

Software de Pruebas para el proyecto “ Integrated Power Tester for CubeSats (IPTC) ”

Mark Trabolssi Tafelov

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Informe final del proyecto para optar por el título de Ingeniería en Diseño Industrial con el Grado Académico de Bachiller Universitario

Mark Trabolssi Tafelov

Asesora Académica:

DI. María del Carmen Valverde Solano, MGP

Asesor en la empresa: Johan Carvajal Godínez

Cartago, Enero 2024

Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Diseño Industrial
Trabajo Final de Graduación Bachillerato | 2 Semestre 2023

Trabajo Final de Graduación
Bachillerato Ingeniería en Diseño Industrial

Constancia de la Defensa

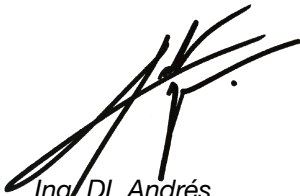
El Trabajo Final de Graduación presentado por el estudiante Mark Trabolsi Tafelov carné 2019024599 para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Bachiller Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado:

“Software de pruebas para el proyecto Integrated Power Tester for CubeSats (IPTC)”

ha sido defendido el día 24 de enero del año 2024 ante el Tribunal Evaluador y su Profesora Asesora.

*MGP. María del Carmen
Valverde Solano*
Profesora Tutora

*PhD. Franklin
Hernández-Castro*
Tribunal Evaluador 1



*Ing. DI. Andrés
Elizondo González*
Tribunal Evaluador 2

enero, 2024

Resumen

El proyecto IPTC (Integrated Power Tester for CubeSats) comenzó como un proyecto de investigación por parte del SETEC Lab para poder crear el primer sistema que valide los sistemas de poder de CubeSats debido a que son los sistemas que fallan con suma frecuencia una vez que inicia la misión espacial.

Se diseñó la interfaz para el sistema IPTC en Figma, acompañada de un sistema de componentes de diseño aplicable a librerías de HTML, CSS y JavaScript, para validar su funcionamiento y posterior implementación por parte de un programador específico en un sistema Raspberry Pie, usando Python para el desarrollo de la aplicación.

El sistema contempla el uso de 3 módulos de operación que varían el tipo de prueba a efectuar; para esto se identificó que se requiere del diseño de arquitectura de información, al igual que una interfaz que contemple las necesidades de las personas que lo utilizarán con el fin de poder facilitar el proceso de toma de datos y pruebas para los sistemas de poder de CubeSats. Con esta interfaz acoplada al sistema se busca ampliar la experiencia y el acceso a esta plataforma para mejorar el desempeño de los sistemas de poder en misiones de CubeSats.

Palabras clave

Industria Espacial, Experiencia de Usuario, CubeSats, Sistemas de potencia y validación

Abstract

The IPTC (Integrated Power Tester for CubeSats) initiative emerged as a product of scholarly inquiry within the SETEC Lab, aimed at pioneering a systematic examination of CubeSat power systems. These diminutive orbital entities frequently encounter challenges in power management following the commencement of their space missions.

The design process involved the meticulous crafting of an interface within the Figma framework, accompanied by the development of a comprehensive design component system applicable to HTML, CSS, and JavaScript libraries. Rigorous validation preceded the handover of the design to a proficient Python developer, tasked with implementing it within a Raspberry Pi environment. The system's architecture encompasses three operational modules, each calibrated for specific testing protocols. Recognizing the significance of sound information architecture and user-centric interface design, the project sought to streamline data collection and power system testing for CubeSats. The seamlessly integrated interface is poised not only to broaden the operational scope of CubeSat missions but also to elevate the overall user experience, aligning with the highest standards of precision and functionality.

Keywords:

Space Industry, User Experience, CubeSats, Power Systems Validation

Índice

1. Estrategia del proyecto	5
1.1 <i>Introducción</i>	5
2. Definición del problema	5
2.1 <i>Justificación</i>	6
3. Objetivos	6
3.1 <i>Objetivo general</i>	6
3.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
4. Antecedentes	7
5. Marco Teórico	7
5.1 Contexto de Desarrollo	8
6. Marco metodológico	11
6.1 <i>Etapa 1: Investigación Previa</i>	11
6.2 <i>Etapa 2: Arquitectura y Validación</i>	12
6.3 <i>Etapa 3: Prototipado e Iteración</i>	12
6.4 <i>Cronograma</i>	13
7. Desarrollo del proyecto	14
7.1 <i>Supuestos y requerimientos</i>	14
7.2 <i>Mínimos Comunes</i>	16
7.2.1 <i>Setup</i>	17
7.2.2 <i>Develop</i>	18
7.2.3 <i>Run</i>	19
7.2.4 <i>Analysis</i>	20
7.2.5 <i>Resumen De Mínimos Comunes</i>	21
7.3 <i>Análisis de personas</i>	21
7.3.1 <i>Resumen de necesidades</i>	23
7.4 <i>Arquitectura alpha</i>	25
7.4.1 <i>Card sorting</i>	25
7.5 <i>Prototipado</i>	28
7.5.1 <i>Sesión con Juan José Rojas</i>	30
7.5.2 <i>Sesión con Johan Carvajal</i>	30
7.5.3 <i>Flujos para cumplir las tareas</i>	32
7.5.3.1 <i>Flujo para desarrollo de prueba</i>	33
7.5.3.2 <i>Flujos para correr</i>	34
7.5.3.2 <i>Flujo para configurar el espacio</i>	34
7.6 <i>Aspectos perceptuales y de marca</i>	35

7.6.1 Aspectos perceptuales y de marca en el producto.....	36
7.6.2 personalidad y características.....	37
7.6.3 Escala Tipografía.....	40
7.6.4 Escala Cromática.....	41
7.6.5 Iconografía.....	42
7.7 Pruebas e iteraciones.....	43
8. Conclusiones y recomendaciones.....	46
8.1 Recomendaciones generales.....	46
8.2 Conclusiones.....	47
9. Referencias.....	49
10. Anexos.....	51

Índice de figuras

Fig. 1 – Tabla de Stakeholders, (IPTC: Stakeholder Requirement Specifica, 2023).....	8
Fig.2 Infográfico CUBESAT por la Agencia Espacial Canadiense (CSA,2017).....	10
Fig 3. operational dashboard in ArcGIS (NNGroup, 2017).....	11
Fig.4 Cronograma propuesto.....	13
Fig.5 Diagrama de documentos usados.....	14
Fig. 6 y 7 Leyenda del User Journey y User Journey con oportunidades según heurísticas de nielsen	15
Fig.8 etapas y fases planteadas de la interfaz.....	16
Fig.9 Tabla de referencias para usarse en los mínimos comunes y etapas en las que son relevantes	16
Fig.10 Tabla de mínimos comunes.....	21
Fig.11, 12 y 13 Fichas de perfiles analizados.....	22
Fig.18 Primera arquitectura alpha con conceptos a evaluarse en card sorting.....	25
Fig.19 Tabla de participantes en Card Sorting.....	25
Fig. 20 – Dendograma generado en Optimal Workshop a partir del card sort.....	26
Fig. 21 – Matriz de similitud completa generada a partir del card sort.....	27
Fig. 22 – Enfoques en Matriz.....	27
Fig. 23 – Arquitectura Alpha Modificada.....	28
Fig 24 y 25. Bocetos con Juan José + Diseño interpretación de la función del sistema- elaborado de sus sesiones.....	30
Fig 26. Avances y sistemas usados en conjunto para construir con Johan.....	30
Fig 27. Arquitectura Beta.....	31
Fig 28. Flujos de necesidades prioritarias.....	32
Fig 29. Necesidades separadas.....	33
Fig 30. Flujos de necesidades al desarrollar la prueba.....	33
Fig 31. Flujos de necesidades al correr la prueba.....	34
Fig 32. Flujos de necesidades al configurar el espacio de trabajo.....	35
Fig 33. Estructura de Componentes.....	35
Fig 34. Moodboard final, complementado durante diversas etapas en el proyecto.....	36
Fig 35. Portada de blog acerca de ASTRO UX.....	37
Fig 36. Tabla comparativa de las consideraciones en el diseño de interfaces según estándares ISO y MIL	38
Fig 37. Ejes semánticos con muestra de moodboard que ejemplifica los ejes.....	39
Fig 38. Home con componentes abiertos.....	39
Fig 39. Data page de Hubot Sans (Hubot Sans 2019).....	40
Fig 40 y 41. Data pages de Space Grotesk (Florian Karsten, 2021).....	40
Fig 42. Escala tipográfica usada en el sistema de diseño de figma.....	41
Fig 43. Librería de colores variables en figma.....	42

Fig 44. Librería de iconografía utilizada al diseñar	42
Fig 45. Ejemplos de iconos hechos a la medida para explicar conceptos específicos	43

1. Estrategia del proyecto

1. Introducción

El presente proyecto de diseño de interfaz surge en colaboración con SETEC Lab, reconocido por liderar el desarrollo de la industria aeroespacial en Costa Rica, este proyecto se desarrolla como respuesta al imperativo de optimizar la interacción de usuarios con el sistema IPTC (Integrated Power Tester for CubeSats).

Este proyecto, realizado durante el semestre II del 2023 tiene como objetivo fundamental abordar la creciente problemática en la industria espacial, específicamente en el ámbito de CubeSats. La colaboración internacional, establecida entre SETEC Lab, Delta Lab del TEC de Costa Rica, Kyushu Institute of Technology (Kyutech) y Anhalt University of Applied Sciences (Universidad de Anhalt), destaca la importancia y alcance global de este proyecto.

La industria espacial ha experimentado un auge significativo, con más de 10,000 empresas y 5,000 inversores involucrados [26]. En este contexto, SETEC Lab despliega su labor en múltiples disciplinas, contribuyendo no solo al desarrollo aeroespacial sino también a sectores como meteorología, energía, telecomunicaciones, entre otros. La economía espacial promete innovaciones transformadoras [25], y el diseño de interfaces para proyectos enfocados en CubeSats, como el IPTC, es crucial para garantizar el éxito de las misiones espaciales complejas en estos ámbitos.

Los CubeSats, a pesar de su tamaño compacto y costo accesible, enfrentan desafíos complejos en el espacio, siendo la sección de Sistemas de Potencia (EPS) una de las más propensas a fallas [6]. Esta problemática compromete misiones críticas en la órbita baja terrestre (LEO) y subraya la necesidad de soluciones efectivas y sistemas que ayuden a evitar fallos que pueden tener una solución temprana.

2. Definición del problema

Actualmente el proyecto cuenta con requerimientos para completarse como un producto, con el fin de compartirse y adaptarse de forma abierta, es decir, cualquier persona, institución, grupo, o empresa podría tomar e implementar el proyecto IPTC y usarlo para fines similares de prueba de EPS (electrical power system por sus siglas en inglés) en CubeSats. Para que el proyecto esté completo y pueda considerarse terminado requiere del diseño de experiencia al usar una interfaz que conecta el Dispositivo a probar (DUT) a los módulos simuladores (BTM, VELM y SAM/SAS) a la interfaz gráfica de usuario. Los módulos BTM, VELM y SAM/SAS han sido nombrados según la función que pueden tomar:

- Carga de Poder (BTM)
- Distribución de Carga (VELM)
- Simulador de Carga Solar. (SAM/SAS)

Esta interfaz debe ser simple de usar, que haga la experiencia amigable y eficiente hacia investigadores en el ámbito aeroespacial. Se debe de considerar que esta interfaz aparte será usada por 3 tipos de personas con diferentes niveles de involucramiento.

La interfaz debe de cubrir la necesidad de un sistema que ayude desde interpretar comandos en archivos de código Python, hasta permitir construir la secuencia de prueba en el mismo programa y visualizar los resultados obtenidos con el fin de facilitar y automatizar las pruebas a llevar a cabo en el sistema IPTC.

2.1 Justificación

Durante la etapa de investigación se identificó junto con el profesor Johan Carvajal Godínez que este sistema de pruebas puede ayudar a que la experiencia de usuario sea amigable, sencilla y eficaz. Por ello se requiere de un estudio de usabilidad para generar una arquitectura sencilla, eficiente y que permita una experiencia de usuario completa por parte del sistema IPTC. La colaboración con el equipo de SETEC Lab garantiza la integración del diseño en el sistema open source, basado en estándares como la ISO 29148:2018.

Este proyecto no solo representa una contribución académica significativa sino también un esfuerzo práctico para mejorar la eficiencia y confiabilidad de los CubeSats, respaldando así el continuo crecimiento y desarrollo de la industria aeroespacial.

Con este enfoque integral, la interfaz propuesta busca no solo cumplir con los requisitos técnicos sino también conectar de manera intuitiva con los usuarios habituales de la industria aeroespacial. Este proyecto, por ende, se erige como un puente entre el diseño de vanguardia y las necesidades críticas de la exploración espacial contemporánea.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar una interfaz gráfica, altamente usable y fácil de implementar, para el sistema IPTC (Integrated Power Tester for Cubesats) del SETEC lab, siguiendo el Usability Cookbook, con el fin de proporcionar una experiencia eficiente y satisfactoria para probar sistemas de potencia en CubeSats.

3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos incluyen:

1. Facilitar el acceso a la información de manera que datos relevantes, de las pruebas de sistemas de poder de CubeSats, sean presentados eficientemente con el objetivo de que se perciban fáciles de ejecutar y entender.
2. Optimizar la jerarquía de información y la navegación para que la experiencia de usuario sea intuitiva, con una curva de aprendizaje baja y al mismo tiempo sea eficiente de usar para investigadores habituales.
3. Formular un diseño centrado en la industria aeroespacial considerando las mejores prácticas de diseño para interfaces utilizadas para visualizar, analizar, y ver en tiempo real datos de validaciones y secuencias de pruebas y aspectos estéticos de interfaces aeroespaciales.

4. Antecedentes

El proyecto lleva tiempo de desarrollarse, primero fue propuesto por el profesor Juan José Rojas como proyecto de Doctorado en la Universidad de Kyutech en Japón; durante estos últimos semestres se han completado 5 proyectos de graduación bajo el mismo proyecto. Este proyecto de investigación cuenta con horas de la VIE (Vicerrectoría de Investigación y Extensión) y tiene a las universidades de Anhalt y Kyutech como apoyo al mismo. Estos proyectos de graduación han contemplado primeras iteraciones del proyecto, como es el caso del proyecto de Kevin Gómez quien desarrollo el sistema embebido del IPTC. A raíz de este proyecto se han obtenido las primeras funciones y necesidades que tienen los investigadores en este ámbito. Posteriormente tenemos el proyecto de Carlos Rodríguez, quien generó los requerimientos del proyecto, así definiendo necesidades básicas para su óptimo funcionamiento, y los proyectos Paulo Cordero y Ronald Ríos, quienes generaron los primeros comandos y caminos de usuario para poder probar los sistemas de potencia e interfaz necesaria.

Un CubeSat presenta una gran oportunidad para desarrollar misiones espaciales con diversos resultados, observación, medición y captación de datos son unas cuantas aplicaciones para estas herramientas

En este marco teórico se toman en cuenta los proyectos de graduación a continuación:

1. “Sistema de comandos e interfaz para el desarrollo de un sistema de pruebas de potencia en CubeSats” TFG para optar por el título de Ingeniero en electrónica, con grado de licenciatura – Ronald Jesús Ríos Pineda
2. “Diseño de una carga electrónica programable para el desarrollo de un sistema de pruebas de potencia en cubesats” TFG para optar por el título de Ingeniero en electrónica, con grado de licenciatura – Paulo César Cordero Villalobos
3. “Gestión de requerimientos para el desarrollo de un sistema integrado para pruebas para cubesats” TFG para optar por el título de Ingeniero en mantenimiento industrial, con grado de licenciatura – Carlos Andrés Rodríguez Delgado
4. “Diseño de un sistema embebido para el control y regulación del proceso dinámico de carga y descarga de celdas electroquímicas y posterior validación para satélites CubeSat de 1U” TFG para optar por el título de Ingeniero en electrónica, con grado de licenciatura – Kevin Andrey Gómez Villagra

5. Marco Teórico

El documento " IPTC: Stakeholder Requirement Specifica: on (StRS), 2023" generado como conclusión del proyecto de Carlos Rodríguez detalla el proyecto del IPTC y lo que se requiere para desarrollar un sistema que pueda facilitar la prueba y validación de sistemas de potencia según el análisis del contexto de diversos factores, como espacio, país, contexto tecnológico y características de estos grupos de investigación que envían CubeSats.

5.1 Contexto de Desarrollo

Las geografías y localidades enfocadas por el proyecto incluyen países con una fuerte presencia en la industria de CubeSats, como Estados Unidos, Japón y Alemania. Además de estos países, este producto también recibirá un impulso significativo en el desarrollo de naciones y regiones espaciales como América Latina, Asia-Pacífico y África, todas las cuales están desarrollando sus propios CubeSats.

1.4. Stakeholders

List the stakeholders or the classes of stakeholders and describe how they are related to the development and operation of the system.

Stakeholder	Description	Contact Information
Developers		
SETEC Lab	Johan Carvajal Godinez	johcarvajal@itcr.ac.cr

Delta Lab	Juan José Rojas	juan.rojas@tec.ac.cr
Kyushu Institute of Technology	Pooja Lepcha	lepcha.pooja586@mail.kyutech.jp
Anhalt University of Applied Sciences	Hugo Sánchez	husanchez@itcr.ac.cr
Clients		
National University (Mongolia)	Turtogtokh Tumenjargal	turtogtox@gmail.com
Nepal Ministry of Technology	Abhas Maskey	editor@madeinepal.com
Agencia Espacial de Paraguay	Adolfo Jara	javier.jara-cespedes758@mail.kyutech.jp
Tailandia	Phongsakorn Meemak	phongsakornmyart@gmail.com
Philippines Space Agency	Izrael Bautista	izrael.bautista@philsa.gov.ph
California Polytechnical Institute	Pauline Faure	pfaure@calpoly.edu
Honduras National Autonomous University	Reinel Galindo	rosales.reynel-josue457@mail.kyutech.jp
Buthan Telecommunications Ministry	Kiran Pradhan	kkpradhan@dit.gov.bt

Fig. 1 – Tabla de Stakeholders, (IPTC: Stakeholder Requirement Specifica, 2023)

Los canales de distribución para los dispositivos de prueba incluyen relaciones establecidas B2B con instituciones académicas que trabajan en este tipo de proyectos, así como la publicación de artículos científicos que detallan la investigación disponible para el público y la industria.

El proyecto tiene como objetivo construir alianzas y asociaciones con otras instituciones académicas y actores de la industria involucrados en la industria de CubeSats, al tiempo que fortalece las relaciones existentes entre el TEC y otras instituciones. Esto ayudará a construir una red sólida y aumentar la visibilidad de los dispositivos de prueba.

El modelo financiero y de ingresos del proyecto incluye ingresos por la venta de dispositivos de prueba, así como ingresos por el servicio de construcción y envío de los dispositivos. El proyecto busca generar ingresos adicionales para financiar las actividades de investigación de los laboratorios.

Gracias a estos informes se logra resumir la mayoría de los conceptos utilizados en el proyecto para referirnos al desarrollo de un sistema que contemple la validación de los sistemas de potencia de CubeSats. El proyecto por naturaleza se maneja en inglés y español, por lo que un manejo de ambos lenguajes es óptimo para comprenderlo a profundidad. El inglés se utiliza en interfaz y documentación de modo que la comunidad científica interesada en el sistema pueda acceder a él. Por conveniencia la interfaz se desarrolla en inglés ya que se contempla el uso de esta comunidad como prioridad según la decisión de Stakeholders en el proyecto.

A continuación, está la terminología para su posterior acceso.

ADC: Analog-to-Digital Converter

ASCII: American Standard Code for Information Interchange

BTM: Battery Testing Module

CC: Constant Current

CDS: CubeSat Design Specification

CS: Chip Select

Clock Phase: CPHA

Clock Polarity: CPOL

CSV: Comma-Separated Values

CV: Constant Voltage

DAC: Digital-to-Analog Converter

DUT: Device Under Test

EPS: Electrical Power Subsystem

FPGA: Field Programmable Gate Arrays

FIFO: First In, First Out

GPIO: General Purpose Input/Output

GPU: Graphics Processing Unit

GUI: Graphical User Interface

IDE: Integrated Development Environment

OBC: On-Board Computer

PL: Payload

STR: Structure & Deployables (≠ antenas)

COM: Communication System

ADCS: Attitude Determination and Control System

En síntesis, de los documentos más la información disponible los CubeSats son microsátélites de unidades diversas. Cada unidad suele medir 10x10x10cm.(Canadian Space Agency, 2022). Los cubesats se dividen en varios sistemas según su operación, pero todos comparten sistemas de potencia, lo cual incluye:

1. Sistema de baterías
2. Sistema de distribución
3. Sistema de captación de energía

Estos 3 sistemas confluyen para potenciar la operación del CubeSat.

- Estos satélites aparte pueden contemplar unirse en múltiples unidades, ya que su bajo costo y diseño permiten unir hasta 24 unidades.

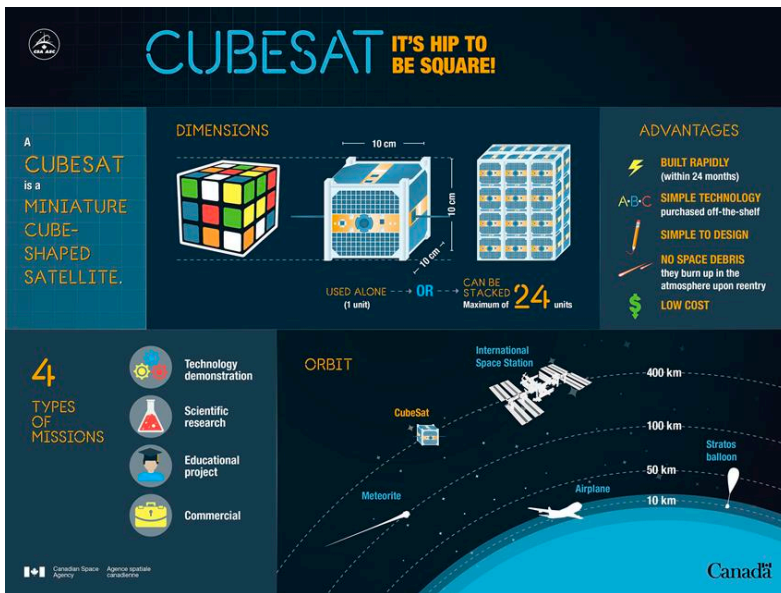


Fig.2 Infográfico CUBESAT por la Agencia Espacial Canadiense (CSA,2017)

Las ideas, terminologías y conceptos alrededor de los cubesats ya son variadas y con bastante información para que los aspectos básicos de diseño estén cubiertos, incluso NASA cubre una guía sobre CubeSats 101.

Según la base del proyecto de doctorado del profesor Juan José, la parte evaluar los sistemas de potencia presenta una gran oportunidad ya que es un espacio poco explorado por la comunidad, algo que afecta las misiones espaciales constantemente, y el desempeño de equipos primerizos que no pueden costear una falla.

A esto se suma que el funcionamiento de inicio puede no ser suficiente. Las misiones por lo menos suelen durar de 30 a 90 días (720 - 2160 horas), aspectos básicos al contemplar las horas de prueba y el desarrollo de los tiempos del sistema IPTC.

Por otro lado, los flujos de trabajo utilizados para probar el apto funcionamiento de sistemas de potencia sistemas se categorizaron en 2 variantes según las experiencias en trabajos de graduación anteriores:

- a) Terminal - código propio: Cualquier terminal o IDE por sus siglas en inglés se refiere a entornos de desarrollo integrados. Estos proporcionan facilidades integrales a programadores en desarrollo de software, y en estos casos en software o pruebas específicas para probar sistemas eléctricos (potencia, distribución, captación).
- b) Sistemas específicos para pruebas generalizadas y código propio: estos sistemas de prueba estandarizados se basan en normas definidas por la IEE y la IEC, actualmente para los requerimientos del sistema se sigue la norma 29148 por la IEC. Estos sistemas son generales en su naturaleza, ya que múltiples industrias y servicios deben de usar el software.

Aunque los sistemas estándares como TestStand, LabView y demás ya contemplan varios aspectos necesarios para la prueba de sistemas de potencia, su generalidad y la poca adaptación al contexto de la industria espacial provoca la oportunidad de que el proyecto IPTC tenga su propio sistema que facilite el validar estos sistemas tan recurrentes y esenciales en las misiones de CubeSats.

Para esto se contemplan los siguientes diseños:

- Formularios y campos de texto – para llenar y editar los formatos de python que se usen en las pruebas
- Dashboard y tablas –para visualizar las tareas a ejecutar y los pasos que se toman, al igual que la distribución de diversos resultados de las pruebas



Fig 3. [operational dashboard in ArcGIS \(NNGroup, 2017\)](#)

6. Marco metodológico

Se utilizará la metodología de desarrollo de productos digitales planteada en el texto “Usability Cookbook” por PhD. Franklin Hernández-Castro. Se divide en tres etapas (UX, validación y UI)

6.1 Etapa 1: Investigación Previa

1. Supuestos y Requerimientos: Estudio exhaustivo de los usuarios potenciales del sistema IPTC. Identificar necesidades ya resaltadas, habilidades, tareas principales y objetivos al utilizar la interfaz gráfica.
Usar matriz de requerimientos ya definida por SETEC lab y planear la investigación de usuarios para obtener comentarios y requisitos específicos.
2. Análisis de referenciales: Obtener una variedad de fuentes para inspirar el diseño de la interfaz gráfica del sistema IPTC del SETEC lab. Estas referencias ayudarán a comprender las mejores prácticas e identificar enfoques exitosos utilizados en otras aplicaciones similares. Algunas de referencias clave que analizar:
Interfaces de sistemas de pruebas existentes e Interfaces de sistemas relacionados con la industria aeroespacial
ABus
TestStand
Advanced Space
Ansys Systems
Tablas de información en tiempo real
Morningstar Instant X-Ray.
Stock Rover.
Portfolio Visualizer.
Interfaces con elementos de gamificación, alertas, y progreso

Animal crossing
Notion

3. Análisis de usuarios y el contexto: Entrevistas con stakeholders a partir de la investigación planteada y los supuestos y requerimientos ya definidos. Se busca ampliar en estos para poder tener una buena base y así poder tener información suficiente para encontrar aspectos y usos implícitos o necesidades no cubiertas anteriormente.
- Arquitectura Alpha: esta arquitectura sirve para visualizar los conceptos y aspectos a navegar en la interfaz de primera instancia.

6.2 Etapa 2: Arquitectura y Validación

4. User Paths: Del estudio del reconocimiento de conceptos, se añaden mejoras y se generan los caminos e interacción. Estos después serán ilustrados para mostrar las interacciones y escenarios de uso de usuarios.
 5. Wireframes: Desarrollo de prototipos en figma para ir validando las interacciones, esto puede generarse por medio de componentes y diseño atómico para validar sus usos, por lo menos con usuarios preliminares dentro de la institución.
 6. Análisis de usuarios y el contexto: Probar, de las pantallas con usuarios reales, la usabilidad de estas (Heurísticas de Nielsen); al igual que si los procesos y sistema es coherente, lógico y gratificante.
- Arquitectura Beta: esta arquitectura valida los caminos y permite reforzar la interfaz, su navegación y enfocarse en el diseño de la misma. Los caminos de trabajo quedan más claros y se definen los pasos para llegar al objetivo.

6.3 Etapa 3: Prototipado e Iteración

7. User Paths: Del estudio del reconocimiento de conceptos, se añaden mejoras y se generan los caminos e interacción. Estos después serán ilustrados para mostrar las interacciones y escenarios de uso de usuarios.
 8. Wireframes: Desarrollo de prototipos en figma para ir validando las interacciones, esto puede generarse por medio de componentes y diseño atómico para validar sus usos, por lo menos con usuarios preliminares dentro de la institución.
 9. Análisis de usuarios y el contexto: Probar, de las pantallas con usuarios reales, la usabilidad de estas (Heurísticas de Nielsen); al igual que si los procesos y sistema es coherente, lógico y gratificante.
- Maqueta funcional y Documentación: Se propuso iniciar de una vez con los prototipos rápidos para tener evolucionar rápidamente a una interfaz que permita estar prototipando y probando las diversas funciones constantemente (figma) y un espacio para poder adaptar e implementar el diseño y en si la estructura de navegación y los caminos específicos que se lleguen a presentar.

Esta metodología fue la propuesta en un inicio, y fue teniendo cambios para adaptarse al contexto del SETEC Lab. Entre ellos se contempla un cambio en la calidad de usuarios

proporcionada para pruebas, ya que por decisión de Stakeholders en el proyecto se quiere interactuar con un approach más formal hacia los posibles clientes. esto obligó a priorizar el tipo de usuarios disponibles para pruebas, por lo que se adaptó el paper prototype a un workshop con Johan y con Juan José para diseñar en conjunto propuestas y la visión que tienen, a partir de una arquitectura definida y estudiada.

El workshop fue generado a partir de Prototyping A Practitioners Guide. Pg 14 y capítulo 4, de la sección de hacer sketches con el cliente y validarlo con usuarios generando los mismos sketches en alta fidelidad. En vez de tener sesiones con diferentes usuarios, se tuvieron 4 sesiones: 2 de 2 horas en la escuela de electromecanica con el profesor Juan José y estudiantes de Isu elección, y 2 sesiones de 1 hora con el profesor Johan y 3 personas del equipo en SETEC Lab en la escuela de electrónica y mecatrónica.

Las personas usuarias del proyecto contemplaron a grupos académicos involucrados en el desarrollo (DELTA y SETEC Lab), de la industria e investigación académica, aeroespacial a nivel global (OST). Esto incluyó a personas del TEC, de carreras afines a electrónica, mecatrónica, mantenimiento y mecánica. La variedad del público logró cumplirse gracias a la ayuda de la empresa Orbital Space Technologies, la cual tiene experiencia en el desarrollo de tecnologías similares, y tiene profesionales que han operado en el SETEC Lab directamente, de os cuales el CEO fue quien generó la matriz de requisitos.

Aparte se contemplan a las siguientes personas de laboratorios y de la empresa:

- Facundo Mendoza – Card sorting
- María Fernanda del Barco - Heurísticas
- Sofía Ramírez - Heurísticas
- Valeria Dittel – Card sorting / Heurísticas
- Esteban Jiménez - Card sorting / Heurísticas
- Giancarlo Villegas – Card sorting / Heurísticas
- Ronald Ríos - Card Sorting
- Alejandro Guillen – Card Sorting / Heurísticas

6.4 Cronograma

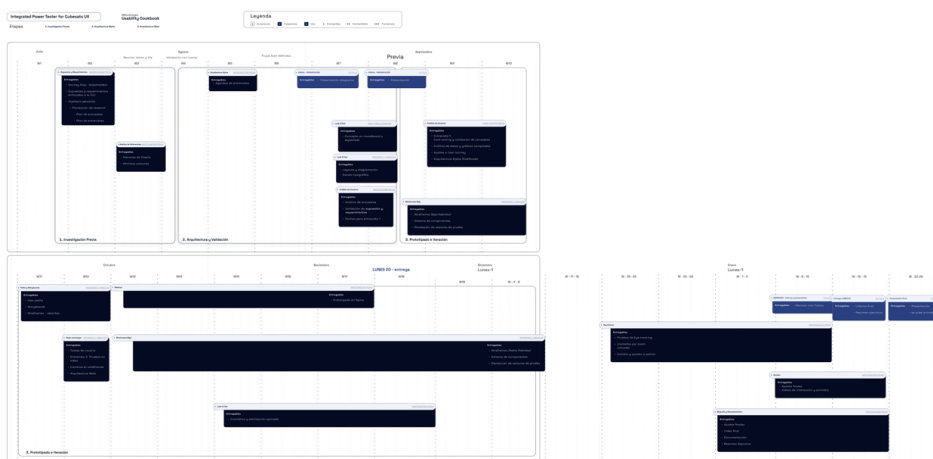


Fig.4 Cronograma propuesto

El cronograma fue cambiado debido al tiempo extra que se solicitó para poder prototipar en conjunto con el programador la interfaz. Aparte, a final de año la posibilidad de llevar a cabo las pruebas heurísticas era difícil, ya que las personas usuarias son académicas, y es

de la naturaleza de esta población que existen periodos de vacaciones marcados por las fechas de noviembre a enero.

7. Desarrollo del proyecto

7.1 Supuestos y requerimientos



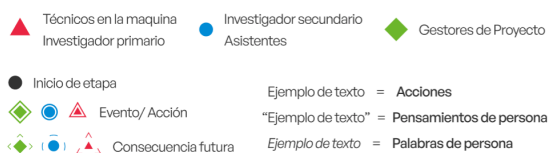
Fig.5 Diagrama de documentos usados

A partir de estos trabajos de graduación se genera un mapa de experiencias vividas por asistentes, gestores y profesores de los proyectos de investigación.

Esto generó un recorrido con diversas experiencias y vivencias para poder validar sistemas de potencia con enfoque en misiones espaciales por medio del sistema IPTC.

Este primer user journey ayuda a entender a profundidad experiencias y vivencias, que permiten destacar los puntos de dolor en la experiencia. Cada proyecto de graduación requería que se desarrollase, desde cero o encima del trabajo anterior, un sistema para la prueba que fuesen a completar. Al resumir y sintetizar los documentos se datan los procesos más importantes donde mayores puntos de dolor pueda haber entre la interacción maquina persona.

Después de analizar cada etapa se detallan oportunidades según las heurísticas de Nielsen las cuales sirven para ir contemplando la matriz de requerimientos del sistema del IPTC.



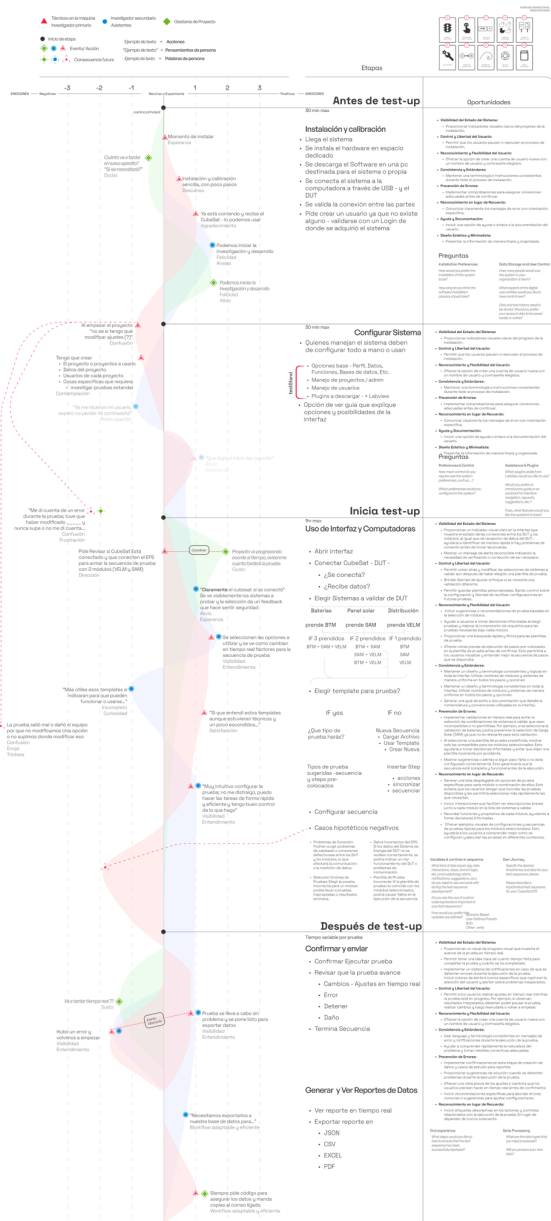


Fig. 6 y 7 Leyenda del User Journey y User Journey con oportunidades según heurísticas de nielsen

Resumen de oportunidades al hacer el test

- Proporcionar un indicador visual claro en la interfaz que muestre el estado de las conexiones entre los DUT y los módulos; al igual que de recepción de datos del DUT.
- Permitir guardar plantillas personalizadas. Dando control sobre la configuración y libertad de reutilizar configuraciones en futuras pruebas.
- Incluir sugerencias o recomendaciones de prueba basadas en la selección de módulos.
- Ayudar a usuarios a tomar decisiones informadas al elegir pruebas y mejorar la comprensión de requisitos para las pruebas necesarias bajo cada módulo.
- Mantener un diseño y terminología consistentes y lógicas en toda la interfaz. Utilizar nombres de módulos y sistemas de manera uniforme en todos los pasos y opciones
- Implementar validaciones en tiempo real para evitar la selección de combinaciones de sistemas a validar que sean incompatibles o no permitidas. Por ejemplo, si se selecciona la validación de baterías, podría incitarse a la selección de Carga Solar (SAM) ya que es relevante para esta validación.

- Al seleccionar una plantilla de prueba predefinida, mostrar solo las compatibles para los módulos seleccionados. Esto ayudaría a tomar decisiones informadas y evitar que elijan una plantilla incorrecta por accidente.
- Incluir interacciones que faciliten ver descripciones breves junto a cada módulo en la lista de sistemas a validar.
- Recordar funciones y propósitos de cada módulo, ayudando a tomar decisiones informadas.
- Una vez analizado el mapa se definen 4 fases para poner en contexto el sistema, la interfaz y posteriormente al usuario de esta.

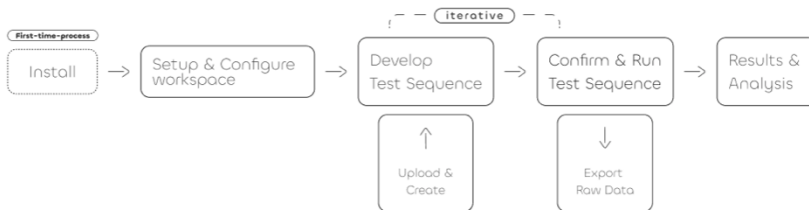


Fig.8 etapas y fases planteadas de la interfaz

7.2 Mínimos Comunes

Con estas fases se eligen los siguientes mínimos comunes debido al tipo de uso que tienen y al modelo mental al cual estas profesiones e individuos se ajustan.

poca profundidad mucho profundidad Se eligieron programas que comparten en diferentes medidas las características de las fases encontradas y que varían en sus niveles de usabilidad, la tabla detalla las fortalezas de cada aplicación

	NI TestStand	Katalon Test	Notion	After Effects
Setup & Configure workspace	••	•••	••••	••
Develop Test Sequence	•••	••••	•••	••••
Confirm & Run Test Sequence	•••	••••	•	••••
Results & Analysis	••	•••	••••	•
	Poca Util	Util	Muy Util	Util

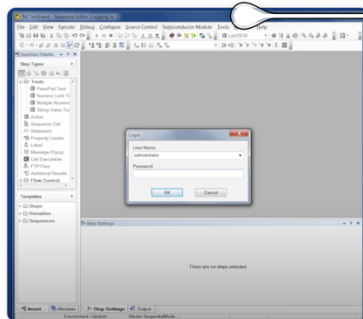
Fig.9 Tabla de referencias para usarse en los mínimos comunes y etapas en las que son relevantes

7.2.1 Setup

NI TestStand + Labview

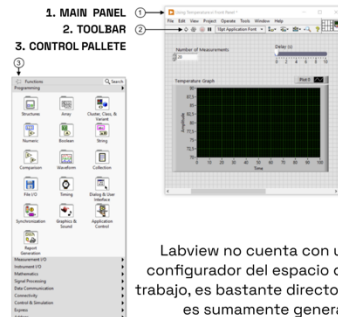
X

Workspace Configuration



USER MANAGER

- Administrador hace todo:
- manejar y borrar usuarios, crear preferencias y variables.
 - posibilidad de crear una contraseña y usuario para el espacio de trabajo

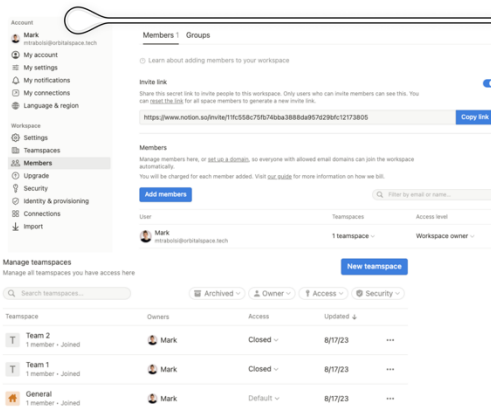


Labview no cuenta con un configurador del espacio de trabajo, es bastante directo y es sumamente general.

Notion

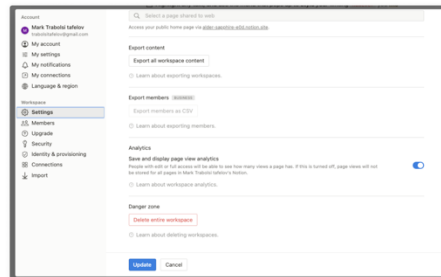
X

Workspace Configuration



BLOCKS & PAGES

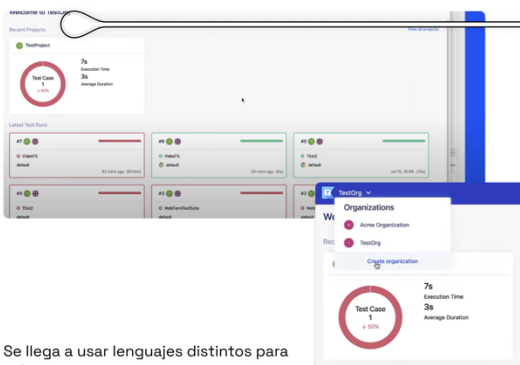
Notion subdivide todo en hojas, permitiendo acceder todo de la misma forma, pero cambiando el contenido. Hace que se perciba fluido y poco monótono.



Katalon

X

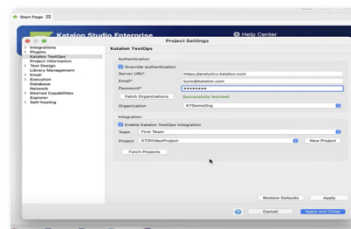
Workspace Configuration



Se llega a usar lenguajes distintos para referirse a mismas cosas, como suite - workspace.

CREAR WORKSPACE

Se requiere crear un workspace, lo cual puede ser poco intuitivo al inicio, pero más adelante trae muchos beneficios, como organización automática de las pruebas, gráficos interactivos y demás



7.2.2 Develop

NI TestStand + Labview

X

Develop Test

PALETA DE INSERCIÓN

JERARQUÍA

SEQUENCE VIEW

EXECUTION VIEW

Se mantiene el orden en la pantalla de confirmar secuencia

Katalon

X

Develop Test

CURA Healthcare Service

Se elige el tipo de prueba y Katalon automáticamente muestra opciones para navegar las pruebas la posición superior derecha

Se elige la de prueba y Katalon automáticamente registra los pasos, los secuencia y guarda esa preferencia

After Effects

X

Develop Test

After Effects fue usado de inspiración para analizar los resultados ya que es un software sumamente poderos e intensivo con los recursos

Cada pelota o icono en el timeline representa una animación, es valioso contemplar estas características como aspectos a incluir para poder programar pruebas y sus dependencias.

7.2.3 Run

NI TestStand + Labview

X Run Test

SEQUENCE VIEW

EXECUTION VIEW

PALETA DE INSERCIÓN

JERARQUÍA

Se mantiene el orden en la pantalla de confirmar secuencia

Katalon

X Run Test

Al correr la prueba Katalon muestra el camino de forma clara y concisa

Se pueden ver todas las pruebas llevadas a cabo, no solo una

After Effects

X Run Test

After Effects Permite modificar lo settings del archivo a renderear más adelante

Una vez en render se despliega una línea azul mientras el render se ve en la pantalla principal.

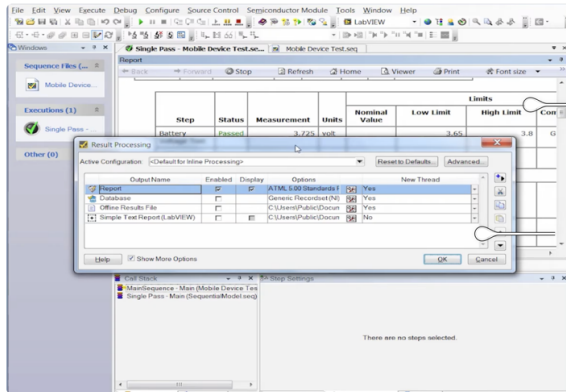
Al finalizar el render suena una campana de que ha terminado

7.2.4 Analysis

NI TestStand + Labview



Results & Analysis



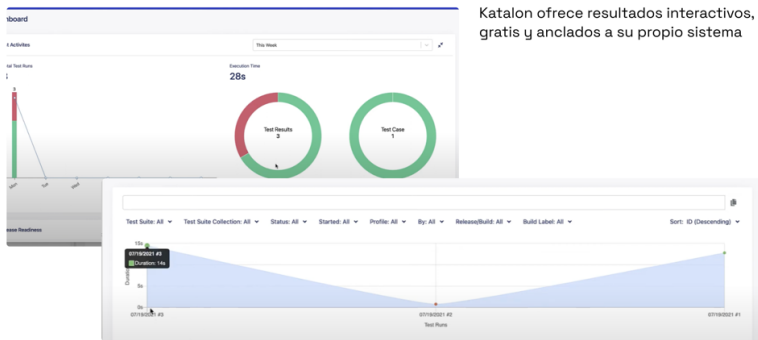
TEMPLATES DE REPORTES

Los reportes se mantienen de forma un documento se elige a donde se puede exportar y el tipo de output

Katalon



Results & Analysis



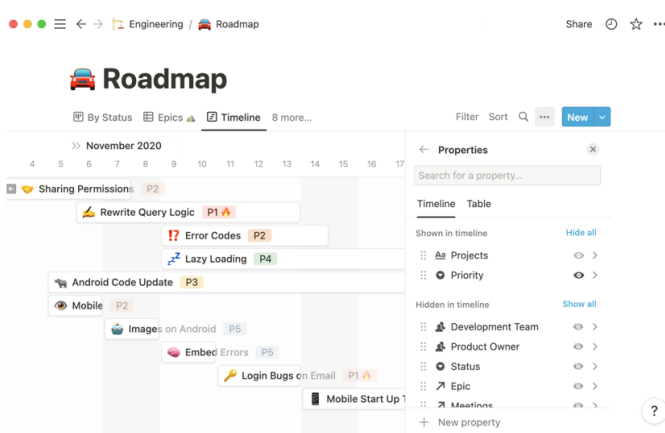
Katalon ofrece resultados interactivos, gratis y anclados a su propio sistema

Estos gráficos permiten explorar a profundidad la prueba y lo que le sucede al software o hardware en el momento

Notion



Results & Analysis



Notion no tiene un modo para analizar resultados, pero su facilidad de uso permite que pruebas así, o templates modificados pueden revisarse fácilmente por evento

7.2.5 Resumen De Mínimos Comunes

Las funciones son básicas en los modelos mentales de quienes investigan y llevan a cabo misiones espaciales se detallan con 3 o 2 puntos.

Todos	solo 3	Standard TestStand + LabView <small>software-hardware-systems</small>	Alt. moderna Katalon <small>software-hardware-workspace</small>	Creative project management Notion <small>project management - workspace</small>	Creative video Editing & Rendering After Effects <small>sequence editing - timeline - management</small>
Mínimos comunes					
Configurar espacio de trabajo		***	***	***	***
Pantallas ajustables		***	***	***	***
Tabs y secciones cambiantes		***	***	***	***
Pantallas divididas		***	***	***	***
Compatibilidad con scripts		***	***	***	***
Bibliotecas de elementos reutilizables		***	***	***	***
Generación de informes y logs		**	***	***	**
Permisos por usuario		**	***	**	***
Personalización de flujos		**	***	***	**
Visualizaciones en tiempo real		**	***	**	***
Información rápida de elementos		*	**	***	**
Menús de selección intuitivos		**	**	***	**
Permisos por usuario		**	***	***	*
Confirmaciones para pruebas y datos		***	***	**	*
Variables editables en prueba		**	**	**	*
Interacción creativo en elementos		*	**	***	**
Automatización de tareas fáciles		**	***	***	*
Seguimiento de cambios		*	**	**	*
Drag , drop & hover de elementos		**	**	***	**
Monitoreo de sistema en tiempo real		**	***	**	***
Edición de prueba mientras corre		*	**	*	*
Pop-ups y banners de alerta		*	**	***	**
Toolbar con acciones más usadas		**	**	***	*

Fig.10 Tabla de mínimos comunes

Las aplicaciones intuitivas que confluyen y pueden aportar a un flujo de trabajo más fluido también se marcan con 3 puntos, la tabla termina acomodada por la cantidad de 3 puntos, de mayor a menor.

7.3 Análisis de personas

A partir de los trabajos analizados y entrevistas con el profe Johan y asistentes durante el tiempo del SETEC se definen en 3 personas a nivel contextual:

- Asistentes – Trabajadores
- Profesores – Guías
- Managers - Líderes

Fer
ASISTENTE DE LABORATORIO, ESTA EJECUTANDO SU TFG

Fernanda es una chica sumamente ambiciosa e inteligente. Está terminando su proyecto de graduación sobre el estudio de un CubeSat y como operará en los siguientes meses de la misión.

Up & Coming Young Space Leader

Lograré lo que me proponga, y en eso está convirtiéndome en una exponente internacional de la industria aeroespacial. Soy apasionada y muy audaz.

Brillante Crítica
 Técnica Ordenada
 Gentil Preocupada

Espero que las cosas sean inteligentes, sino que frustrante. Igual lo haré, pero lo juzgaré internamente... Es posible que trabaje horas extra también, por lo que conoceré casi cualquier aspecto del sistema

Necesidades

- Visualizar fácilmente la prueba y su ejecución
- Entender y prever todo lo que la interfaz le comunica que pasa
- Poder seguir instrucciones e indicaciones claras, como ejecutar varias pruebas, tomar datos y variar algunas variables
- Flexibilidad en sistema para variar aspectos atómicos hasta variables o escenarios generales de la prueba
- Desplegar solo información que necesita para su prueba

Preocupaciones y frustraciones

- Retrasos en las pruebas que afecten los plazos del proyecto.
- Falta de visibilidad sobre el progreso y problemas en las pruebas.
- Dificultades para coordinar equipos internos y externos eficientemente.

Escenarios de uso

- Pruebas sobre el sistema de paneles solares
- Pruebas de simulación completa
- Validar su diseño de chip integrado

Motivaciones

- Poder acabar sus planes de enviar su tercera misión espacial
- Obtener hallazgos que le permitan mejorar su proyecto
- Avanzar de forma rápida en su proyecto

Isra
JEFE DE LABORATORIO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE SU UNIVERSIDAD

Isra lleva toda su carrera profesional y académica trabajando en sistemas espaciales y tiene formas ya muy definidas de hacer las cosas. Usualmente su laboratorio está lleno con 3 a 5 estudiantes, por lo que divide su atención en muchas cosas a la vez.

Investigador "Old-School"

Las cosas las hago por que ya llevo tiempo haciendolas, me gusta mi costumbre, el orden y prefiero usar las cosas que se ajustan a mi realidad, o esta bien o no

Sociable Crítico
 Inteligente Creativo
 Terco Ocupado

Soy un investigador senior con 15+ años en el área aeroespacial. Disfruto llevar a cabo proyectos y desarrollar mi propia tecnología

Necesidades

- Control completo del sistema
- Identificar de forma clara y concisa la información desplegada
- Ver procesos y resultados a obtener con sus elecciones
- Automatizar pruebas muy sencillas o básicas
- Poder enseñarle a estudiantes y asistentes de forma rápida y eficaz
- Controlar accesos y permisos para evitar accidentes
- Reconocer rápidamente la sección donde está

Preocupaciones y frustraciones

- Programas poco flexibles con sus necesidades
- No cumplir con el tiempo para desarrollar sus proyectos
- Limitantes en su equipo de trabajo
- Falta de profundidad en pruebas

Escenarios de uso

- Dejar baterías corriendo por mucho tiempo
- Comparar datos entre diferentes versiones de DUT's
- Ver pruebas largas y su rendimiento en tiempo real de forma remota

Motivaciones

- Tener equipo para futuras misiones espaciales
- Desarrollar y tener herramientas que otros investigadores quieran usar
- Que cada vez las experiencias sean más sencillas y menos tediosas

Erick
SEGUNDO PROYECTO ESPACIAL QUE MANEJA

Erick recién empezó su segundo proyecto en el SETEC Lab después de haber ayudado con el GW Sat. Su proyecto principal es llevar Otros 3 CubeSats a órbita para 2024-2025; Poder probar componentes está de primero en su lista de prioridades.

CEO & Project Manager

Me gusta tener todo bajo control y bien mapeado, las cosas claras = a amistades largas

Sociable Paciente
 Aprende rápido
 Cuidadoso Ocupado

Soy un autodidacta rápido, disfruto ver entender la información de diferentes formas, al igual que interactuar con personas que sepan mucho para crecer en mi ámbito empresarial

Necesidades

- Saber cuando estarán listos los entregables del equipo técnico
- Coordinar con facilidad con los investigadores
- Obtener reportes de datos para analizarlos y llevar la documentación
- Herramientas para supervisar progreso y el rendimiento del equipo.
- Información clara y actualizada sobre el estado de las pruebas.
- Comunicación efectiva para mantener coordinación entre el equipo

Preocupaciones y frustraciones

- Retrasos en las pruebas que afecten los plazos del proyecto.
- Falta de visibilidad sobre el progreso y problemas en las pruebas.
- Dificultades para coordinar equipos internos y externos de manera eficiente.

Escenarios de uso

- Revisar informes y resultados de pruebas para agregar a documentación y verificar que el proyecto vaya bien.
- Definir prioridades en la ejecución de pruebas.
- Monitorear el avance general del proyecto y solicitar y recomendar ajustes según sea necesario.

Motivaciones

- Cumplir con los plazos y objetivos del proyecto.
- Mantener la calidad y eficiencia en el CubeSat por medio de la ejecución de pruebas.
- Coordinar recursos y equipos para lograr un resultado exitoso al definir los EPS de un CubeSat.

Fig.11, 12 y 13 Fichas de perfiles analizados

7.3.1 Resumen de necesidades

Estas personas se detallan con diferentes propósitos durante los proyectos, es notorio que los investigadores primarios guían a los trabajadores y a los líderes. Usualmente los líderes llevan las partes administrativas del proyecto, como la definición de requerimientos, tareas, tiempos y personas que lo llevarán a cabo.

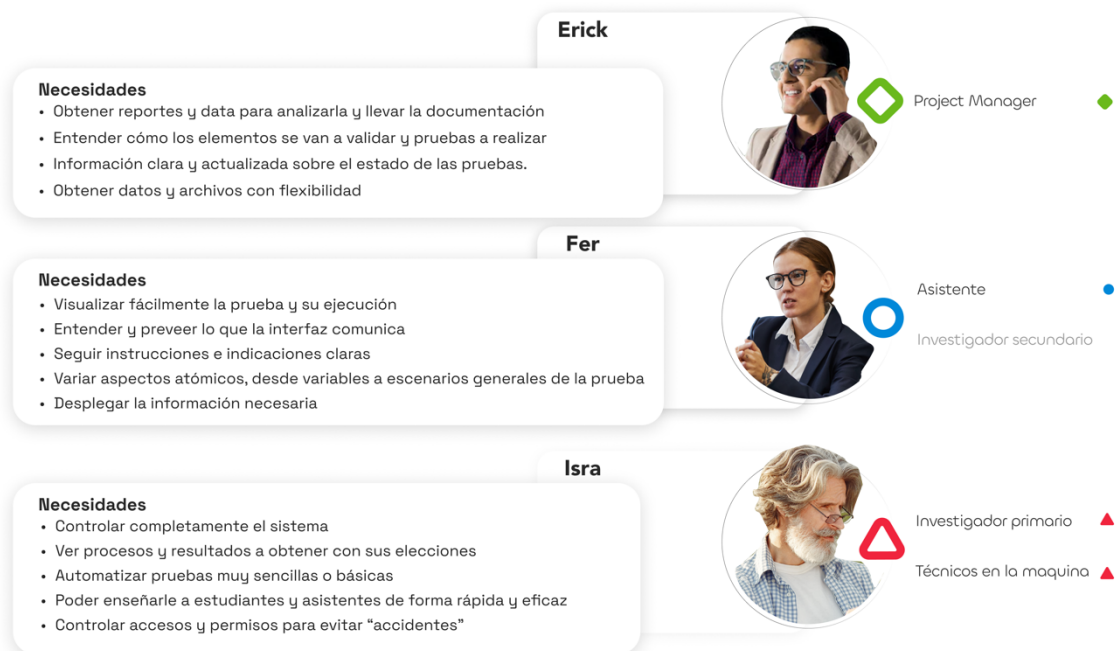


Fig.14 Resumen de necesidades por persona

En el caso de investigadores secundarios se denota que está más opaco ya que el SETEC no cuenta con muchos proyectos relacionados a CubeSats. Algo que crea mucha confusión entre el público de Costa Rica al querer hablar sobre estos temas. Se cambia con técnicos de las máquinas por su conocimiento.

Necesidades finales a partir de necesidades de personas y mínimos comunes en las interfaces analizadas

	Necesidades		Necesidades por usuario		
Setup & Configure workspace	Configurar y personalizar el espacio de trabajo	◇ 2%	○ 4%	△ 6%	
	Colaborar y compartir intuitivamente	◇ 6%	○ 2%	△ 4%	
	Asignar permisos por usuario	◇ 2%	○ 2%	△ 4%	
Developing Test Sequence	Guía accesible e intuitiva	◇ 4%	○ 2%	△ 2%	
	Incluir archivos propios en secuencias y pasos	◇ 4%	● 12%	△ 8%	
	Automatizar pruebas y reconocimiento de archivos	◇ 4%	● 8%	△ 6%	
	Sugerencias coherentes para pruebas	◇ 6%	● 6%	△ 8%	
	Personalización de flujos	◇ 2%	● 8%	△ 6%	
	Analizar información rápida de elementos	◇ 4%	○ 2%	△ 4%	
	Definición clara de elementos y pruebas a secuenciar	◇ 8%	○ 2%	△ 4%	
	Guardar secuencias y variables para uso posterior	◇ 6%	● 8%	△ 6%	
	Menús de selección intuitivos	◇ 2%	○ 4%	△ 2%	
Running Test Sequence	Programar y editar variables en varias instancias	◇ 6%	● 8%	△ 6%	
	Entender metadatos de secuencia y su visual	◇ 10%	○ 4%	△ 12%	
	Notificaciones de eventos específicos	◇ 6%	○ 4%	△ 2%	
	Monitoreo de sistema en tiempo real	◇ 10%	● 6%	△ 4%	
	Manejo rápida de errores y alertas	◇ 6%	● 8%	△ 2%	
Results & Analysis	Uso de extensiones a bases y herramientas del lab.	◇ 4%	○ 2%	△ 4%	
	Facilidad de ajustar prueba después de ejecutada	◇ 2%	● 6%	△ 6%	
	Seguimiento de cambios	◇ 6%	○ 2%	△ 4%	

Fig.15 Necesidades con su porcentaje respectivo

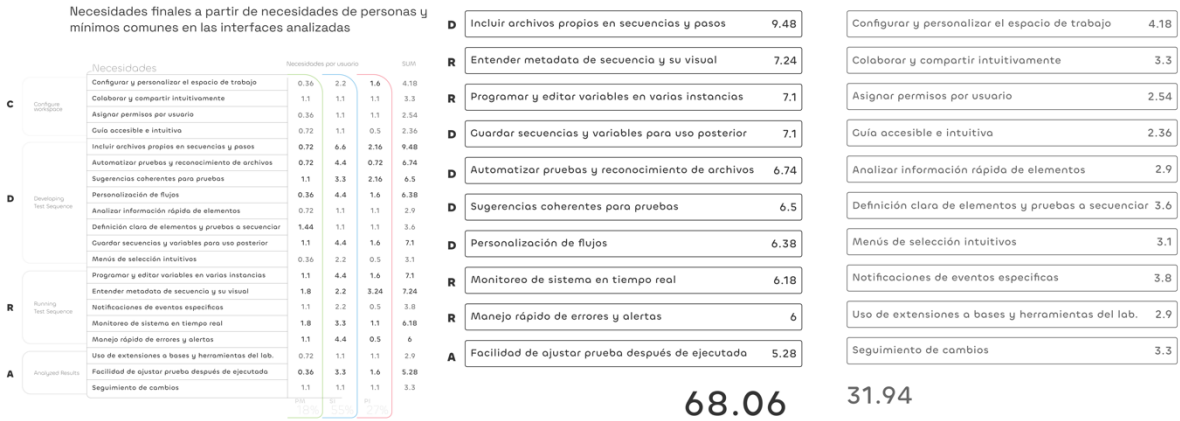


Fig.16 Tráfico por persona y resumen de necesidades

Conclusiones de tráfico:

1. 9/10 necesidades que hacen el 68% de la aplicación de las pruebas del desarrollo y ejecución de prueba- eso indica que estas secciones deben de ser fácilmente accesibles una de la otra, se contempla unirlas o crear una relación clara entre un estado y el otro.
2. Aspectos que hagan la experiencia más sencilla y fácil son considerados secundarios o casi imperceptibles, por lo que deben de contemplarse de forma sutil para que el diseño contemple estos aspectos de forma sutil e imperceptible. Algunos de estos aspectos llegan a ser más específicos para perfiles específicos.
3. “Ajustar la prueba después de ejecutarse” es una función que abarca 3 etapas, tanto en generación, ejecución y análisis de resultados

Una vez planteadas las necesidades se acomodaron y desarrollaron los conceptos a través del user journey.

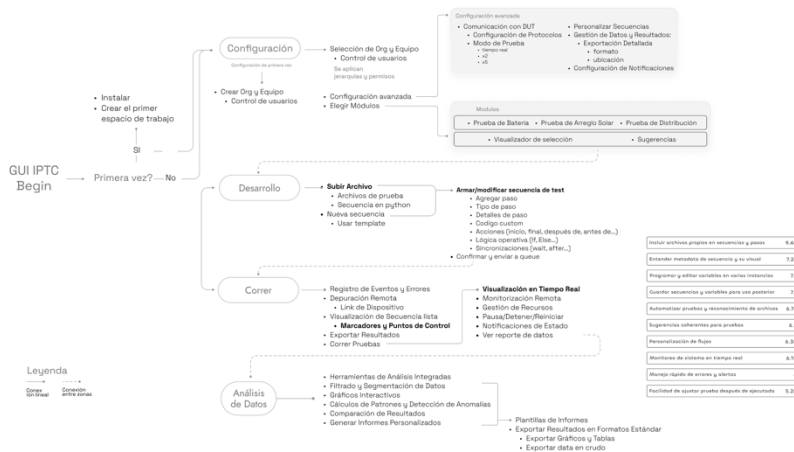


Fig.17 User Journey actualizado con necesidades

7.4 Arquitectura alpha

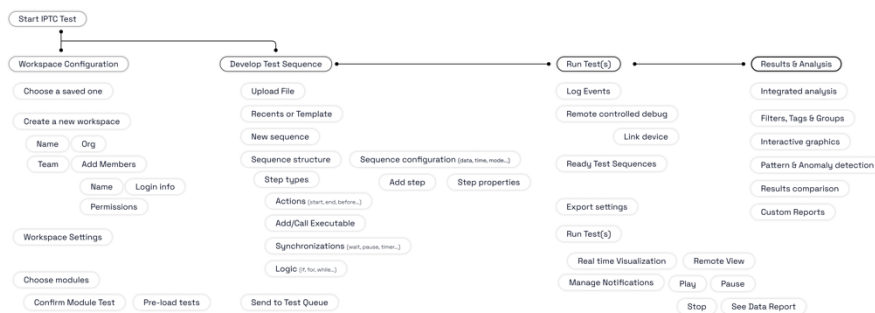


Fig.18 Primera arquitectura alpha con conceptos a evaluarse en card sorting

La combinación del user journey con los conceptos desarrollados permite generar la primera arquitectura alpha, la cual ya conceptualiza en 60 conceptos la interfaz, y se pone a prueba con un CardSorting.

7.4.1 Card sorting

El card sorting se realizó con 8 participantes, entre ellos personas de la compañía de Orbital Space Technologies, asistentes y jefes de los Laboratorios DELTA y SETEC y el programador que implementará el proyecto

Participant	Identifier	Status	Time taken
Participant 1	johcarvajal@itcr.ac.cr	Completed	6:34
Participant 3	vdittel@orbitalspace.tech	Completed	17:18
Participant 4	ejimenezs93@gmail.com	Completed	16:17
Participant 5	gvillegas@orbitalspace.tech	Completed	35:14
Participant 7	facundo.ms097@gmail.com	Completed	12:57
Participant 9	crodriguez@orbitalspace.tech	Completed	5:04
Participant 11	guillen637@estudiantec.cr	Completed	8:06
Participant 12	brenviclobo@gmail.com	Completed	18:29

Fig.19 Tabla de participantes en Card Sorting

Link a carpeta con sesiones: <https://www.loom.com/looms/videos/IPTC-7f02103358d64bf7ba89bd371a71f246>

Los participantes con mayor tiempo solían dar bastante feedback de cómo se imaginaban el producto, al igual que insights sobre los testers que usan en compañías como Intel o

Boston Scientific (Esteban y Giancarlo). Estos insights fueron sumamente útiles para las sesiones con stakeholders del proyecto.

El card sorting se realizó con 8 participantes, entre ellos personas de la compañía de Intel, Boston Scientific, Orbital Space Technologies, asistentes y jefes de los Laboratorios DELTA y SETEC y el programador que implementará el proyecto.

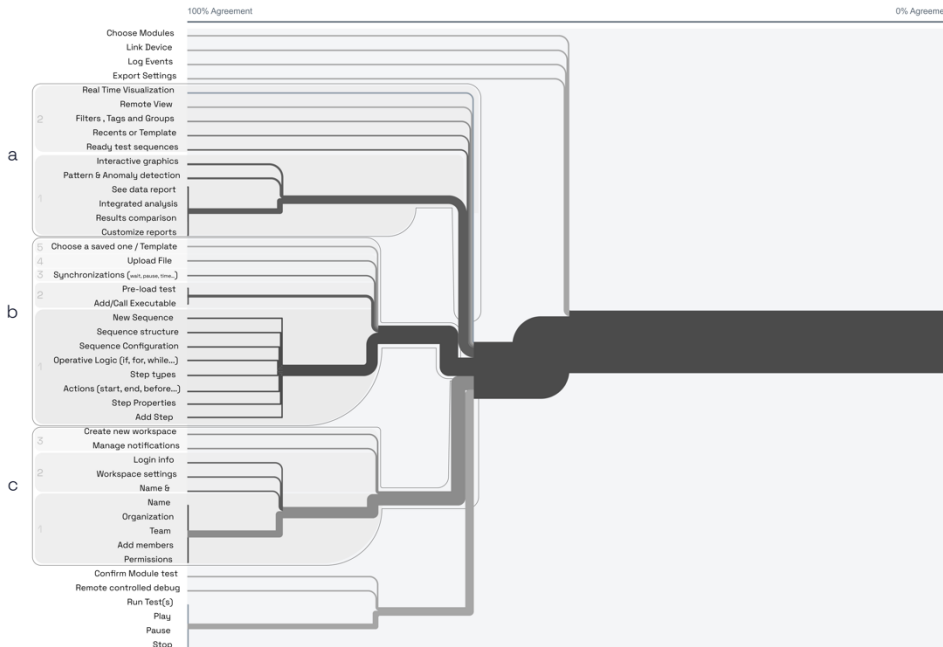


Fig. 20 – Dendrograma generado en Optimal Workshop a partir del card sort.

a. Se notó que la parte de generación de resultados, análisis y reportes se divide en 2 grupos principales.

Incluye los gráficos y análisis, así como los reportes personalizados.

Se incluyeron factores variantes, entre ellos está la visualización en tiempo real, junto con la visualización remota. También se encuentra un concepto de Recents o Templates el cual puede indicar que tiene bastante relación con los tipos de reportes a generarse y querer tener acceso de forma rápida.

b. En esta sección notamos que el escoger un template, archivos propios y sincronizaciones están en grupos por aparte. Se podría considerar cómo agrupar los primeros dos conceptos.

Sincronizaciones no quedaba tan claro, no se lo imaginaban de una forma concisa por lo que se debe de revisar, ¿cómo se ve una sincronización?

Esta sección engloba los primeros pasos para editar y crear una secuencia, es bueno que se hayan agrupado, de igual forma se debe jerarquizar la forma en la que se presenta esto

c. La sección puede notarse como agrupa los conceptos contemplados para modificar el espacio de trabajo, lo cual ayuda a validar su cercanía.

Por otro lado, se genera y se interpreta la matriz de similitud que da relaciones numéricas entre conceptos:

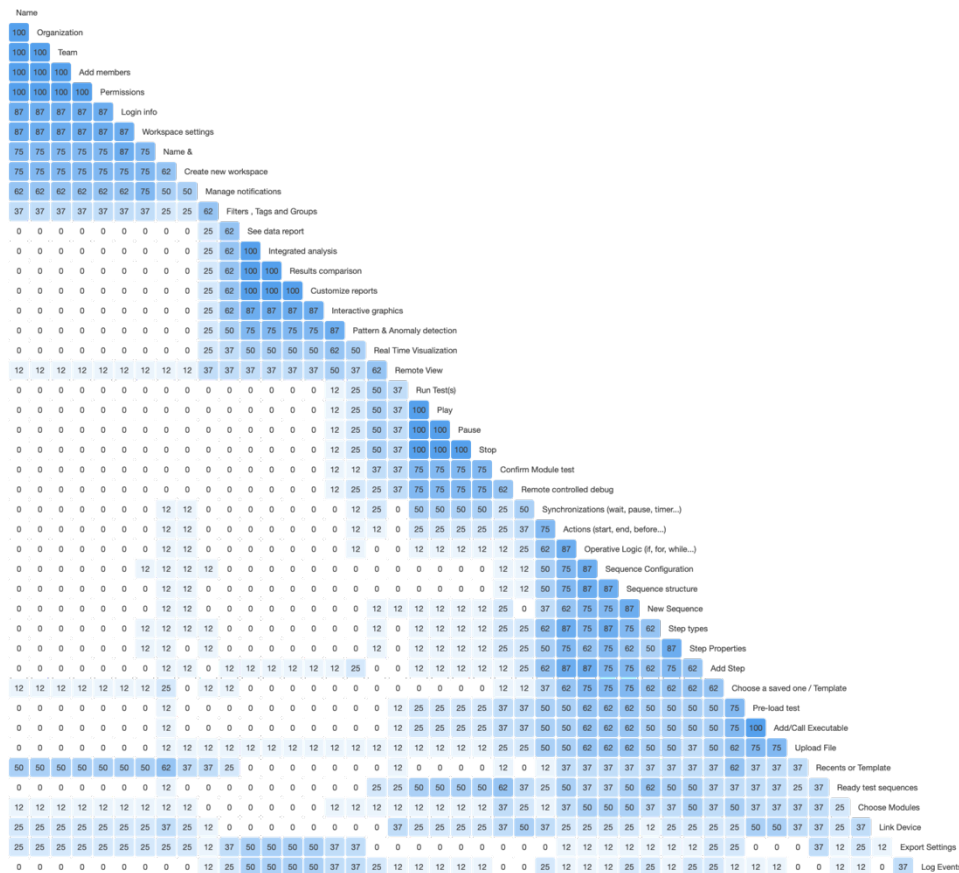


Fig. 21 – Matriz de similitud completa generada a partir del card sort

Esta matriz se genera para ayudar a confirmar el dendrograma y comparar los grupos, al igual que tener una cercanía definida en número lo cual ayudó a comprender mejor la interrelación de conceptos abstractos e interconectados.



Fig. 22 – Enfoques en Matriz

Los puntos a resaltar son los siguientes:

- A. Estos factores se consideran como el grupo más grande. Anteriormente se planteaban 4 grupos, pero al ver que existe una alta coordinación entre estos será preferible unir las categorías de creación y desarrollo de prueba con el correr la prueba.
- B. En el caso de este grupo de 5 conceptos se observó que Sequence Structure no era tan claro, por lo que se convertirá en Edit Sequence Structure; esto para dar la posibilidad de correr una prueba una vez que solo se suba desde el archivo preparado. Aparte notamos alta correlación entre Actions, Operative logic y New Sequence.
- C. Hay alta correlación entre los Steps y se incluye que al querer incluir un templete o un archivo o step salvado se conecta con Add Executable y Upload File.
- D. Estos últimos factores dan a entender que no pertenecen a un único lugar, si no que están implícitos en varias secciones, lo que aporta el unir la sección de desarrollo de prueba y de visualizarla. Específicamente Choose Modules, Link device, export settings, y ready test sequences aportaron a tomar esta decisión. Recents or Templates se indica en varias partes y fue mencionado que podría usarse en diferentes secciones también.

7.5 Prototipado

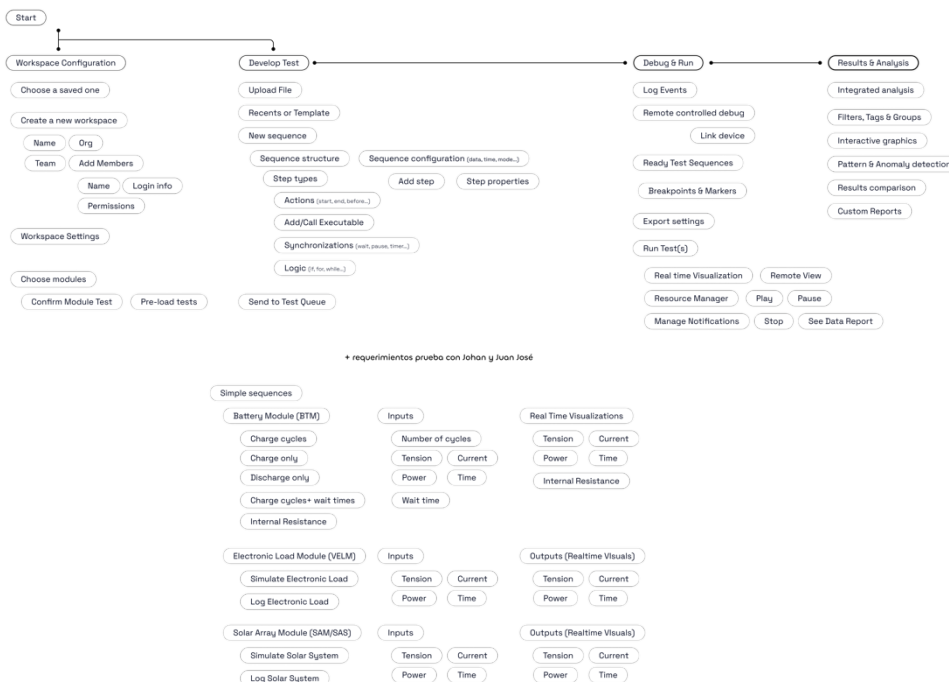


Fig. 23 – Arquitectura Alpha Modificada

Esta arquitectura fue la contemplada al comenzar la etapa de bocetos y de prototipado. Se resumieron los comentarios de usuarios en el card sorting en figma durante la sesión con el profesor Juan José, y a partir de eso se fueron desarrollando bocetos rápidos a partir de las interpretaciones y puntos de vista distintos. Aparte el proyecto seguía aumentando en complejidad y con esto la incertidumbre de cómo reaccionarían ciertos

datos en componentes digitales, al igual que la interconexión y reacción sobre otros componentes.

Para sobrellevar este reto de complejidad e incertidumbre se sigue la recomendación durante la previa del Fiscal Franklin Hernández sobre usar el libro de “A Practitioners Guide to Prototyping”, y se enfatiza en el uso de herramientas poco usuales para prototipar.

En este caso, se debe contemplar estas variables:

- Número de personas para quien hacer pruebas de validación era reducido debido a que la información no puede compartirse a cualquier persona sin contexto.
- Usuarios detallados en documentos anteriores no fueron permitidos contactarse según órdenes del cliente para este trabajo.
- Se tenía incertidumbre y desconexión todavía sobre el uso y desarrollo de la plataforma por parte de los stakeholders.
 - El cliente quería priorizar pantallas de caminos sencillos que se implementarían en otra interfaz —de las que no se tenía la información analizada de cómo los datos y otros aspectos interactuaban—.
 - La serie de proyectos definidos por el guía en la empresa abarcaba funciones para un software robusto y enfocado en ser una solución integral para correr pruebas enfocadas en CubeSats open-source.

Esta situación de no tener usuarios disponibles para correr pruebas me llevo a guiarme con los principios del libro:

1. Understand your audience & Intent
- 2. Plan a Little – Prototype the rest**
3. Set Expectations
4. You Can Sketch
- 5. It's a prototype – not the mona lisa**
6. If you can't make it, fake it
- 7. Prototype only what you need**
8. Reduce risk- prototype early and often

Estos 8 principios, específicamente el 2,5 y 7 fueron importantes para definir la toma de decisiones en pro del proyecto y así avanzar lo más rápido posible aún con los desafíos por delante.

Analizando la complejidad de los clientes a los cuales se les está trabajando se decidió hacer 2 sesiones con cada uno, con el fin de que pudieran desarrollar a cabalidad sus ideas respecto al sistema IPTC.

Johan tenía la visión del sistema a nivel completo y Juan José el conocimiento de las operaciones básicas del sistema. Cómo ya se tenía a nivel general mucho más definido que se iba a tener y cómo iba a estar acomodado se planeó la sesión con Juan José.

7.5.1 Sesión con Juan José Rojas

Carpeta con sesiones: https://drive.google.com/drive/folders/1kSNlcwQ3pglWmPhrsdwL7yGmK3889hBi?usp=drive_link

Fueron 2 sesiones de 2 horas en las cuales explicó todos los detalles del funcionamiento del proyecto y cómo se visualizaba usándolo. Durante la sesión se boceteo en la pizarra y después la interpretación de lo que el profesor buscaba para planear acorde.

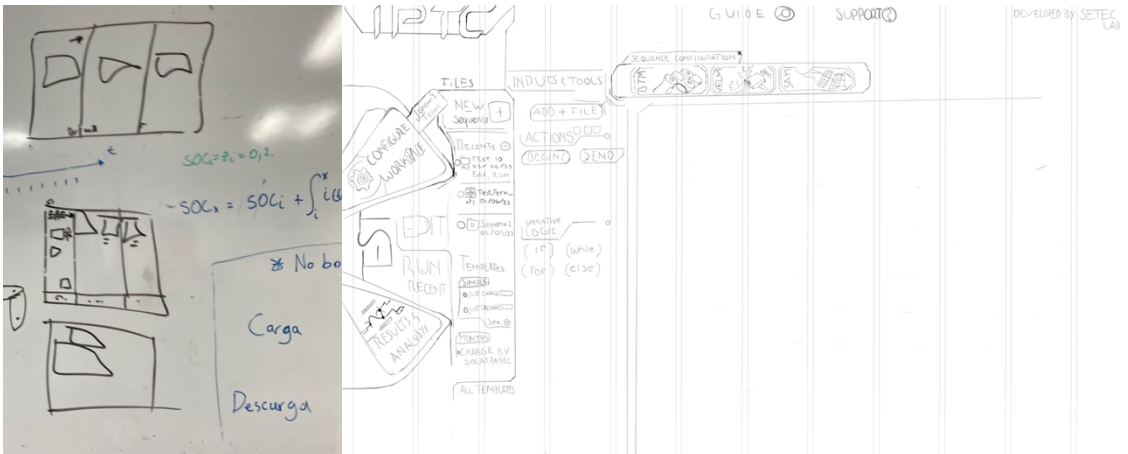


Fig 24 y 25. Bocetos con Juan José + Diseño interpretación de la función del sistema- elaborado de sus sesiones

7.5.2 Sesión con Johan Carvajal

Las sesiones con Johan por naturaleza siempre tienen que ser menor a 40 minutos ya que requiere que sus sesiones sean resumidas y concisas. Por esto, lograr explicarle el sistema de componentes en figma, una herramienta nueva para él, logró ser muy fructífero e interactivo que se diseñara en conjunto en figma durante las sesiones

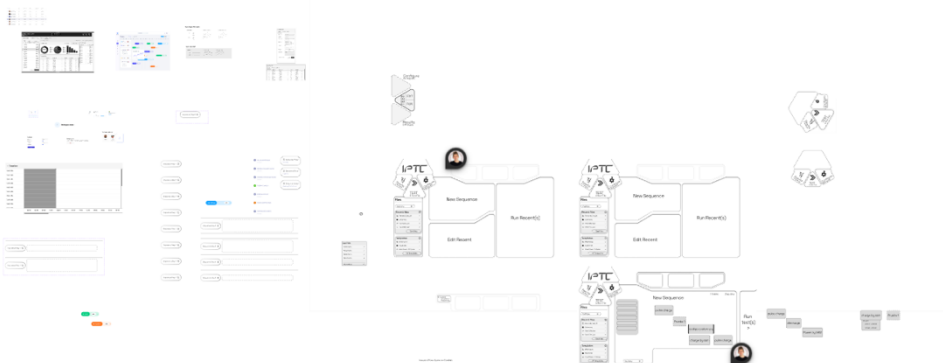


Fig 26. Avances y sistemas usados en conjunto para construir con Johan.

A partir de estas 2 sesiones y la información más clara sobre el funcionamiento del sistema, se logró llegar a la conclusión de que la arquitectura necesitaba replantearse se forma más concreta. Incluso los bocetos iniciales pueden indicar a que se puede simplificar la interfaz y la experiencia y enfocarse en los caminos para definir la prueba de uno.

Esa mentalidad ayudó a que se simplificara cada vez más el sistema y se pudiera concretar las funciones que necesitaba tener. Esta arquitectura, guio la construcción del prototipo y fue evolucionando con el desarrollo del prototipo.

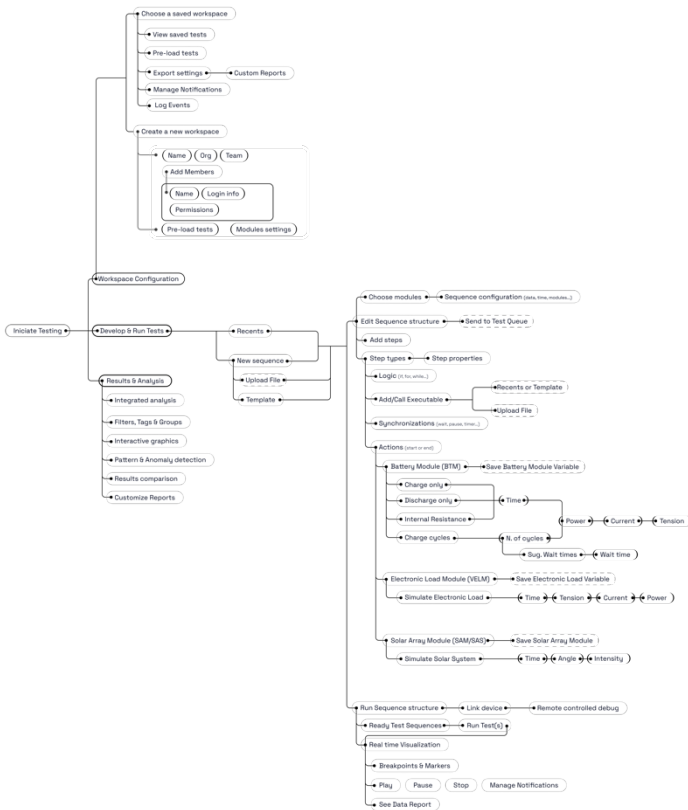


Fig 27. Arquitectura Beta.

Analizando este punto de partida como la nueva guía por la cual manejarse se decidió de primera instancia que la parte de Data Analysis no sería óptimo desarrollarlo en esta instancia, ya que no se tienen a la fecha muestras de datos para poder llevar a cabo una sección que los relacione, muestre patrones y coincida para hacer patrones de resultados.

El enfoque primario fue la sección de Desarrollo y Correr Pruebas ya que incluso el pareto indicaba que 9/10 necesidades para hacer el 70% eran de la sección de desarrollo y correr según la Fig. 16.

D	Incluir archivos propios en secuencias y posos	9.48	Configurar y personalizar el espacio de trabajo	4.18
R	Entender metadata de secuencia y su visual	7.24	Colaborar y compartir intuitivamente	3.3
R	Programar y editar variables en varias instancias	7.1	Asignar permisos por usuario	2.54
D	Guardar secuencias y variables para uso posterior	7.1	Guía accesible e intuitiva	2.36
D	Automatizar pruebas y reconocimiento de archivos	6.74	Analizar información rápida de elementos	2.9
D	Sugerencias coherentes para pruebas	6.5	Definición clara de elementos y pruebas a secuenciar	3.6
D	Personalización de flujos	6.38	Menús de selección intuitivos	3.1
R	Monitoreo de sistema en tiempo real	6.18	Notificaciones de eventos específicas	3.8
R	Manejo rápido de errores y alertas	6	Uso de extensiones a bases y herramientas del lab.	2.9
A	Facilidad de ajustar prueba después de ejecutada	5.28	Seguimiento de cambios	3.3

Estas necesidades guían los caminos a seguir, los cuales ya se prototipan a cabalidad para tener la librería de componentes lista para implementación y posterior uso.

7.5.3 Flujos para cumplir las tareas

Estos flujos son la mayoría de las funciones del sistema, por lo que al completar estas se cumple el 75% de las necesidades, y se considera que 3 necesidades prioritarias, por su interacción con el sistema, no se contemplan en un flujo, sino de forma intrínseca en el sistema.

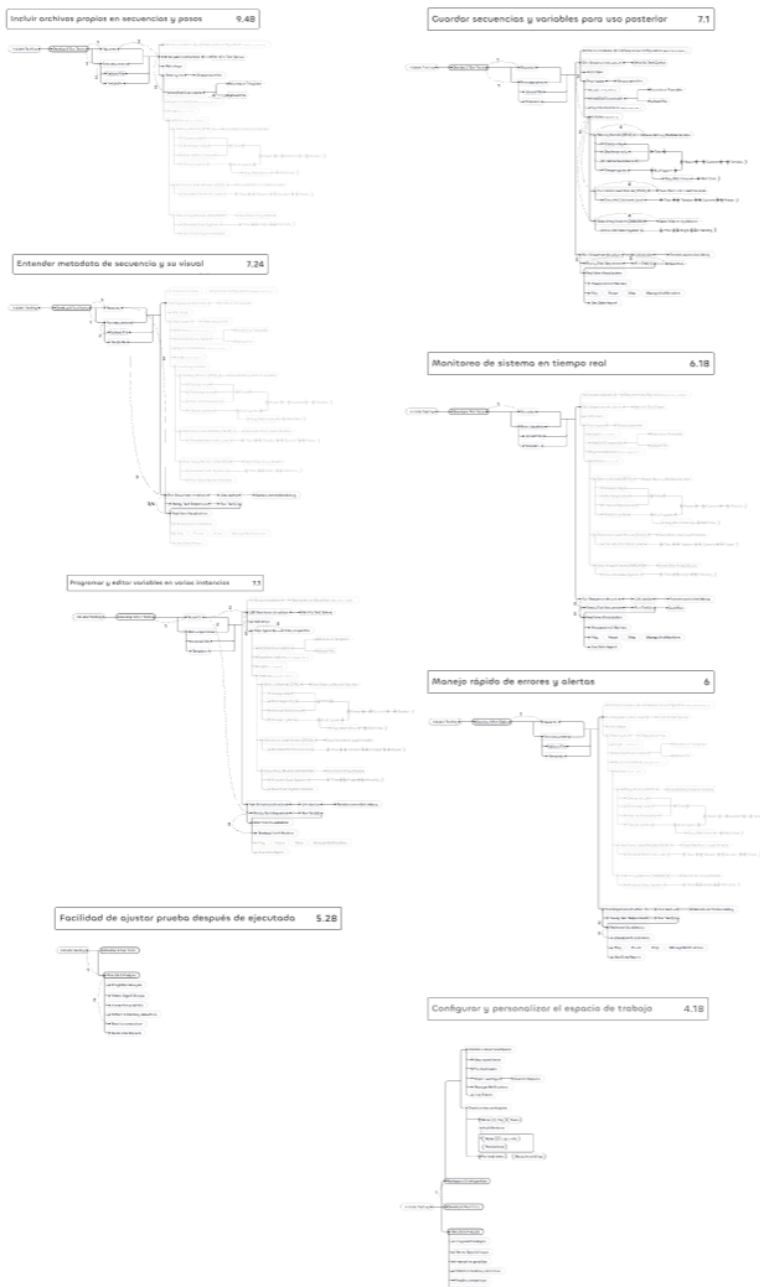


Fig 28. Flujos de necesidades prioritarias.

Se tomaron las necesidades más importantes y se priorizaron de la siguiente forma, ya que unas necesidades son factores con los cuales la persona interactúa para llegar a ello, y otros son los que espera que se automaticen, según la matriz de necesidades y respuestas de sesiones con Esteban, Giancarlo y Facundo:



Fig 29. Necesidades separadas

Estas necesidades se separaron en esperadas y en interactivas. Solo 3 necesidades requieren que el sistema se adapte a la persona, siendo la automatización de pasos al subir un archivo, las sugerencias según el contexto, y la personalización de flujos de prueba en el sistema.

7.5.3.1 Flujo para desarrollo de prueba

Al tener las necesidades separadas fue más cómodo y ordenado categorizar y agrupar, por lo que las necesidades de desarrollo se hicieron en unas pantallas, las de correr en otras y así sucesivamente.

Se contempla que en esta parte se pueden subir archivos y verlos separados en pasos, crear secuencias con múltiples pruebas y pasos, y asignar secuencias a correr.

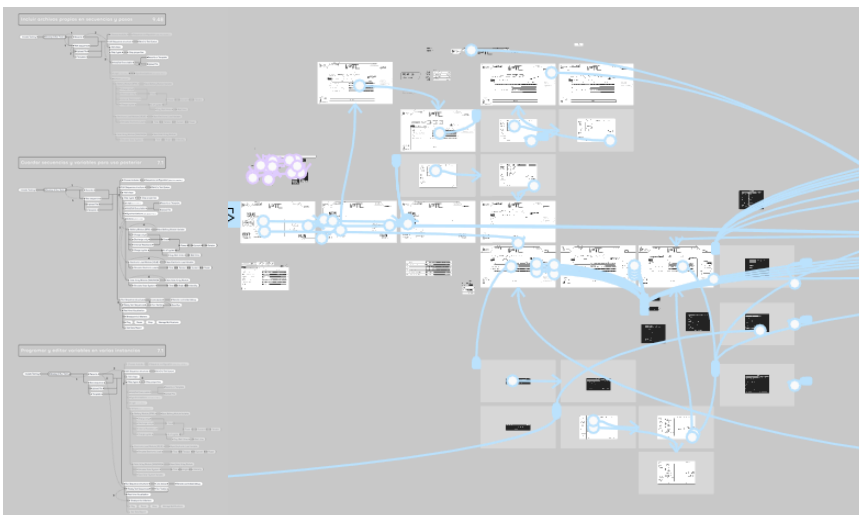


Fig 30. Flujos de necesidades al desarrollar la prueba

La maqueta se construyó de forma atómica para evitar la mayor cantidad de pantallas para que el desarrollador no tuviese problema encontrando la documentación de los componentes y la unión de estos.

7.5.3.2 Flujos para correr

Al correr se mantiene la misma estructura manejada, y se intercambian los elementos para asegurarse que la prueba está lista para ejecutarse en el sistema IPTC. Una vez ejecutadas necesitan poder visualizarse los datos y poder exportarlos en hojas de datos, usualmente escritas en CSV.

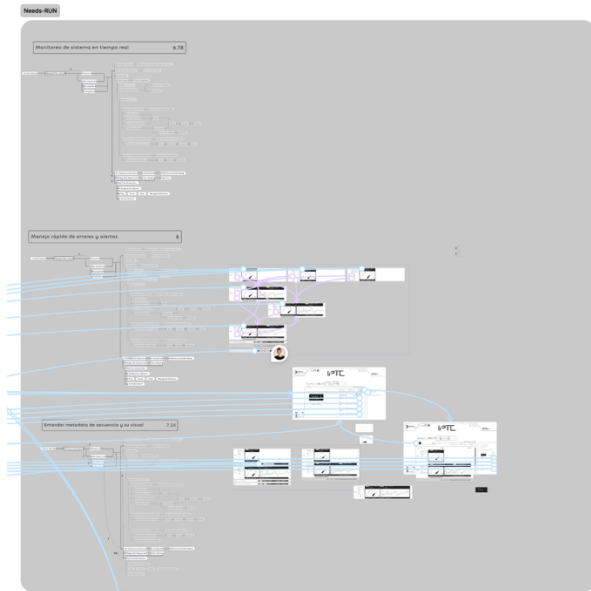


Fig 31. Flujos de necesidades al correr la prueba

7.5.3.2 Flujo para configurar el espacio

Esta última sección se prototipó en general, mas no se hizo un A/B testing de los tipos de visualización que se prefiriesen, pero se ofrecen 3 opciones de visualización y 3 de acomodo entre desarrollo y correr la cual fue encuestada.

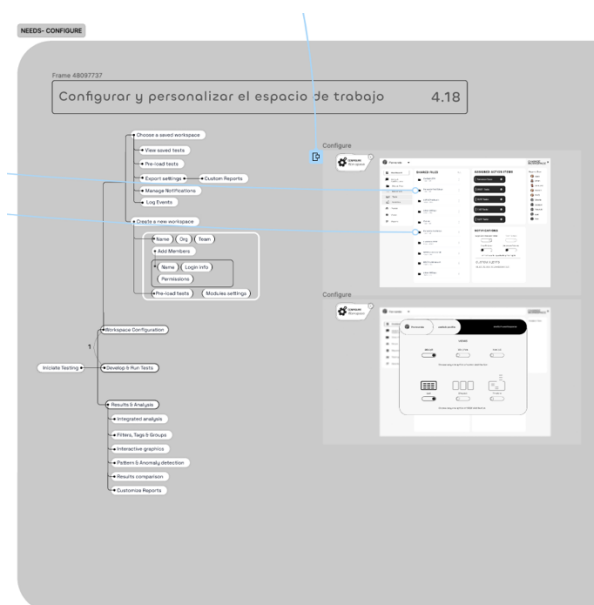


Fig 32. Flujos de necesidades al configurar el espacio de trabajo
Se destaca de los caminos y el prototipo generado que logró quedar conciso y rápido debido a la modularidad de los componentes y la interacción entre sí para acortar tiempos de render en el prototipo.

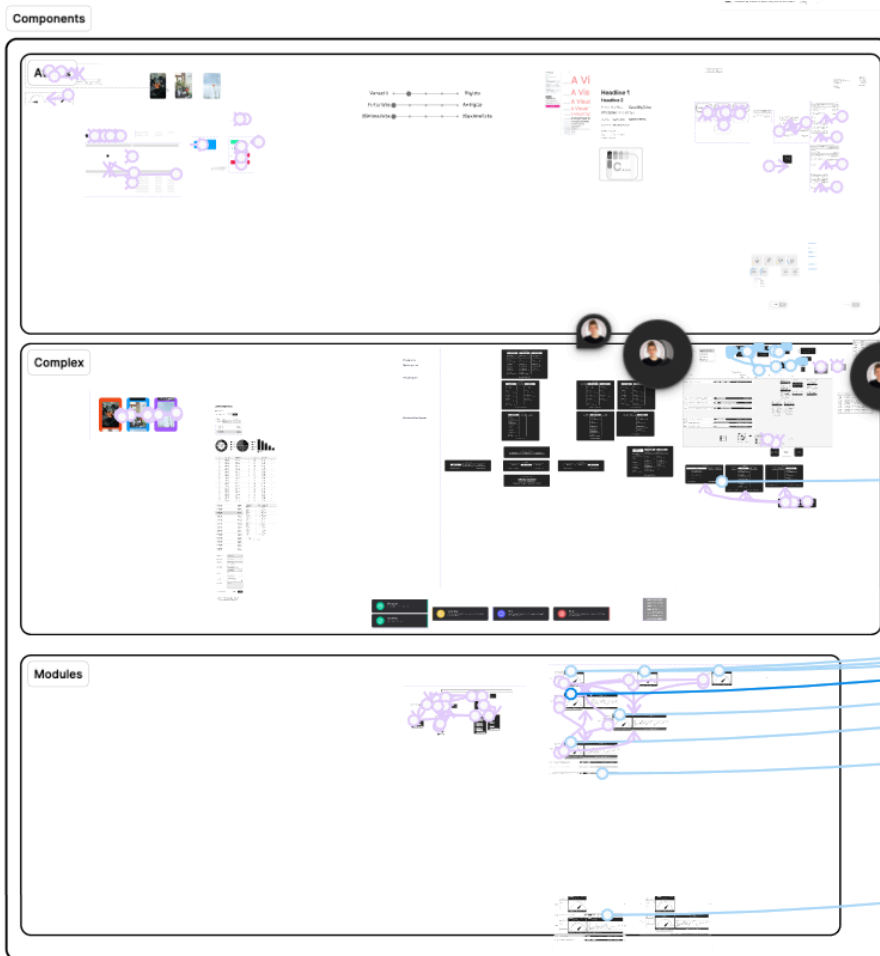


Fig 33. Estructura de Componentes

7.6 Aspectos perceptuales y de marca

Durante las entrevistas de card sorting y sesiones con stakeholders también se datan aspectos de estilización y concepto de la interfaz, los cuales se reflejan en los bocetos finales y primeros prototipos desarrollados.

Se decide implementar un estilo y concepto claro, para ir evolucionando el diseño de las interfaces y la percepción de un producto generado por el SETEC, buscando fortalecer el tercer objetivo del posicionamiento efectivo en el mercado de la investigación e industria de CubeSats.



Fig 34. Moodboard final, complementado durante diversas etapas en el proyecto

Este moodboard concreta la propuesta semántica y perceptual de la interfaz.

Siempre considerando que los objetivos a evaluarse serán:

1. Comunicar efectivamente lo que sucede y sucederá.
2. Entendimiento fácil y rápido de los datos que se estén viendo.
3. Acoplarse a una nueva industria, con modelos cambiantes

Tomando en cuenta cuestiones de la percepción de marca del SETEC actualmente por parte de los stakeholders, se decidió elevar el concepto al minimalismo futurista, siempre tomando en cuenta que la interfaz debe de poder implementarse y correrse en una interfaz de Python. Esto presenta que el lenguaje a usarse será CSS, un lenguaje cuya sintaxis es muy sencilla y efectiva, y que elementos complejos como sombras, efectos borrosos y gradientes no son tan eficientes al correr en programas de Python.

El uso de SVG's no presentó problema, ya que Python y diversas librerías hoy en día para usar archivos tipo SVG presentan opciones amplias y variadas. Esto se acordó previamente con el programador (Alejandro Guillen) para que las interfaces le fueran fáciles de implementar.

También se contempla el uso de auto layout para tener distribuciones bien definidas, responsive y fáciles de acoplar a cualquier otro ambiente necesario.

7.6.1 Aspectos perceptuales y de marca en el producto

Para facilitar la comunicación e implementación se busca sistematizar de la forma más cómoda para el programador.

Se definen 5 aspectos básicos:

1. Personalidad y Características
2. Escala Tipográfica
3. Escalas Cromáticas
4. Iconografía
5. Retícula

Por ser una interfaz que se va a usar en desktop y en tablets, por la interfaz pequeña que solicita el cliente, se puede resumir un solo diseño que integre los aspectos básicos de lo que implica la secuenciación de pruebas.

7.6.2 personalidad y características



Fig 35. Portada de blog acerca de ASTRO UX

El SETEC Lab no tiene una identidad definida, no tiene guías de marca o referencias perceptuales con las cuales se identifique, por lo que se corrió un pequeño workshop para definir las características de la personalidad a comunicar con este producto.

Por esta razón se elige orientarse con un sistema de diseño generado por la Fuerza Espacial Estadounidense, la cual tiene un estándar para generar productos digitales para misiones espaciales basadas en numerosas referencias.

Cabe recalcar que se copia la estructura, mas no se usa el sistema de diseño ya que probó ser complejo de adaptar, y las necesidades del SETEC llegaban a ser muy específicas respecto a contexto y entendimiento de la información; al igual que aspectos de la ISO 29148. El sistema de diseño ayudó con las guías, documentación y estructura base, y aunque no cumple directamente con los estándares de la ISO29148, cumple con su propio estándar de MIL-STD-1472.

Se generó una tabla con ayuda de ChatGPT para comparar las consideraciones existentes entre cada estándar, cabe recalcar que estos documentos igual se leyeron y fueron revisados, pero estas herramientas de resumen permiten generar tablas mucho más concisas y directas a la respuesta.

Corresponding MIL-STD-1472 Sections	Elaboration on ISO 29148 Considerations in Small Font
Part 3 - Human Engineering Process (e.g., Section 5.3 - Task Analysis)	ISO 29148 functional requirements specify what the software should do. MIL-STD-1472 task analysis (Part 3) helps understand user tasks for effective system design.
Part 6 - System Performance (e.g., Section 6.5 - Task Performance)	ISO 29148 performance requirements define system response times, throughput, etc. MIL-STD-1472 addresses task performance in the context of overall system performance.
Part 7 - Information Assurance (e.g., Section 7.3 - Information Security)	ISO 29148 security requirements focus on protecting information. MIL-STD-1472 includes information assurance aspects for secure and reliable system performance.
Part 5 - System Interface (e.g., Section 5.3 - Human-Computer Interface)	ISO 29148 usability requirements emphasize user interface aspects. MIL-STD-1472 in System Interface (Part 5) covers human-computer interface design considerations.
Part 4 - System Reliability (e.g., Section 4.6 - Reliability Prediction)	ISO 29148 reliability requirements relate to system dependability. MIL-STD-1472 provides guidance on reliability prediction, ensuring the system meets reliability expectations.
Part 4 - System Reliability (e.g., Section 4.7 - Maintainability)	ISO 29148 maintainability requirements focus on system ease of maintenance. MIL-STD-1472 includes aspects of maintainability in the context of ensuring reliable system performance.
Part 6 - System Performance (e.g., Section 6.3 - Design Criteria)	ISO 29148 scalability requirements address the system's ability to handle growth. MIL-STD-1472 design criteria (Part 6) includes considerations for scalability in system performance.
Part 5 - System Interface (e.g., Section 5.5 - Compatibility)	ISO 29148 compatibility requirements address the system's ability to coexist with other systems. MIL-STD-1472 considers compatibility in the design of the human-computer interface (Part 5).
Part 5 - System Interface (e.g., Section 5.6 - Interoperability)	ISO 29148 interoperability requirements specify the system's ability to work with other systems. MIL-STD-1472 addresses interoperability within the human-computer interface design (Part 5).
Part 5 - System Interface (e.g., Section 5.1 - Design Philosophy)	ISO 29148 considers the overall user experience, encompassing design philosophy. MIL-STD-1472's human-computer interface design (Part 5) aligns with creating a positive user experience.
Part 2 - Design Criteria (e.g., Section 2.4 - Design to Standards)	ISO 29148 regulatory requirements ensure compliance with relevant standards. MIL-STD-1472 emphasizes the importance of designing to standards in its design criteria (Part 2).
Part 2 - Design Criteria (e.g., Section 2.6 - Documentation)	ISO 29148 specifies documentation requirements. MIL-STD-1472, under design criteria (Part 2), stresses the need for comprehensive documentation to support human engineering design and evaluation.
Part 2 - Design Criteria (e.g., Section 2.5 - Testing and Evaluation)	ISO 29148 includes requirements for testing and validation. MIL-STD-1472's design criteria (Part 2) emphasizes testing and evaluation to ensure the system meets human engineering requirements.
Part 2 - Design Criteria (e.g., Section 2.3 - Anthropometry and Biomechanics)	ISO 29148 may consider cultural and ethical factors in the design process. MIL-STD-1472 addresses anthropometry and biomechanics (Part 2), incorporating aspects of cultural and ethical considerations.

Fig 36. Tabla comparativa de las consideraciones en el diseño de interfaces según estándares ISO y MIL

El workshop consistió en definir con adjetivos según el moodboard generado y agregar referencias conocidas y a las cuales se aspira ser percibida cómo. Se generaron unos ejes semánticos para tener siempre clara la personalidad del producto al momento de diseñar y adaptar ciertos componentes.

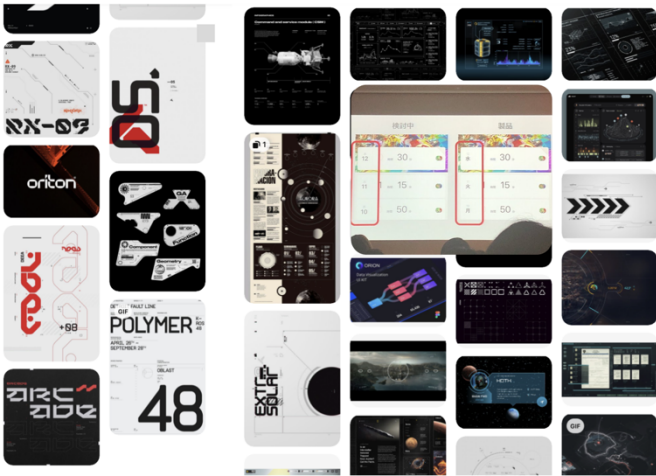


Fig 37. Ejes semánticos con muestra de moodboard que ejemplifica los ejes

Este eje ayuda a determinar aspectos perceptuales y de composición a las piezas y componentes. Se hace un énfasis en querer mantener el sistema simple ya que al ser un sistema de código abierto la complejidad de los componentes se busca que sea lo más directa posible.

Para lograr ese contraste entre futurismo y minimalismo se juega con las proporciones elegidas, los espacios y la cantidad de líneas usadas para guiar la atención de la persona.

Se busca generar recorridos con las formas para orientar la atención del usuario a lo largo del tiempo.

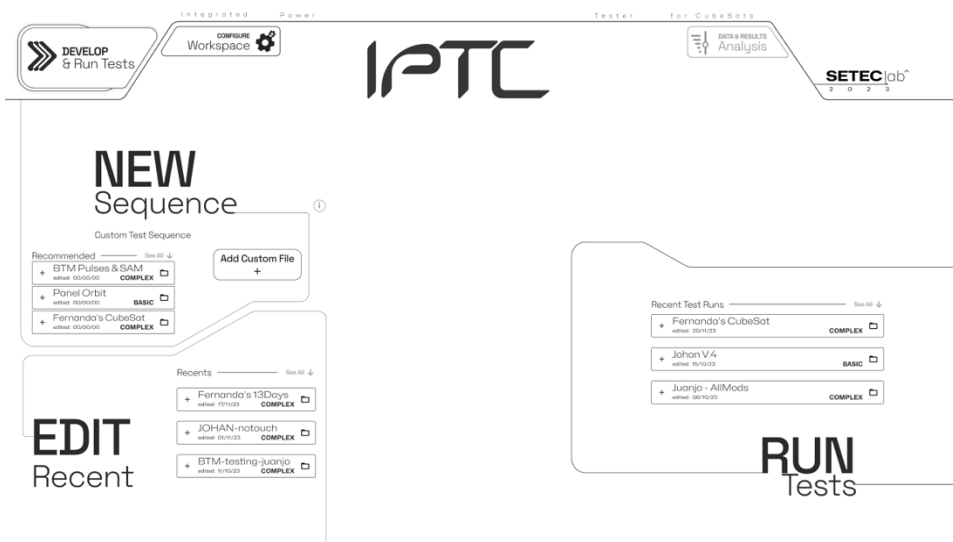


Fig 38. Home con componentes abiertos

La distribución y acomodo de la pantalla busca orientar a lo básico, crear o abrir una secuencia y editarla, o correr una prueba lista, lo que fue recalado ser de lo más buscado cuando se tenía la prueba definida.

Los cortes en diagonal buscan generar el dinamismo y el recorrido de la mirada a lo largo de una interfaz hecha para usarse por pocos minutos para diseñar la prueba. A lo largo del desarrollo se contempla que el tiempo máximo de uso para construir y completar las pruebas sea de 5 minutos, siendo la prueba una prueba sencilla y no compleja.

7.6.3 Escala Tipografía

La elección tipográfica fue un compendio de decisiones, entre ellas que las tipografías fueran de fuente abierta y usables por cualquier persona y sistema.



Fig 39. Data page de Hubot Sans (Hubot Sans 2019)

Ambas tipografías son open source y se actualizan constantemente en github. Space grotesk se eligió para textos y lectura en tamaños pequeños, mientras que Hubot para títulos por su facilidad de usar un Expanded que presta otras opciones. La ventaja de las tipografías elegidas es la alta legibilidad que les caracteriza por sus elementos tan representativos.



Fig 40 y 41. Data pages de Space Grotesk (Florian Karsten, 2021)

La escala tipográfica elegida es la siguiente:

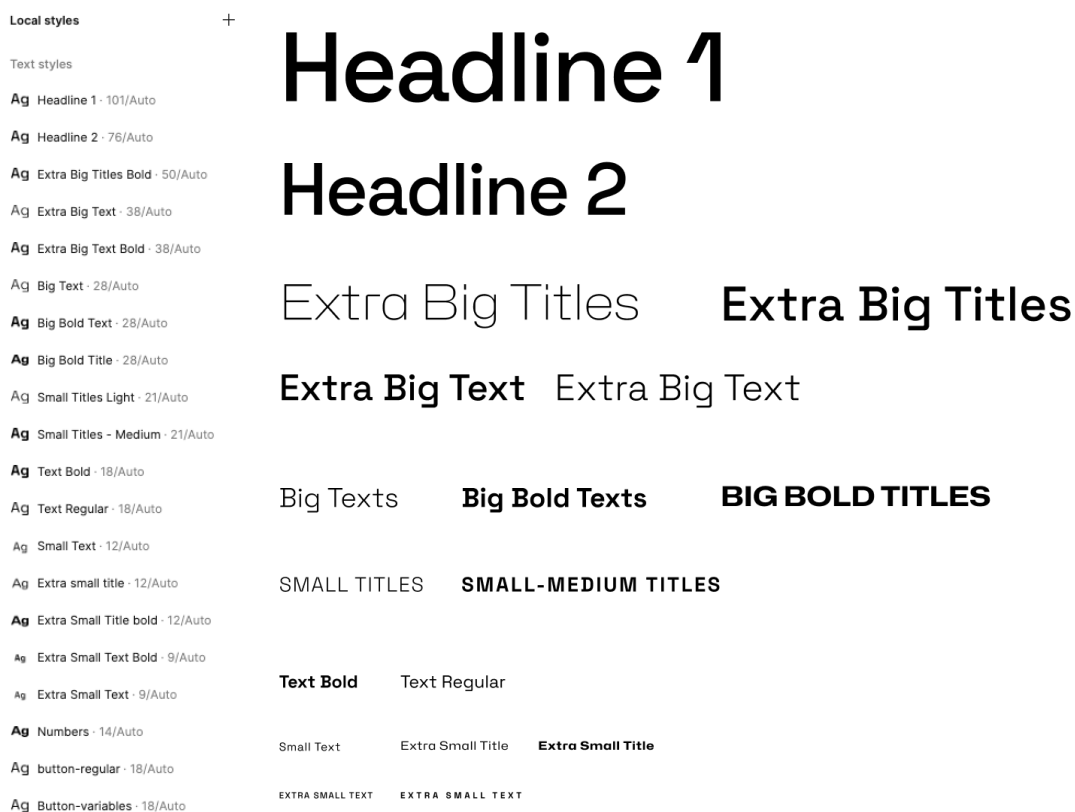


Fig 42. Escala tipográfica usada en el sistema de diseño de figma

Esta escala está basada en la proporción del perfect fourth. El tamaño base elegido (18pts) se multiplica por 1.333 hasta generar las diferentes escalas de tamaño y proporción. Esta es una de las formas más rápidas de tener una escala tipográfica coherente, concisa y bien justificada para definir tamaños y proporciones en un sistema de diseño.

7.6.4 Escala Cromática

La elección cromática fue presentando conflictos, ya que al no tener una identidad definida había injerencias de por donde orientar el diseño de la marca. Para simplificar la toma de decisiones y la comunicación efectiva de la marca SETEC se decide no incluir un color representativo de la marca y mantener el look visual en monocromático lo más posible. Se corrieron pruebas de contraste, y la ventaja de usar variables en figma es que estos colores al actualizarse se modifican en todas las instancias utilizadas.





















Name	Value	
 Negro-setec	 2A2A2A	
 White	 FAFafa	
 Gray-1	 A2A1A2	
 Gray-2	 BFBFBF	
 Gray-3	 E2E1E2	
 negro-80	 2A2A2A	80%
 negro-10	 2A2A2A	10%
 white-65	 FAFafa	65%
 white-30	 FAFafa	30%
 white-55	 FFFFFFFF	55%

Fig 43. Librería de colores variables en figma

7.6.5 Iconografía

La iconografía fue tomada del sistema de diseño de ASTRO, que a su vez utiliza “feather icons”. Una librería inmensa para crear iconografías cohesivas y fáciles de comunicar por la construcción en retículas de 100x100

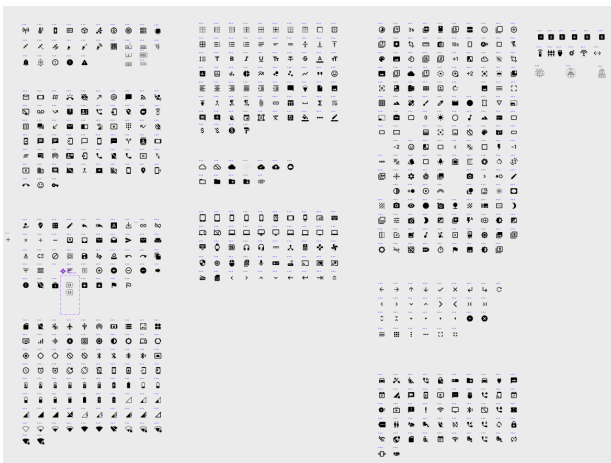


Fig 44. Librería de iconografía utilizada al diseñar

De ser posible se sigue usando la librería de componentes, pero hubo casos específicos donde los iconos se tuvieron que generar para comunicar cosas específicas, cómo al generar los iconos de menú de componentes:

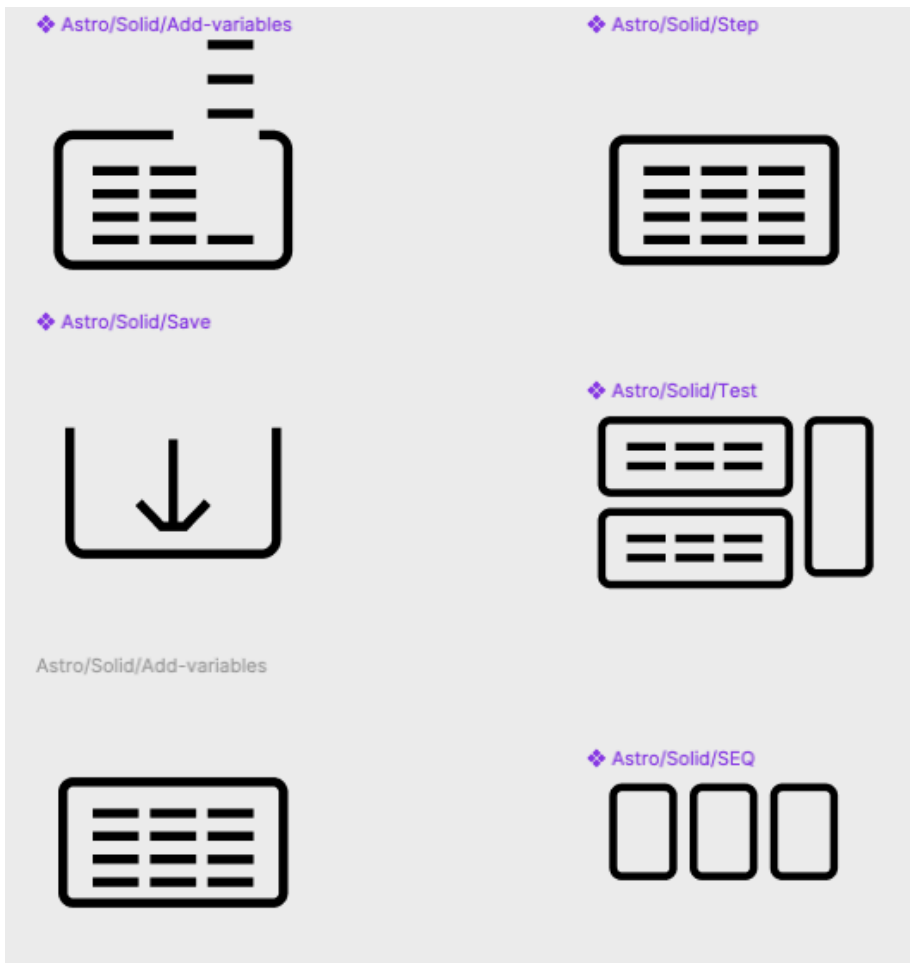


Fig 45. Ejemplos de iconos hechos a la medida para explicar conceptos específicos

7.7 Pruebas e iteraciones

Al correr pruebas heurísticas de la maqueta actual se identifican varias cosas a tomar en cuenta:

- El prototipo tiene casos de uso hipotético, no de contexto real, ya que estos casos se definieron durante la construcción de arquitectura y se desarrollaron con el expertise adquirido.
- Se prueba 1 caso hipotético y específico para poder probar los componentes en un uso real, siempre guiado de las necesidades a cumplir
- Al no querer utilizar usuarios internacionales, y no poder contextualizar a usuarios poco experimentados se recurre a la empresa Orbital Space Technologies de nuevo, ya que sus expertos si han corrido pruebas y desarrollado CubeSats.
 - En este caso se cuenta con el resumen de los siguientes participantes:

Tareas:

1. Verificar que estén en el workspace y perfil correctos
2. Encontrar la forma de subir un archivo propio (el de Fernanda)
3. Completar el archivo con un if específico, otra vez en el file manager
3. Correr la prueba e identificar que ve, y que opina

	CARLOS RODRIGUEZ CHIEF EXECUTIVE OFFICER	SOFÍA RAMÍREZ CHIEF ELECTRONICS ENGINEER	ESTEBAN JIMÉNEZ CHIEF MECHANICAL ENGINEER	FERNANDA DEL BARCO CHIEF ADMINISTRATIVE OFFICER	JOHAN CARVAJAL CHIEF SETEC OFFICER
Tiempo	1.3 min	2.4 min	5 min	2 min	1.4 min
Errores	1 • Entrar a archivos por config	2 • Le costó entender las filas, y orientar su atención	2 • Rompió el prototipo en 2 instancias al seleccionar logic en add y en seleccionar diferentes gráficos	0 • Lo hizo rápido y logró reconocer su nombre con facilidad	0 • Lo hizo rápido y logró reconocer su nombre con facilidad
Aciertos	3.5	4	2	4	4
Feedback	<ul style="list-style-type: none"> • le gusta que sean pocas pantallas • Agregaría diferentes gráficas 	<ul style="list-style-type: none"> • Considera que el color es necesario ya ue aunque es parte de la identidad del SETEC lo primero es comunicar y el color siempre va a ser un comunicador 	<ul style="list-style-type: none"> • Su contexto le costaba entender la prueba, siente que mientras más lo use mejor se le haría manejar el sistema ya que está acostumbrado a que sean rutinarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Le gustó entender el concepto y que fuera fluido y directo. No le faltó hacer nada pero le gustaría que fuese aun más fluido como Notion 	<ul style="list-style-type: none"> • La percepción del prototipo final y el caso de uso desarrollado es satisfactoria y siente que la implementación se verá bien

Fig

46. Tabla con resumen de pruebas heurísticas

Puntos específicos y cambios al 23 de enero:

Sofía: La diferenciación entre aspectos listos y no listos- al igual que entre acciones y aspectos de lógica

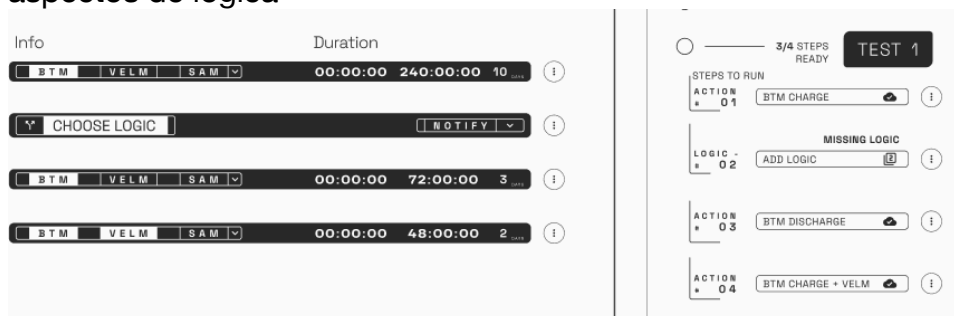


Fig 47. Pantalla de desarrollo, mostrando pasos editables y listos

- El color ya se está estudiando ara tener aspectos básicos e informativos. Tomando inspiración de la universidad de Kyutech se toma la psicología de color de Nintendo, al igual que la abstracción de cómo presentan sus interfaces para simplificar interacciones. Cabe recalcar que múltiples plataformas e interfaces de Japón fueron estudiadas para orientar las figuras y relación estética del proyecto a la simplicidad del diseño japonés.

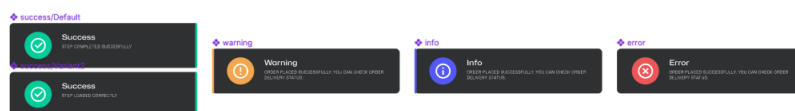


Fig. 48 Botones de alerta y notificaciones

Johan y Carlos: Cambiar a aspectos de Módulo, elegir el tipo de módulo y por el tipo de acción se selecciona automáticamente el módulo a usar- Así les quedaría más clara la interacción y los tipos de acciones que puedo tener o meter.

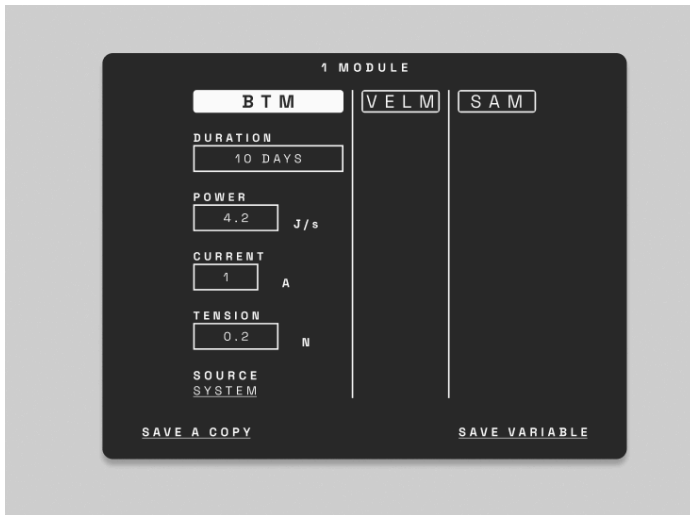


Fig 49. Pantalla de Modulo de batería usado como carga

- Se desarrollaron todas las pantallas para cubrir los escenarios posibles de tener 3 módulos repetidos (3 BTM, 3 VELM, 3 SAS/SAM)



Fig 50. Pantallas de Modulos

Esteban: Muy intuitivo poder salirse de pantallas al hacer click afuera, considera que es algo que se debe de mantener ya que ayuda a guiar la experiencia de estar en una sola pantalla.

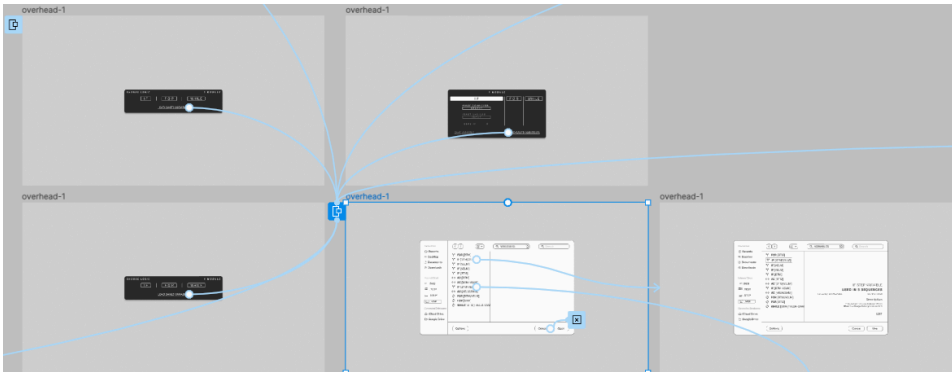


Fig 51. Prototipo de file managers y pasos específicos

Conclusiones de las pruebas:

- La percepción de eficiencia es buena ya que no consideraron que se atorasen fácilmente, excepto en casos donde se rompía la maqueta.
- El entendimiento era rápido aun cuando el contexto era nuevo y poco estudiado. No sintieron presión aun manejando aspectos de tiempo y vieron los datos con dinamismo y versatilidad.
- El modelo mental definitivamente se afectó, ya que están acostumbrados a tener varias ventanas de información abiertas y este es un proceso mucho más guiado. La conclusión entre pares es que les parece intuitivo y como un “respiro” del manejo tan específico que tiene cada herramienta a nivel de estudios ingenieriles y de laboratorios. Para asegurar una correcta inserción al campo de la industria aeroespaciales necesario correr más pruebas, casos de uso y saber que todo está cubierto.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Recomendaciones generales

El proyecto del sistema IPTC con el SETEC Lab probó ser un reto desde el inicio. La gran cantidad de información, tecnicismos y proyectos anteriores que debían ser estudiados tenían información variada y compleja por tener casos de trabajo que debían ser abstraídos y generalizados. A esto se suma un proyecto que no tenía casos de estudio desarrollados y bases de usuarios con poca respuesta y participación.

Los contextos que el SETEC Lab puede manejar son sumamente específicos en esta época. Lo que parece intuitivo para personas que trabajan en el laboratorio puede probar ser un gran reto para las personas que vienen comenzando a comprender sobre la industria espacial.

Estos y otros factores se suman a un proyecto lleno de cambios e incertidumbre sobre el cómo van a reaccionar ciertas cosas o personas en pruebas específicas.

A industria está creciendo, y es justo el momento correcto para entrenar profesionales que se desarrollen en estas áreas. El proyecto podría haberse beneficiado de interactuar con más personas con el contexto y conocimiento suficiente de CubeSats. Por lo que el momento de empezar a crear a estos futuros usuarios del sistema es ahora.

Algunas recomendaciones por parte de Johan y de María del Carmen es revisar siempre los objetivos de la empresa, saber que tengan el contenido adecuado y que los estilos de trabajo puedan coincidir.

8.2 Conclusiones

Las conclusiones las puntualizaré aquí abajo según los temas de arquitectura y acceso a la información, Optimización de la información y navegación y el diseño centrado en la industria aeroespacial:

- **Arquitectura y estructura del sistema**

Desarrollar la estructura del producto del IPTC probó ser un desafío debido al exceso y falta de información, pero esta arquitectura se ha definido a partir de la discusión y pruebas de los casos desarrollados con Stakeholders y se han generado suficientes cambios para poder tener certeza de que se cumple lo siguiente:

- a) Cumple con las funciones básicas del IPTC y las planteadas para el software que lo acompañe.
- b) Se han cortado aspectos innecesarios en varias pruebas de usabilidad y validación, dejando que los aspectos importantes sean los que brillen y determinen la función del producto.
- c) Se ha comprobado la lógica de la información con múltiples desarrolladores del proyecto que han influenciado con su experiencia la toma de decisión sobre las necesidades y funcionamiento de ellas.

- **Optimización de la información y navegación**

Al lograr definir a información y los caminos de trabajo para llegar a cumplir los pasos y las tareas se fue generando prototipos y pruebas internas para deshacerse de componentes que afectarían la experiencia, como las Sincronizaciones, las cuales se notó que las personas ya contemplan tiempos de inicio, al igual que factores que afecten la prueba. Es importante recalcar que la información podría simplificarse al implementarse, pero es remota ya que 3 personas del proyecto involucrados en hacer esta interfaz y sistema (Alejandro, Johan y mi persona) revisaron los flujos de trabajo.

En las pruebas se refleja que no toma mucho tiempo el entender los pasos a seguir; esa eficiencia podría mejorarse si se usa de forma continua

- **Percepción de la marca y productos SETEC Lab**

El SETEC Lab necesita de forma urgente lineamientos y guías que orienten su camino en la industria espacial, al igual que el acercamiento a diferentes puntos estratégicos de su ecosistema.

Es importante que, si el laboratorio quiere posicionarse cada vez más en la industria, debe de poder ser reconocido con facilidad. Esto requiere de técnicas conocidas de branding y desarrollo de marca para solidificar el posicionamiento de una marca o un ente que representa a la organización.

- **Futuros pasos para el software**

1. Reclutar personas interesadas en temas espaciales para el desarrollo de casos de uso.
 - a) Implementación de plan piloto para generar pruebas de usuario semanales e incluso diarias.
2. Seguir generando pruebas y reportes del uso de la interfaz.
3. Documentar los cambios para la implementación
4. Publicar la maqueta, componentes como un sistema para que sea adaptado, y usado por quien quiera

- **Implementación de plan piloto para ampliar el conocimiento acerca de CubeSats**

Al finalizar el proyecto el tema de las pocas pruebas de usuario surgió, no por la falta de interés en las personas en el TEC, si no por la falta de calidad en los resultados debido a la falta de contexto requerida para contemplar misiones espaciales, enfocadas en CubeSats.

Más allá imaginar casos específicos de sistemas de potencia y o que implicaba tener estos sistemas de potencia en mal uso, demás probaba ser muy retador de identificar para un público sin experiencia.

Se genera un plan piloto para crear los futuros clientes de este sistema, pudiendo obtener data real y verídica que beneficiaran el producto de formas muy específicas al realmente desarrollar.

El proyecto denominado Starleap cuenta

con aval y apoyo tanto del SETEC Lab cómo de Orbital Space Technologies y podría implementarse como un plan piloto para recaudar información en ambos proyectos de forma cooperativa.



Fig 52. Proyecto Starleap con timeline actualizado

A esto se suma que ya existen cerca de 50 estudiantes del TEC con interés de participar y expandir sus conocimientos en estos ámbitos.

9. Referencias

- [1] Publicaciones Ciencia y Tecnología. “Caracterización de buenas prácticas en la elicitación de requisitos de software referidas en el estándar ISO/IEC/IEEE 29148”. In Publicaciones en Ciencias y Tecnología. Vol.14, No2, Julio-Diciembre (2020) 91-99. ISSN: 1856-8890. EISSN: 2477-9660. CC BY-NC-SA, [20 Jul., 2023].
- [2] Publicaciones Ciencia y Tecnología. “A Novel EPS Architecture for 1U/2U Cubesats with Enhanced Fault-Tolerant Capability”. In 2020 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting | 978-1-7281-7192-0/20/\$31.00 ©2020 IEEE | DOI: 10.1109/IAS44978.2020.9334817, [30 Jul., 2023].
- [3] Hernández-Castro, F. (2016). Usability Cookbook. Escuela de Diseño Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Tomado de Skizata.com en fecha 19 de Julio, [23 Jul., 2023].
- [4] NASA. “NASA SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK”. In NASA SP-2016-6105 Rev2, [30 Jul., 2023].
- [5] Lauriane Pereira, Rafael Parizi, Matheus Prestes, Sabrina Marczak, and Tayana Conte. 2021. “Towards an Understanding of Benefits and Challenges in the Use of Design Thinking in Requirements Engineering. In The 36th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC '21), March 22–26, 2021, Virtual Event, Republic of Korea. , 8 pages. <https://doi.org/10.1145/3412841.3442008> [30 Jul., 2023].
- [6] Carlos Rodríguez. 2023. “Gestión de requerimientos para el desarrollo de un sistema integrado de pruebas para CubeSats”. In <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/>

2238/14463/TF9619_BIB310702_Carlos_Rodriguez_Delgado.pdf?sequence=1&isAllowed=y [10 Aug., 2023].

[7] J. González, S. Pérez, S. Sánchez, and F. Sierra, "Análisis de la capacidad de almacenamiento de las baterías para un satélite CubeSat 3U," ResearchGate, pp. 1–6, 11 2015.

[8] J. E. Herrera, S. D. Santillán, P. C. Zambrano, J. A. Ferrer, and B. Bermúdez, "Proceso de diseño de una estructura nanosatélital CubeSat," CIINDET 2015 XI Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico, pp. 1–4, 2015.

[9] J. Umaña, "Clúster aeroespacial es reconocido por Procomer gracias a su plantación estratégica. Industria Aeroespacial," Hoy en el TEC, 2019.

[10] TEC, "Laboratorio de Sistemas Espaciales," Escuela Ingeniería Electrónica, Tecnológico de Costa Rica.

[11] J. Carvajal, "Desarrollo de un sistema integrado para la prueba de sistemas de potencia en CubeSats," in Charla presentación de proyecto, Cartago, Costa Rica, 2022.

[12] A. Ampatzoglou y V. Kostopoulos, "Diseño, Análisis, Optimización, Fabricación y Pruebas de un Cubesat de 2U", Int. J. Aerospace Eng., vol. 2018, Artículo ID 9724263, pp. 1-15, 2018. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1155/2018/9724263>

[13] A. Edpuganti et al., "Una nueva arquitectura EPS para CubeSats de 1U/2U con capacidad mejorada de tolerancia a fallas", en 2020 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Oct. 2020, pp. 1-6.

[14] S. Acharya et al., "Modelado y diseño del subsistema eléctrico de potencia para CubeSats", en 2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST), Sep. 2019, pp. 1-6.

[15] J. Rojas y J. Carvajal, "Propuesta de proyecto 'Desarrollo de un sistema integrado para la prueba de sistemas de potencia en CubeSats'", 2021.

[16] M. Weisgerber et al., "Predicción de confiabilidad de CubeSats construidos por estudiantes", en Proceedings of the 69th International Astronautical Congress, 2018.

[17] J. Heidt et al., "CubeSat: Una nueva generación de picosatélites para educación y experimentación espacial de bajo costo para la industria", en Proceedings of the 14th Annual/USU Conference on Small Satellites, 2000, pp. 1-5.

[18] J. Puig-Suari et al., "Desarrollo del desplegador estándar de CubeSat y un picosatélite de clase CubeSat", en Aerospace Conference Proceedings, 2001, IEEE, vol. 1, 2001, pp. 347-353.

- [19] M. Swartwout, "Los primeros cien CubeSats: Una mirada estadística", J. Small Satellites, vol. 2, no. 2, pp. 213-233, 2013.
- [20] R. Munakata et al., "Comunicaciones de CubeSat: Avances recientes y desafíos futuros", IEEE Commun. Mag., vol. 52, no. 6, pp. 50-56, 2014.
- [21] Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina, Logrando la Ciencia con CubeSats: Pensando Dentro de la Caja, Washington, DC: The National Academies Press, 2016. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.17226/23503>
- [22] A. Novak et al., "El surgimiento de los Cubesats: Oportunidades y desafíos", Wilson Center, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/rise-cubesats-opportunities-and-challenges> (Accedido: 07 de agosto de 2023).
- [23] S. Boggs et al., "CubeSats para la astronomía de rayos gamma", en Space Telescopes and Instrumentation 2014: Ultraviolet to Gamma Ray, vol. 9144, Sociedad Internacional de Óptica y Fotónica, 2014, p. 91441M.
- [24] Agencia Espacial Europea, "Espacio para la Tierra." [En línea]. Disponible: ESA - Space for Earth
- [25] McKinsey & Company, "La industria espacial: Lista para despegar." [En línea]. Disponible: How will the space economy change the world? | McKinsey
- [26] Foro Económico Mundial, "La industria espacial está en auge y está a punto de crecer aún más." [En línea]. Disponible: The space economy is booming. How can it benefit Earth? | World Economic Forum (weforum.org)

10. Anexos

El proyecto cuenta con la documentación cronológica en el espacio de trabajo en figma. Cuenta con explicaciones en comentarios, notas y desarrollo de pensamiento a profundidad sobre los casos de uso, tareas generadas y demás. Esta documentación permite tenerlo en una base de datos accesible para el SETEC.

Invitación a equipo del IPTC: https://www.figma.com/team_invite/redeem/VC6FuNLO4IQE90DR2X1Dq3

Archivo de UX: <https://www.figma.com/file/bXr78AzF0lq97ofcSkRS2j/SETEC-UX?type=design&node-id=2210%3A29641&mode=design&t=8ASuuJeTD72kE9LF-1>

Etapas 1: <https://www.figma.com/file/bXr78AzF0lq97ofcSkRS2j/SETEC-UX?type=design&node-id=104-2&mode=design>

Etapas 2 y 3: <https://www.figma.com/file/bXr78AzF0lq97ofcSkRS2j/SETEC-UX?type=design&node-id=479-97&mode=design>

Maqueta funcional: <https://www.figma.com/proto/bXr78AzF0lq97ofcSkRS2j/SETEC-UX?page-id=479%3A97&type=design&node-id=1123-11957&viewport=-317%2C-164%2C0.02&t=Xla1Om9mtiUTwano-1&scaling=contain&starting-point-node-id=479%3A98&show-proto-sidebar=1&mode=design>