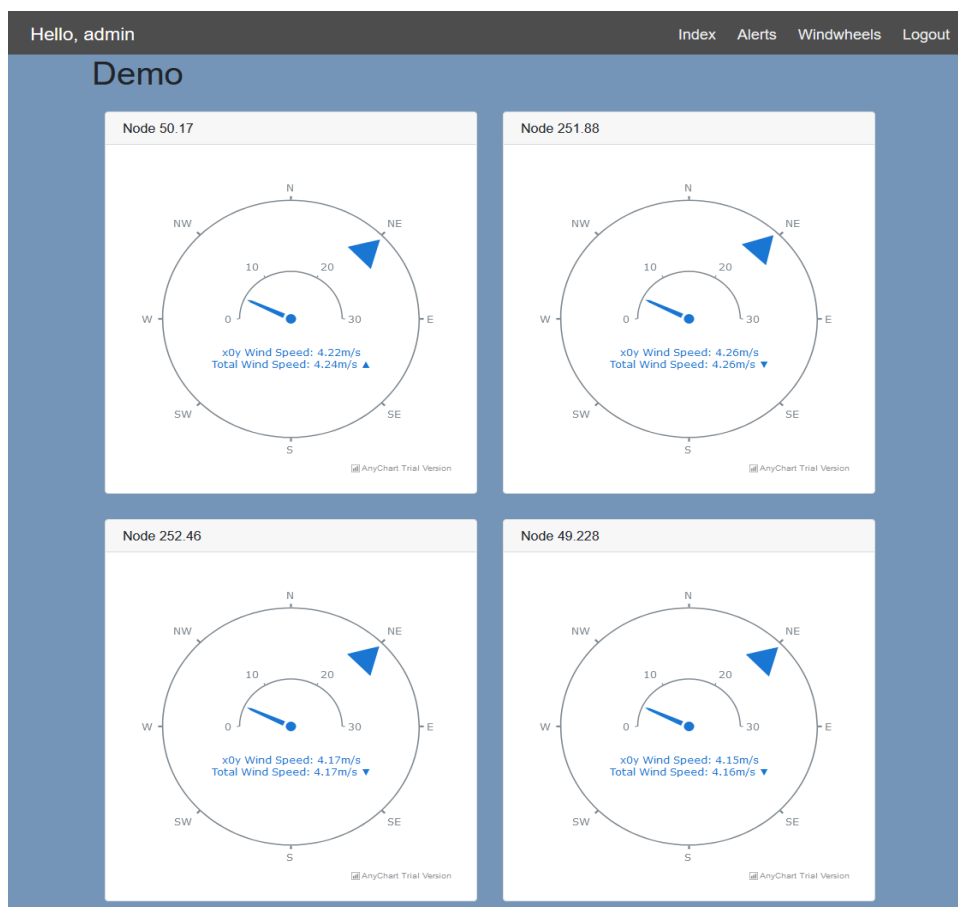


Figura 44. Página de Ruedas de Viento

Volviendo a la página de inicio, para ver los datos en formato tabular de cada nodo, el usuario puede hacer clic en el botón asociado a cada nodo o en el punto del mapa. Al hacerlo, la interfaz se redirige a la página que se muestra en la Figura 45.

Hello, admin Index Alerts Windwheels Graphs Wind Logout

SPEED DATA

ID	SensorID	Acquisition time	x	y	z
24299	49.228	2021-01-24 15:31:32.508253	2531	3928	-3804
24295	49.228	2021-01-24 15:31:32.400956	2851	2500	802
24291	49.228	2021-01-24 15:31:32.311657	2288	3202	2856
24287	49.228	2021-01-24 15:31:32.249668	2756	3152	-2984
24283	49.228	2021-01-24 15:31:32.192086	3994	2536	1916
24279	49.228	2021-01-24 15:31:32.131425	2146	3654	1502
24275	49.228	2021-01-24 15:31:32.057022	2888	3830	-3129
24271	49.228	2021-01-24 15:31:31.950845	3720	2338	-18
24267	49.228	2021-01-24 15:31:31.867658	2605	3921	-2148
24263	49.228	2021-01-24 15:31:31.797739	3440	2122	-2015
24259	49.228	2021-01-24 15:31:31.726614	2799	3632	743
24255	49.228	2021-01-24 15:31:31.664695	3256	2719	993
24251	49.228	2021-01-24 15:31:31.594967	2180	3963	-3199
24247	49.228	2021-01-24 15:31:31.513891	2870	2673	3028
24243	49.228	2021-01-24 15:31:31.408257	3104	2262	1451
24239	49.228	2021-01-24 15:31:31.327582	3415	2196	1959
24235	49.228	2021-01-24 15:31:31.245718	2116	3448	-1514
24231	49.228	2021-01-24 15:31:31.175529	2993	3790	-2575
24227	49.228	2021-01-24 15:31:31.106865	3234	2497	2947
24223	49.228	2021-01-24 15:31:31.026097	2648	2450	3886
24219	49.228	2021-01-24 15:31:30.955060	2131	2152	-2796
24215	49.228	2021-01-24 15:31:30.889064	3462	3130	245
24211	49.228	2021-01-24 15:31:30.825062	2995	2312	-1253
24207	49.228	2021-01-24 15:31:30.753970	2265	2118	2719
24203	49.228	2021-01-24 15:31:30.663347	3384	3634	-2627
24199	49.228	2021-01-24 15:31:30.064801	2879	2928	-1479
24195	49.228	2021-01-24 15:31:29.990629	3587	3765	-2667
24191	49.228	2021-01-24 15:31:29.935076	3853	3061	-4079
24187	49.228	2021-01-24 15:31:29.855583	3225	3845	-749
24183	49.228	2021-01-24 15:31:29.779897	3785	2465	-3094
24179	49.228	2021-01-24 15:31:29.712830	2655	2195	236
24175	49.228	2021-01-24 15:31:29.609620	3079	2802	-94
24171	49.228	2021-01-24 15:31:29.531160	2151	2522	1602
24167	49.228	2021-01-24 15:31:29.461350	3377	2773	140
24163	49.228	2021-01-24 15:31:29.387054	3476	2614	3755
24159	49.228	2021-01-24 15:31:29.308066	2521	3801	-1122
24155	49.228	2021-01-24 15:31:29.229777	2955	4061	1266
24151	49.228	2021-01-24 15:31:29.157613	3467	2379	-1404
24147	49.228	2021-01-24 15:31:29.092204	2158	3440	2748
24143	49.228	2021-01-24 15:31:29.032863	4094	2294	-3636
24139	49.228	2021-01-24 15:31:28.961326	3558	2522	-1723
24135	49.228	2021-01-24 15:31:28.878088	3342	2504	-119
24131	49.228	2021-01-24 15:31:28.799885	2993	2874	-3381
24127	49.228	2021-01-24 15:31:28.743162	2568	3488	702
24123	49.228	2021-01-24 15:31:28.682851	3788	2224	3940
24119	49.228	2021-01-24 15:31:28.612574	3248	3269	-2091
24115	49.228	2021-01-24 15:31:28.558510	3052	2148	1556
24111	49.228	2021-01-24 15:31:28.496779	3704	2419	-119
24107	49.228	2021-01-24 15:31:28.376023	4028	3086	2580
24103	49.228	2021-01-24 15:31:28.225882	2145	3597	1908

Speed	Minimum	Maximum	Medium	Standard Deviation
X	2116	4094	3035.18	562.97
Y	2118	4061	2944.7	620.82
Z	18	4079	1985.98	1171.82

Temperature	Minimum	Maximum	Medium	Standard Deviation
X	2116	4094	3035.18	562.97
Y	2118	4061	2944.7	620.82
Z	18	4079	1985.98	1171.82

Figura 45. Página de Nodo

Esta página abre la posibilidad de acceder a los nodos específicos nodos y gráficos que se pueden ver en las Figuras 46 y 47, respectivamente.

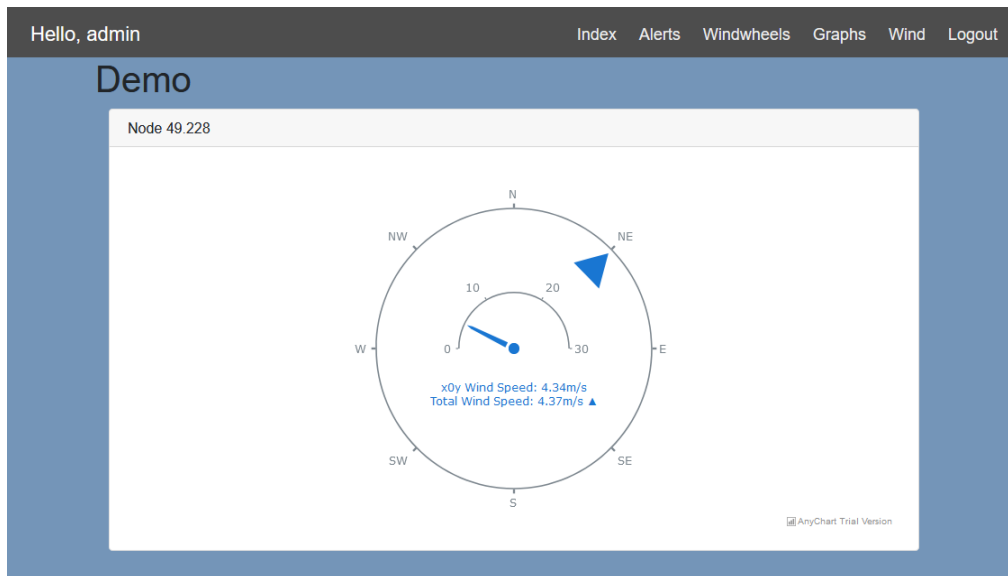


Figura 46. Pàgina del Nodo del Viento

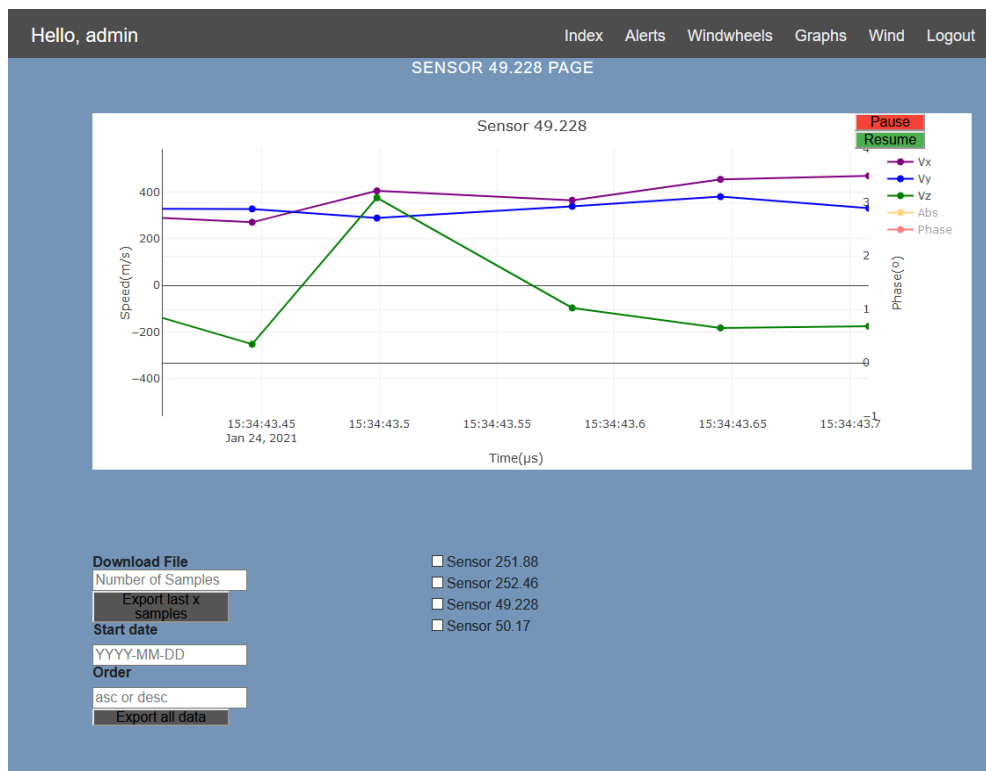


Figura 47. Pàgina de Nodo de Gràfico

Estas pàginas muestran casi en tiempo real al usuario los datos y con la opción de pausar y reanudar los gràficos, incluso exportar los datos a un archivo .csv con el nùmero de muestras o la fecha de inicio desde donde se recopilar los datos. Tambièn se pueden hacer comparaciones entre dos nodos al mismo tiempo seleccionando otro nodo de las casillas de verificaciòn disponibles

El usuario también puede acceder a la página de *Alerts*, que se muestra en la Figura 48, desde la barra de navegación en cualquier momento.

Figura 48. Página de Alertas

Luego, cada usuario puede configurar una alerta por nodo eligiendo el nodo y los valores a considerar. Cada vez que se superan los umbrales, se envía un correo electrónico al usuario. Finalmente, el usuario puede cerrar la sesión haciendo clic en el enlace *Logout* disponible en la barra de navegación.



11. CONCLUSIÓN

11.1. Conclusiones del Proyecto

Durante este proyecto se han aprendido lecciones importantes sobre la gestión de equipos y el desarrollo de un sistema tecnológico.

En primer lugar, se ha aprendido que trabajar en equipo es una de las habilidades más complejas y necesarias para el éxito de un proyecto y para el desarrollo laboral y profesional de un ingeniero. Para poder lograrlo, la comunicación es esencial, siempre de manera respetuosa, así como la transparencia y la comprensión.

En segundo lugar, se han desarrollado nuevas habilidades técnicas que no se enseñan en un ambiente de clase típico, como la gestión de proyectos, la conexión entre sub equipos y la capacidad de trabajar con una gran cantidad de elementos.

En tercer lugar, se ha comprobado la importancia de la planificación previa, pues es fundamental ya que siempre hay retrasos e imprevistos que no se pueden controlar y una buena organización y planificación ayuda a mantener la calma y a poder ser objetivos a la hora de reestructurar tareas y distribuirlas correctamente en el tiempo.

En general, cuanto más se avanza en el trabajo técnico y en la buena organización del equipo, menos impacto tienen las circunstancias negativas y antes se puede alcanzar la finalización de un proyecto de la mejor manera posible.

Además, se puede concluir que los objetivos se han alcanzado de manera favorable. Pues la metodología desarrollada contiene indicadores de rendimientos, evaluaciones de riesgo y viabilidad, extensa investigación sobre materiales en el mercado, aplicación de técnicas nuevas, planificación de tareas grupales con una buena organización y comunicación, capacidad de enfrentar y solucionar problemas inesperados, desarrollar una interfaz web, un sistema de telecomunicación y aplicar conocimientos de ingeniería y de gestión de proyectos.





11.2. Líneas Futuras de Desarrollo

Como propuesta para líneas futuras de desarrollo se proponen las siguientes sugerencias:

- ◆ **Financiación:** el proyecto fue desarrollado con un presupuesto mínimo, en el cual intervenía la universidad y el alumnado. Por lo que como línea futura de desarrollo se propone conseguir una mayor financiación, con la cual se podrían adquirir materiales con más calidad y una tecnología más avanzada, pudiendo realizar entonces un proyecto más profesional. Añadiendo por ejemplo, la creación de una aplicación móvil, con la misma información que la web, para poder acceder a su conocimiento desde cualquier lugar y una estructura móvil que permita su movimiento desde la aplicación y, así, poder orientar la antena a elección del cliente.
- ◆ **Presentación para Emprendimiento/Empresas:** al poder aumentar el presupuesto y mejorar la tecnología, el alcance del sistema podría ser de gran interés para empresas de telecomunicación o para proyectos de jóvenes emprendedores. Por lo que la línea de futuro que se propone trata sobre la posible presentación del proyecto más desarrollado a diferentes entidades.
- ◆ **Trabajo Final de Master:** como continuación de mis estudios universitarios voy a realizar un Máster de Gestión de Proyectos, por lo tanto en el TFM podría seguir desarrollando este proyecto con los conocimientos que voy a aprender y desarrollar en el Máster.





BIBLIOGRAFIA

- [1] El taller del bit. [Online].; 2021. Available from: <https://eltallerdelbit.com/enrutamiento-fundamentos-y-protocolos/>.
- [2] Monat J. Applying Systems Thinking to Engineering and Design: JOUR; 2018/09/19.
- [3] PT.RS. [Online].; 2021. Available from: <https://pt.rs-online.com/web/p/diodos-schottky-y-rectificadores/7815616/>.
- [4] Pt.Farnell. [Online].; 2021. Available from: <https://pt.farnell.com/tt-electronics/srs-100-15/ac-dc-100watt-15vdc-7a-enclosed/dp/3377274?st=ac%2Fdc+converter+ac%2Fdc+100+15+converter+ac%2Fdc+srs+100+15>.
- [5] Pt.Robotics. [Online].; 2021. Available from: <https://www.ptrobotics.com/alimentacao/8187-xl4015-modulo-conversor-dc-dc-ajustavel-step-down-5a-4-38v-para-125-36v.html>.
- [6] Pt.Robotics. [Online].; 2021. Available from: <https://www.ptrobotics.com/alimentacao/7235-modulo-conversor-dc-dc-step-down-com-carregador-usb.html>.
- [7] Banggood. [Online].; 2021. Available from: https://www.banggood.com/DC-DC-CC-CV-Buck-Converter-Board-Step-Down-Power-Supply-Module-7-32V-to-0-8-28V-12A-p-1245047.html?utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc_organic&gmcCountry=PT&utm_content=minha&utm_campaign=minha-pt-en-pc¤cy=EUR&cur_wareh.
- [8] aquario.electronica. [Online].; 2021. Available from: <https://www.aquario.pt/es/product/tpl-bateria-chumbo-acido-12v-7ah-f1-vrla-kaise-kb1270security>.
- [9] IKEA. [Online].; 2021. Available from: <https://www.ikea.com/pt/pt/p/klaemtare-caixa-c-tampa-int-exterior-cinz-esc-70292364/>.
- [10] Leroy Merlin. [Online].; 2021. Available from: https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Eletricidade-e-domotica/Multimedia/Antenas-e-acessorios-tv/WPR_REF_16028495?fbclid=IwAR3zUIO_1kriHxAcMC2o3phdGnlNGFn8fcdQEXtDapCcv-JWoiyuRIJ61A.
- [11] aquario.electronica. [Online].; 2021. Available from: https://www.aquario.pt/pt/product/velleman-suporte-de-coluna-preto-vdl8ss?fbclid=IwAR2Rpk3oI_e9rqad56BhcDzQ2tGiYD5mdExjouvlSkcGVpeN6UJknYe





[Htzk#especificacoes.](#)

- [12] castro.electrónica. [Online].; 2021. Available from:
[https://www.castroelectronica.pt/product/cabo-sma-macho-sma-femea-5-
mts?gclid=CjwKCAjwrKr8BRB_EiwA7eFapnvhapaJDdi4pDaF8GPNsC2Yz3FwmmQ](https://www.castroelectronica.pt/product/cabo-sma-macho-sma-femea-5-mts?gclid=CjwKCAjwrKr8BRB_EiwA7eFapnvhapaJDdi4pDaF8GPNsC2Yz3FwmmQ).
- [13] Autodesk. [Online]. [cited 2021 07 27. Available from:
<https://www.autodesk.es/products/autocad/overview>.

