



Instituto Tecnológico
de Buenos Aires

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES - ITBA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

SISTEMA INTEGRAL DE MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE

AUTORES: Mechoulam, Alan (Leg. Nº 58438)
Lambertucci, Guido Enrique (Leg. Nº 58009)
Rodriguez Turco, Martín Sebastian (Leg. Nº 56629)
Londero Bonaparte, Tomás Guillermo (Leg. Nº 58150)

DOCENTES: Orchessi, Walter
Pingitore, Ricardo
Ugarte, Alejandro
Gasparini, Ignacio

TRABAJO FINAL PRESENTADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

BUENOS AIRES

PRIMER CUATRIMESTRE, 2021



Proyecto final de Ingeniería Electrónica

Sistema Integral de Monitoreo De Fauna Silvestre

Autores:	Mechoulam, Alan	(58438)
	Lambertucci, Guido Enrique	(58009)
	Rodriguez Turco, Martín Sebastian	(56629)
	Londero Bonaparte, Tomás Guillermo	(58150)

Tutores:	Orchessi, Walter
	Pingitore, Ricardo
	Ugarte, Alejandro
	Gasparini, Ignacio

Fecha:	12/05/2021
---------------	------------

Índice de Contenidos

1	Resumen	3
2	Introducción	3
2.1	Antecedentes	3
2.2	Contexto del proyecto	3
3	Objetivos	4
3.1	Finalidad del Proyecto	4
3.2	Planteamiento del Problema a Resolver	4
3.3	Alcance	4
4	Definición de Producto	5
4.1	Requerimientos del Cliente	5
4.1.1	Relevamiento de Datos	5
4.1.2	Requerimientos Finales para Trazabilidad	5
4.2	Diagrama Funcional de Interfaces	6
4.3	Especificaciones de Diseño	6
4.3.1	Especificaciones Funcionales	6
4.3.2	Especificaciones de Interfaz	8
4.3.3	Especificaciones de Performance	9
4.3.4	Especificaciones de Implementación	9
4.3.5	Especificaciones de Servicio (RAMS)	10
5	Plan de Validación	11
5.1	Diseño de Banco de Pruebas	11
5.2	Especificaciones de Test	13
5.3	Matriz de Trazabilidad de Validación	14
5.4	Plan de Verificación y Validación	16
6	Análisis de Factibilidad	16
6.1	Factibilidad tecnológica	16
6.1.1	Propuesta de alternativas de diseño	16
6.1.2	Elección de una solución	16
6.1.3	DFMEA	16
6.2	Factibilidad de tiempos	16
6.2.1	Planificación	16
6.2.2	Programación	16
6.3	Factibilidad económica	16
6.4	Factibilidad legal y responsabilidad civil	16
7	Referencias	17

Lista de Figuras

4.2.1	Diagrama Funcional de Interfaces.	6
5.4.1	Diagrama de dependencias del plan de validación.	16

Lista de Tablas

4.1.2.1	Requerimientos de máxima.	5
4.3.1.1	Leyendas para las especificaciones.	6
4.3.1.2	Especificaciones funcionales.	7
4.3.2.1	Especificaciones de interfaz MEC.	8
4.3.2.2	Especificaciones de interfaz COM1.	8
4.3.2.3	Especificaciones de interfaz COM2.	8
4.3.3.1	Especificaciones de performance.	9
4.3.3.2	Especificaciones dimensionales y de peso.	9

4.3.4.1	Especificaciones de operación.	9
4.3.4.2	Especificaciones de almacenamiento y transporte.	10
4.3.4.3	Especificaciones de costos.	10
4.3.4.4	Especificaciones de compatibilidad electromagnética.	10
4.3.5.1	Especificaciones de seguridad.	10
4.3.5.2	Especificaciones de mantenibilidad.	11
4.3.5.3	Especificaciones de disponibilidad.	11
4.3.5.4	Especificaciones de confiabilidad.	11
5.2.1	Tabla de plan de validación	13
5.3.1	Matriz de trazabilidad (Parte 1).	14
5.3.2	Matriz de trazabilidad (Parte 2).	15

1. Resumen

En este informe se introduce brevemente al estado del arte de la adquisición de datos en la naturaleza y al sistema propuesto que opera en el hábitat particular de aves pequeñas, en este caso diseñado pero no limitado a la especie *Campephilus Magellanicus*.

Se detalla el diseño de una plataforma de adquisición de datos autónoma que permitirá conocer con profundidad el comportamiento y hábitat de las aves. Esta debe tener la capacidad de almacenar diversos datos tanto del interior como del entorno del nido por la duración de una semana. El sistema debe además ser capaz de transmitir estos datos de manera inalámbrica para no perturbar el comportamiento de la especie estudiada.

Se analizan los requerimientos y especificaciones de producto considerando a los clientes involucrados, entre ellos el equipo de biólogos que realizarán las observaciones, los entes reguladores de vida silvestre, el estado, los fabricantes de circuitos impresos, entre otros.

Luego se presentan los procedimientos tomados para las pruebas, los criterios de aceptación, las precondiciones, postcondiciones y el banco de pruebas, haciendo especial énfasis en el bienestar de los organismos que se encuentran en las cercanías del dispositivo.

(TBC)

2. Introducción

2.1. Antecedentes

Cuando se trata de investigar aves, por lo general, los investigadores optan por colocar pequeños dispositivos transmisores sobre el cuerpo de las mismas. Sin embargo, aquellas soluciones disponibles en el mercado tienen restricciones de energía y peso lo cual resulta incompatible con las expectativas del grupo INBIOMA, más acerca de ellos en la siguiente sección.

Actualmente las unidades montadas sobre las aves para recoger información recolectan datos sobre su posición, temperatura, incluso acerca de su estado vital, entre otras. Estos dispositivos comerciales requieren de una antena para la transmisión de datos mediante redes celulares, las cuales no siempre están presentes. La antena, cuyo largo es comparable con el largo del ave, no presenta dificultad alguna para aves que duermen y anidan en el exterior. Por el contrario, para el caso de las aves que viven en el interior de los árboles, tal como los pájaros carpinteros, sí es un inconveniente ya que puede poner en peligro a las demás aves que habitan dentro de él y dificultarle la movilidad haciéndolo más vulnerable ante depredadores. Este tipo de unidades están diseñadas para operar en zonas donde existe cobertura telefónica. Esta razón no solo es una restricción sino que también generan costos de comunicación. Por otro lado, los productos existentes que están pensados para especies de menor tamaño, no contemplan la naturaleza territorial y violenta del *Campephilus Magellanicus*, nombre científico del pájaro carpintero gigante. También existen productos para aves de mayor tamaño, el problema en estos radica en la incapacidad del sujeto de estudio de transportar el peso de la electrónica asociada a estos productos. Por último consideramos las opciones que se pueden conseguir en el mercado no profesional, destinadas para el uso hogareño: pequeños nidos de fácil instalación que poseen ciertos sensores. Nuevamente, ese tipo de productos no contemplan el comportamiento del ave en cuestión, ya que dicha especie fabrica su propio nido en lugar de tomar alguno ya construido. Estos refugios tampoco están equipados con sensores que permitan medir los factores de interés.

2.2. Contexto del proyecto

El CIDEI (Centro de Investigación y Desarrollo en Electrónica Industrial del ITBA) está trabajando junto al INBIOMA (Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente radicado en la Universidad Nacional del Comahue) para participar de un estudio en conjunto que busca aprender de algunos aspectos de la vida del Carpintero Gigante, ave que sirve de vector de referencia para analizar el estado de otros elementos de la vida silvestre en el área [1]. El CIDEI-ITBA tiene la tarea de desarrollar la tecnología para la obtención de las variables físicas, tanto del vuelo y comportamiento de las aves, como de su entorno (nido y alrededores). El estudio de los patrones de alimentación y movimiento del ave en cuestión pueden alertar sobre diversos factores que están cambiando en el ambiente. Actualmente no se encuentra en el mercado un dispositivo que permita cumplir con los objetivos de investigación planteados, por lo que se trabajará junto al grupo de biólogas en su desarrollo.

Hoy en día se necesita una solución que permita utilizar baterías más pequeñas montadas sobre las aves. Se debe reducir el consumo de energía y aumentar la capacidad de transmisión de información. Es necesario también poder operar en áreas donde las comunicaciones celulares no están disponibles.

En el mercado actual solo se comercializan unidades de adquisición de datos móviles que van montadas sobre las especies de estudio y equipos de tipo hobbista. Sin embargo es de interés poder obtener mediciones y extraer contenido visual dentro y fuera de los nidos, aun cuando estos se encuentren en alturas de difícil acceso para una persona. Actualmente no se encuentra disponible una solución integral que permita satisfacer esta necesidad de poder captar esta información y distribuirla hacia los investigadores.

3. Objetivos

3.1. Finalidad del Proyecto

La ornitología, el estudio de las aves, es una rama muy importante de la biología, con varios aportes diversos al conocimiento colectivo como conceptos claves sobre la evolución, comportamiento y conservación de ecosistemas. Siendo esta última de especial importancia, dado que las aves controlan las poblaciones de roedores e insectos, dispersan semillas que ayuda a la conservación de bosques, son fuente de alimento de otras especies y son indicadores de la calidad de un ecosistema.

Este proyecto, el equipo electrónico, le permitirá a un grupo de ornitólogas del CONICET realizar un estudio sobre las aves del territorio argentino, especialmente pero no limitado a las de la especie *Campephilus Magellanicus*.

3.2. Planteamiento del Problema a Resolver

El estudio de investigación involucra la adquisición de distintos parámetros de la vida del ave. Estos parámetros forman parte tanto del entorno del ave (variables dentro o en las cercanías del nido) como del comportamiento mismo de esta (tiempo de vuelo, ubicación a lo largo del tiempo, etc.). El primer grupo de parámetros deberá ser adquirido por nuestro producto, mientras que el segundo grupo será adquirido por un dispositivo ajeno al proyecto que irá sujetado al ave en todo momento.

Para librar al dispositivo del ave de limitaciones dimensionales o de peso, la mayor parte del almacenamiento de datos se hará en el nido, siendo necesario por consiguiente incorporar al producto la posibilidad de recibir datos de manera inalámbrica desde el equipo del ave. Con anterioridad se pactó con el grupo de ornitólogas que, una vez por semana, se acercará una persona a la base del árbol para descargar de manera inalámbrica todos los datos almacenados en el equipo del nido, para no afectar en el comportamiento al ave.

Por otra parte, como el equipo del ave debe ser lo más pequeño posible, su fuente de alimentación constará solamente de baterías que deberán poder ser recargadas mientras el pájaro se encuentre dentro del nido. Por lo general, el carpintero gigante macho suele dormir entre seis y ocho horas en el nido, para luego tomar turnos de dos a tres horas con la hembra para cuidar a los pichones.

Una gran limitación del proyecto se basa en que las aves suelen hacer mantenimiento del nido, picoteando las paredes y el suelo de este para tapar los restos de comida o las heces de los pichones. Esto imposibilita la colocación de electrónica en el suelo o las paredes del hábitat. Sin embargo, la excepción de esto es la bóveda o techo, la cual es excavada primero para permitir luego la progresión hacia abajo.

El desafío del trabajo se centra en la complejidad de las condiciones de uso del dispositivo dado por el comportamiento destructivo de las aves dentro del nido, la necesidad de transferencia de energía inalámbrica y el requisito de lograr mantener energizado al sistema sin intervención humana durante todo el periodo de anidamiento del ave, sin la posibilidad de una conexión a la red eléctrica.

3.3. Alcance

Este proyecto involucrará el diseño de un dispositivo capaz de recolectar información para ser utilizado en el ámbito de la investigación como fue detallado en la Sección (3.2). Se realizarán los análisis relevantes para asegurar la viabilidad financiera del proyecto según los requisitos del cliente. La verificación de la calidad del diseño estará basada en un único prototipo no comercial, el cual buscará cumplir los requerimientos definidos y adquirir las validaciones posibles dentro del marco económico actual y las limitaciones del cliente.

Por otro lado, en este trabajo no se contemplará la instalación del producto final in situ; la electrónica que irá situada en la mochila, exceptuando el receptor de energía y un prototipo con el cual se comprobarán las funcionalidades del nido; ni el procesamiento de los datos recibidos, solo aquellos relacionados con el almacenamiento y retransmisión.

Por ser un proyecto con bajo volumen de producción no se considera el desarrollo de tecnologías de adquisición de datos, almacenamiento o extracción de energía, sino en un proceso de integración de tecnologías preexistentes.

4. Definición de Producto

4.1. Requerimientos del Cliente

4.1.1. Relevamiento de Datos

La adquisición de datos para fijar los requerimientos del cliente fue realizada mediante sucesivas reuniones con el equipo de ornitólogas, las cuales informaron de las necesidades del producto para llevar a cabo su investigación, dado que son nuestro único cliente principal.

Además, se tuvieron en cuenta las diversas normas que rigen los equipos electrónicos vigentes en Argentina como se detalla en la Sección (4.3).

4.1.2. Requerimientos Finales para Trazabilidad

ID	Descripción	Origen
REQ-01	El producto estará colgado de un árbol a una altura de desde cuatro a catorce metros y se instalará parcialmente dentro del nido del ave.	Cliente
REQ-02	El producto debe poder mantenerse energizado sin intervención humana, minimizando pérdidas de alimentación.	Cliente
REQ-03	El producto no debe requerir conexión a la red eléctrica para su funcionamiento.	Tácito
REQ-04	El producto debe ser capaz de adquirir los siguientes datos dentro del nido: Imágenes, temperatura, humedad, (TBD)	Cliente
REQ-05	Un dispositivo ajeno al proyecto que irá sobre el ave debe poder transmitirle los datos que adquirió durante el día al nido.	Cliente
REQ-06	El producto debe poder almacenar los datos adquiridos por el nido y el ave.	Tácito
REQ-07	Una persona debe poder recibir los datos almacenados en el nido a la distancia.	Cliente
REQ-08	El producto no debe llamar la atención de humanos desde el nivel del piso.	Cliente
REQ-09	El producto o su instalación no debe dañar significativamente al árbol donde estará el nido.	Tácito
REQ-10	El producto debe soportar las condiciones meteorológicas del sur Argentino, específicamente los alrededores de Bariloche, Rio Negro.	Tácito
REQ-11	El producto debe costar menos de (TBD) USD.	Cliente
REQ-12	El producto debe cumplir la norma (TBD) : seguridad eléctrica.	Estado
REQ-13	El producto debe cumplir la norma (TBD) : compatibilidad electromagnética.	Estado
REQ-14	El producto debe cumplir la norma (TBD) : seguridad ambiental.	Estado
REQ-15	El producto debe poder cargar las baterías del dispositivo del ave.	Cliente
REQ-16	El producto debe perturbar lo mínimo posible a las aves dentro del nido o cambiar lo menos posible su comportamiento, el cual es el objeto de estudio.	Cliente
REQ-17	El producto desarmado debe soportar las condiciones de traslado impuestas por los caminos rurales hasta llegar a la zona de instalación.	Tácito
REQ-18	La tasa de adquisición de datos debe ser sensata y dependerá de cada variable a medir.	Tácito
REQ-19	La vida útil del producto deberá ser de por lo menos 2 años.	Cliente

Tabla 4.1.2.1: Requerimientos de máxima.

4.2. Diagrama Funcional de Interfaces

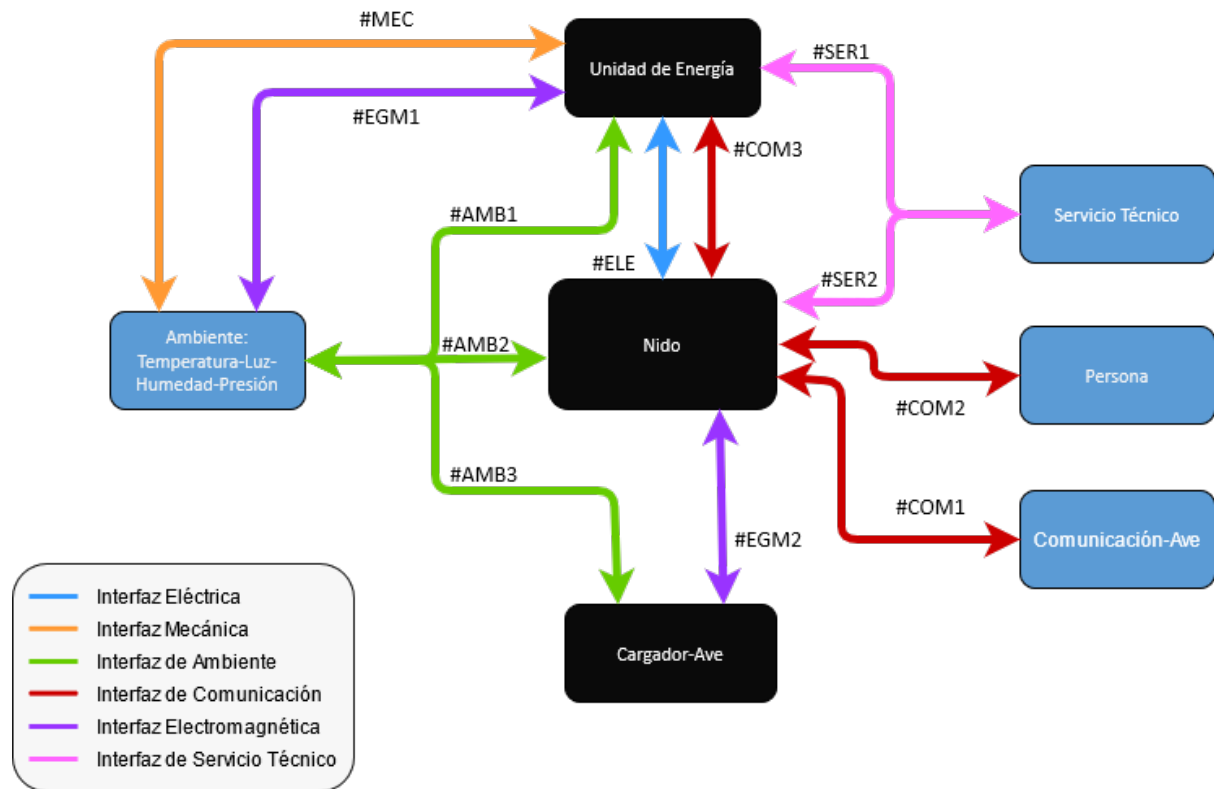


Figura 4.2.1: Diagrama Funcional de Interfaces.

4.3. Especificaciones de Diseño

4.3.1. Especificaciones Funcionales

Leyenda para especificaciones	
Aplicabilidad	Validación
P: Prototipo	I: Inspección Visual
	D: Documentación de Diseño
F: Producto Final	S: Simulación
	T: Test

Tabla 4.3.1.1: Leyendas para las especificaciones.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
INT-FUN-01	El dispositivo deberá tener un espacio de almacenamiento de datos de por lo menos (TBD) GBy, equivalente a la suma de los datos adquiridos en el nido y por el dispositivo del ave a lo largo de siete días.	REQ-06, REQ-04	P F - D
INT-FUN-02	El producto deberá funcionar correctamente con alimentación eléctrica de como mínimo (TBD) Watts y (TBD) Volts y como máximo (TBD) Watts y (TBD) Volts.	REQ-02, REQ-03	F - I D T
INT-FUN-03	El producto deberá poder recuperarse totalmente de una pérdida de alimentación eléctrica sin intervención humana y sin pérdida de datos almacenados. Se entiende por pérdida de alimentación eléctrica como tensión de entrada o potencia de entrada menor a la mínima definida.	REQ-02, REQ-03	F - I T
INT-FUN-04	El producto deberá poder almacenar suficiente energía como para poder seguir funcionando correctamente sin pérdida de alimentación (según lo definido en INT-FUN-03) por (TBD) días, cuando la fuente de energía principal se encuentre en condiciones de hasta un (TBD) % inferiores a las mínimas definidas.	REQ-02, REQ-03	P F - D
INT-FUN-05	El producto debe ser capaz de obtener el siguiente dato del entorno: Temperatura	REQ-04	P F - I D T
INT-FUN-06	El producto debe ser capaz de obtener el siguiente dato del entorno: Humedad	REQ-04	P F - I D T
INT-FUN-07	El producto debe ser capaz de obtener el siguiente dato del entorno: (TBD)	REQ-04	P F - I D T
INT-FUN-08	El producto debe poder transmitir de manera inalámbrica los datos almacenados en el nido a un dispositivo según las especificaciones INT-COM2.	REQ-07	P F - I D T
INT-FUN-09	El producto debe poder recibir de manera inalámbrica datos almacenados en un dispositivo ajeno al proyecto que irá sobre el ave según las especificaciones INT-COM1.	REQ-05	P F - I D T
INT-FUN-10	Capacidad de recargar completamente de manera inalámbrica en 6 horas las baterías de un dispositivo ajeno al proyecto que irá sobre el ave.	REQ-15	P F - I D T
INT-FUN-11	El sistema de carga del dispositivo del ave debe entregar al menos 7.5 mW y hasta 10 mW.	REQ-15	P F - I D
INT-FUN-12	El sistema obtendrá valores del sensor (TBD) cada (TBD) minutos.	REQ-18	P F - I D T
INT-FUN-13	El sistema obtendrá valores del sensor de temperatura cada (TBD) minutos.	REQ-18	P F - I D T
INT-FUN-14	El sistema obtendrá valores del sensor de humedad cada (TBD) minutos.	REQ-18	P F - I D T
INT-FUN-15	El sistema utilizará (TBD) paneles solares para cargar una batería principal de (TBD) tecnología	REQ-02	P F - I D T

Tabla 4.3.1.2: Especificaciones funcionales.

4.3.2. Especificaciones de Interfaz

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
INT-MEC-01	El equipo deberá poder sujetarse con (TBD) tornillos tipo (TBD) distanciados entre sí (TBD)	REQ-01, REQ-10	F - I D
INT-MEC-02	El sistema de montaje de la unidad de energía deberá ser capaz de soportar un peso de (TBD)	REQ-01, REQ-10	F - D T

Tabla 4.3.2.1: Especificaciones de interfaz MEC.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
INT-COM1-01	La transmisión de datos desde el ave al nido debe poder ser interrumpida en cualquier momento sin pérdidas de información considerables.	REQ-05, REQ-16	P F - I D T
INT-COM1-02	La transmisión de datos deberá tener un alcance mínimo de 50 cm.	REQ-05	P F - I D T
INT-COM1-03	La transmisión de datos deberá comenzar de manera automática en cuanto el dispositivo del ave se encuentre dentro del alcance y con el nivel de carga suficiente para sostener la transmisión.	REQ-05, REQ-16	P F - I D T
INT-COM1-04	La transmisión de datos deberá efectuarse por medio del protocolo (TBD) .	REQ-05	P F - I D T

Tabla 4.3.2.2: Especificaciones de interfaz COM1.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
INT-COM2-01	La transmisión de datos desde el nido hacia una persona deberá ser del tipo flush, descargándose al dispositivo de la persona todos los datos almacenados en el nido, liberando a la vez todo el espacio de almacenamiento de datos del nido.	REQ-07	P F - I D T
INT-COM2-02	La transmisión de datos deberá tener un alcance mínimo de 15 metros, la cual concuerda con la altura máxima observada de los nidos del Campephilus Magellanicus.	REQ-16	P F - I D T
INT-COM2-03	La transmisión de datos deberá ser inicializada por la persona.	REQ-07	P F - I D T
INT-COM2-04	La transmisión de datos deberá efectuarse por medio del protocolo (TBD) .	REQ-07	P F - I D T
INT-COM2-05	El descarte de los datos almacenados en el nido sucederá una vez completa la transmisión sin interrupciones prematuras.	REQ-07	P F - I D T
INT-COM2-06	Ante una interrupción prematura de la comunicación, la persona deberá reiniciar la transmisión de datos desde el comienzo.	REQ-07	P F - I D T

Tabla 4.3.2.3: Especificaciones de interfaz COM2.

4.3.3. Especificaciones de Performance

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
PER-01	El equipo deberá realizar la carga de la batería del ave con una eficiencia no menor al (TBD) %.	REQ-15	F - D T
PER-02	El equipo no deberá consumir más de (TBD) Watts mientras no se esté recargando al dispositivo del ave ni transmitiendo datos.	REQ-02	F - D T
PER-03	El equipo no deberá consumir más de (TBD) Watts mientras se está recargando al dispositivo del ave y recibiendo datos de este.	REQ-02, REQ-15	F - D T
PER-04	El equipo no deberá consumir más de (TBD) Watts mientras se está transmitiendo datos al dispositivo de la persona.	REQ-02, REQ-7	F - D T

Tabla 4.3.3.1: Especificaciones de performance.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-DIM-01	El dispositivo del nido no deberá exceder las siguientes dimensiones Largo < 26 cm Ancho < 8,79 cm Alto < 4,55 cm	REQ-01, REQ-09	F - I D T
IMP-DIM-02	La unidad de energía no deberá exceder las siguientes dimensiones Largo < (TBD) Ancho < (TBD) Alto < (TBD)	REQ-01, REQ-09	F - I D T
IMP-DIM-03	El equipo dentro del nido no deberá exceder los (TBD) gramos.	REQ-01, REQ-09	F - I D T
IMP-DIM-04	La unidad de energía no deberá exceder los (TBD) kilos.	REQ-01, REQ-09	F - I D T

Tabla 4.3.3.2: Especificaciones dimensionales y de peso.

4.3.4. Especificaciones de Implementación

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-OPE-01	El sistema deberá poder operar normalmente cuando la temperatura ambiente sea $-20^{\circ}\text{C} < T_{AMB} < 30^{\circ}\text{C}$. Si bien la temperatura más baja observada en el territorio argentino es de -25°C , se acepta que son circunstancias excepcionales. Si bien la temperatura máxima histórica de la zona observada fue de 34.6°C la media es menor.	REQ-10	F - I D
IMP-OPE-02	Deberá poder operar normalmente cuando la humedad sea: $0\% < RH < 100\%$, valores normales de humedad relativa ambiente.	REQ-10	F - I D
IMP-OPE-03	El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la presión atmosférica sea: $84\text{ kPa} < P_{ATM} < 90\text{ kPa}$. Esto equivale a 1500 m de altura para el mínimo de presión, y un máximo de 1100 m.	REQ-10	F - I D
IMP-OPE-04	El dispositivo deberá tener un grado de protección IPXX (TBD)	REQ-10	F - I D

Tabla 4.3.4.1: Especificaciones de operación.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-AYT-01	No se deberán sufrir daños cuando, estando desenergizado, la temperatura ambiente sea $-20^{\circ}\text{C} < T_{AMB} < 40^{\circ}\text{C}$.	REQ-17, REQ-10	P F - I D
IMP-AYT-02	No se deberán sufrir daños cuando, estando desenergizado, la humedad sea $0\% < RH < 100\%$.	REQ-17, REQ-10	P(TBD) F - I D
IMP-AYT-03	No se deberán sufrir daños cuando, estando desenergizado, la presión atmosférica sea $84\text{ kPa} < P_{ATM} < 101\text{ kPa}$.	REQ-17, REQ-10	P(TBD) F - I D
IMP-AYT-04	El equipo deberá tolerar vibraciones mecánicas del siguiente modo (TBD)	REQ-17, REQ-10	P(TBD) F - I D

Tabla 4.3.4.2: Especificaciones de almacenamiento y transporte.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-COS-01	La suma del costo de las partes que conforman al producto no deberá ser superior a (TBD) USD.	REQ-11	F - D
IMP-COS-02	La suma del costo de las partes que conforman el prototipo no deberá ser superior a (TBD) USD.	REQ-11	P - D

Tabla 4.3.4.3: Especificaciones de costos.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
IMP-EMC-01	El dispositivo deberá poder operar normalmente con inmunidad al ruido electromagnético de acuerdo a la norma (TBD)	REQ-13	F - D

Tabla 4.3.4.4: Especificaciones de compatibilidad electromagnética.

4.3.5. Especificaciones de Servicio (RAMS)

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-SEG-01	La máxima temperatura que podrá tener la carcasa será de (TBD) °C	REQ-12, REQ-16	P F - I D T (TBD)
RAM-SEG-02	Si en algún lugar (accesible o no) hay tensiones peligrosas, deberá haber un cartel que lo advierta.	(TBC)	P (TBD) F - I
RAM-SEG-03	El dispositivo contará con un sistema de autenticación ante el pedido de transmisión de datos definido por INT-COM2.	REQ-07	F - I D T (TBD)
RAM-SEG-04	(TBD) según la norma (TBD) : seguridad eléctrica.	REQ-12	(TBD)

Tabla 4.3.5.1: Especificaciones de seguridad.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-MAN-01	En caso de utilizar software o firmware, deberá ser posible para técnicos calificados realizar actualizaciones del mismo.	(TBC)	(TBC)
RAM-MAN-02	En caso de utilizar software o firmware, no deberá ser posible para el usuario acceder al mismo.	(TBC)	(TBC)
RAM-MAN-03	El equipo deberá contener la siguiente documentación: Manual de Usuario Esquemáticos de circuitos Esquemáticos de placas	(TBC)	(TBC)

Tabla 4.3.5.2: Especificaciones de mantenibilidad.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-DIS-01	(TBD)	(TBD)	(TBD)

Tabla 4.3.5.3: Especificaciones de disponibilidad.

ID	Descripción	Origen	Aplicabilidad Validación
RAM-CON-01	El producto deberá tener una vida útil no menor a 2 años.	REQ-18	P F - D

Tabla 4.3.5.4: Especificaciones de confiabilidad.

5. Plan de Validación

5.1. Diseño de Banco de Pruebas

Banco de pruebas 1:

- El dispositivo contará con una manera de desacoplar la alimentación principal y permitir la alimentación de los módulos a través de una fuente regulable de (TBD) V \pm (TBD) mV que pueda suministrar por lo menos (TBD) mA.
- Se tendrá un software que permita activar la comunicación COM2. Transmitir y recibir data conocida, tanto en un sentido como en el otro.
- (TBC)

Banco de pruebas 2:

- El dispositivo contará con una manera de desacoplar la alimentación principal y permitir la alimentación de los módulos a través de una fuente regulable de (TBD) V \pm (TBD) mV que pueda suministrar por lo menos (TBD) mA.
- Se acercará un dispositivo que emula la mochila para realizar el disparo. Se podrá transmitir y recibir data conocida, tanto en un sentido como en el otro (TBC) .
- (TBC)

Banco de pruebas 3:

- El dispositivo contará con una manera de desacoplar la alimentación principal y permitir la alimentación de los módulos a través de una fuente regulable de (TBD) V \pm (TBD) mV que pueda suministrar por lo menos (TBD) mA.
- Se tendrá un osciloscopio para medir el nivel de carga de la batería al igual que medirla potencia suministrada, para obtener la eficiencia, al igual que cronometrar el tiempo de carga.

- (TBC)

Banco de pruebas 4:

- El dispositivo contará con una manera de desacoplar la alimentación principal y permitir la alimentación de los módulos a través de una fuente regulable de (TBD) V \pm (TBD) mV que pueda suministrar por lo menos (TBD) mA.
- Se tendrán sensores calibrados para las magnitudes físicas a medir para comparar la precisión de estos.
- Se contará con una modalidad en el software de debug que permita conmutar un pin para poder medir el tiempo entre medidas de los diversos sensores.
- (TBC)

Banco de pruebas 5:

- (TBC)

Banco de pruebas 6:

- Se podrá regular la carga con la que se quitará energía del sistema.
- Se podrá desacoplar la alimentación para simular una pérdida de energía
- Se podrá alimentar el sistema con una tensión mínima menor a la óptima en un rango de tensiones determinado para comprobar su correcto funcionamiento
- (TBC)

Banco de pruebas 7:

- Con el producto finalizado se procederá a medir sus dimensiones físicas.
- Al igual que su peso con un calibre/metro y una balanza respectivamente.
- (TBC)

5.2. Especificaciones de Test

Aspecto	ID del test
Adquisición de datos de Temperatura	T-INT-FUN-01
Adquisición de datos de (TBD)	T-INT-FUN-02
Periodo activación sensor (TBD)	T-INT-FUN-03
Periodo activación sensor temperatura	T-INT-FUN-04
Periodo activación sensor humedad	T-INT-FUN-09
Adquisición de datos de humedad	T-INT-FUN-07
Operación rango de tensiones	T-INT-FUN-05
Recuperación ante pérdida de alimentación	T-INT-FUN-06
Tiempo de carga inalámbrica	T-INT-FUN-08
Recolección de energía en condiciones similares a las de instalación	T-INT-FUN-10
Consumo Estado 1 (Sin comunicaciones ni carga)	T-PER-01
Consumo Estado 2 (carga y recepción de datos)	T-PER-02
Consumo Estado 3 (solo transmitiendo datos)	T-PER-03
Eficiencia de carga de batería remota	T-PER-04
Interrupción transmisión ave-nido	T-INT-COM1-01
Alcance transmisión ave-nido	T-INT-COM1-02
Comienzo automático transmisión ave-nido	T-INT-COM1-03
Validación protocolo transmisión ave-nido	T-INT-COM1-04
Validación general transmisión ave-nido	T-INT-COM1-05
Funcionalidad transmisión nido-persona	T-INT-COM2-01
Alcance transmisión nido-persona	T-INT-COM2-02
Inicialización manual transmisión nido-persona	T-INT-COM2-03
Validación protocolo transmisión nido-persona	T-INT-COM2-04
Descarte de datos transmisión nido-persona	T-INT-COM2-05
Reinicio ante corte prematuro de transmisión nido-persona	T-INT-COM2-06
Validación general transmisión nido-persona	T-INT-COM2-07
Validación dimensiones totales	T-IMP-DIM-01
Validación peso total	T-IMP-DIM-02
Autorización transmisión nido-persona	T-RAM-SEG-01

Tabla 5.2.1: Tabla de plan de validación

5.3. Matriz de Trazabilidad de Validación

Origen	REQ ID	ESP ID	TEST ID
	Descripción corta		
Cliente	REQ 01	INT-MEC-01	(TBC) T-IMP-DIM-01 T-IMP-DIM-01 T-IMP-DIM-02 T-IMP-DIM-02
	El producto estará colgado de un árbol a (entre 4 m y 14 m) y se instalará parcialmente dentro del nido del ave.	INT-MEC-02 IMP-DIM-01 IMP-DIM-02 IMP-DIM-03 IMP-DIM-04	
Cliente	REQ 02	INT-FUN-02	T-INT-FUN-05
	El producto debe poder mantenerse energizado sin intervención humana, minimizando pérdidas de alimentación.	INT-FUN-03	T-INT-FUN-06
		PER-02	T-PER-01
		PER-03	T-PER-02
		PER-04	T-PER-03
Tácito	REQ 03	INT-FUN-02	T-INT-FUN-05
	El producto no debe requerir conexión a la red eléctrica para su funcionamiento.	INT-FUN-03	T-INT-FUN-06
Cliente	REQ 04		
	El producto debe ser capaz de adquirir los siguientes datos dentro del nido: temperatura, humedad, (TBD)	INT-FUN-05	T-INT-FUN-01
		INT-FUN-06	T-INT-FUN-07
Cliente	REQ 05	INT-FUN-07	T-INT-FUN-02
	Un dispositivo ajeno al proyecto que irá sobre el ave debe poder transmitirle los datos que adquirió durante el día al nido.	INT-FUN-09	T-INT-COM1-05
		INT-COM1-01	T-INT-COM1-01
		INT-COM1-02	T-INT-COM1-02
		INT-COM1-03	T-INT-COM1-03
Tácito	REQ 06		
	El producto debe poder almacenar los datos adquiridos por el nido y el ave.	INT-FUN-01	
Cliente	REQ 07	INT-FUN-08	T-INT-COM2-07
	Una persona debe poder recibir los datos almacenados en el nido a la distancia.	INT-COM2-01	T-INT-COM2-01
		INT-COM2-03	T-INT-COM2-03
		INT-COM2-04	T-INT-COM2-04
		INT-COM2-05	T-INT-COM2-05
		INT-COM2-06	T-INT-COM2-06
		PER-04	T-PER-03
		RAM-SEG-03	T-RAM-SEG-01
Cliente	REQ 08	INT-AMB-01	
	El producto no debe llamar la atención de humanos desde el nivel del piso.	INT-AMB-02	
Cliente	REQ 08	INT-AMB-01	
	El producto no debe llamar la atención de humanos desde el nivel del piso.	INT-AMB-02	

Tabla 5.3.1: Matriz de trazabilidad (Parte 1).

Origen	REQ ID	ESP ID	TEST ID
	Descripción corta		
Tácito	REQ 09	IMP-DIM-01	T-IMP-DIM-01
	El producto o su instalación no debe dañar significativamente al árbol donde estará el nido.	IMP-DIM-02 IMP-DIM-03 IMP-DIM-04	T-IMP-DIM-01 T-IMP-DIM-02 T-IMP-DIM-02
Tácito	REQ 10	IMP-AYT-01 IMP-AYT-02 IMP-AYT-03 IMP-AYT-04 IMP-OPE-01 IMP-OPE-02 IMP-OPE-03 IMP-OPE-04 INT-MEC-01 INT-MEC-02	(TBC)
	El producto debe soportar las condiciones meteorológicas del sur Argentino, específicamente los alrededores de Bariloche, Rio Negro.		
Cliente	REQ 11	IMP-COS-01	
	El producto debe costar menos de (TBD) USD.	IMP-COS-02	
Estado	REQ 12	RAM-SEG-01	(TBC)
	El producto debe cumplir la norma (TBD) : seguridad eléctrica.	RAM-SEG-04	
Estado	REQ 13	IMP-EMC-01	
	El producto debe cumplir la norma (TBD) : compatibilidad electromagnética.		
Estado	REQ 14	INT-AMB-04	
	El producto debe cumplir la norma (TBD) : seguridad ambiental.		
Cliente	REQ 15	PER-01 INT-FUN-10	T-PER-04 T-INT-FUN-08
	El producto debe poder cargar las baterías del dispositivo del ave.		
Cliente	REQ 16	INT-AMB-01 INT-AMB-02 INT-AMB-03 INT-COM1-01 INT-COM1-03 INT-COM2-02 RAM-SEG-01	T-INT-COM1-01 T-INT-COM1-03 T-INT-COM2-02 (TBC)
	El producto debe perturbar lo mínimo posible a las aves dentro del nido o cambiar lo menos posible, su comportamiento, el cual es el objeto de estudio.		
Tácito	REQ 17	IMP-AYT-01 IMP-AYT-02 IMP-AYT-03 IMP-AYT-04	
	El producto desarmado debe soportar las condiciones de traslado impuestas por los caminos rurales hasta llegar a la zona de instalación.		
Tácito	REQ 18	INT-FUN-12 INT-FUN-13 INT-FUN-14	T-INT-FUN-03 T-INT-FUN-04 T-INT-FUN-09
	La tasa de adquisición de datos debe ser sensata y dependerá de cada variable a medir.		
Cliente	REQ 19	RAM-CON-01	
	La vida útil del producto deberá ser de por lo menos 2 años.		

Tabla 5.3.2: Matriz de trazabilidad (Parte 2).

5.4. Plan de Verificación y Validación

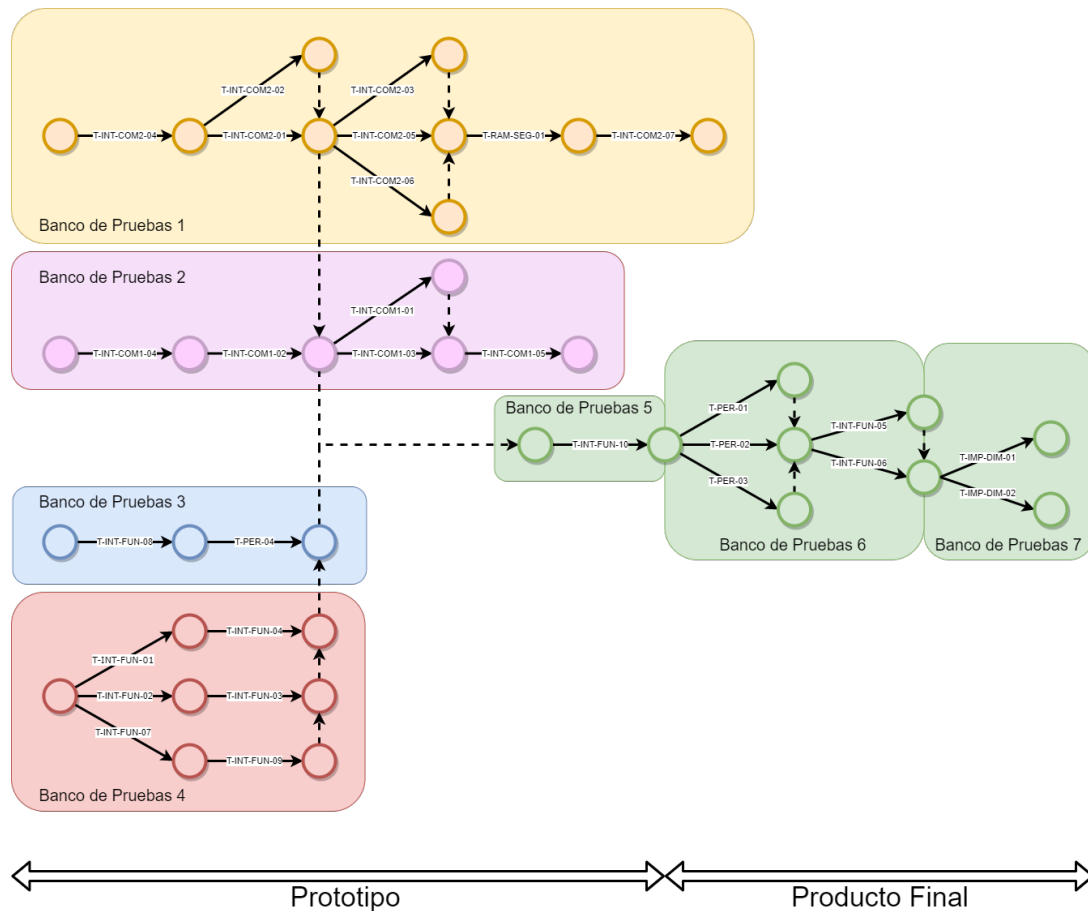


Figura 5.4.1: Diagrama de dependencias del plan de validación.

6. Análisis de Factibilidad

6.1. Factibilidad tecnológica

6.1.1. Propuesta de alternativas de diseño

6.1.2. Elección de una solución

6.1.3. DFMEA

6.2. Factibilidad de tiempos

6.2.1. Planificación

(PERT y simulación de Montecarlo)

6.2.2. Programación

(Gantt)

6.3. Factibilidad económica

(Mercado, costos, ciclo de vida, VAN, TIR)

6.4. Factibilidad legal y responsabilidad civil

(regulaciones y licencias)

7. Referencias

- [1] V. Ojeda, M. L. Chazarreta, C. M. Pozzi. *El Carpintero Gigante: Especie Clave Del Bosque Andino Patagónico*. Difundiendo Saberes, Vol. 8, 2011.