



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:	23/06/2021
---------------	------------

Índice de Contenidos

1	Acrónimos y definiciones	3
2	Resumen	3
3	Introducción	3
3.1	Antecedentes	3
3.2	Contexto del proyecto	4
4	Objetivos	4
4.1	Finalidad del Proyecto	4
4.2	Planteamiento del Problema a Resolver	4
4.3	Alcance	5
5	Definición de Producto	5
5.1	Requerimientos del Cliente	5
5.1.1	Relevamiento de Datos	5
5.1.2	Requerimientos Finales para Trazabilidad	6
5.2	Diagrama Funcional de Interfaces	7
5.3	Especificaciones de Diseño	7
5.3.1	Especificaciones Funcionales	7
5.3.2	Especificaciones de Interfaz	9
5.3.3	Especificaciones de Performance	10
5.3.4	Especificaciones de Implementación	10
5.3.5	Especificaciones de Servicio (RAMS)	11
6	Plan de Validación	12
6.1	Diseño de Banco de Pruebas	12
6.2	Especificaciones de Test	14
6.3	Matriz de Trazabilidad de Validación	15
6.4	Plan de Verificación y Validación	17
7	Análisis de Factibilidad	17
7.1	Factibilidad tecnológica	17
7.1.1	Esquema modular	17
7.1.2	Propuesta de sensores	18
7.1.2.1	Temperatura	18
7.1.2.2	Humedad	19
7.1.2.3	Luminosidad	19
7.1.3	Propuesta de almacenamiento	20
7.1.4	Propuesta de comunicación	20
7.1.5	Propuesta de microprocesador	20
7.1.6	Propuesta de batería	21
7.1.7	Propuesta de cargador	21
7.1.8	Propuesta de alimentación	21
7.1.9	Elección de una solución	21
7.1.9.1	Sensores	21
7.1.9.2	Almacenamiento	22
7.1.9.3	Comunicación	22
7.1.9.4	Microprocesadores	22
7.1.9.5	Batería	22
7.1.9.6	Cargador	22
7.1.9.7	Alimentación	22
7.1.10	DFMEA	22
7.2	Factibilidad de tiempos	22
7.2.1	Planificación	22
7.2.2	Programación	22
7.3	Factibilidad legal y responsabilidad civil	22

Lista de Figuras

5.2.1	Diagrama Funcional de Interfaces.	7
6.4.1	Diagrama de dependencias del plan de validación.	17
7.1.1.1	Diagrama modular del sistema.	18

Lista de Tablas

5.1.2.1	Requerimientos de máxima.	6
5.3.1.1	Leyendas para las especificaciones.	7
5.3.1.2	Especificaciones funcionales.	8
5.3.2.1	Especificaciones de interfaz MEC.	9
5.3.2.2	Especificaciones de interfaz COM1.	9
5.3.2.3	Especificaciones de interfaz COM2.	9
5.3.3.1	Especificaciones de performance.	10
5.3.3.2	Especificaciones dimensionales y de peso.	10
5.3.4.1	Especificaciones de operación.	10
5.3.4.2	Especificaciones de almacenamiento y transporte.	11
5.3.4.3	Especificaciones de costos.	11
5.3.4.4	Especificaciones de compatibilidad electromagnética.	11
5.3.5.1	Especificaciones de seguridad.	11
5.3.5.2	Especificaciones de mantenibilidad.	12
5.3.5.3	Especificaciones de disponibilidad.	12
5.3.5.4	Especificaciones de confiabilidad.	12
6.2.1	Tabla de plan de validación	14
6.3.1	Matriz de trazabilidad (Parte 1).	15
6.3.2	Matriz de trazabilidad (Parte 2).	16
7.1.2.1.1	Comparación entre sensores de temperatura.	18
7.1.2.2.1	Comparación de sensores de humedad.	19
7.1.2.3.1	Comparación de sensores de luminosidad.	19
7.1.3.1	Comparación entre memorias SD.	20
7.1.5.1	Comparación entre palcas Raspberry Pi.	20
7.1.6.1	Comparación entre baterías gel de carga profunda.	21
7.1.8.1	Comparación entre paneles solares.	21

1. Acrónimos y definiciones

Acrónimo	Descripción
AMB	Ambiente
COM	Comunicación
EGM	Electromecánica
IC	Circuito Integrado
MEC	Mecánico
RTD	Resistance Temperature Detector
SER	Servicio Técnico
TBC	To Be Completed
TBD	To Be Determined
TC	Termocupla

2. 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)

3. Introducción

3.1. Antecedentes

Cuando se estudian aves, por lo general, los investigadores optan por colocar pequeños dispositivos transmisores sobre el cuerpo de las mismas. Sin embargo, las soluciones disponibles en el mercado tienen restricciones de energía y peso lo cual resultan incompatibles con las expectativas del grupo INBIOMA.

Actualmente las unidades de recolección de información recolectan datos sobre la posición, temperatura, incluso acerca del estado vital del espécimen, entre otras. Estos dispositivos comerciales requieren de una antena para la transmisión de datos mediante redes celulares, las cuales no siempre están presentes. Las antenas que se emplean, cuyo largo es comparable con el largo del ave, no presentan dificultad alguna para aves que duermen y anidan en dormideros o nidos abiertos (al aire libre). Por el contrario, para el caso de las aves que viven en el interior de los árboles, tal como los pájaros carpinteros, el uso de dichos dispositivos es un inconveniente, ya que puede poner en peligro a las demás aves que habitan dentro de él y dificultarle la movilidad, haciéndolas más vulnerables ante depredadores. Este tipo de unidades están diseñadas para operar en zonas donde existe cobertura telefónica. Esta razón no sólo 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.

3.2. Contexto del proyecto

El CIDEI (Centro de Investigación y Desarrollo en Electrónica Industrial del ITBA) está trabajando junto al IN-BIOMA (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. En la actualidad no existe en el mercado un dispositivo que permita cumplir con los requerimientos para el relevo de los datos necesarios para la investigación, por lo que se trabajará junto al grupo de biólogas en su desarrollo.

Las unidades de adquisición de datos móviles que se encuentran actualmente en el mercado no son compatibles con lo que se requiere para estudiar al pájaro carpintero, ya que o son dispositivos que van montados sobre el ave, o son equipos de tipo hobbista. En otras palabras, no se encuentra disponible una solución integral que permita obtener mediciones y extraer contenido visual dentro y fuera de los nidos.

4. Objetivos

4.1. 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.

En este proyecto se busca desarrollar un equipo electrónico que permitirá a un grupo de ornitólogas del CONICET realizar un estudio sobre el ave *Campephilus Magellanicus*. Esto consiste en un dispositivo capaz de recolectar datos, transmitirlos, funcionar autónomamente y abastecer otros dispositivos.

4.2. Planteamiento del Problema a Resolver

Nuestro producto deberá involucrar 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).

Si bien existe un dispositivo que se encontrará en el montado sobre el ave, es necesario complementar con otro elemento que permita tener datos del nido. Además, el primer componente mencionado también es capaz de recolectar datos. Es por esto que no solo se debe poder almacenar datos recolectados por el producto a desarrollar, sino que también se debe incorporar al dispositivo 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. Este proceso se repetirá durante todo el proceso de anidamiento del espécimen en cuestión.

Por otra parte, el equipo del ave contará con una fuente de alimentación, la cual consta de baterías que deberán poder ser recargadas mientras el pájaro se encuentre dentro del nido. Es por esto que el sistema debe ser capaz de recargar dichas baterías. 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.

4.3. Alcance

Este proyecto involucrará el diseño de un dispositivo capaz de recolectar información para ser utilizado en el ámbito de la investigación. Luego, se deberá efectuar una comunicación tanto con los datos que posea el animal como con una persona en la base del árbol.

En consecuencia, se necesitará alimentar a los sensores instalados en el nido, a la batería que posea el ave y a los elementos relacionados a la comunicación. Dado que el dispositivo estará destinado para utilizarse en zonas remotas, se deberá conseguir dicha energía mediante medios propios del entorno.

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.

5. Definición de Producto

5.1. Requerimientos del Cliente

5.1.1. 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 (5.3).

5.1.2. Requerimientos Finales para Trazabilidad

ID	Descripción	Origen
REQ-01	El producto estará colgado de un árbol a una altura de 4 a 14 metros y se instalará parcialmente dentro del nido del ave.	Cliente
REQ-02	El producto debe poder mantenerse energizado sin intervención humana.	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 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 no debe perturbar a las aves dentro del nido.	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 depender únicamente de cada variable a medir.	Tácito
REQ-19	La vida útil del producto deberá ser de por lo menos 2 años.	Cliente

Tabla 5.1.2.1: Requerimientos de máxima.

5.2. Diagrama Funcional de Interfaces

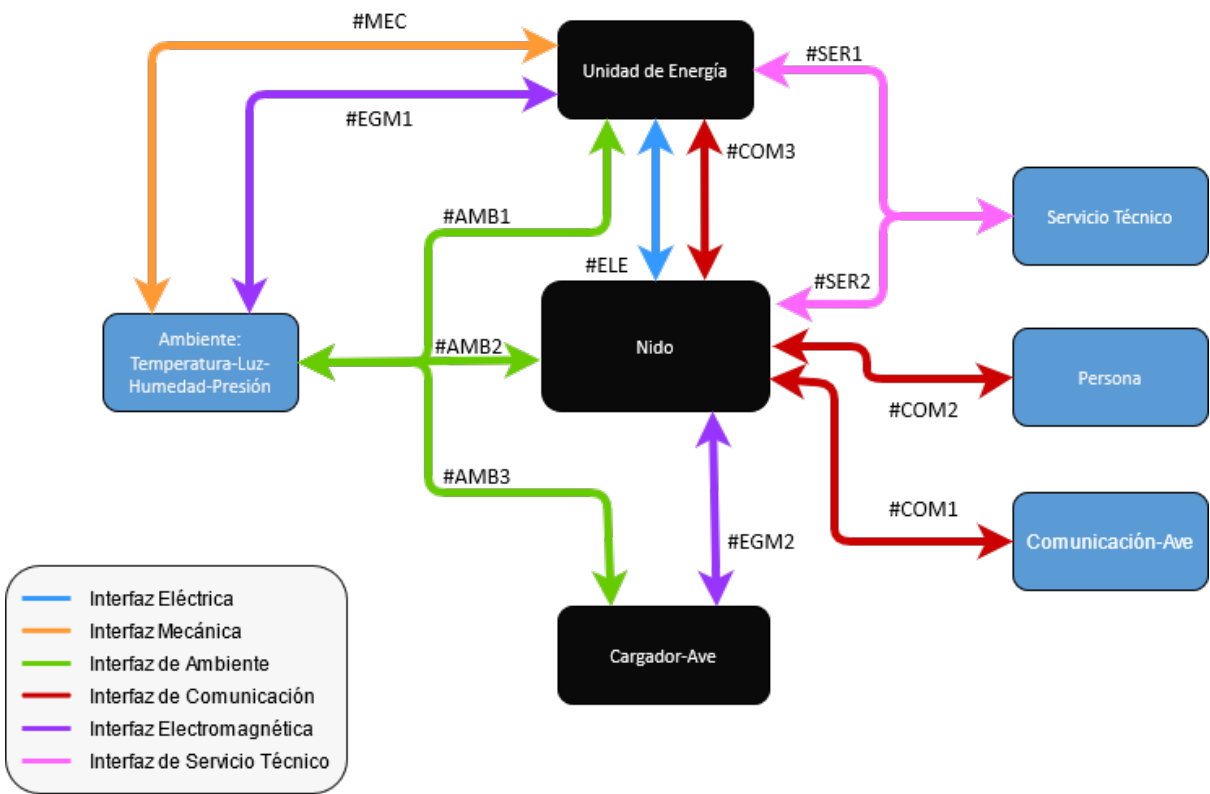


Figura 5.2.1: Diagrama Funcional de Interfaces.

5.3. Especificaciones de Diseño

5.3.1. Especificaciones Funcionales

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

Tabla 5.3.1.1: 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 5.3.1.2: Especificaciones funcionales.

5.3.2. 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 5.3.2.1: 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 5.3.2.2: 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 5.3.2.3: Especificaciones de interfaz COM2.

5.3.3. 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 5.3.3.1: 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 5.3.3.2: Especificaciones dimensionales y de peso.

5.3.4. 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 5.3.4.1: 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 5.3.4.2: 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 5.3.4.3: 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 5.3.4.4: Especificaciones de compatibilidad electromagnética.

5.3.5. 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 5.3.5.1: 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 5.3.5.2: Especificaciones de mantenibilidad.

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

Tabla 5.3.5.3: 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 5.3.5.4: Especificaciones de confiabilidad.

6. Plan de Validación

6.1. 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) .

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)

6.2. 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 6.2.1: Tabla de plan de validación

6.3. 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 6.3.1: 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 6.3.2: Matriz de trazabilidad (Parte 2).

6.4. Plan de Verificación y Validación

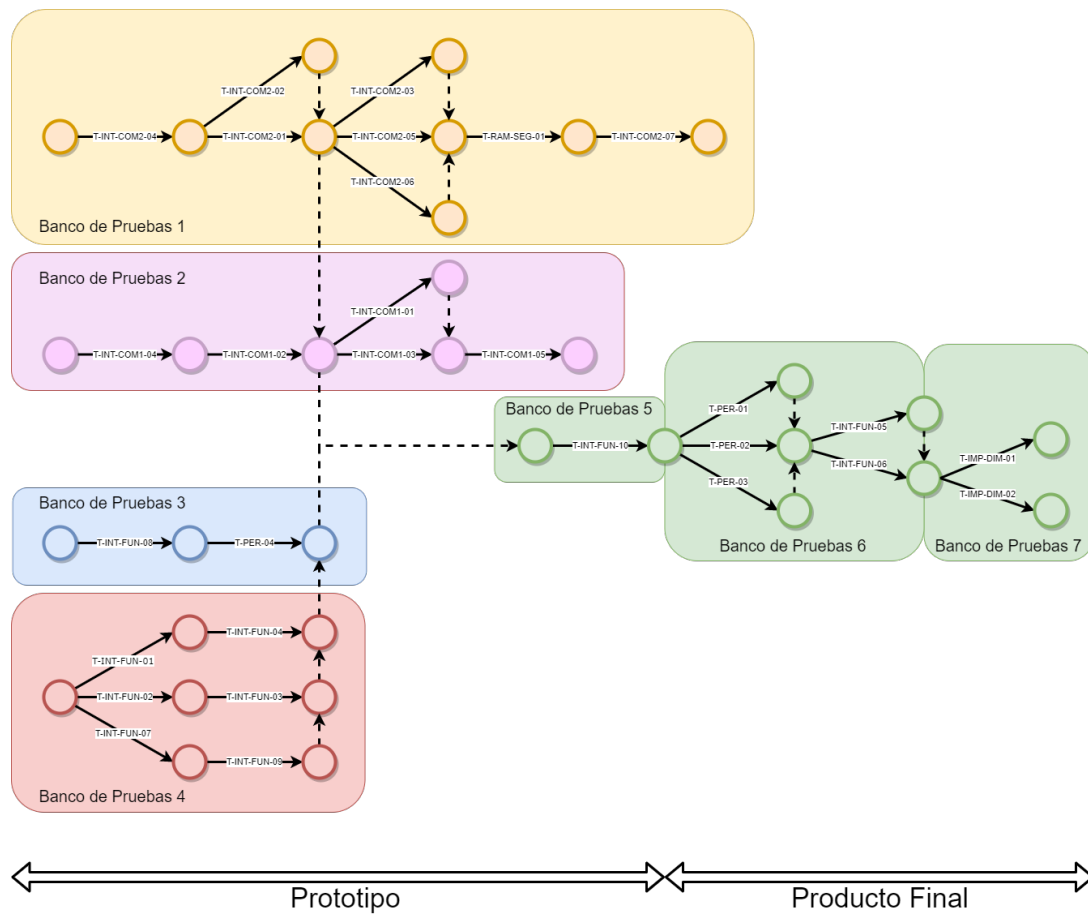


Figura 6.4.1: Diagrama de dependencias del plan de validación.

7. Análisis de Factibilidad

7.1. Factibilidad tecnológica

7.1.1. Esquema modular

A continuación se presentan los distintos módulos. Luego, en las siguientes subsecciones, se presentan las distintas alternativas evaluadas para la implementación.

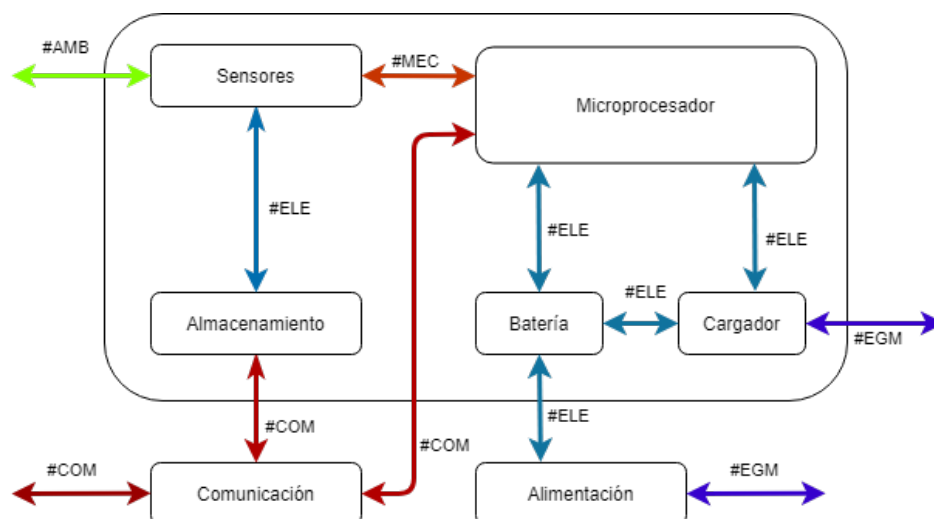


Figura 7.1.1.1: Diagrama modular del sistema.

7.1.2. Propuesta de sensores

Para las distintas mediciones se tuvieron en cuenta diversas tecnologías que existen. Se evaluaron parámetros que definen la performance, tales como la linealidad de salida, el costo, el rango de operación, la precisión, el tipo de salida, aplicación, entre otras tantas variables.

7.1.2.1 Temperatura

En el caso de la medición de temperatura, se valoraron diversas tecnologías que existen, siendo por ejemplo la RTD cuyo funcionamiento se basa en el cambio de la resistencia en función de la temperatura bajo la ecuación $R(T) = R_0 + \alpha \cdot \Delta T$. También se consideró la tecnología TC, cuyo funcionamiento se basa en el *efecto seebek*. Finalmente, el uso de un IC, el cual se basa en propiedades de dispositivos semiconductores extrínsecos.

Aspectos comparativos	TC-K	PT-100	Ds18b20	DHT-22
Costo [ARS]	700	780	200	740
Tipo de salida	Analógico	Analógico	Digital	Digital
Rango de operación [°C]	-40 ~ 1200	-50 ~ 200	-10 ~ 85	-40 ~ 80
Interfaz de conexión	Se debe proporcionar un circuito amplificador	Se debe proporcionar un circuito convertidor de resistencia a tensión	-	-
Presición [°C]	± 1.5	± 0.1	± 0.5	± 0.5
Estabilidad	Tienden a envejecer	-	-	-
Autocalentamiento	-	Depende de la corriente de medición.	Bajo	Bajo
Imagen				

Tabla 7.1.2.1.1: Comparación entre sensores de temperatura.

7.1.2.2 Humedad

Existen varias maneras de medir la magnitud física de la humedad, dentro de estas la mas común se basa en utilizar la dependencia que existe entre la humedad y la capacidad. Es por esto que se utilizan capacitores con un dieléctrico, el cual cambia constante con la humedad. Además existen sensores que se aprovechan de como cambia la resistencia en función de la temperatura, pero estas tecnologías son menos frecuentes.





Aspectos comparativos	DHT-11	AM-2301	DHT-22	AM-1001
Costo [ARS]	200	1050	740	840
Rango de operación [%RH]	20 ~ 90	0 ~ 100	0 ~ 100	20 ~ 90
Presición [%RH]	±4	±3	±2	±5
Tipo de salida	Digital	Digital	Digital	Analógica
Imagen				

Tabla 7.1.2.2.1: Comparación de sensores de humedad.

7.1.2.3 Luminosidad

En la medición del nivel de luminosidad se puede optar por diversos caminos. Existen sensores como el BH-1750 y OPT-100 que su funcionamiento se basa en un fotodiodo que conduce cierta corriente a partir de la luz que le impacta. Otros sensores, tales como el TMT-600, emplean un fototransistor, cuya base se encuentra expuesta. En función de la intensidad lumínica en dicha zona, circulará cierta corriente por el colector. Finalmente existen fotoresistores, los cuales, tal como su nombre indica, cambian la resistencia en función del nivel de luz.





Aspectos comparativos	BH-1750	TMT-6000	OPT-101	GL55-LM393
Costo [ARS]	230	340	330	190
Rango de temperatura de operación [°C]	-40 ~ 85	-40 ~ 85	0 ~ 70	-30 ~ 70
Potencia disipada [mW]	260	100	(TBD)	75
Tipo de salida	I2C	Analógica (Corriente)	Analógica (Tensión)	Analógica Digital
Aplicación	-	Necesita un amplificador de corriente	-	-
Tensión de alimentación [V]	4.5	< 6	2.7 ~ 36.0	3.3 ~ 5.0
Rango de medición [nm]	450 ~ 650	400 ~ 900	450 ~ 1000	450 ~ 750
Imagen				

Tabla 7.1.2.3.1: Comparación de sensores de luminosidad.

7.1.3. Propuesta de almacenamiento




Aspectos comparativos	SDCG3	SDCE	SDSDQAF3-XI
Costo [ARS]	2100 ~ 3900	7900 ~ 15000	7600 ~ 17000
Temperatura de operación [°C]	-25 ~ 85	-25 ~ 85	-40 ~ 85
Almacenamiento [GB]	64 ~ 512	64 ~ 256	8 ~ 128
Velocidad R/W [MB/s]	170 / 90	285 / 165	50 / 80
Alimentación [V]	3.3	3.3	2.7 ~ 3.6
Imagen			

Tabla 7.1.3.1: Comparación entre memorias SD.

7.1.4. Propuesta de comunicación

7.1.5. Propuesta de microprocesador




Aspectos comparativos	R-Pi 4	R-Pi Zero W	R-Pi Compute Module 4
Costo [ARS]	10400 ~ 17000	6000 ~ 7500	12440 ~ 14310
Temperatura de operación [°C]	0 ~ 50	-	-20 ~ 85
Memoria [GB]	1 ~ 8	512	1 ~ 8
Conexiones	Wireless LAN, Bluetooth, Ethernet, USB	Wireless LAN, Bluetooth (BLE), Micro USB, mini HDMI	Wireless LAN, Bluetooth, Ethernet, USB, antena externa
Sonido y video	Micro HDMI, MIPI DSI y CSI	Mini HDMI, HDMI, CSI, PAL/NTSC pads	HDMI, MIPI DSI y CSI, SDIO
Soporte SD	Almacenamiento y carga de SO	Micro SD	Entrada SD para tarjeta o eMMC externo
Dimensiones [mm]	85.6 x 56.5	65 x 30	40 x 55 x 1.2
Alimentación	5 V (3 A)	5 (1.2 A)	5 V (1.4 A)
Imagen			

Tabla 7.1.5.1: Comparación entre placas Raspberry Pi.

7.1.6. Propuesta de batería


Aspectos comparativos	Kijo Serie JDG	Kijo Serie JLG	Fenk JS12-20	Fenk Serie JM12
Costo [ARS]	30500 ~ X	X ~ X	6365 ~ 8744	20332 ~ 76110
Temperatura de operación [°C]	-20 ~ 50	-20 ~ 50	-20 ~ 50	-20 ~ 50
Tensión nominal [V]	12	12	12	12
Capacidad [Ah]	33 ~ 250	100 ~ 200	13.2 ~ 20.0	32.7 ~ 200.0
Dimensiones (máximas) [mm]	52 x 268 x 220	499 x 259 x 219	181 x 77 x 167	522 x 240 x 219
Peso [kg]	10 ~ 61	30 ~ 74	5.45	15.5 ~ 57.0
Porcentaje de autodescarga (mensual a 25 °C)	3 %	3 %	3 %	3 %
Imagen				

Tabla 7.1.6.1: Comparación entre baterías gel de carga profunda.

7.1.7. Propuesta de cargador

7.1.8. Propuesta de alimentación

Aspectos comparativos	DSP-20P	DSP-30M
Temperatura de operación [°C]	-45 ~ 85	-45 ~ 85
Potencia máxima [W]	20 ± 3 %	30 ± 3 %
Tensión a potencia máxima [V]	17.6	18
Corriente a potencia máxima [A]	1.14	1.67
Tensión a circuito abierto máxima [V]	22.0	21.5
Corriente a corto circuito máxima [A]	1.39	1.86

Tabla 7.1.8.1: Comparación entre paneles solares.

7.1.9. Elección de una solución

7.1.9.1 Sensores

Para el sensor de temperatura la primera opción a descartar es aquella que no cumple con el rango de temperaturas a medir, por lo que el Ds18B20 queda descartado a pesar de su bajo costo. Luego de las opciones que quedan todas son de un costo similar, sin embargo hay que tener en cuenta que para la termocupla se debe proporcionar una manera de medir la temperatura de referencia, la cual puede ser tanto una RTD como un IC. Es por esto que el costo de la termocupla aumentaría con creces. Tanto la TC como la RTD necesitan un circuito convertidor para poder medir directamente el valor de la temperatura con un micro controlador, mientras que

los IC ofrecen directamente una salida digital. La mejor precisión de la medición se da con una RTD, seguido por los IC y finalmente la TC.

Una desventaja de la TC es que tiende a envejecer rápidamente. Si bien el estudio no dura mas de 3 meses, el producto podrá ser reutilizado, siendo dicho envejecimiento un problema. El autocalentamiento también es contraproducente en la medición de temperatura debido a que este puede alterar la misma si no es tenido en cuenta. Las TC no cuentan con este inconveniente debido a su principio de funcionamiento, mientras que con las otras opciones si lo es. Con la RTD este efecto depende directamente con la corriente que se suministra para la medición, y con los IC es un aspecto que es considerado por los diseñadores de los mismos.

Por estas razones los candidatos a terminan siendo DHT-22 y la PT-100. Un punto favorable para la DHT-22 es que no necesita un circuito extra y el problema del autocalentamiento ya fue pensado. Adicionalmente esta unidad cuenta con una medición de humedad la cual podría usarse como sensor de humedad, ya siendo el principal o usado como complemento.

En la elección para la medición de humedad, como primer criterio, se busca que pueda medir el rango entero de la humedad relativa y que cuente con una precisión considerable. Dadas estas consideraciones, se descarta el DHT-11 y AM-1001. Es así que de los dos restantes, se opta por el DHT-22 debido a que por un menor costo se obtienen mejores prestaciones. Teniendo en cuenta esto se utilizará tanto para la medición de temperatura y humedad el DHT-22.

En cuanto a la luminosidad, principalmente se deberá asegurar el funcionamiento en el rango de temperatura en el cual operará el dispositivo, por lo cual el OPT-101 queda descartado. Luego se tendrá en cuenta la potencia utilizada, el rango de medición de los sensores y el tipo de alimentación.

La comunicación puede ser analógica en corriente para el TEMT-6000, pero este necesitará un amplificador de corriente o un convertidor para esta corriente a un nivel medible. Existen también otros sensores que tienen una salida analógica de tensión como el GL55-LM393 con un rango entre 0 y VCC. Este también provee con una salida digital, pero esta funciona como un schmitt trigger. Finalmente el BJ-1750 cuenta con una salida digital con el protocolo de comunicación I2C.

Teniendo en cuenta esto se opta por utilizar el sensor (TBD) .

7.1.9.2 Almacenamiento

7.1.9.3 Comunicación

7.1.9.4 Microprocesadores

7.1.9.5 Bateria

7.1.9.6 Cargador

7.1.9.7 Alimentación

7.1.10. DFMEA

7.2. Factibilidad de tiempos

7.2.1. Planificación

(PERT y simulación de Montecarlo)

7.2.2. Programación

(Gantt)

7.3. Factibilidad legal y responsabilidad civil

(regulaciones y licencias)

8. Referencias

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