



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA – MECATRÓNICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MÓDULOS INTERCAMBIABLES PARA
MODERNIZAR APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS AÑADIENDO FUNCIONES
INTELIGENTES

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
HURTADO REYNOSO OSCAR XAVIER

TUTOR PRINCIPAL
DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D.F. OCTUBRE DE 2015

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Víctor Javier González Villela

Secretario: Dr. Vicente Borja Ramírez

Vocal: Dr. Alejandro C. Ramírez Reivich

1^{er.} Suplente: Dr. Adrián Espinosa Bautista

2^{d o.} Suplente: Dra. María Del Pilar Corona Lira

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: MÉXICO, D.F.

TUTOR DE TESIS:

DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH

FIRMA

(Segunda hoja)

Índice general

Índice general	I
Índice de figuras	III
Índice de cuadros	V
Introducción	VI
Objetivos	VII
1. Justificación y Antecedentes	1
1.1. Internet de las Cosas y Dispositivos Inteligentes	1
1.1.1. Beneficios de los electrodomésticos inteligentes	3
1.2. Basura Electrónica	5
1.3. Diseño modular	6
1.4. Propuesta	7
2. Estado del Arte	9
2.1. Samsung Evolution Kit	9
2.2. Phonebloks y Project Ara	11
2.3. Littlebits	13
2.4. Google Display y Christie MicroTiles	15
2.5. WeMo	15
2.6. Análisis comparativo de productos	16
3. Diseño Conceptual	18
3.1. Aclaración de la tarea	19
3.2. Definición de las especificaciones objetivo	20
3.3. Generación de conceptos	21
3.3.1. Descomposición Funcional	21
3.3.2. Conceptos Generados	22
3.3.3. Posibles Soluciones	23
3.4. Selección de conceptos	33

4. Materialización del Concepto (Embodiment)	36
4.0.1. Circuito Electrónico	37
4.0.2. Carcasa y Estructura Mecánica	41
4.0.3. CAD y Manufactura	49
4.0.4. Interfaz de usuario (app de smartphone)	54
5. Prueba de Concepto y Resultados	57
Conclusiones y Trabajo a Futuro	62
A. Planos de las piezas	64
B. Código del programa del microcontrolador	67
C. Cuestionario de prueba del producto	71
Bibliografía	73

Índice de figuras

1.1. Esquema del Internet de las cosas y aplicaciones.	2
1.2. Estufa inteligente	4
1.3. Basura electrónica en Guiyu, China	6
2.1. Evolution Kit de Samsung	10
2.2. Instalación del Evolution Kit - 1	10
2.3. Instalación Evolution Kit - 2	11
2.4. Concepto de Phonebloks	12
2.5. Project Ara de Google	13
2.6. littleBits sin ensamblar	14
2.7. littleBits ensamblados	14
2.8. Christie MicroTiles en funcionamiento	15
2.9. Dispositivos WeMo	16
3.1. Metodología de diseño de Ulrich y Eppinger	18
3.2. Metodología de diseño simplificada de Pahl y Beitz	18
3.3. Elaboración propia.	19
3.4. Diagrama funcional del sistema	22
3.5. Conceptos preliminares	23
3.6. Primer concepto de solución	24
3.7. Segundo concepto de solución	25
3.8. Tercer concepto de solución	26
3.9. Cuarto concepto de solución	27
3.10. Quinto concepto de solución	28
3.11. Sexto concepto de solución	29
3.12. Sexto concepto de solución (alternativo)	30
3.13. Séptimo concepto de solución	31
3.14. Elaboración propia	32
3.15. Modelos (mock up) construidos	34
3.16. Modelo (mock up) seleccionado	35
4.1. Esquema del circuito electrónico	37
4.2. PCB del circuito	38
4.3. Header hembra con pin de doble longitud	39
4.4. Arduino nano	40

4.5. ESP8266, Circuito Wi-Fi	40
4.6. Configuraciones propuestas de la disposición (layout) del módulo en la carcasa	41
4.7. Configuraciones propuestas para los imanes	43
4.8. Bosquejo de la estructura que fijará la tira de headers	45
4.9. Bosquejo del layout de la carcasa del módulo	46
4.10. Bosquejo de la tapa para la carcasa	47
4.11. Bosquejo del layout del receptor	48
4.12. Diferentes vistas del modelo realizado en CATIA de la carcasa	50
4.13. Distintas vistas del modelo en CAD de la tapa para la carcasa	51
4.14. Distintas vistas del modelo en CAD del receptor para el módulo	52
4.15. Ensamble y diferentes vistas de las piezas realizadas en CATIA	53
4.16. Esquema de funcionamiento de manufactura aditiva tipo FDM	54
4.17. Logotipo de Smapp	55
4.18. Esquema de funcionamiento del producto	55
4.19. Aplicación (app) de Smapp para smartphone	56
5.1. Interior del módulo	57
5.2. Módulo de Smapp	58
5.3. Receptor del módulo	59
5.4. Modulo de Smapp justo antes de instalarse	59
5.5. Módulo de Smapp instalado y funcionando	60

Índice de cuadros

2.1. Análisis comparativo	17
3.1. Tabla de necesidades del producto	20
3.2. Tabla de especificaciones objetivo del producto	21
3.3. Tabla de los principios de funcionamiento de las posibles soluciones	32
3.4. Tabla de selección de conceptos	33
3.5. Conceptos de solución seleccionados	33
4.1. Funciones de los conectores del módulo	44

Introducción

La industria de las TIC está convergiendo con la industria de los electrodomésticos, por lo que cada año hay un incremento en desarrollo de este tipo de productos con alguna tecnología informática incorporada. A la aplicación de estas tecnologías aplicadas a objetos cotidianos se le llama IoT (Internet of Things o Internet de las Cosas). Se estima que este mercado crezca considerablemente, a ritmo de 13 % anual hasta 2020.

El crecimiento de estas tecnologías conlleva a un aumento de basura electrónica (además de las implicaciones ecológicas que se derivan de la fabricación de estos dispositivos), lo que provoca daños al medio ambiente. Al desechar de manera incorrecta a estos aparatos, desprenden sustancias que contaminan el suelo, aire y agua, y también provocan daños en la salud, al generarse sustancias tóxicas o venenosas para el cuerpo humano.

Por otro lado, la accesibilidad a estos dispositivos es actualmente baja, debido principalmente a su constante evolución en la búsqueda e implementación de mejoras tecnológicas y su enfoque orientado al mercado de lujo, lo que deriva en una rápida obsolescencia y un precio elevado.

Esta tesis abarca el diseño y la construcción de un prototipo de un sistema de módulos desarrollado por el autor, cuya visión es crear un producto capaz de añadir distintas funciones a los electrodomésticos, de manera modular, intuitiva y accesible para todos. Estas funciones pueden ser un módulo Wi-Fi (para otorgar acceso al Internet de las Cosas), una pantalla, procesador, bocinas, entre otras. Como aplicación específica, el prototipo creado brinda funcionalidad Wi-Fi a una lavadora convencional, capaz de monitorear de manera remota su funcionamiento mediante una app de smartphone, también desarrollada por el autor.

El documento se estructuró de manera que se puedan resolver tres preguntas primordiales: «¿Por qué?», «¿Cómo?» y «¿Qué?».

En el capítulo 1 se habla del planteamiento del problema. Este es el «¿Por qué?» del diseño de este producto. Aquí se habla de la problemática que lleva al desarrollo del sistema.

El capítulo 2 trata de las posibles soluciones. Son las aproximaciones que se han realizado para solucionar problemas similares. Este es el «¿Qué se ha hecho?» y «¿Qué propongo?».

El capítulo 3 habla del diseño conceptual del sistema de módulos. El capítulo 4 habla de la fase de embodiment o materialización del concepto presentado en el capítulo anterior. Estos dos capítulos resuelven la pregunta «¿Cómo lo haré?».

Por último, en el capítulo 5 se habla de la prueba de concepto y resultados obtenidos. Aquí se contesta la pregunta «¿Qué resultó?».

Objetivos

Objetivo general Diseñar y construir el prototipo de un sistema innovador que permita modernizar aparatos electrodomésticos, para transformarlos en dispositivos inteligentes con el fin de facilitar la vida del usuario.

Objetivos particulares

- Añadir funciones nuevas a electrodomésticos (Wi-Fi, pantallas, sensores, entradas/salidas, unidades de procesamiento).
- Obtener y enviar señales de/hacia un electrodoméstico de manera de manera remota.
- Diseñar una interfaz para conectar los módulos a los electrodomésticos.
- Diseñar una carcasa que pueda integrar los componentes de los módulos.
- Construir un modelo funcional (prototipo) del producto para probar el concepto de solución.

Capítulo 1

Justificación y Antecedentes

Esta tesis empezó como una idea que tuvo el autor, inspirada en el avance de la tecnología (technology push). Al principio esta idea se desarrolló de manera empírica y desordenada, pero se decidió construir un prototipo para probar el concepto con varios usuarios y verificar si era viable continuar con el proyecto. Para que el proyecto tuviera coherencia, orden y lógica, se decidió utilizar una metodología de diseño. Se tomaron elementos de varias metodologías de diseño, y con estos se integró una metodología propia.

El planteamiento inicial de este proyecto era diseñar *algo* que pudiera hacer que los electrodomésticos convencionales fueran personalizables, es decir, que sólo contaran con las características requeridas por los usuarios. Por ejemplo, uno podría comprar una máquina básica y añadir las funciones deseadas y descartar las no requeridas. Posteriormente la idea fue llevada más allá, y se planteó poder conectar estos dispositivos a internet, y de esta manera, estos podrían integrarse al Internet de las Cosas, con lo cual podrían ser utilizados en aplicaciones de domótica, con los beneficios que esto conlleva.

A continuación se presentan conceptos que ayudan a expandir lo expuesto anteriormente.

1.1. Internet de las Cosas y Dispositivos Inteligentes

El internet de las cosas (comúnmente conocido como IoT, por sus siglas en inglés «Internet of Things») es una tecnología en crecimiento que permite interconectar objetos cotidianos, sensores, actuadores y dispositivos inteligentes. Sus aplicaciones van desde automatización del hogar (domótica), cuidado de la salud, apoyo en contingencias, gestión de residuos, sustentabilidad ambiental, redes eléctricas inteligentes, entre otras [1]. Este paradigma se basa en la premisa de que si se obtiene un flujo enorme de información de una infinidad de objetos a través de internet, y si estos pueden ser controlados remotamente, estos podrán actuar de manera más eficiente, inteligente y coordinada; e incluso, algunas máquinas podrían funcionar automáticamente, con la mínima supervisión humana.



Figura 1.1: Esquema del Internet de las cosas y aplicaciones. Se busca interconectar la mayor cantidad de objetos y máquinas posibles, con el fin de que en el futuro, las máquinas y procesos sean más eficientes, inteligentes y mejoren la calidad de vida de las personas. Algunas de sus aplicaciones son: Monitoreo y control de vehículos, mascotas, pertenencias e incluso personas; automatización de la agricultura; disminución en el consumo eléctrico; seguridad y vigilancia; administración y control de edificios; dispositivos móviles embebidos, interfaces máquina-máquina y redes de sensores inalámbricos; casas y ciudades inteligentes, y telemedicina y cuidado de la salud [2].

Los electrodomésticos inteligentes (smart appliances) son perfectos exponentes de la tecnología IoT. Un dispositivo inteligente es aquel que posee algún tipo de conectividad, tiene memoria, sensores, es capaz de aprender y tiene identidad [3]. Las empresas tecnológicas más importantes en la fabricación de electrodomésticos presentan cada año nuevos electrodomésticos inteligentes, principalmente enfocados en la conectividad y el Internet de las cosas. En el CES (Consumer Electronics Show, Feria de electrónica de consumo más importante del mundo celebrada anualmente en Las Vegas, EUA), desde 2011 los fabricantes más importantes (Samsung, LG, Whirlpool y GE) consistentemente han presentado nuevos electrodomésticos con funciones adicionales a las tradicionales, por ejemplo, conectividad de algún tipo (Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth), pantallas, bocinas y computadoras embebidas en dichos dispositivos [4]. Algunas compañías han ido incluso más allá: Samsung dice que para 2017, el 90 % de sus productos podrá conectarse a internet, y para 2020, todos sus productos tendrán esta característica [5].

Esta conectividad les permite a los smart appliances interactuar entre sí, enviar información entre ellos, y permite a los usuarios monitorear su funcionamiento y consumo energético, así como poder controlarlos remotamente, por ejemplo, desde un smartphone. Todas estas funciones permiten que los electrodomésticos consuman menor energía al aprender los hábitos del usuario, o al poder disminuir su potencia de manera remota cuando no están funcionando. Son más eficientes que su contraparte no inteligente, ya que generalmente cuentan con sensores que les informan sobre su propio estado, permitiendo ajustarse o adaptarse a las circunstancias de operación. Además de estas funciones pasivas (en cuanto a la interacción con el usuario), cuentan con funciones que permiten interactuar al usuario con el dispositivo para facilitar sus actividades cotidianas, tales como: operación y monitoreo remoto y más opciones de control sobre el aparato (mayor interactividad).

1.1.1. Beneficios de los electrodomésticos inteligentes

Los beneficios mencionados anteriormente pueden clasificarse en dos categorías: Ahorro de energía eléctrica y más comodidad para el usuario.

1.1.1.1. Ahorro de energía eléctrica

En este rubro, gracias a sensores y procesadores integrados, es posible disminuir el consumo de energía eléctrica, al utilizar la cantidad justa de energía eléctrica para operar de manera óptima. En algunos casos es posible que los aparatos entren en un estado de ahorro de energía de manera automática. Además aprovechan la tecnología de las redes eléctricas inteligentes (REI) para poder generar un ahorro económico en las facturas de electricidad.

Las REI son redes de transmisión y distribución eléctricas que utilizan tecnologías digitales para mejorar la eficiencia y confiabilidad del abastecimiento eléctrico. Los principales beneficios de las REI son que pueden restaurar la energía más rápidamente en un apagón, integran sistemas de energías renovables, y disminución de demanda pico. La disminución de la demanda pico se realiza al enviar «peticiones» de disminución de consumo de electricidad, desde una central de control eléctrica hacia el consumidor final. Estas peticiones son recibidas por electrodomésticos inteligentes y pueden adaptar su funcionamiento en respuesta a ellas, por ejemplo, un electrodoméstico podría entrar en modo de ahorro de energía para consumir menos energía en las horas de mayor demanda (en una REI las tarifas eléctricas pueden ser variables a lo largo del día, siendo más caras en las horas de consumo pico) o incluso posponer su funcionamiento hasta que el periodo de demanda pico haya terminado, trayendo con esto un beneficio económico al consumidor. Esto también disminuye la necesidad de tener que activar más generadores simultáneamente de electricidad para poder satisfacer la demanda pico, lo cual resulta de manera indirecta en una menor emisión de gases nocivos a la atmósfera (en el caso de plantas generadoras que utilicen combustibles fósiles para su operación) [6].

Las REI se han empezado a implementar en varios países, tanto desarrollados como E.U.A. y países de la Unión Europea, como en vías de desarrollo como China, India y Brasil [7]. En México, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se ha planteado la transformación de redes eléctricas convencionales a REI, impulsado por las disposiciones de la reforma energética de 2013. Según algunos expertos en un par de años se podrá contar con esta tecnología en el país [8].

1.1.1.2. Confort para el usuario y domótica

La otra categoría hace referencia a las características que facilitan en cierta forma la vida del usuario. Por ejemplo, una estufa inteligente puede proporcionar ayuda al cocinero o incluso cocinar alimentos automáticamente con recetas descargadas por internet. Puede ser encendida remotamente, por ejemplo para precalentar un horno, además al contar con una cantidad mayor de sensores, la temperatura puede ser controlada de forma más precisa.

Una lavadora inteligente es capaz de alertar remotamente a un usuario acerca de las etapas de ciclo de lavado, por ejemplo, avisando cuando haya terminado de lavar y sea momento de que el usuario ponga a secar la ropa, utiliza el agua de manera más eficiente al utilizar sensores que indican el tamaño de la carga y además pueden autodiagnosticarse para identificar problemas

y decirle al usuario como reparar los más sencillos, sin necesidad de requerir asistencia técnica especializada.



Figura 1.2: Estufa inteligente marca Dacor, artículo de lujo, presentada en el CES 2014, con un costo de \$12,000 usd, la cual cuenta con conectividad inalámbrica y pantalla táctil [9].

Un refrigerador inteligente puede entrar en modo de ahorro de energía automáticamente cuando sea necesario, o bien, indicárselo de manera remota cuando el usuario vaya a salir por un tiempo prologando. Algunos incluso pueden almacenar un inventario con la comida que preservan, y en base a esto, realizar sugerencias para consumir alimentos que están cercanos a expirar, o bien, ayudar con las listas de compra de alimentos.

Los beneficios de estas tecnologías son bastante amplios y con el tiempo se podrán implementar una variedad mayor de funciones, ya que la industria está creciendo a un ritmo constante. Se estima que el mercado del IoT crezca a un ritmo anual hasta 2020 de 13 %, y alcance \$3.04 billones de dólares y para ese mismo año estarán conectados miles de millones de dispositivos [10]. Además, la población que utiliza internet a nivel mundial crece constantemente, a un ritmo de 13 % anual con un total de 40.4 % de la población mundial utilizando internet en 2014 [12], mientras que en México este dato asciende a 44.4 % y el 74.2 % de los internautas tiene menos de 35 años [13]. No

obstante, el precio de los productos con estas tecnologías es elevado (un refrigerador inteligente puede costar miles de dólares), además los modelos se actualizan constantemente, lo cual hace poco viable (económicamente hablando) que alguien se mantenga al corriente con la última tecnología.

Además de las funciones individuales de los dispositivos conectados, estos pueden interactuar entre sí, de manera que la mayor parte de un hogar esté automatizado. La domótica es una rama de la tecnología que busca integrar todos los sistemas y enseres domésticos, de manera que puedan interactuar o intercambiar información entre sí, con el fin de mejorar las aplicaciones que estos dispositivos pudieran tener de manera individual.

1.2. Basura Electrónica

El avance de la tecnología es tan rápido, que los dispositivos y aparatos electrónicos rápidamente se convierten en obsoletos, ya que generalmente cada año o dos se actualizan los modelos de los productos [11]. Samsung lanzó al mercado en 2012 un refrigerador inteligente insignia, el cual fue actualizado en 2014. Ambos modelos sólo difieren en que el más moderno se puede conectar con el celular y reproducir la imagen de la pantalla del celular en la pantalla del refrigerador y al momento de lanzarlos ambos costaban lo mismo (\$3,600 usd). Existen usuarios que desean tener las últimas características y funcionalidades, o simplemente las campañas de mercadeo y la obsolescencia programada [14] los convencen de comprar un nuevo producto y deshacerse del que poseen actualmente, además de las personas que desechan sus electrodomésticos convencionales al final de su vida útil. La menor parte de estos equipos son vendidos, regalados, reciclados o reutilizados, mientras que la mayor parte de estos productos desechados terminan en la basura, convirtiéndose en basura o chatarra electrónica. Tan sólo en Estados Unidos son desechados 9 millones de refrigeradores, 6 millones de aires acondicionados y casi 1 millón de deshumidificadores anualmente [15].

La basura electrónica se refiere a dispositivos eléctricos o electrónicos desechados. Existen varias definiciones en cada país para este término, por ejemplo, en Estados Unidos, la basura electrónica se refiere principalmente a los productos de las industrias de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) y televisiones; en Japón existen cuatro categorías que incluyen refrigeradores, televisiones, aires acondicionados y lavadoras; mientras que en la Unión Europea, existen 10 categorías distintas en las que prácticamente cualquier aparato eléctrico al final de su vida útil es considerado basura electrónica [16].

La basura electrónica representa un grave riesgo al medio ambiente, ya que para fabricar los productos que se convierten en esta, es necesaria materia prima que es obtenida principalmente por minería (metales), en la cual se ocupan grandes cantidades de terreno, se generan aguas residuales y dióxido de azufre (generador de lluvia ácida), y el consumo de energía y las emisiones de CO₂ (agente potenciador del calentamiento global) son considerables. Además, algunos productos como los refrigeradores, contienen gases refrigerantes cuya capacidad para dañar la capa de ozono es altísima. Por si sola, esta basura puede contener sustancias tóxicas, o generarlas al ser manipuladas o recicladas de manera incorrecta, provocando efectos adversos en la salud de las personas [17].



Figura 1.3: Basura electrónica en Guiyu, China. Una de las ciudades más contaminadas del mundo por residuos electrónicos. Debido a esto, su población tiene serios problemas de salud [18].

En algunos lugares, como en China, la basura electrónica es un problema grave y en crecimiento. Pueblos enteros como Guiyu se han convertido en depósitos de basura gigantes, donde la salud de la población es afectada por todos los elementos tóxicos en la basura eléctrica y electrónica [19]. Este problema no es ajeno a nuestro país, ya que México es uno de los países que está aumentando de manera más rápida sus niveles de producción de basura eléctrica y electrónica en el mundo [17].

1.3. Diseño modular

El diseño modular es un paradigma de diseño que busca desarrollar productos o sistemas que realicen una amplia variedad de funciones al combinar distintos módulos o *trozos*, sin necesidad de tener distintos sistemas que realicen dichas funciones. De acuerdo con Pahl y Beitz [28]:

Los productos modulares son máquinas, ensambles o componentes que realizan varias funciones a través de la combinación de distintas unidades funcionales (bloques de construcción o módulos).

Dichos productos representan una solución técnica y económica viable, debido a que no es necesario diseñar una nueva máquina para realizar una nueva función, generalmente es suficiente con añadir o cambiar algún(os) módulo(s) para hacer que la máquina realice una función distinta a la original.

Este paradigma de diseño contrasta con el diseño integral [29], en el cual se planea a propósito que una sola pieza satisfaga varias funciones. Si hay que rediseñar alguna de estas piezas, es necesario rediseñar todo o casi todo el sistema, ya que las interacciones entre las piezas o trozos no están claramente definidas. Con una arquitectura modular, basta con que a una sola pieza se le haga un cambio de diseño para cambiar completamente al producto.

En la actualidad muchas empresas aplican el diseño modular en sus productos. Un ejemplo de esto se puede ver en los automóviles, en los cuales se ofrecen distintos modelos o versiones de un mismo vehículo con solo agregar o quitar módulos, por ejemplo, aire acondicionado, sistema de audio, faros de niebla, etc. Volkswagen ha dado un paso más allá y ha modularizado gran parte de sus vehículos compactos y medianos, con esto logró reducir tiempo y costos en la fabricación de sus productos [30].

Existe también una tendencia de modularización en el campo de los electrodomésticos, las compañías mezclan distintos componentes como puertas, repisas y motores para obtener variaciones de modelos de productos como lavadoras, refrigeradores, estufas o aspiradoras [31].

Generalmente estas aproximaciones no aportan al usuario final mayor beneficio que una mayor variedad de productos, y la mayor parte de beneficios son percibidos por los fabricantes como una remuneración económica. Al día de hoy está surgiendo una nueva tendencia, en la que la modularización beneficiaría tanto al fabricante como al usuario final. Esta modularización centrada en el usuario tiene como característica que los módulos deben ser accesibles para el mismo, es decir, el consumidor puede armar el producto que necesite con los módulos ofrecidos por el fabricante. Esta modalidad tiene las siguientes ventajas:

- **Reducir desperdicio o basura.** Al evitar la obsolescencia temprana de los productos, se evita generar basura.
- **Satisfacción con el producto.** Gracias a la modularización se tiene una personalización del producto, lo que deriva en un mayor sentido de pertenencia al producto y lealtad a la marca.
- **Actualización del producto.** Es posible actualizar algún módulo, dependiendo del producto, para evitar la obsolescencia de este mismo, sin necesidad de reemplazarlo por completo.
- **Disminuir costos para el cliente final.** Esto es debido a que el cliente puede escoger sólo los módulos necesarios para su producto y ahorrar de esta manera en costos que tal vez tendría que incurrir por comprar un producto modular con características extras no deseadas.

1.4. Propuesta

Se se diseñará y construirá el prototipo de un dispositivo que permita actualizar cualquier electrodoméstico convencional (no debe estar limitado a una sola plataforma), conectándose a internet para poder ser monitoreado y controlado de manera remota. El dispositivo debe ser fácil de utilizar (idealmente solo debe conectarse y funcionar), sin que el usuario necesite de conocimientos especiales o herramientas para operarlo y debe ser modular, para poder ser intercambiado cuando sea necesario. Deberá contar con una misma interfaz universal para cualquier tipo de electrodoméstico, por lo cual debe tener suficientes entradas/salidas para comunicarse con los sensores y actuadores de dichos aparatos, además debe integrarse perfectamente con el aparato que funcionará, esto por razones estéticas, además para evitar desconexiones debido a golpes o roces accidentales.

Corolario

La industria de las TICs está convergiendo con la de los electrodomésticos, gracias al IoT. El resultado de esto son los electrodomésticos inteligentes, los cuales añaden una serie de funcionalidades a los electrodomésticos convencionales, que intentan mejorar la vida de las personas al facilitarles las tareas cotidianas. Sin embargo, ninguna tecnología es perfecta. Dos desventajas importantes de esta tecnología son su precio elevado y su *desechabilidad*.

Para combatir estos dos problemas, se requiere un producto que permita convertir un electrodoméstico convencional en uno inteligente y que además permita actualizarse para prolongar la vida útil de la máquina, esto con el fin de disminuir la deposición de dichas máquinas y así disminuir la generación de basura electrónica y eléctrica, además el hecho de ser actualizable genera un *plus* al permitir al usuario estar a la vanguardia tecnológica, sin necesidad de desembolsar una fuerte cantidad de dinero.

Capítulo 2

Estado del Arte

Para poder proponer una solución al problema, se investigó acerca de productos que permitan convertir aparatos eléctricos/electrónicos en dispositivos inteligentes, que les den conectividad a internet (relacionados con domótica e IoT), los hagan actualizables y sean modulares. También se realizó una búsqueda de patentes en la oficina de patentes de estados unidos (USPTO), la oficina de patentes europea (EPO) y en la búsqueda de patentes de Google, relacionadas con «electrodomésticos modulares», «electrodomésticos inteligentes», «actualizabilidad de electrónicos», «Internet de las Cosas» y «domótica»; sin embargo, no se encontró ninguna patente relevante para este proyecto.

2.1. Samsung Evolution Kit

Es un producto que fue liberado al mercado por Samsung en 2013 y es un módulo que se añade a la parte posterior de una televisión inteligente (Smart TV) y permite actualizar su procesador, memoria RAM, software y añade otras funcionalidades periféricas como compatibilidad con un nuevo control remoto [20].



Figura 2.1: Evolution Kit de Samsung. Equipo que permite actualizar el «cerebro» de una Smart TV, para obtener las funcionalidades de los modelos más recientes [21].

Cada año se actualiza y la compañía ha anunciado que proporcionará actualizaciones de este producto por al menos 5 años. La instalación es sencilla, no necesita herramientas y puede hacerla cualquier usuario sin conocimiento técnico especializado. Para instalarse, sólo se embona en una ranura especial en la parte trasera de la televisión mientras esta está desconectada [22].



Figura 2.2: Instalación del Evolution Kit en la parte posterior de una Smart TV [23].



Figura 2.3: Evolution Kit ya montado e instalado en la televisión [23].

Debido a que ciertos componentes de la televisión como el panel LCD (o plasma) no envejecen tan rápido como el procesador, la gente tiende a conservar sus televisiones por varios años. En este lapso de tiempo, la televisión podría seguir siendo funcional en su totalidad, sin embargo, con el avance de la tecnología, sería notablemente más lenta que las Smart TV contemporáneas. De acuerdo con Samsung, este producto sirve al usuario para tener los beneficios de una Smart TV de última generación sin tener que desechar su dispositivo actual y sólo desembolsar una fracción del efectivo que se gastaría si comprara una televisión nueva.

Este producto atiende al problema de generación de basura electrónica, ya que permite alargar la vida útil de una televisión, lo cual, por consecuencia, hace que los usuarios tengan que actualizar sus equipos en un intervalo de tiempo más largo. Sin embargo, este producto sólo es compatible con televisiones inteligentes, por lo tanto no permite actualizar una televisión convencional a una televisión inteligente y además está restringido sólo a este tipo de electrodomésticos.

2.2. Phonebloks y Project Ara

Otra iniciativa que intenta disminuir la basura electrónica mediante el alargamiento de la vida útil de los dispositivos es phonebloks, el cual es el concepto de un smartphone altamente modular, desarrollado por Dave Hakkens. Su idea es que si los celulares son construidos por pequeños bloques

intercambiables, los cuales tienen una función en particular (bluetooth, batería, procesador, Wi-Fi, etc.), estos tendrían que ser reemplazados menos frecuentemente, ya que se podría cambiar solamente el bloque que presente problemas. Por ejemplo, si un componente se avería o se vuelve obsoleto, sólo es necesario cambiar ese bloque, sin necesidad de reemplazar todo el dispositivo [24].



Figura 2.4: Concepto de diseño de Phonebloks, un celular totalmente modular, propuesto por Dave Hakkens [25].

Este concepto se difundió en las redes sociales para que la idea fuera adoptada por la industria productora de celulares y tecnologías relacionadas para poder desarrollar y materializar la idea. Google, trabajaba en un proyecto similar llamado Project Ara, y esta compañía al enterarse del concepto de Phonebloks decidió apoyar a su creador. De esta forma Phonebloks se convirtió en un movimiento que pretende disminuir la basura electrónica, mientras que Project Ara sigue desarrollando un smartphone modular. En el segundo semestre de 2015 Google planea lanzar el Project Ara con entre 20 y 30 módulos en Puerto Rico como prueba piloto [26].



Figura 2.5: Imagen promocional de Project Ara de Google, proyecto que busca materializar el concepto de Phonebloks, actualmente en desarrollo [27].

Este proyecto es una propuesta de solución viable a los problemas planteados en el capítulo 1, ya que permite actualizar los dispositivos; podrían construirse un celular convencional con módulos básicos y después añadir otros que permitan convertir al celular en un dispositivo inteligente (smartphone). Con esto se evitaría desechar el celular para adquirir uno nuevo, lo cual potencialmente podría disminuir la generación de basura electrónica. Sin embargo este proyecto está limitado solo a celulares, por lo tanto queda descartado como solución viable.

Bloks es otro producto presentado en CES 2015, el cual es impulsado por Phonebloks y se trata de un reloj modular, similar en concepto al del smartphone modular. Al igual que este último, queda descartado por las mismas razones.

2.3. Littlebits

Proyecto que busca poner la electrónica al alcance de todos, sin importar que no se tengan conocimientos previos en el tema. Es una plataforma abierta de hardware electrónico modular en la cual se conectan entre si una variedad de módulos de entradas, salidas, energía y cables con fines didácticos y de proyectos hazlo-tu-mismo [32].

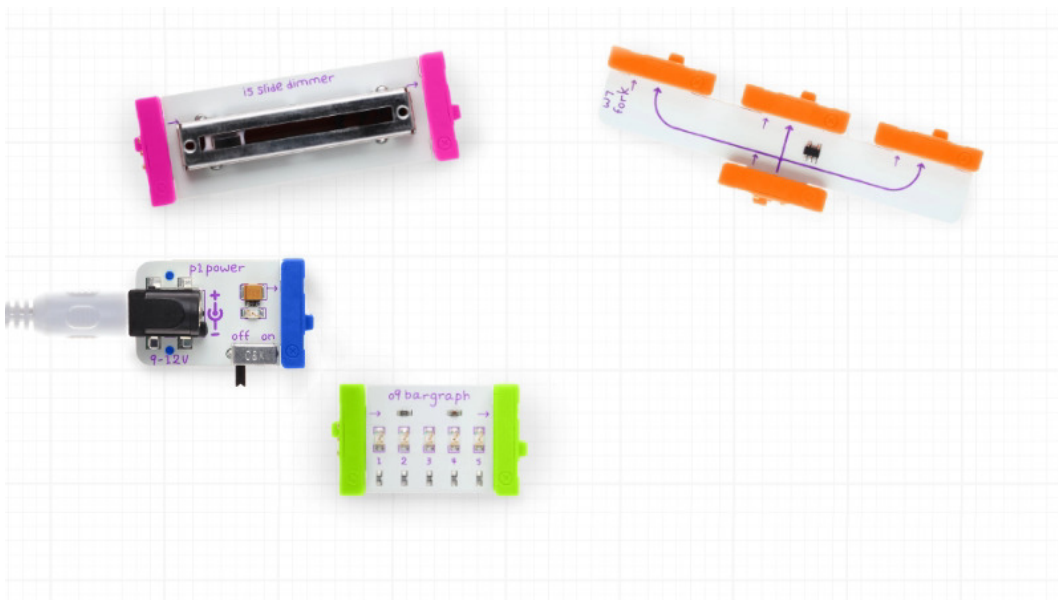


Figura 2.6: Módulos de littleBits antes de ser ensamblados. littleBits son módulos diseñados para que las personas con un conocimiento mínimo en electrónica, puedan realizar circuitos electrónicos para cualquier tipo de proyectos. Son totalmente modulares y se pueden combinar entre sí para aumentar la complejidad del circuito [32].

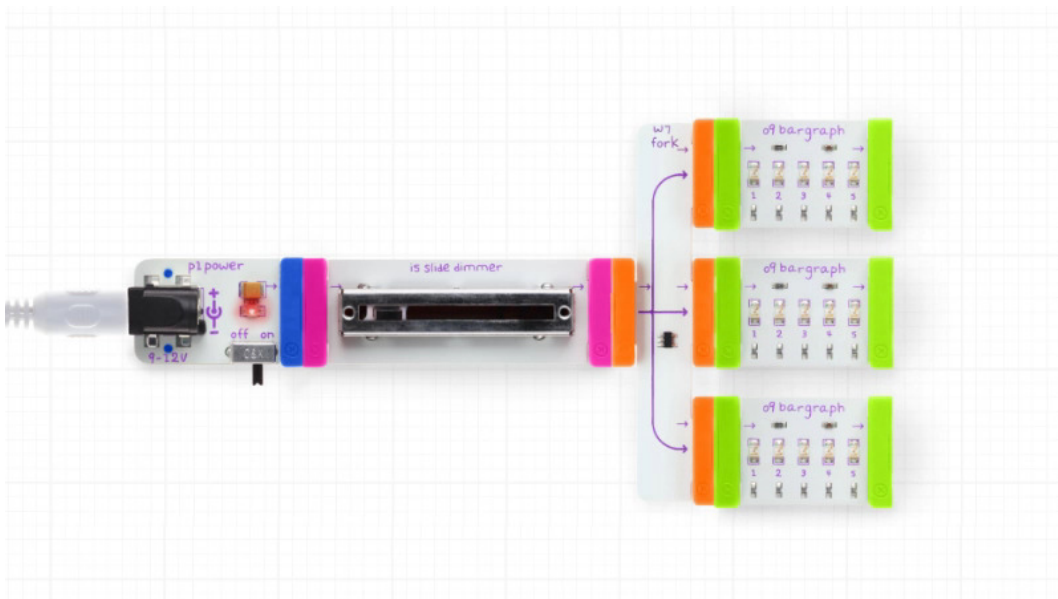


Figura 2.7: Módulos de littleBits después de ser ensamblados. El circuito consta de un módulo de potencia, un potenciómetro, una derivación y tres barras de led [32].

Estos módulos no necesitan ninguna herramienta especial para ser ensamblados y pueden desarmarse para reutilizarse en otra configuración, cuando sea necesario. Cuentan con un kit para automatización del hogar, además de recetas y tutoriales para realizar varios proyectos.

2.4. Google Display y Christie MicroTiles

Google está trabajando en una pantalla que permite conectarse con otras pantallas de su mismo tipo para crear una pantalla gigante. Esto implica que las pantallas no tendrían marcos o bordes. Otra implicación es que podrían tenerse pantallas de formas distintas a la convencional (rectangular), al apilar las pantallas en distintas maneras, de acuerdo a la necesidad [33].

Actualmente existen unas pantallas llamadas Christie MicroTiles, las cuales son un concepto parecido al de Google Display, pero ya se encuentran disponibles comercialmente y funcionan con tecnología de proyección LED y cada una puede proyectar una imagen independiente, con lo cual puede formarse una gran imagen.



Figura 2.8: Christie MicroTiles en funcionamiento en un noticiero. Son pantallas modulares que muestran de manera sincronizada una gran imagen, y se pueden colocar de la manera que le sea más conveniente al usuario. Se aprecia como la arquitectura modular brinda la flexibilidad para construir una pantalla del tamaño del escenario [35].

2.5. WeMo

WeMo es un sistema de varios dispositivos que permiten controlar dispositivos eléctricos a través de internet. Su línea de productos consiste en apagadores o interruptores que se conectan entre un contacto eléctrico y la clavija de un aparato y permiten apagar o encender los aparatos de manera remota. Otra de su línea de productos es un dispositivo que permite conectar a internet aparatos electrónicos de baja potencia (24 Volts y/o 24 Watts), y también es posible encenderlos o apagarlos a través de internet [34].



Figura 2.9: Dispositivos WeMo. A la izquierda, WeMo Switch, el cual se conecta entre un contacto eléctrico y la clavija de un electrodoméstico, y permite controlar el encendido o apagado de éste por medio de internet. A la derecha, WeMo Maker, este permite controlar dispositivos electrónicos de 24 V o 24 W máximo, mediante un relevador controlado por internet.

Ambos dispositivos solo permiten apagar o encender los dispositivos de manera remota, sin brindar información del dispositivo en sí. Al WeMo Maker se le puede conectar un sensor del tipo TTL (transistor-transistor logic), el cual permite detectar estados digitales (alto/bajo, encendido/apagado, 0/1, etc.), sin embargo, para hacer uso de un sensor, el usuario necesita tener conocimientos básicos en electrónica.

2.6. Análisis comparativo de productos

En base a los requerimientos propuestos en el capítulo 1, se realizó un análisis comparativo de los productos antes mencionados:

Característica	Evolution Kit	Project Ara	LittleBits	Google Display	Christie MicroTiles	WeMo	Smart Appliance*
Conectividad a internet	Sí	Sí	No	N/D	N/D	Sí	Sí
Cantidad de entradas/salidas	N/A	Múltiples	Múltiples	N/D	4	1	N/A
Conocimientos/dificultad para empezar a usarse	Baja	Media	Media	N/D	Sí	Media	Baja
Actualizabilidad	Sí	Sí	Sí	N/D	Sí	N/A	N/A
Modularidad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Compatible con diversas plataformas	No	No	Sí	No	No	Sí	N/A
Se integra perfectamente a la plataforma/dispositivo	No	Sí	No	N/D	Sí	No	N/A
Módulos con variedad de funciones	No	Sí	Si	No	No	No	N/A

Cuadro 2.1: Análisis comparativo entre los productos investigados. *Smart appliance se refiere a un refrigerador, estufa y lavadora inteligentes genéricos, los tres cuentan con la misma evaluación, por lo tanto se condensaron en una sola columna. N/D: No disponible. N/A: No aplica.

Al conocer estos parámetros, es posible empezar a diseñar un producto que ofrezca ventajas sobre los demás, ya que ninguno de los analizados cumple con todos los requisitos propuestos.

Capítulo 3

Diseño Conceptual

La metodología empleada para el desarrollo de este producto está basada principalmente en Ulrich y Eppinger [29] (definición de las especificaciones y generación de conceptos), y Pahl y Beitz [28] (descomposición funcional y materialización o embodiment), las ideas de estos autores fueron adaptadas según las necesidades del autor de esta tesis.

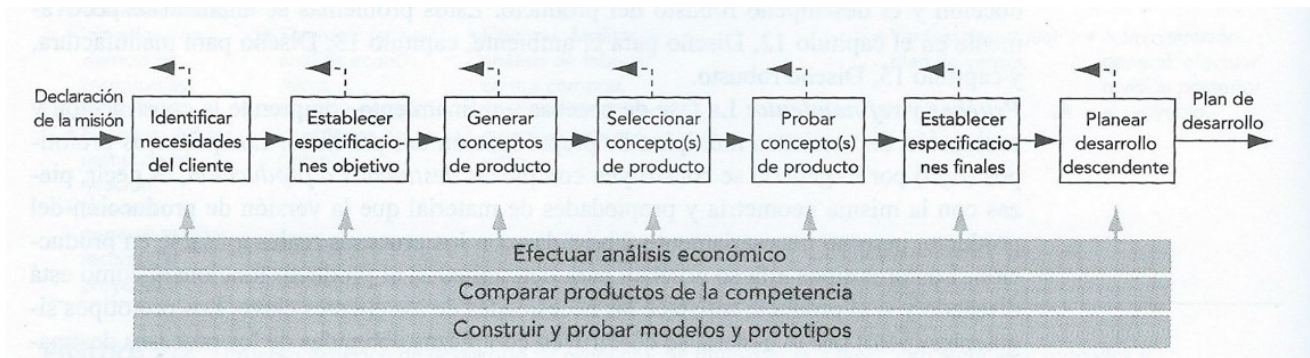


Figura 3.1: Metodología de diseño propuesta por Ulrich y Eppinger en Diseño y Desarrollo de Productos. Se desarrollarán las fases de «establecer especificaciones objetivo» y «generar conceptos de producto» [29].



Figura 3.2: Proceso de diseño propuesto por Pahl y Beitz, presentado de manera simplificada. De esta metodología se tomarán las pautas para realizar una descomposición funcional y la fase el embodiment o materialización. Imagen de elaboración propia.

La metodología que se utilizó entonces fue la siguiente:

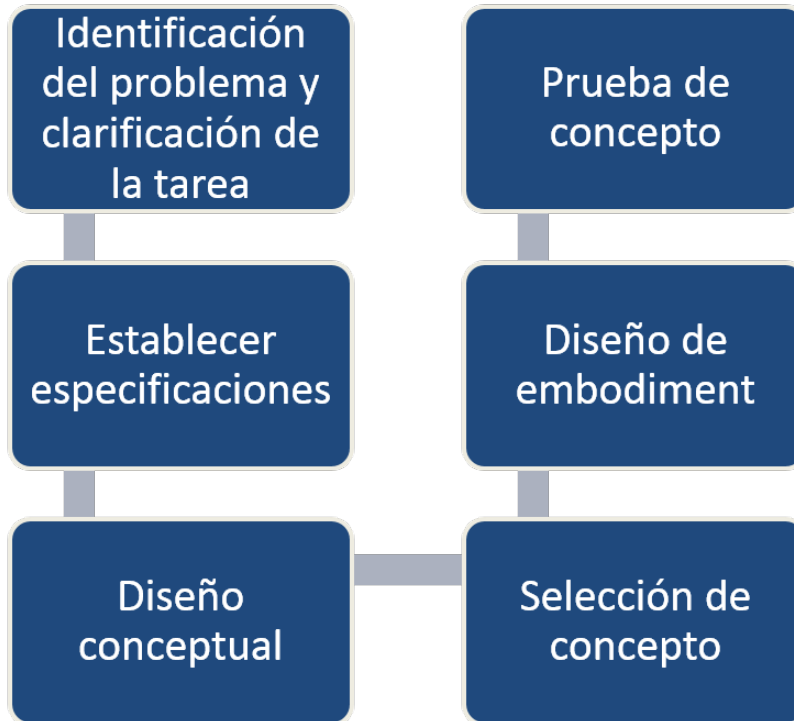


Figura 3.3: Metodología de diseño propia, basada en las propuestas por Ulrich-Eppinger y Pahl-Beitz. Esta metodología es iterativa y se puede volver a cualquier paso anterior con el fin de rectificar algún error de diseño.

La primera etapa consiste en identificar el problema para poder proponer una posible solución. En esta etapa se genera una lista de necesidades para poder identificar los puntos claves en los que se basará el diseño. Una vez clarificada la tarea que se va a realizar, se establecen especificaciones, las cuales son parámetros de diseño. Después debe procederse a la etapa de diseño conceptual para generar varios conceptos de solución. La primera fase del diseño conceptual es la descomposición funcional, la cual sirve para tener una mejor comprensión del proceso y del funcionamiento del fenómeno o producto a diseñar. Posteriormente se deben seleccionar algunos o uno de estos conceptos para proceder a desarrollarlo más a fondo en la etapa de embodiment (layout, formas, mecanismos, etc.) y finalmente probar el concepto para ver si cumple con los objetivos planteados y obtener retroalimentación para identificar oportunidades de mejoras.

3.1. Aclaración de la tarea

El prototipo debe satisfacer ciertas necesidades, las cuales fueron propuestas por el autor, en base a sus observaciones sobre los productos comerciales existentes y están basadas en los resultados del análisis comparativo del capítulo anterior.

Número	Tipo	El prototipo:	Imp.
1	Demanda	Es modular (intercambiable)	5
2	Demanda	Se conecta a internet	5
3	Demanda	Tiene suficientes entradas/salidas para interactuar con cualquier electrodoméstico	5
4	Demanda	Permite controlar remotamente al dispositivo conectado	5
5	Demanda	Proporciona información sobre el funcionamiento del electrodoméstico	5
6	Deseo	Es fácil de conectar	4
7	Demanda	Es compatible con diversas plataformas de electrodomésticos	5
8	Deseo	No necesita conocimientos especiales ni herramientas para instalarse	2
9	Deseo	Se integra perfectamente al electrodoméstico	3
10	Deseo	No necesita baterías para funcionar	1

Cuadro 3.1: Tabla de necesidades del producto, clasificadas en deseos y demandas, con su respectivo valor de importancia (desde el 1 al 5, siendo el 5 la mayor importancia).

Estas necesidades nos guían hacia dónde debe ir el desarrollo del producto, sin embargo son enunciados netamente cualitativos, para obtener parámetros de diseño, dichas necesidades deben convertirse en algo medible, lo cual se hace en el siguiente apartado.

3.2. Definición de las especificaciones objetivo

Las especificaciones son una cantidad que se puede medir, y son obtenidas de las necesidades. Se componen de una métrica y un valor (con su respectiva unidad). Se presenta a continuación una tabla con las métricas que se obtuvieron de la tabla de necesidades, y su relación con ellas (una métrica puede relacionarse con más de una necesidad).

Métrica número	Número de necesidad	Métrica	Imp.	Unidades	Valor ideal
1	1, 9	Arquitectura modular	5	Binaria	Pasa
2	2	Tecnología Wi-Fi	5	Binaria	Pasa
3	3, 4, 5, 7	Cantidad de entradas analógicas*	5	Unidad	3
4	3, 4, 5, 7	Cantidad de entradas/salidas digitales*	5	Unidad	5
5	6, 8	Plug & Play	4	Binaria	Pasa
6	10	Potencia eléctrica consumida	1	Watts	5

Cuadro 3.2: Tabla de especificaciones objetivo del producto, indicando el número de necesidad con el cual se relaciona cada métrica, su importancia, y el valor ideal que deben tener en el producto. *Las entradas y salidas máximas se consideraron de acuerdo a una lavadora, ya que resulta ser el electrodoméstico común con más transductores/actuadores/sensores.

En las especificaciones se presenta un valor ideal, el cual debería poder ser satisfecho por el diseño final del producto. Sin embargo, esto difícilmente sucede, debido a diversos factores limitantes (físicos, de diseño, de tiempo, económicos, etc.). Por este motivo, debe hacerse un ajuste a estos valores y encontrar el equilibrio entre los valores objetivo (por ejemplo, al mejorar una especificación, otra podría disminuir) y las limitantes, con el fin de encontrar un diseño óptimo.

3.3. Generación de conceptos

Después de obtener las especificaciones, es necesario empezar a generar conceptos de solución. Un concepto de solución es el bosquejo de una idea que puede representar la solución a un problema. Se presenta en una página o menos, con un título descriptivo, un dibujo o bosquejo y una breve descripción (de ser necesario).

Antes de desarrollar conceptos de solución, se decidió plantear y abstraer el sistema, utilizando la descomposición funcional. Esto consiste en dividir un problema en partes más pequeñas (funciones o subfunciones), con el fin de poder analizar las funciones críticas del sistema (una función crítica es aquella que es más importante para el éxito del producto) y poder proponer conceptos solución para estas funciones. Posteriormente estos conceptos individuales de solución se combinaron para obtener posibles soluciones de todo el problema.

3.3.1. Descomposición Funcional

Primero se realizó un diagrama general del sistema y después se fue abstrayendo para encontrar las funciones y subfunciones más importantes del sistema

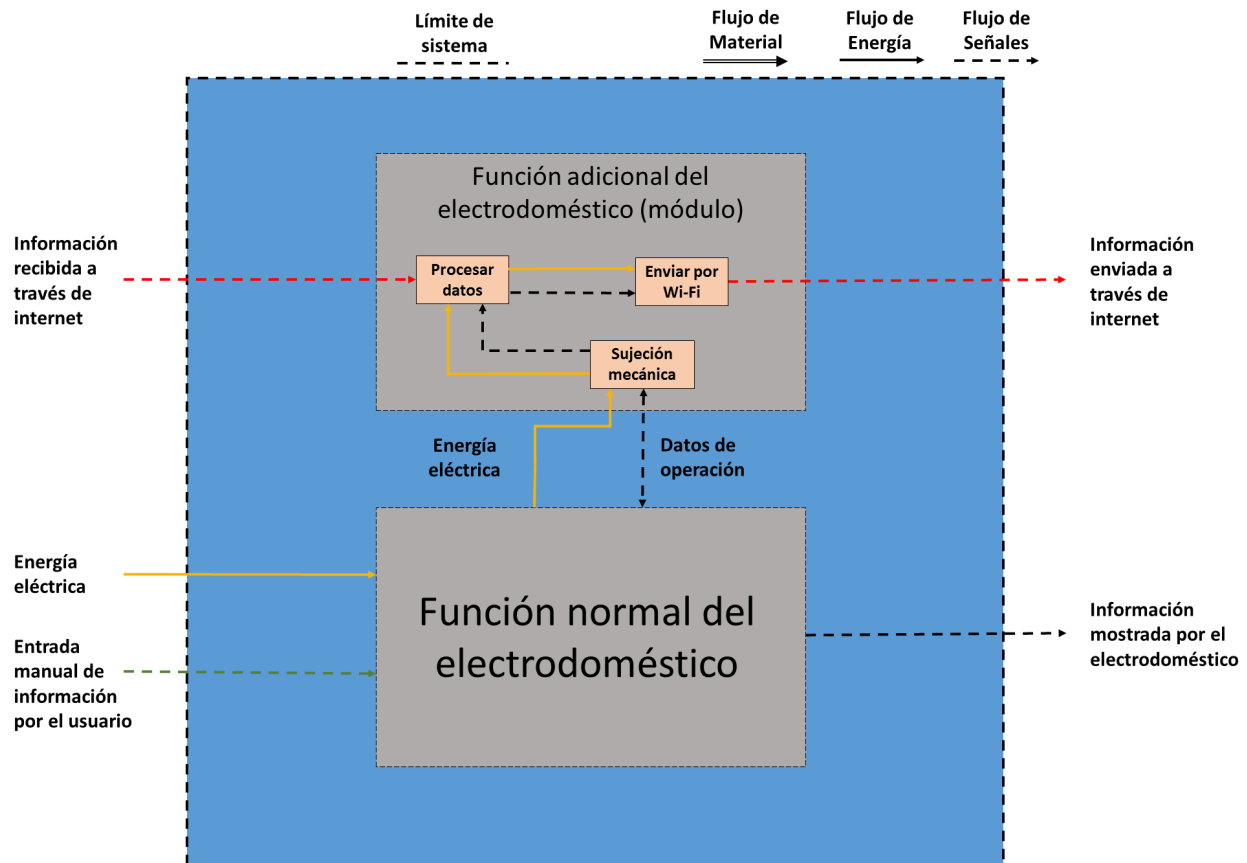


Figura 3.4: Funcionamiento del módulo dentro del sistema del electrodoméstico. Se tienen como funciones críticas las de procesar datos, enviar por Wi-Fi y la de sujeción mecánica. La información que llega al módulo, ya sea por internet o directamente del electrodoméstico pasa por una etapa de procesamiento, en la cual se decide que hacer con la señal, si enviarla por Wi-Fi para poder ser visualizada remotamente, o si se envía al electrodoméstico para modificar su operación. La función de sujeción mecánica también proporciona un medio para poder transmitir la energía eléctrica, así como el intercambio de señales de datos entre el módulo y el electrodoméstico.

En base al análisis funcional generado, se identifican como funciones críticas la sujeción mecánica, el procesamiento de datos y la transmisión de datos (por Wi-Fi). La función de sujeción mecánica debe encargarse de fijar el módulo al electrodoméstico, así como también debe permitir la transferencia de energía eléctrica y el intercambio de señales de datos entre el electrodoméstico y el módulo. En el siguiente apartado se muestran los conceptos de solución generados para estas tres funciones.

3.3.2. Conceptos Generados

Se generaron varios conceptos utilizando la siguiente metodología: Se investigaron distintos conceptos de solución existentes para las tres funciones críticas en libros, handbooks (manuales de ingeniería), y observando productos que realizaran dichas funciones.

Se analizaron 9 distintas formas de conexiones mecánicas, 4 de transmisión de energía eléctrica y 7 de transmisión de datos. Estos conceptos se presentan en los anexos.

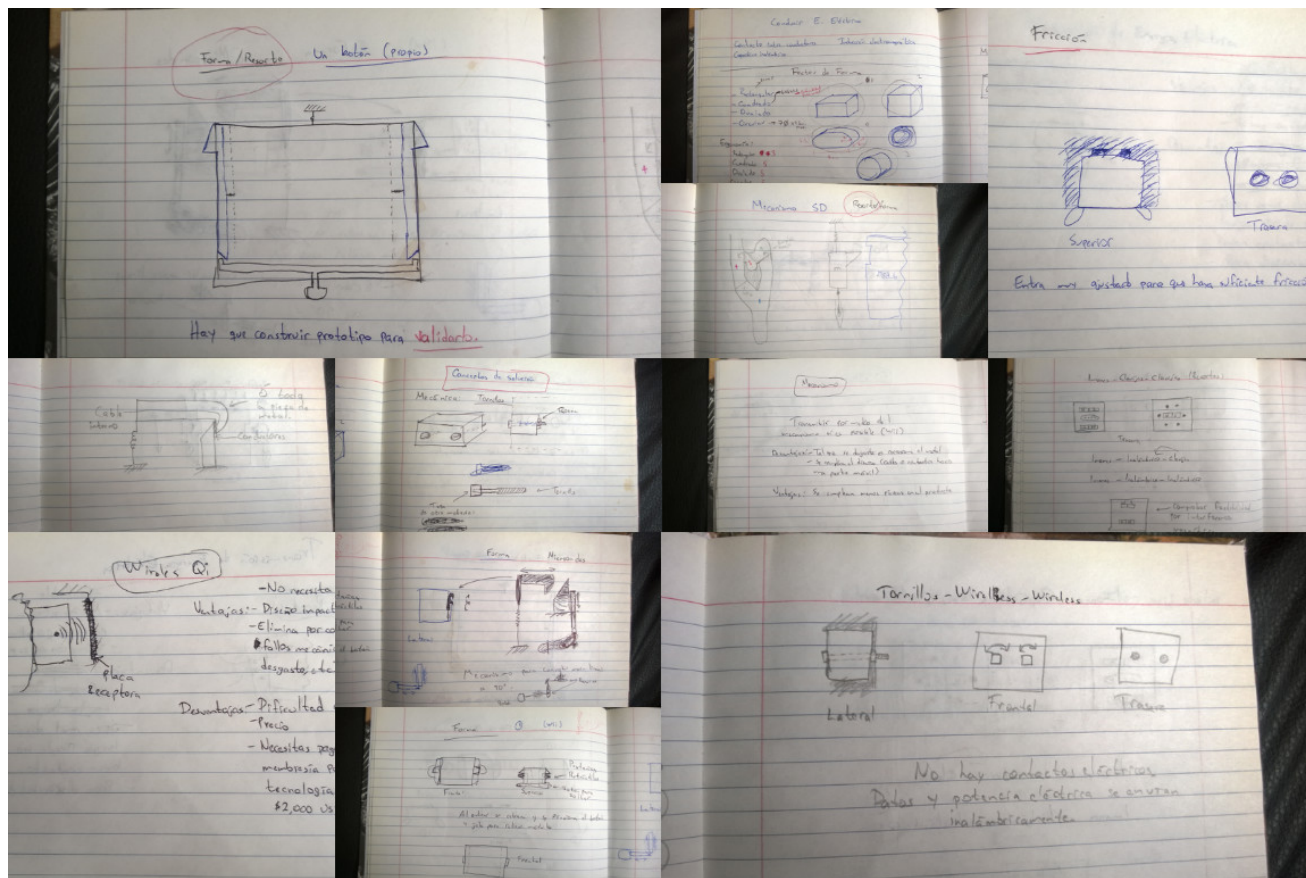


Figura 3.5: Algunos conceptos de conexiones mecánicas, transmisión de energía eléctrica y transmisión de datos.

Posteriormente estos conceptos se combinaron en varios conceptos «totales», de los cuales 8 fueron conceptos no redundantes y son los que se consideraron como posibles soluciones.

3.3.3. Posibles Soluciones

A continuación se presentan los bosquejos de los posibles conceptos solución, así como sus descripciones.

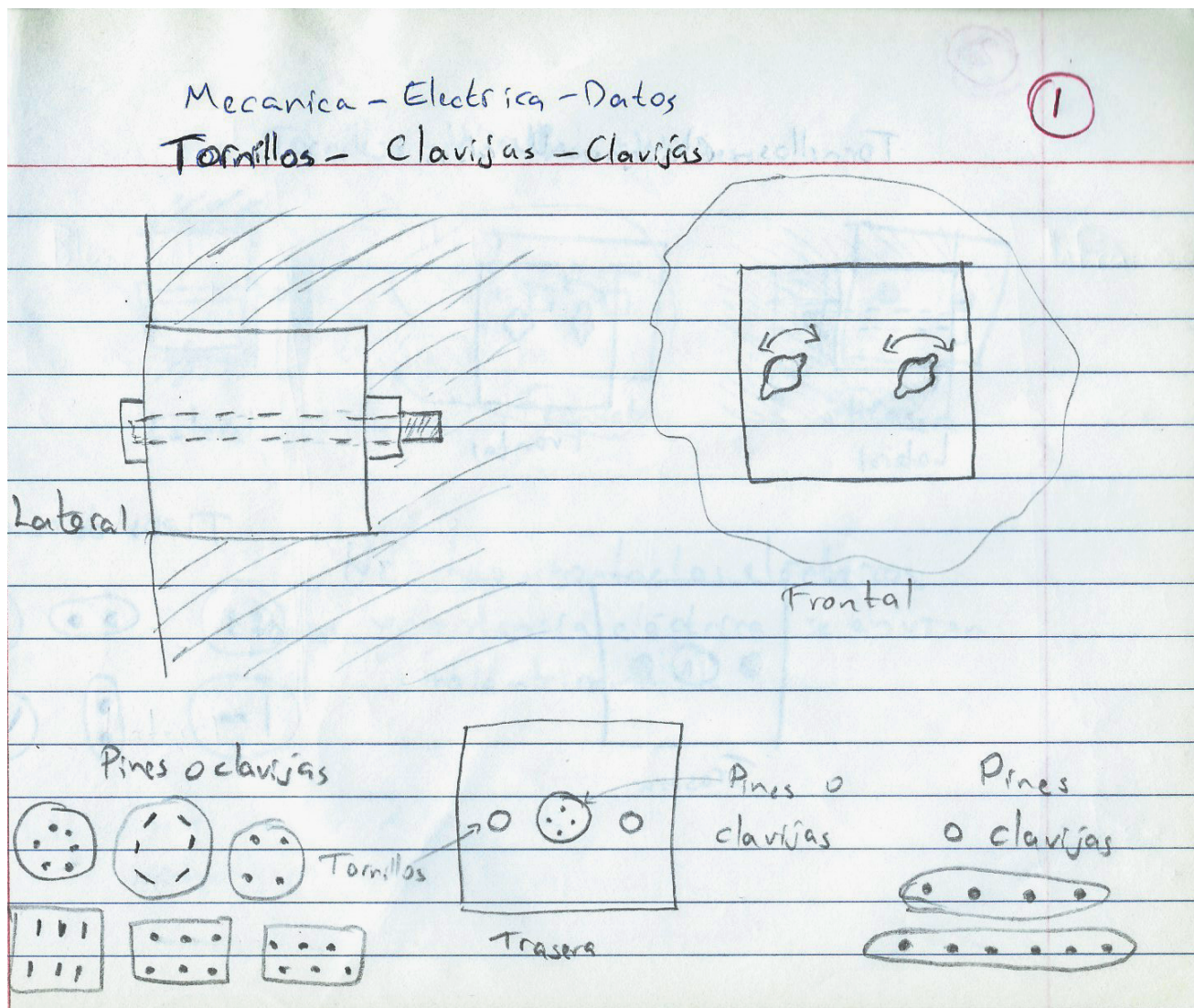


Figura 3.6: Concepto 1. La sujeción mecánica del módulo se realizaría por medio de tornillos y tuercas, y la transmisión de datos y energía se realizaría por medio de clavijas o pines. En la parte inferior se muestran distintas disposiciones que podrían tener los pines o clavijas.

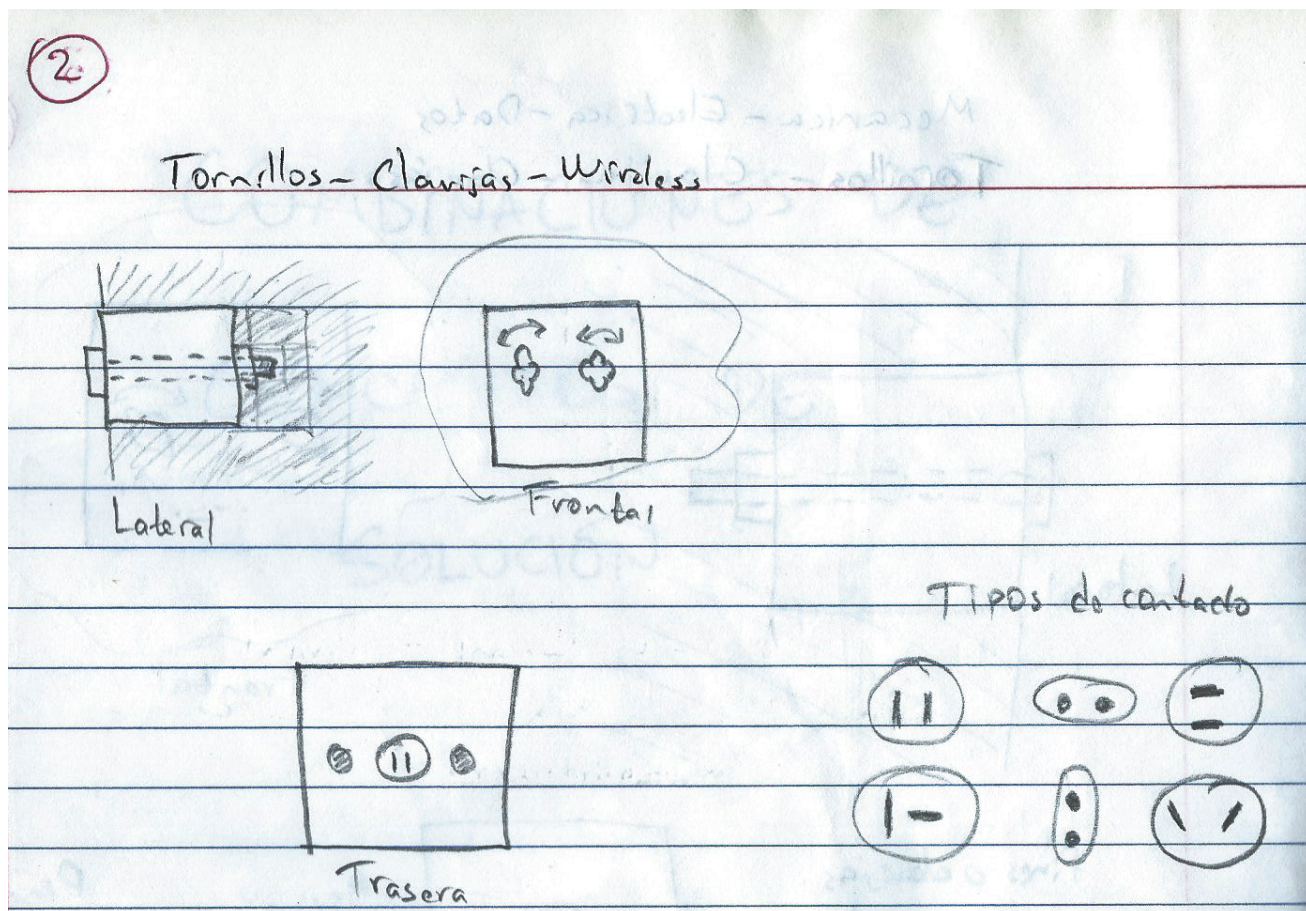


Figura 3.7: Concepto 2. La sujeción mecánica del módulo se realizaría por medio de tornillos y tuercas, y la transmisión de energía se realizaría por medio de clavijas o pines, mientras que la transmisión de datos se realizaría por medios inalámbricos. En la parte inferior derecha se muestran distintas configuraciones para las clavijas o pines (sólo se necesitan dos, uno para la corriente y otro para tierra).

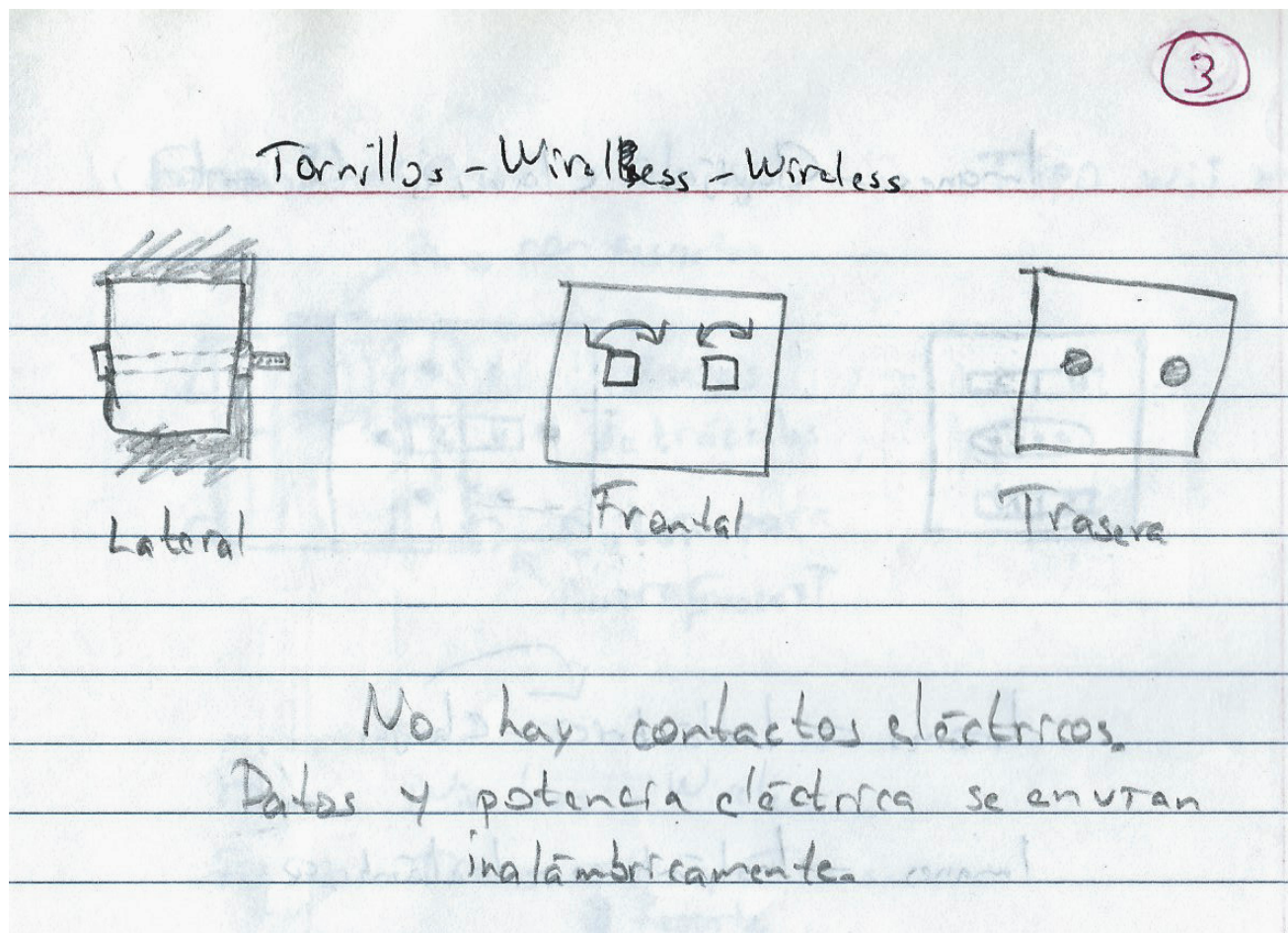


Figura 3.8: Concepto 3. La sujeción mecánica del módulo se realizaría por medio de tornillos y tuercas, y la transmisión de energía y datos se realizaría por medio de clavijas o pines, mientras que la transmisión de datos se realizaría por medios inalámbricos.

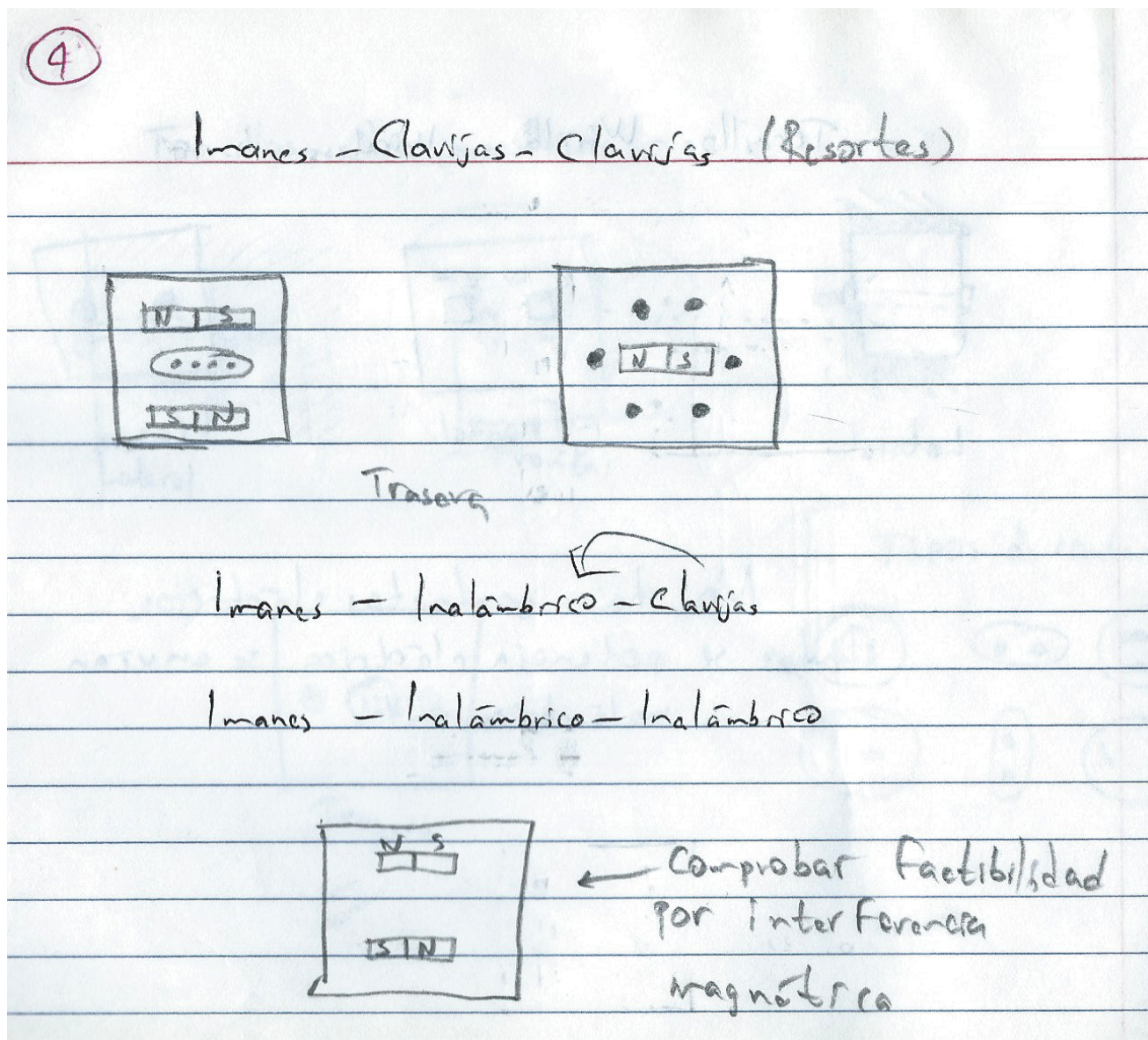


Figura 3.9: Concepto 4. La sujeción mecánica se realizaría por medio de una fuerza de atracción magnética. La energía y los datos se transmitirían por medio de pines o clavijas. También se consideró eliminar los pines y sustituirlos por medios inalámbricos.

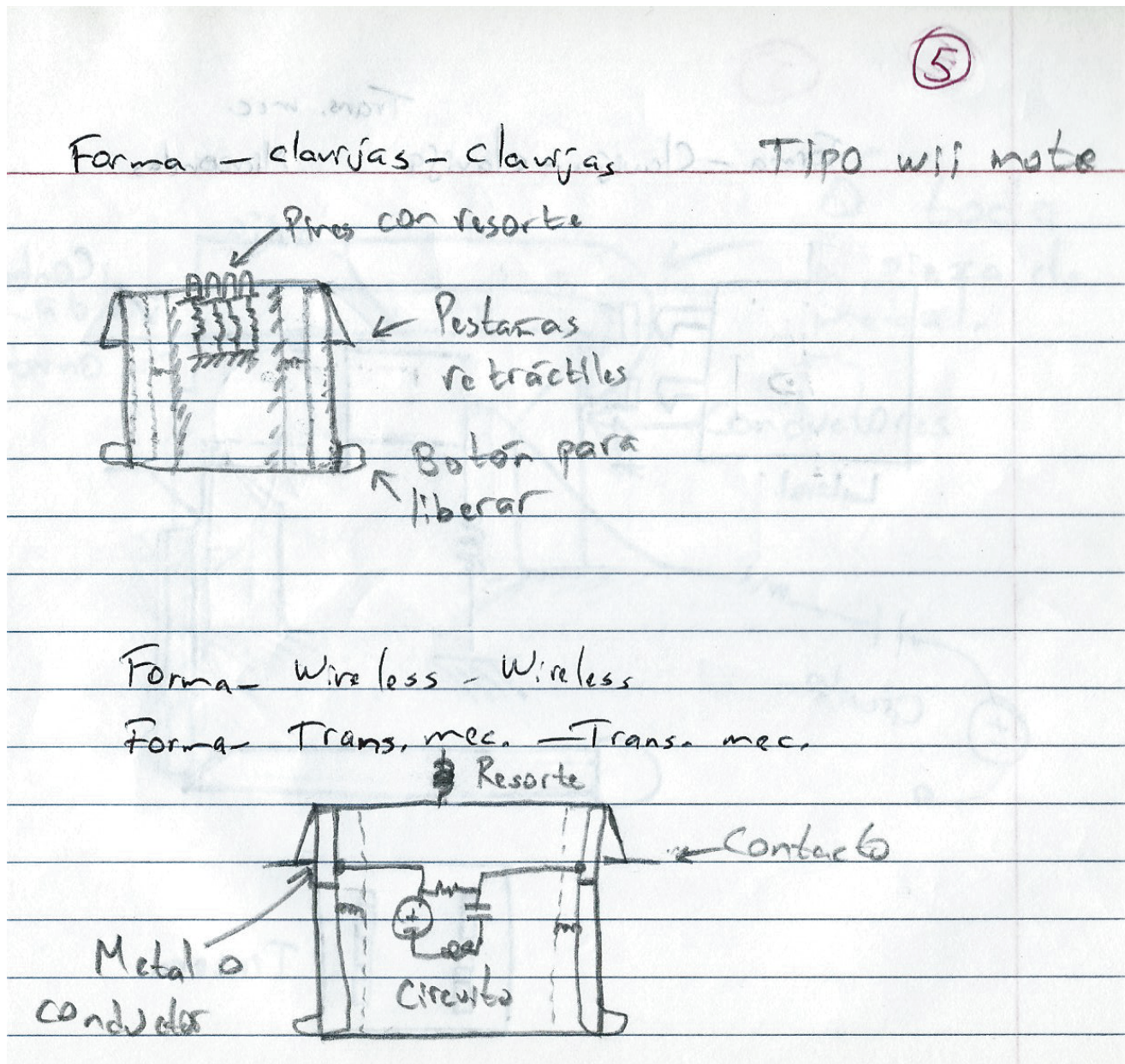


Figura 3.10: Concepto 5. La sujeción mecánica se realiza por medio de unas pestañas retráctiles (regresan a su posición original gracias a un resorte) que se traban en un orificio para evitar el movimiento (conexión mecánica de forma según Pahl y Beitz). Para liberar, se presionarían los otros extremos de las pestañas para retraer las pestañas. La energía y datos se podrían transmitir por medio de pines o clavijas. Si los datos se transmitieran de manera inalámbrica, se podría transmitir la energía eléctrica por medio de las pestañas (tendrían que estar fabricadas con metal), una conduciendo la corriente y la otra tierra.

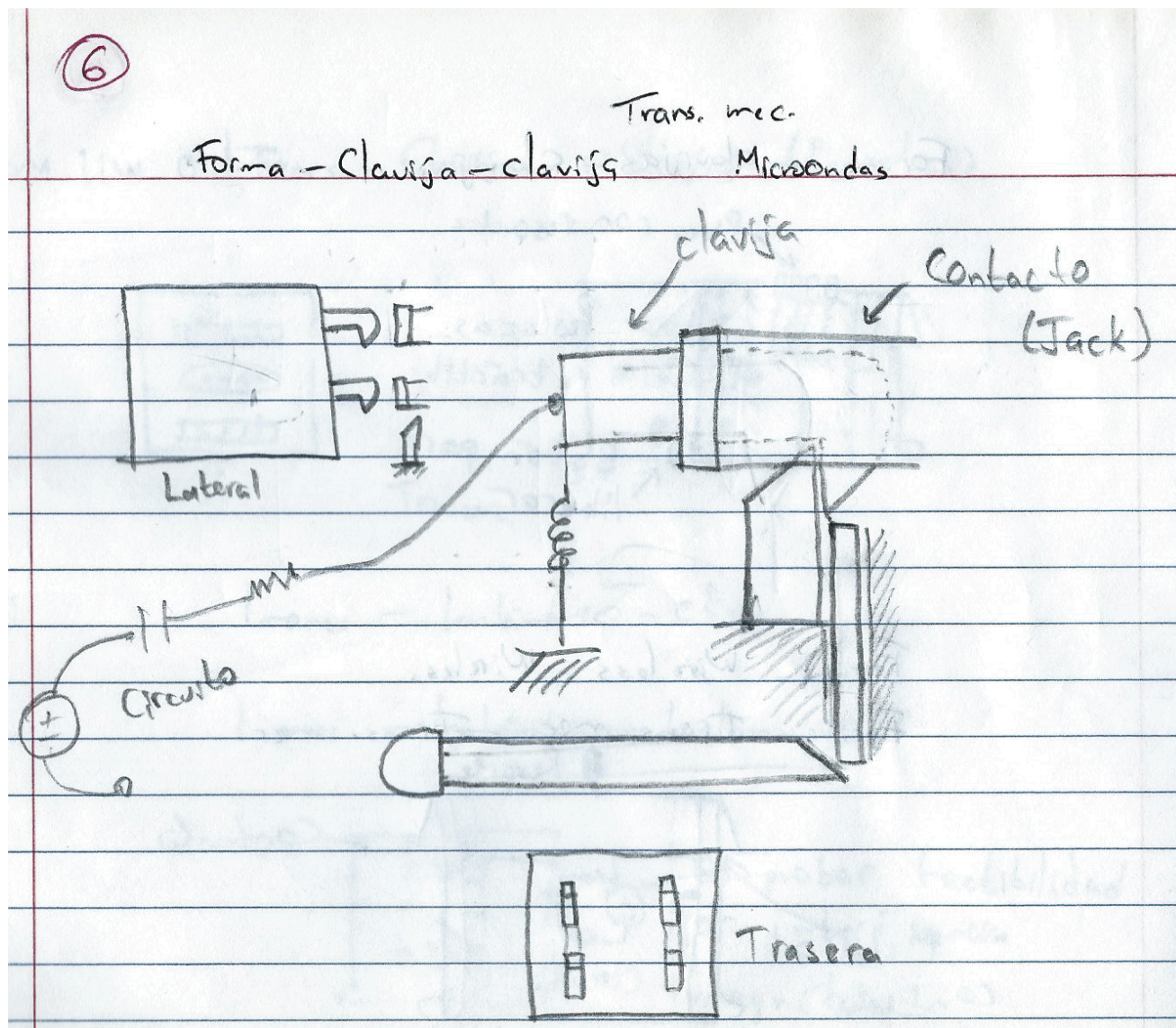


Figura 3.11: Concepto 6. La sujeción mecánica se realiza por medio de una restricción de forma. Ganchos sujetos por resortes se sujetan de una especie de poste fijo. Los ganchos pueden ser fabricados de metal y servir a la vez de conductor eléctrico (funcionarían de manera similar a los contactos y enchufes eléctricos de pared). La liberación sucede cuando una palanca empuja el gancho hacia arriba, desacoplándolo del poste. La conducción de datos se realizaría por medio de clavijas o bien, de manera inalámbrica. Mecanismo inspirado por las puertas de hornos de microondas.

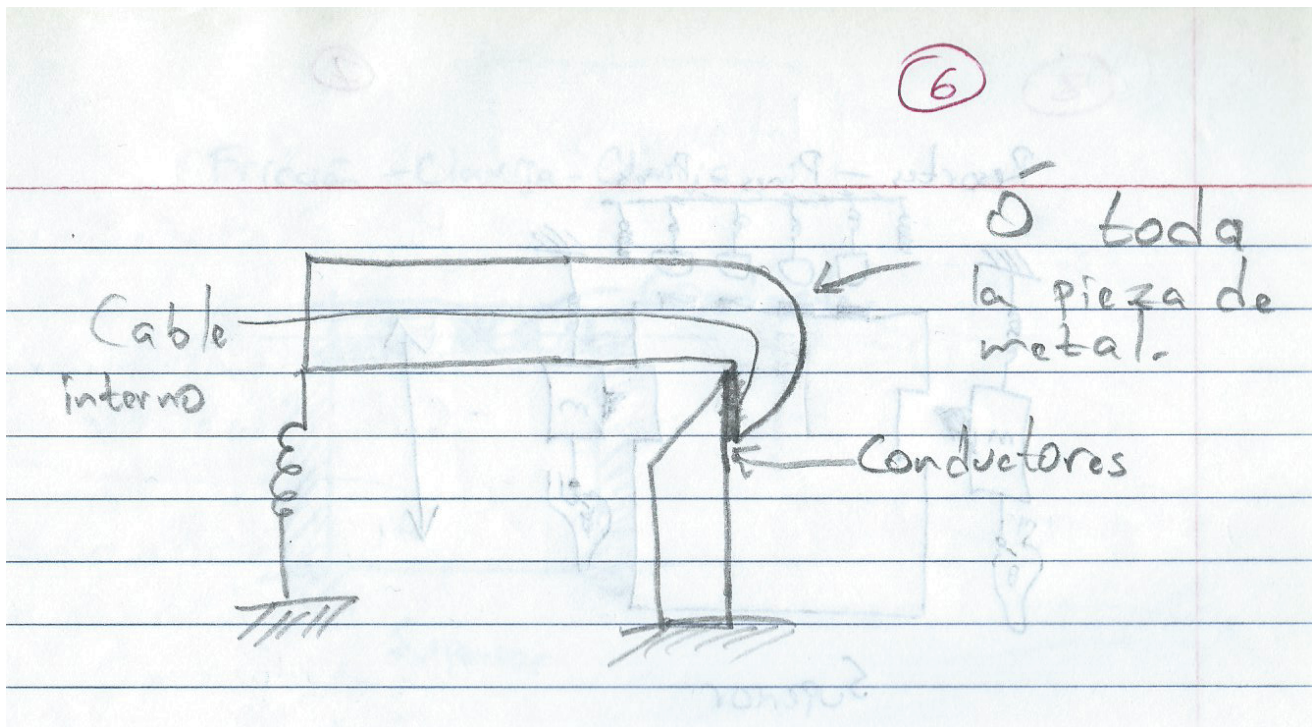


Figura 3.12: Concepto 6 (cont.). Es una variación del concepto 6, la diferencia radica en que la transmisión de la energía eléctrica no requeriría de clavijas o pines. El poste sobre el que se fijan los ganchos podría ser construido también de metal, y al hacer contacto, transmitirían la energía eléctrica.

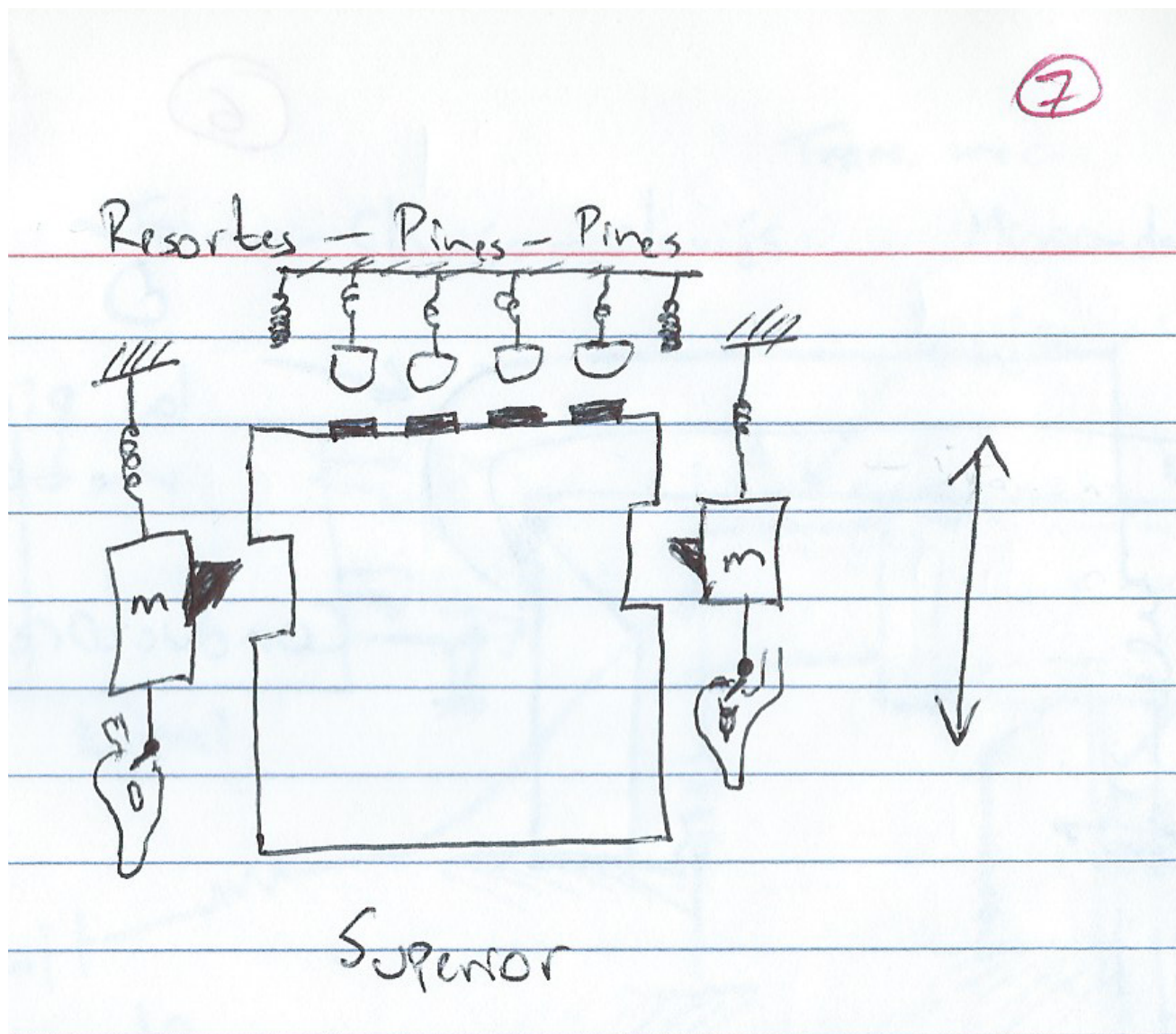


Figura 3.13: Concepto 7. La sujeción mecánica se realizaría mediante un mecanismo basado en los empleados en los lectores de tarjetas de memoria SD (utilizando los principios de forma y resortes). Consiste en una masa fijada con un resorte a una estructura, en su extremo existe una especie de aguja, la cual se desliza sobre unos canales al ser empujada la masa. Estos canales tienen distintas elevaciones a lo largo de su trayectoria, lo que permite el movimiento siempre en una misma dirección, y que al final de la carrera la masa quede estacionara, deteniendo al módulo en su lugar. La transmisión de energía eléctrica y datos se realizaría mediante pines, los cuales deben tener resortes, debido a que son comprimidos y luego devueltos a su posición original al ensamblar el módulo.

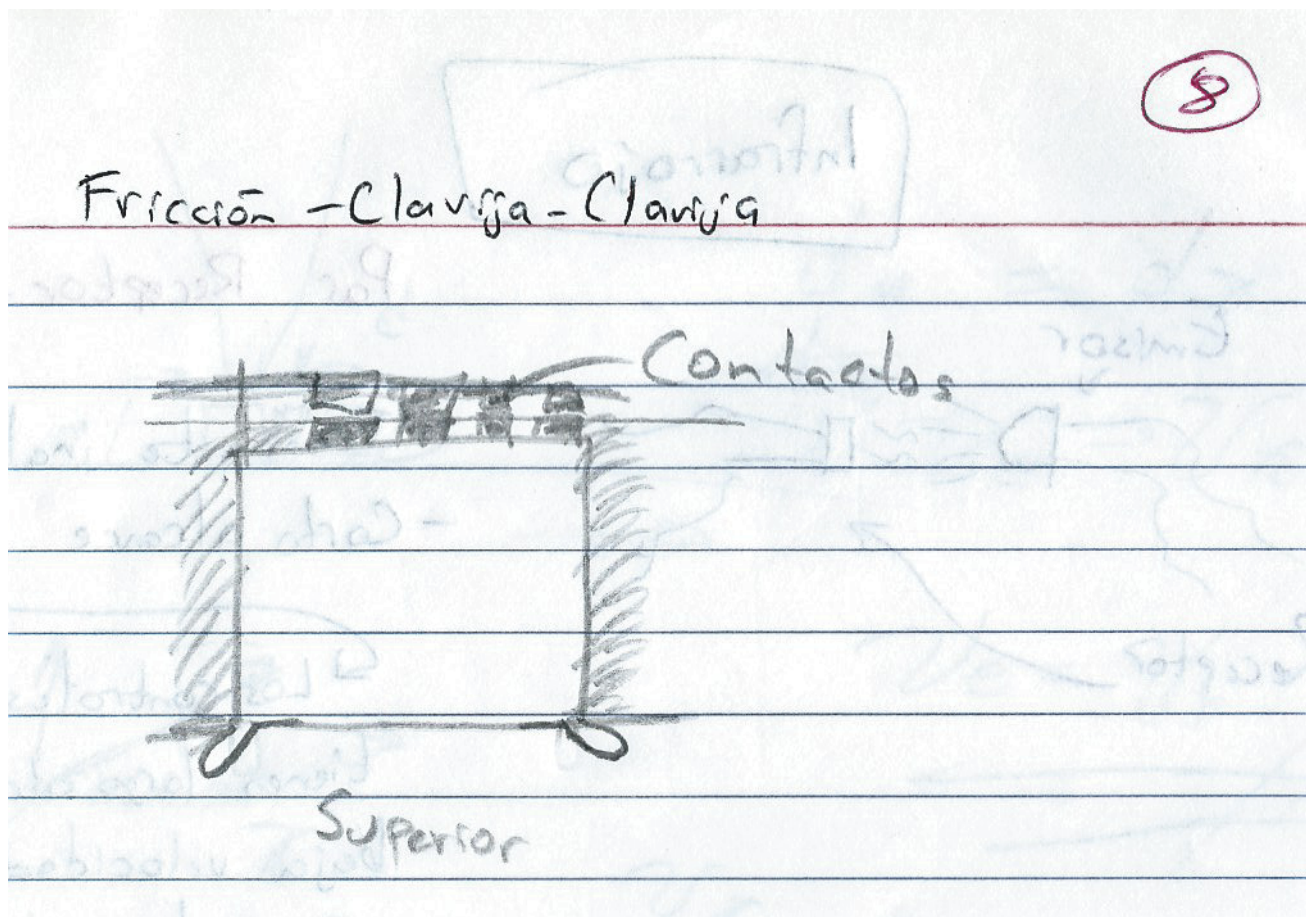


Figura 3.14: Concepto 8. La sujeción mecánica se haría por medio de fricción. Se tendría un ajuste apretado entre el módulo y el receptor de este. La transmisión de energía eléctrica y datos podría realizarse por medio de pines.

Los principios de solución de estos conceptos se resumen en el siguiente cuadro:

	Principio de solución		
Concepto	Mecánico	Eléctrico	Datos
1	Tornillos	Clavijas/Pines	Clavijas/Pines
2	Tornillos	Clavijas/Pines	Inalámbrico
3	Tornillos	Inalámbrico	Inalámbrico
4	Imanes	Clavijas/Pines	Clavijas/Pines
5	Forma	Clavijas/Pines	Clavijas/Pines
6	Forma	Clavijas/Pines	Clavijas/Pines
7	Resortes-Forma	Clavijas/Pines	Clavijas/Pines
8	Fricción	Clavijas/Pines	Clavijas/Pines

Cuadro 3.3: Tabla que resume los principios de funcionamiento de las posibles soluciones, dividida en principio mecánico, eléctrico y de transmisión de datos.

3.4. Selección de conceptos

Los conceptos se evaluaron en una tabla como sugiere Ulrich y Eppinger [29]. Esta etapa fue desarrollada por un equipo de trabajo conformado por miembros del posgrado de ingeniería de la UNAM y de otras instituciones ajenas a la universidad. Los criterios de selección estuvieron basados en las necesidades y especificaciones del producto con mayor importancia.

Criterios de Selección	Número de Concepto							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Fácil Manufactura	0	+	+	0	-	0	-	+
Innovador	0	+	+	+	+	0	+	-
Fácil Uso	0	+	+	+	+	+	+	0
Inspirador	0	0	0	+	0	0	+	0
Durabilidad	0	0	0	0	-	-	-	0
Costo	0	-	-	-	0	0	0	+
Tamaño	0	0	0	+	0	-	0	+
SUMA	0	<u>2</u>	2	<u>3</u>	0	-1	<u>1</u>	<u>2</u>

Cuadro 3.4: Tabla de selección de conceptos. Se tomó como referencia el concepto 1, por lo cual se le dio 0 como calificación, a los criterios considerados superiores a la referencia se les otorga un «+», y a los inferiores un «-». La suma de + y la resta de - otorga una puntuación final indicada en la última fila. Los conceptos subrayados fueron los que se decidieron llevar a una etapa subsecuente (2, 4, 7 y 8).

A pesar de que el concepto 3 obtuvo un puntaje alto, se decidió no continuar desarrollándolo debido a su dificultad de implementar (debido a que el método de transmisión de electricidad inalámbrica más confiable y viable es el estándar Qi, el cual requiere de pagar una costosa licencia para poder ser utilizado [36]).

Los conceptos seleccionados para seguir a la siguiente etapa fueron el 2, 4, 7 y 8. Siendo respectivamente renombrados:

Concepto No.	Conexión Mecánica	Transmisión de electricidad	Transmisión de datos
1	Tornillos	Clavijas-Pines	Wireless
2	Imanes	Clavijas-Pines	Clavijas-Pines
3	Mecanismo-Resorte	Clavijas-Pines	Clavijas-Pines
4	Fricción	Clavija-Pines	Clavija-Pines

Cuadro 3.5: Conceptos de solución seleccionados en la etapa anterior, con sus respectivos principios de funcionamiento para cada subfunción.

Para llevar un paso más adelante la selección de concepto, se decidió hacer unos modelos (mock up) de madera para reconocer la sensación y las impresiones de genera cada concepto en las personas.



Figura 3.15: Modelos de madera (mock up) contruidos para ayudar a seleccionar el mejor concepto. 1) El tipo de conexión mecánica es por fricción. 2) Conexión mecánica con imanes. 3) Conexión mecánica con tornillos y tuercas. 4) Conexión mecánica con mecanismo de empuje (concepto basado en el mecanismo de lectores de tarjetas de memoria SD).

En esta etapa se decidió optar por un método más subjetivo, se presentó al grupo de trabajo los cuatro conceptos así como a diversas personas y se les preguntó cuál de los cuatro modelos les gustaba más (basados simplemente en la funcionalidad de conectar y desconectar). Se llegó a la conclusión de que el modelo más aceptado entre la gente fue el 2, el que realiza el ensamble mecánico mediante imanes y la transmisión de energía eléctrica y datos por medio de contactos. Por lo tanto se seleccionó este concepto para su posterior desarrollo.

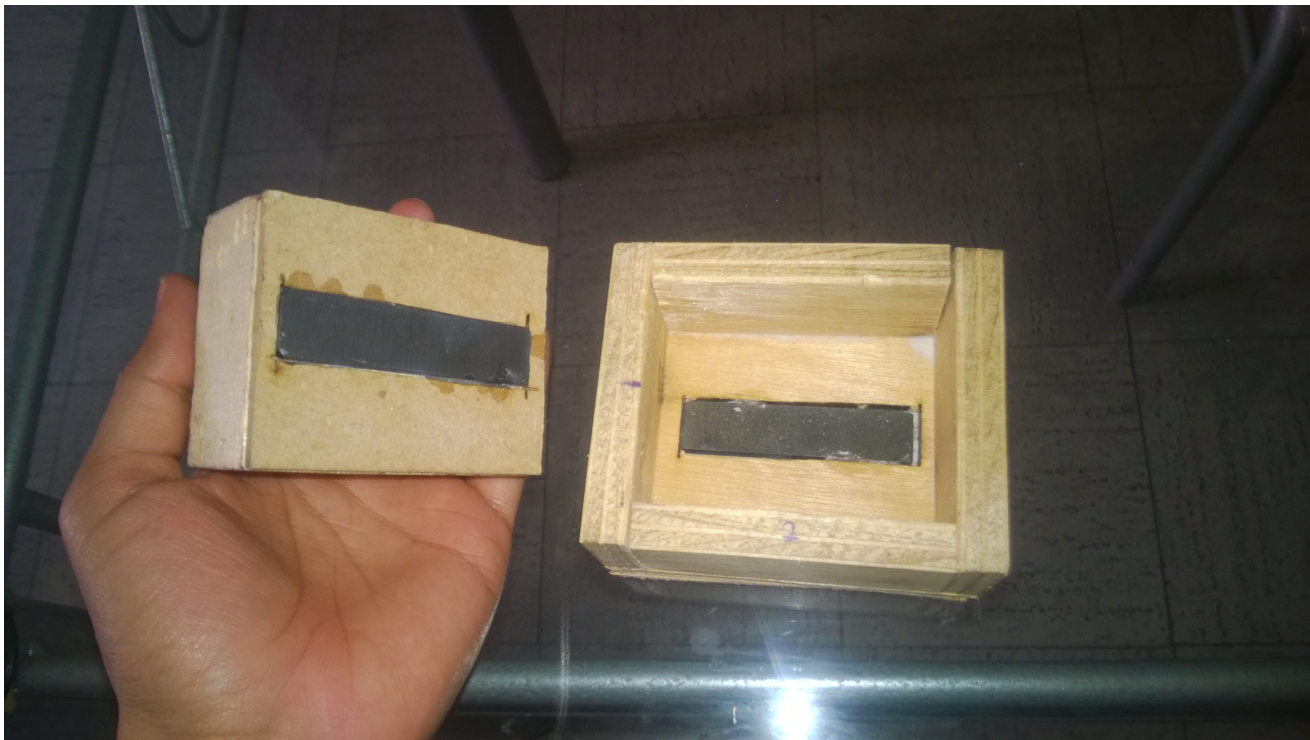


Figura 3.16: Modelo «ganador» de la etapa de selección de concepto, debido a que fue el que más agradó a las personas en primera instancia.

Capítulo 4

Materialización del Concepto (Embodiment)

En esta sección se presenta cómo se unieron los conceptos de conexión mecánica y el de sensor señal y se cómo se les dio una forma más tangible. En esta parte del diseño se toman en cuenta las restricciones físicas del diseño, como las restricciones espaciales y los materiales, para así poder llegar a un layout o predisposición de los componentes que satisfaga los requerimientos de diseño. Esta fase fue desarrollada de manera concurrente e iterativa, con una cierta secuencia, la cual se presenta en este capítulo. Se presentan los esquemas y bosquejos solamente para poder mostrar cómo fueron evolucionando las ideas del diseño (en los anexos de este documento se presentan los planos detallados).

Pahl y Beitz presentan una lista de tareas para guiar el diseño de embodiment [28], de las cuales se tomarán como primordiales las de *Función* (¿Se cumple la función?), *Principio de Trabajo* (¿Los principios elegidos producen los efectos deseados?), *Layout* (¿La disposición, materiales y formas generan un producto confiable?), *Ergonomía* (¿Se evitan esfuerzos innecesarios o que puedan lastimar al usuario?) y *Ensamble* (¿Las piezas ensamblan de manera simple y en orden correcto?).

Recapitulando, los factores y consideraciones más importantes que limitan el diseño son:

- Arquitectura modular
- No será compatible con electrodomésticos que no tengan circuitos electrónicos, debido a la dificultad para obtener señales de dispositivos mecánicos, analógicos, etc.
- Una lavadora es la plataforma sobre la cual se diseñará, debido a la accesibilidad (tanto económica como físicamente) de su panel de control en comparación con otros electrodomésticos
- No debe necesitar herramientas para su instalación
- Debe contar con al menos 8 conectores eléctricos para entradas analógicas y digitales
- Debe medir al menos 45x18x18mm (tamaño del controlador que se utilizará)
- Medidas máximas permisibles (debido a las dimensiones del panel de control de la lavadora) 80x60x60mm

4.0.1. Circuito Electrónico

Con el fin de refinar las restricciones, se decidió realizar el diseño del circuito electrónico como primera tarea, ya que con esto se conocerían todas las medidas de las restricciones espaciales.

El circuito impreso mide 51x67mm y consta de dos etapas reguladoras de voltaje (a 5V y 3.3V), un microcontrolador y un módulo de comunicación Wi-Fi, así como conectores para utilizarse como entradas y salidas.

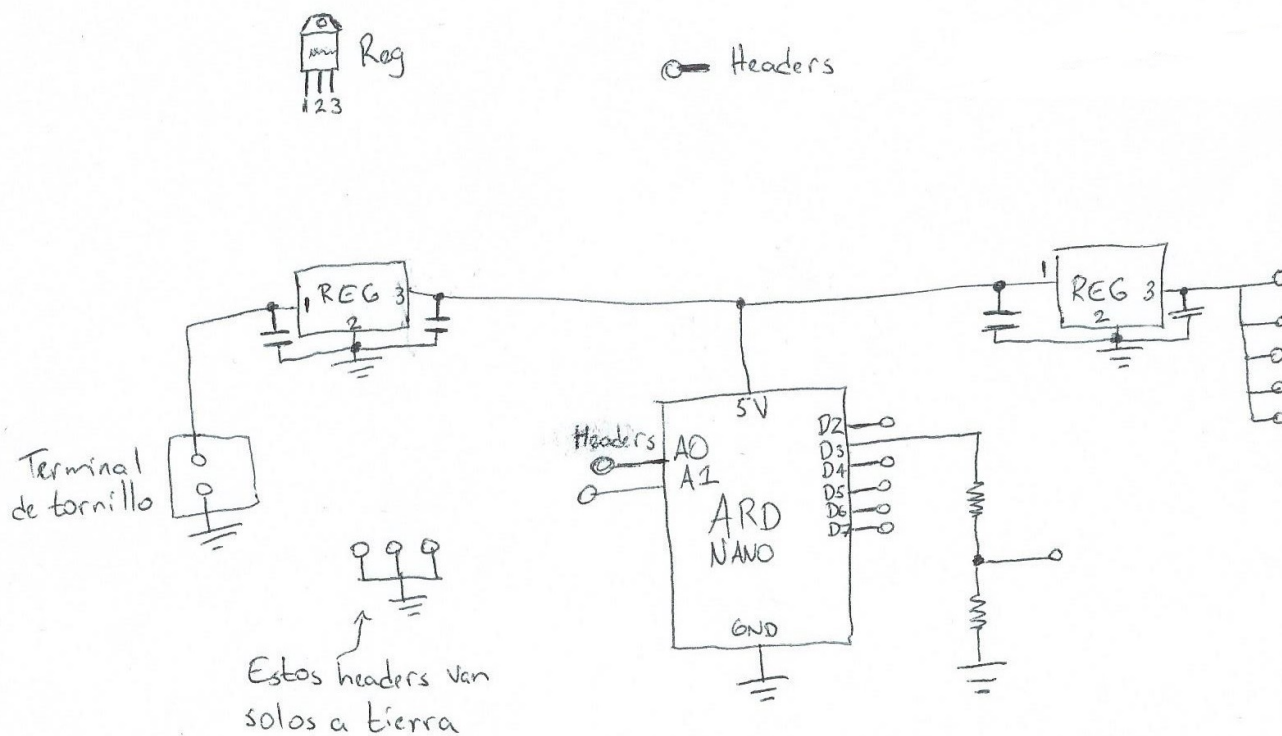


Figura 4.1: Esquema del circuito electrónico compuesto por reguladores de voltaje, el microcontrolador, terminales y sus conexiones.

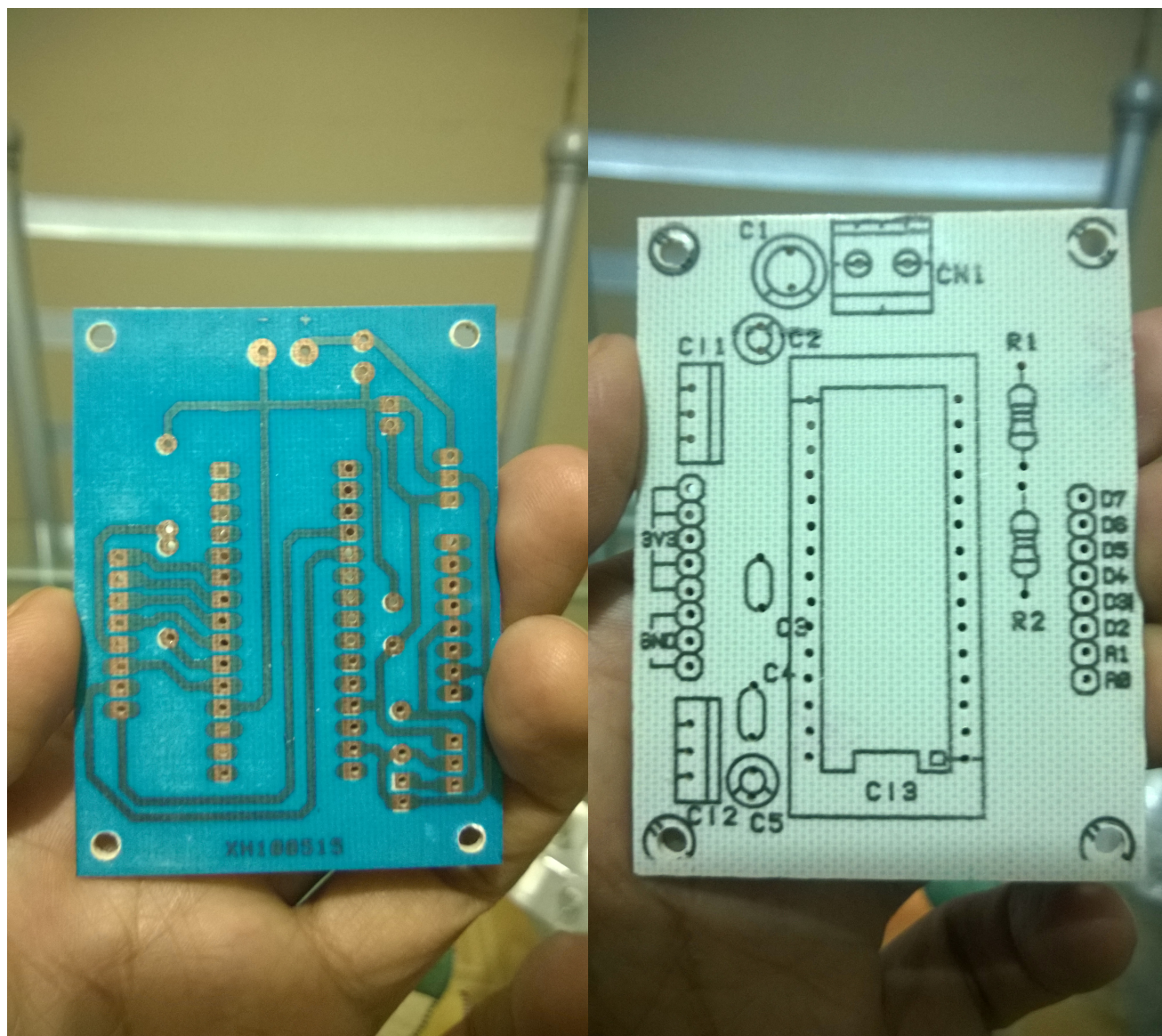


Figura 4.2: Circuito impreso sin componentes. Las medidas del circuito impreso fueron 51x67mm y 2mm de altura. Con los componentes soldados a la placa, el circuito aumenta su altura a 33mm, por lo tanto la carcasa debe tener cuando menos estas medidas: 51x67x33mm.

Para este prototipo se decidió utilizar como conectores headers hembra y jumpers macho-hembra y hembra-hembra, debido a su facilidad de uso, relativamente buena sujeción y posibilidad de conectar y desconectar múltiples veces rápidamente. Los headers utilizados son headers de doble largo (de 10.5mm de longitud en sus pines, 2.54mm de separación entre cada pin y 8.5mm de longitud en la parte de plástico), estos son los que harán de conexión entre el módulo y el receptor, gracias a que pueden ser apilados o conectados entre sí. La corriente máxima que pueden soportar estos conectores es 3A, según su hoja de especificaciones. El consumo pico del circuito

es aproximadamente 500mA, por lo tanto estos headers pueden tolerar con un amplio margen la corriente necesaria para el funcionamiento del circuito.

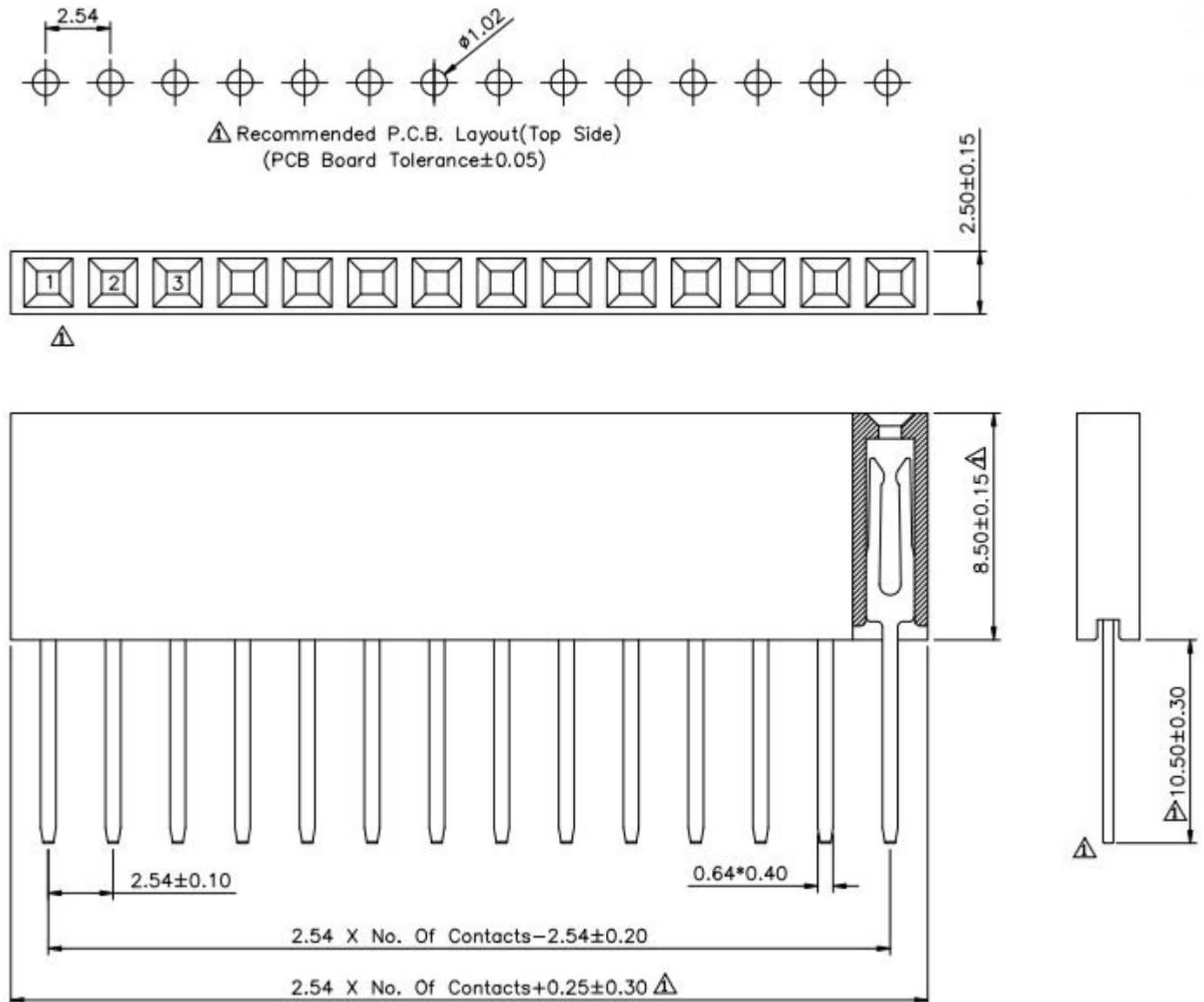


Figura 4.3: Header hembra con pin de doble longitud, 10.5mm de largo de los pines, 2.54mm de distancia de espaciado entre pines y longitud del receptor de 6mm. Estos headers tienen la característica de poder apilarse unos sobre otros, gracias a sus pines extra largos [37].

El microcontrolador utilizado es un Arduino nano, el cual se implementó por su tamaño reducido y la facilidad y rapidez para cargar y depurar código. Sus dimensiones son 45x18x18mm. El código

del programa se presenta en los anexos de este escrito y está basado en el diagrama funcional del capítulo 3 de este documento.

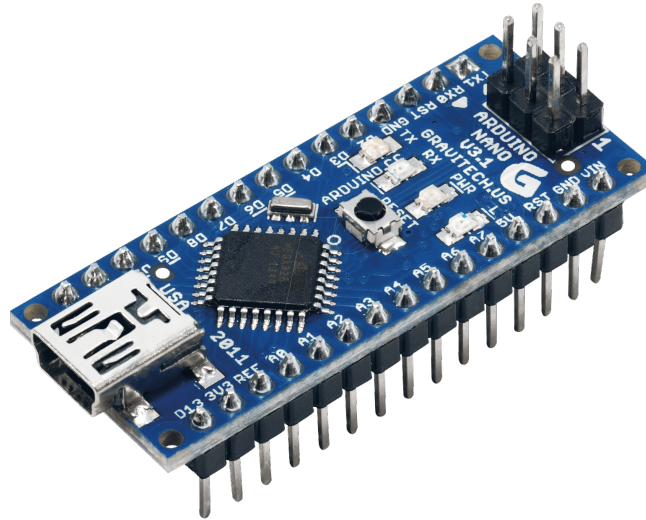


Figura 4.4: Arduino nano, controlador utilizado en el prototipo, debido a su tamaño reducido y a la rapidez y facilidad con la que se puede implementar. Medidas: 45x18x18mm (incluida la altura de los pines) [38].

El módulo Wi-Fi es un circuito ESP8266, el cual funciona a 3.3V y cuenta con comunicación serial para comunicarse con un microcontrolador que pueda comandarlo, pero también puede funcionar de manera independiente. Este módulo fue elegido debido a su tamaño reducido (14.2x24.5x15mm), su simplicidad de uso, su bajo precio (aproximadamente \$5usd por un módulo) y su confiabilidad.

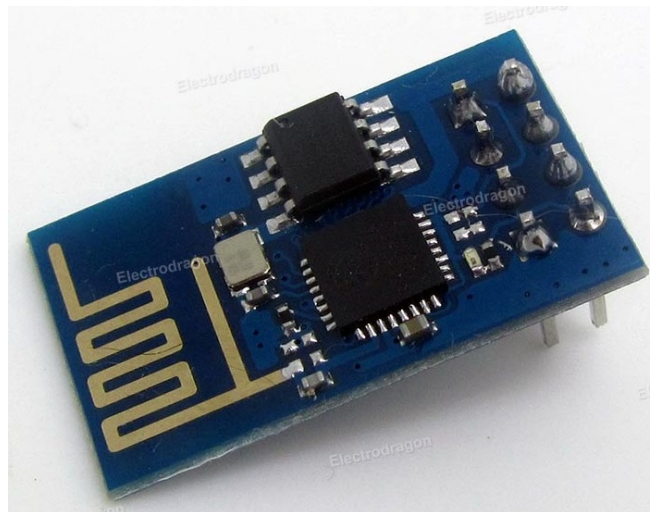


Figura 4.5: ESP8266, Circuito que brinda conectividad Wi-Fi al microcontrolador mediante comunicación serial, con un precio y tamaño reducidos. Dimensiones: 14.2x24.5x15mm [39].

4.0.2. Carcasa y Estructura Mecánica

Después de diseñar el circuito, se procedió a diseñar una carcasa que alojara el mismo, para proporcionarle sujeción y protección contra factores externos, así como un receptor en el cual se pueda introducir y sujetar la carcasa.

El primer paso fue recabar las medidas del panel de control (lavadora marca Easy) donde iba a ser alojada la carcasa (se hicieron algunas modificaciones internas para poder aumentar el espacio hacia dentro del panel). Se decidió que la orientación vertical era la más conveniente debido a que de manera horizontal el espacio sobrante en el panel de control tenía poca holgura.

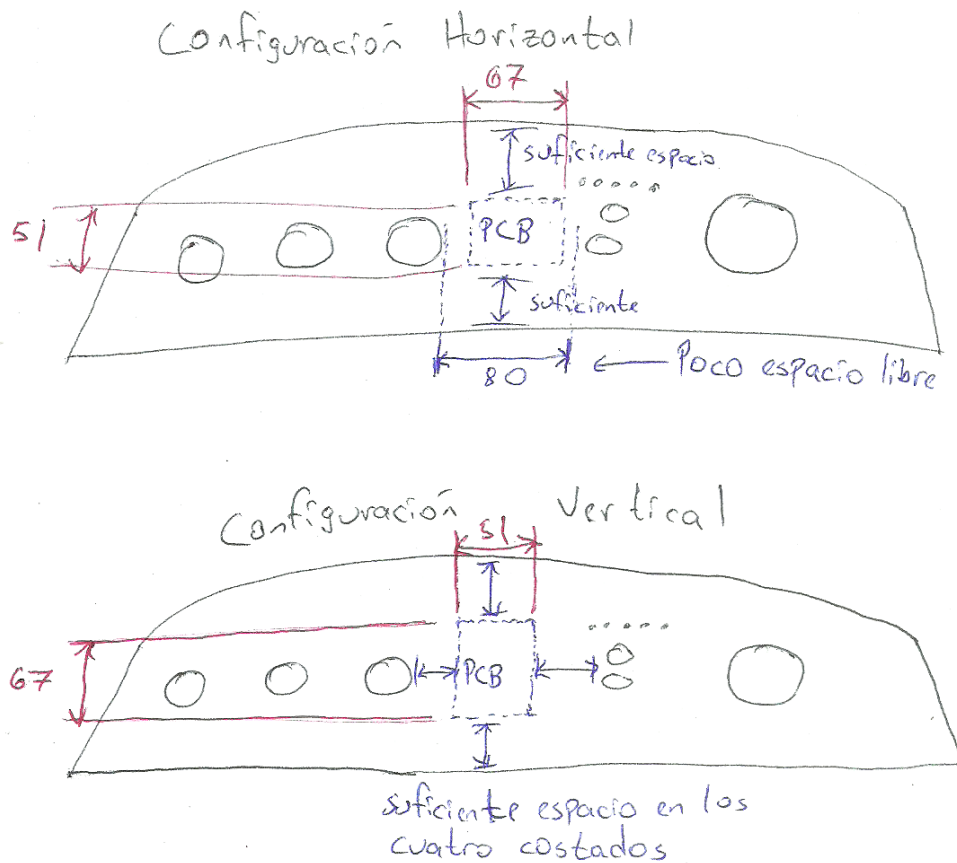


Figura 4.6: Configuraciones propuestas de la disposición (layout) del módulo en la carcasa. La configuración horizontal dejaba muy poco margen para trabajar, por lo que se eligió la configuración vertical.

Para poder bosquejar la carcasa, es necesario definir la forma como los imanes unirán la carcasa con el receptor. Los imanes utilizados son de neodimio N35, el cual fue elegido por su gran fuerza de atracción en relación a su tamaño. Su tamaño se definió en relación a la fuerza de atracción que ejercen entre sí. Se desea que la fuerza para poder desacoplar el módulo del receptor sea de 500 gramos, ya que con esta fuerza se logra un agarre firme y las personas pueden desacoplar el módulo cómodamente. Se decidió colocar dos imanes en cada pieza para lograr una sujeción más fuerte y una posición más estable de las piezas ensambladas, debido a que los imanes tienden a alinearse entre sí. Voukon presenta una fórmula para calcular la fuerza de atracción entre dos imanes cilíndricos permanentes dado un espacio de separación entre ellos [40]:

$$F = -\frac{1}{2}\pi K_d R^4 \left[\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+2t)^2} - \frac{2}{(x+t)^2} \right]$$

Donde:

$$F = \left(\frac{0.5}{2}\right)9.81 [N]$$

$$K_d = \frac{\mu_0 M^2}{2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{H}{m}\right] \text{ Permeabilidad magnética del vacío}$$

$$M = 358098.62 \left[\frac{A}{m}\right] \text{ Magnetización del imán}$$

$$R = 0.0050[m] \text{ Radio del imán}$$

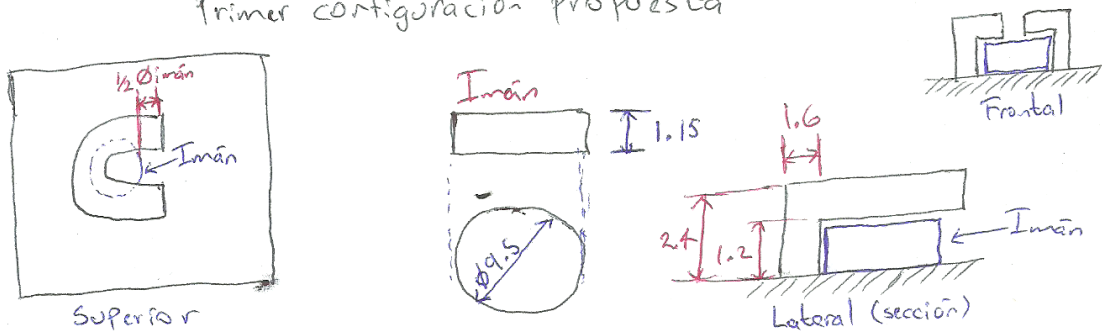
$$x = 0.0032[m] \text{ Separación entre imanes}$$

$$t = \text{Altura del imán } [m]$$

La magnetización del imán se obtuvo mediante una calculadora en línea que cuenta con una base de datos con valores experimentales para realizar sus cálculos [41]. El radio del imán es propuesto por el autor y la separación entre imanes es la distancia que hay de separación entre la carcasa y el receptor y más adelante se explica su obtención. Al introducir valores en la ecuación se obtiene que la altura del imán debe ser aproximadamente 1.14mm, por lo tanto se buscaron imanes con las medidas más próximas, las cuales fueron 9.5mm de diámetro y 1.15mm de altura.

Se divisaron dos configuraciones para fijar los imanes a la carcasa y receptor. Eligiéndose la segunda debido a que su estructura es más simple y los imanes se dispondrán de manera tal que siempre existan fuerzas de atracción entre ellos y no exista una fuerza empujando hacia arriba, sin embargo se aplicará silicón en caliente para crear un tapón que restrinja totalmente la posición de los imanes.

Primer configuración propuesta



Segunda configuración propuesta (mejor)

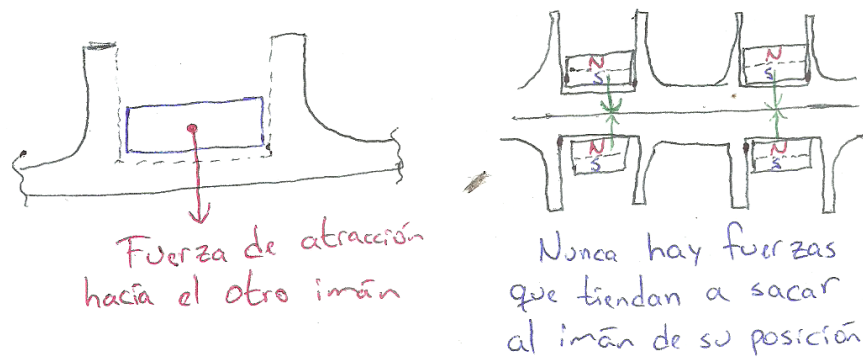
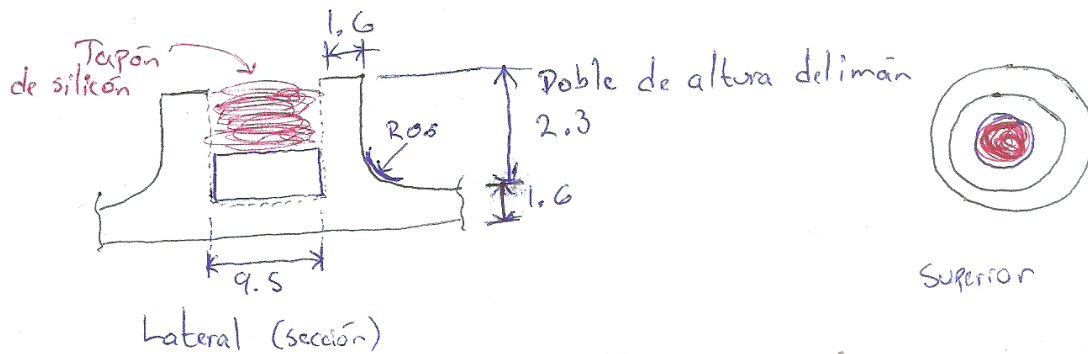


Figura 4.7: Configuraciones propuestas para los imanes. Se optó por la segunda propuesta debido a su simplicidad de forma y se aprovecha el hecho de que no hay fuerzas que tiendan a empujar los imanes hacia afuera. Esta consiste en una protuberancia de forma cilíndrica con una ranura para colocar el imán. Para evitar que el imán se salga de su posición debido a movimientos, se empleó una especie de tapón con silicón fundido.

La última consideración para la carcasa es la forma como estarán acomodados los conectores (headers). Se utilizarán 8 conectores para recabar señales de la lavadora y transmitir potencia al módulo. Es posible reducir el número de conectores procesando las señales de la lavadora adentro del panel de control mismo y transmitirlos por comunicación serial hacia el módulo, pero esto implicaría un número mayor de modificaciones al electrodoméstico y la idea de este proyecto es modificar lo menos posible al interior del panel de control.

Conector	Etiqueta	Función
1	Vcc	Suministro de tensión eléctrica
2	GND	Tierra
3	D7	Señal de etapa de ciclo de lavado: Remojo
4	D6	Señal de etapa de ciclo de lavado: Lavar
5	D5	Señal de etapa de ciclo de lavado: Enjuagar
6	D4	Señal de etapa de ciclo de lavado: Exprimir
7	A0	Señal de nivel del agua
8	A1	Señal de temperatura del agua

Cuadro 4.1: Funciones de cada conector del módulo y receptor. Las señales se transmiten desde la lavadora hacia el módulo.

Se decidió que se utilizarían 2 headers adicionales, ya que se utilizarán unos tornillos para aprisionar todos los conectores y se ocupa espacio adicional para poder sujetarlos.

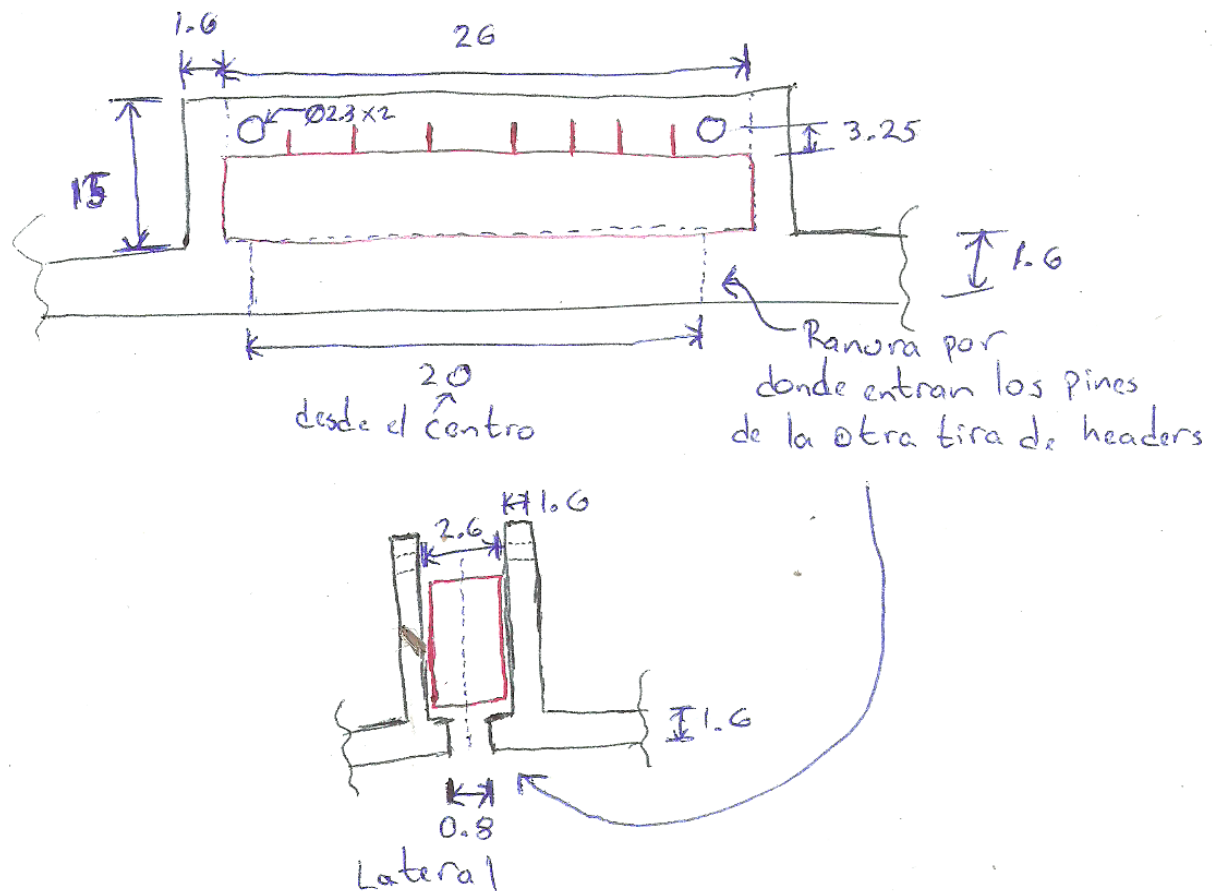


Figura 4.8: Bosquejo de la estructura que fijará la tira de headers en la carcasa del módulo así como en el receptor. Los headers de la carcasa se colocan de tal forma que los pines apunten hacia adentro de esta, mientras que en el receptor se colocan de manera contraria, para que puedan acoplarse mutuamente. Esta disposición es para que el módulo (pieza con la que va a interactuar el usuario) no tenga ningún pin externo que pueda ser dañado al manipularse, y también para evitar heridas al usuario, evitando que pueda pincharse con estos. Ambas tiras de headers se fijarán con dos tornillos M2.3 de 20mm de largo y sus respectivas tuercas.

Solo resta por unir todas estas ideas en una sola, para poder concretar el diseño de la carcasa y el receptor. Debido a la forma del circuito, el módulo tendrá forma de paralelogramo y contará con una tapa que se asegurará con tornillos, debido a que no es necesario quitar y volver a colocar la tapa constantemente.

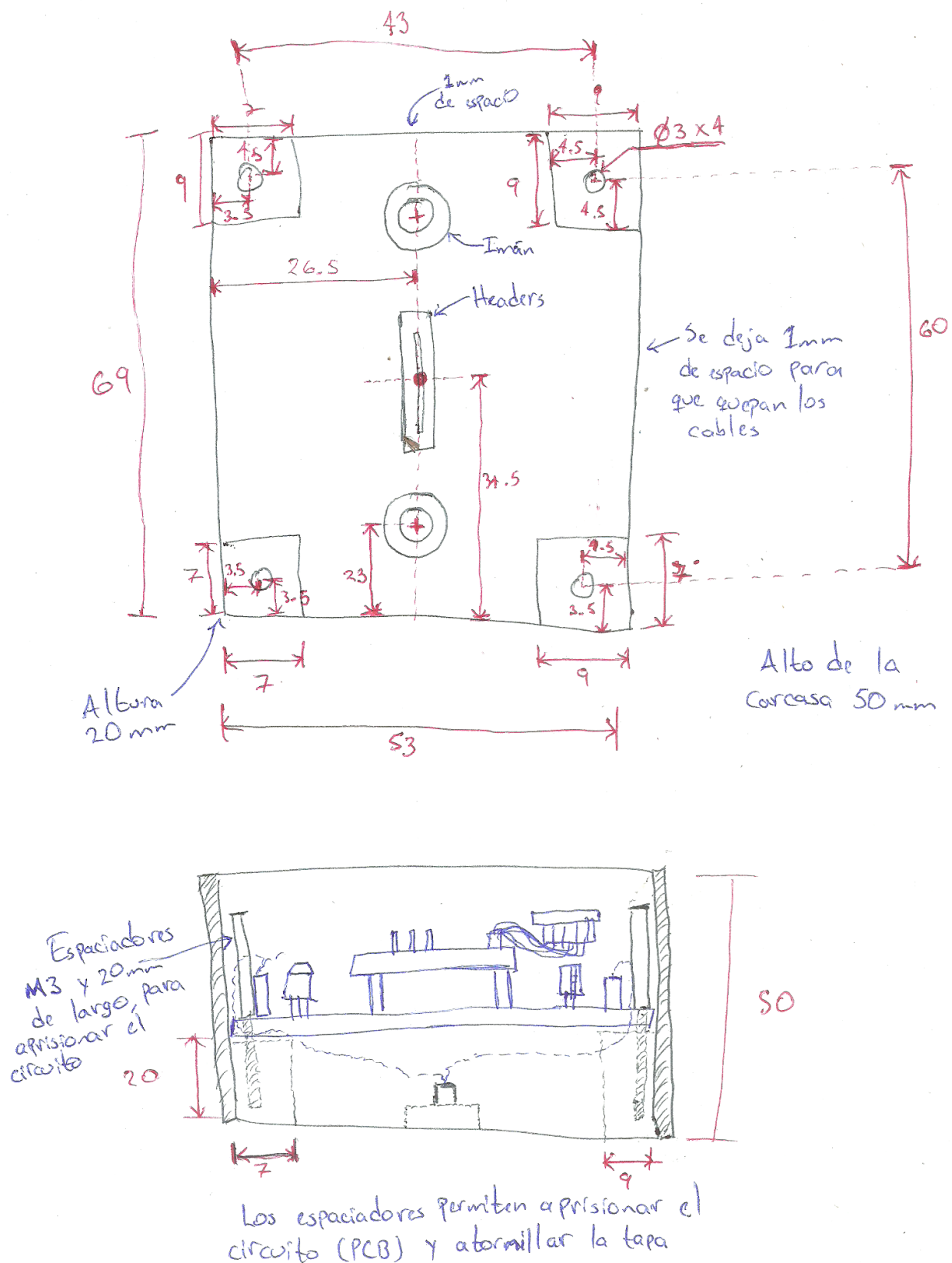


Figura 4.9: Bosquejo del layout de la carcasa del módulo, con todas las ideas definidas anteriormente, medidas y posiciones, así como consideraciones adicionales.

La tapa contará con un tirador para que sea fácil desacoplar el módulo del receptor. A la tapa se le realizó un análisis de elemento finito sólo para asegurar que el grosor del jalador fuera lo suficiente robusto para soportar la fuerza necesaria para desacoplar los imanes (0.5 kg-fuerza).

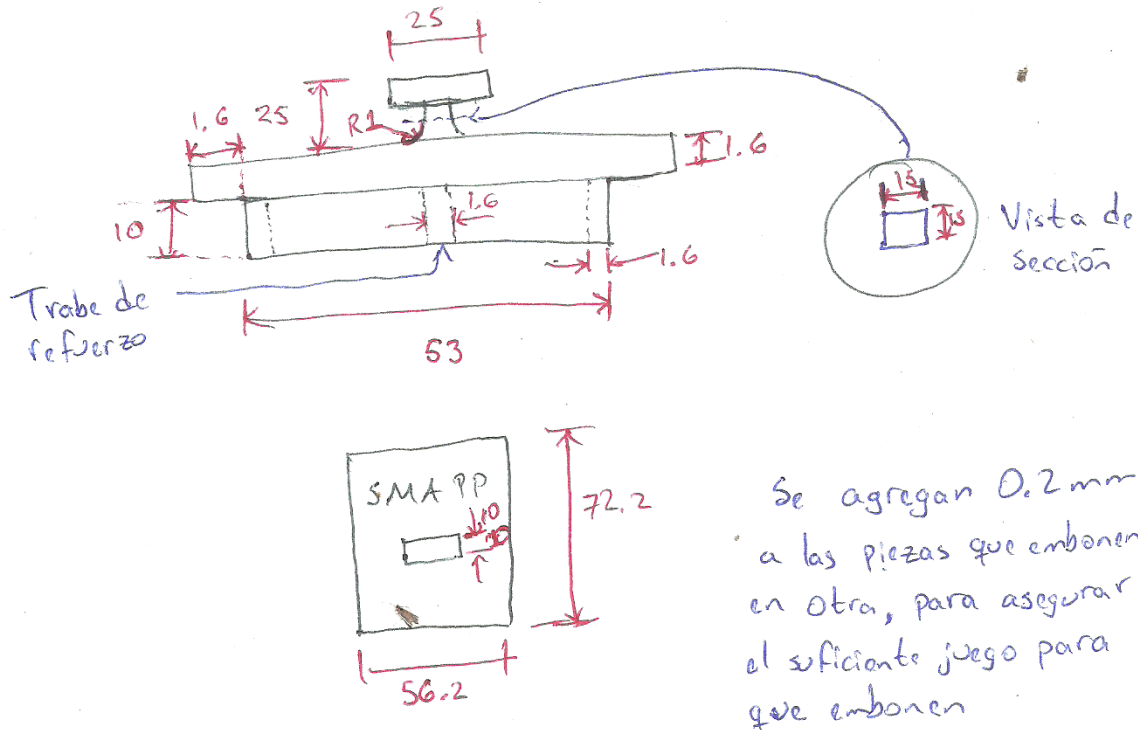


Figura 4.10: Bosquejo de la tapa para la carcasa. Se le agregó una viga o trabe longitudinal para reforzar la estructura, debido a que esta pieza será la que soportará la mayor fuerza (al tirar de ella para desacoplar el módulo del receptor). Se muestra también la indicación de agregar 0.2 mm de espaciamiento para las piezas que deben embonar entre sí, de manera que exista el juego suficiente para que puedan ser ensambladas sin mucho esfuerzo.

El receptor se ideó como una caja donde se alojará el módulo, por lo tanto tiene la forma de este y unas medidas similares. También es idéntica la forma como se sujetarán los imanes y la estructura para los conectores es similar, variando sólo en las medidas con respecto a la de la carcasa. Se fijará al panel de control de la lavadora con 4 tornillos M3 de 20mm de largo y su juego de tuercas.

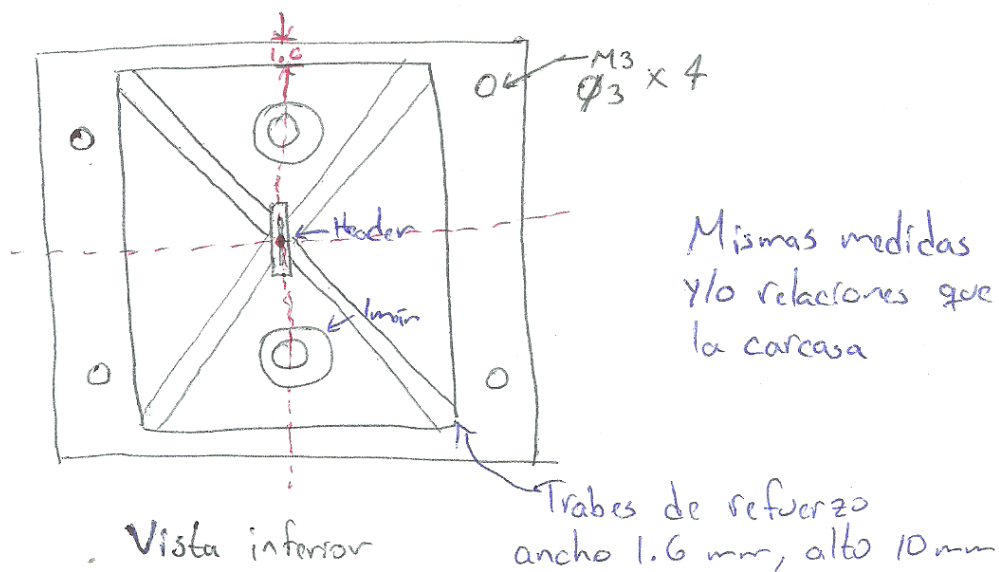
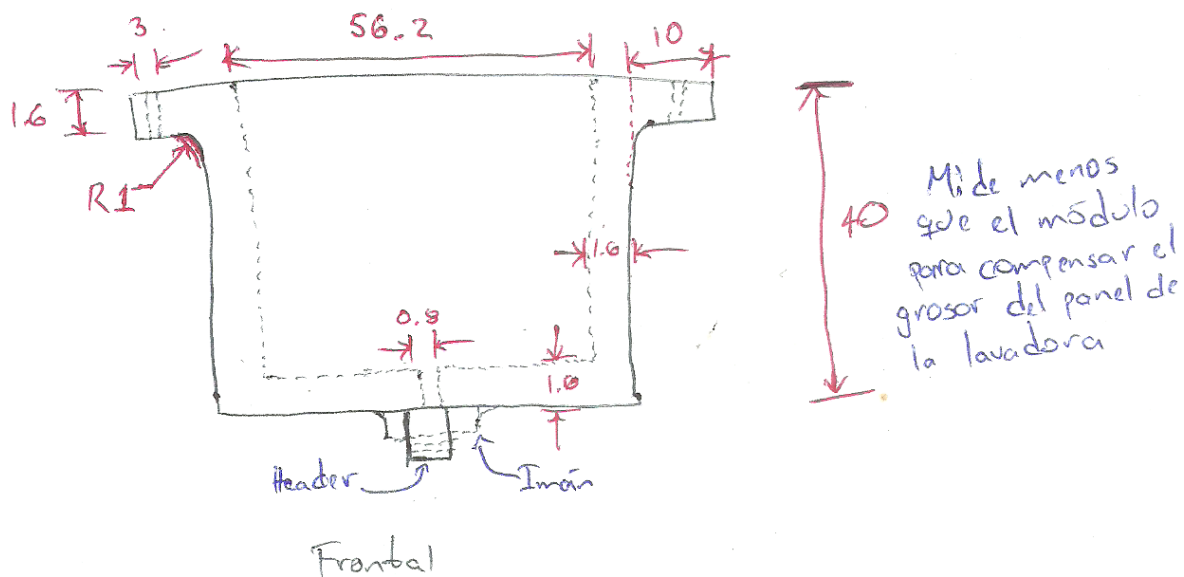


Figura 4.11: Bosquejo del layout del receptor. Su forma es inversa a la de la carcasa, pero sus medidas y posición del portaimanes y estructura para sujetar los conectores son similares a ella. Se añadió un refuerzo en forma de cruz para soportar las fuerzas que se generarán al empujar la carcasa en contra de esta pieza al realizar la acción de ensamble.

4.0.3. CAD y Manufactura

El material con el que se va a fabricar debe ser resistente y no conductor, por lo que un plástico (polímero) es adecuado. El proceso de manufactura que se va a emplear es el de FDM (Fused Deposition Modeling), un tipo de manufactura aditiva de plásticos (comunmente conocida como impresión 3D), la cual consiste en depositar pequeños filamentos de material calentado hasta un estado semi-líquido, para formar capas que se van fusionando debido al calor ejercido; si es necesario se deposita material de soporte si se necesita espaciar o soportar alguna parte de la pieza, este material de soporte es removido al final de la fabricación de la pieza [42]. Se optó por utilizar esta tecnología para la manufactura debido a su facilidad (solo se necesita el archivo del diseño en CAD para empezar a manufacturar); rapidez, ya que no se necesita fabricar un molde o matriz como en termoformado y manufactura por extrusión; buena calidad en las piezas (generalmente no es necesario realizar una operación de acabado en estas); y, se puede trabajar con el material seleccionado. Los materiales más comunes utilizados en este proceso de manufactura son el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) y PLA (Poliácido Láctico), sin embargo también es posible extruir otros materiales además de polímeros, como metal o compuestos. El material más adecuado para la fabricación es el ABS, ya que cumple con los requisitos: alta resistencia mecánica, no conductor y se puede manufacturar mediante FDM. El grosor de todas las paredes se estandarizó a 1.6mm, esta medida se decidió por medio de una sugerencia, al consultarlo con la empresa encargada de manufacturar el prototipo y es el mismo grosor con el que cuentan los cubos de Lego, los cuales tienen una elevada resistencia a impactos.

Para finalizar esta fase, se elaboraron modelos de las piezas en CAD mediante el software CATIA, para proceder con la manufactura del prototipo.

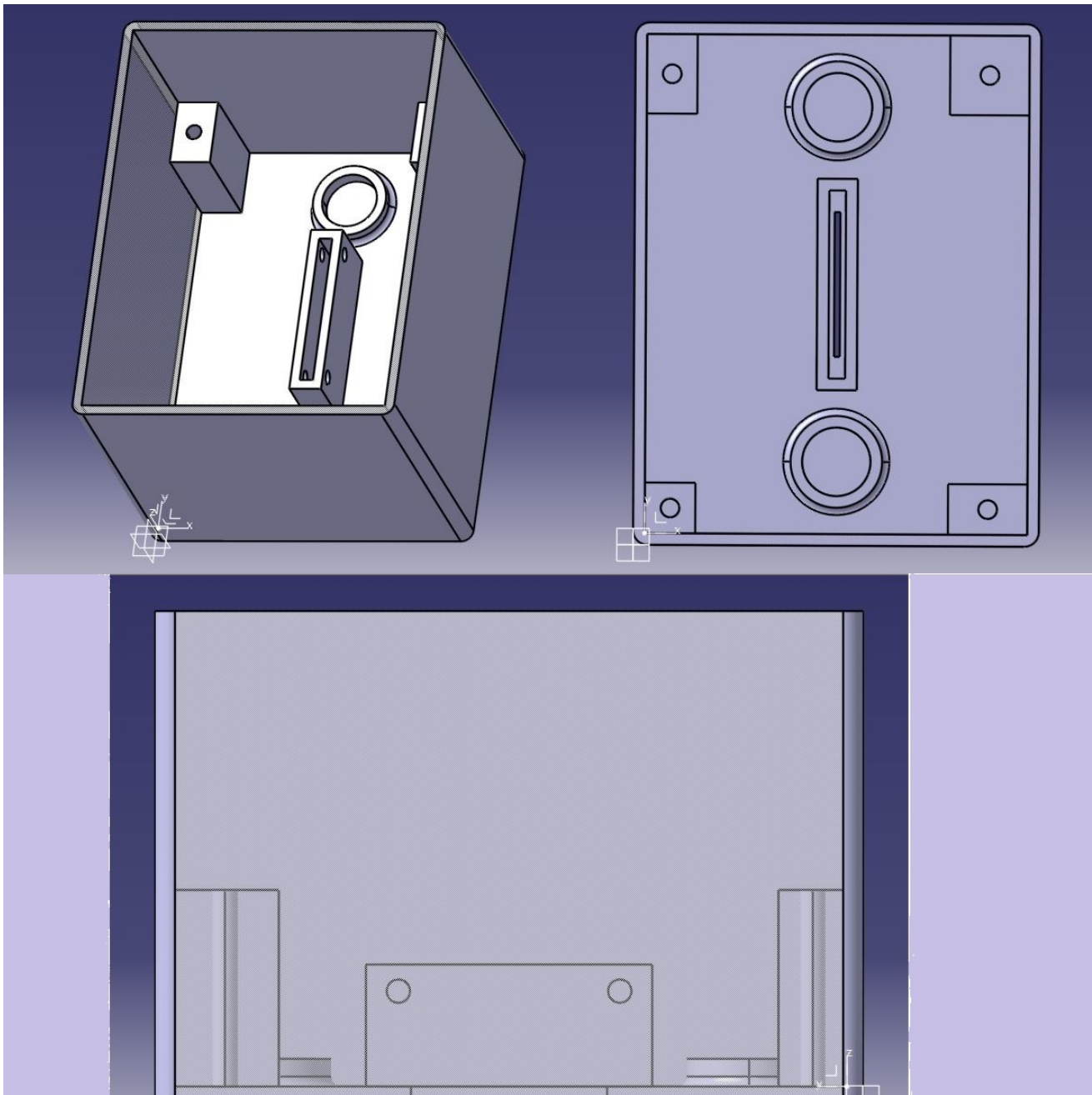


Figura 4.12: Diferentes vistas del modelo realizado en CATIA de la carcasa. Se aplicó una transparencia al material en la imagen inferior, con el fin de mostrar el detalle de las secciones donde se colocarán los conectores y los imanes.

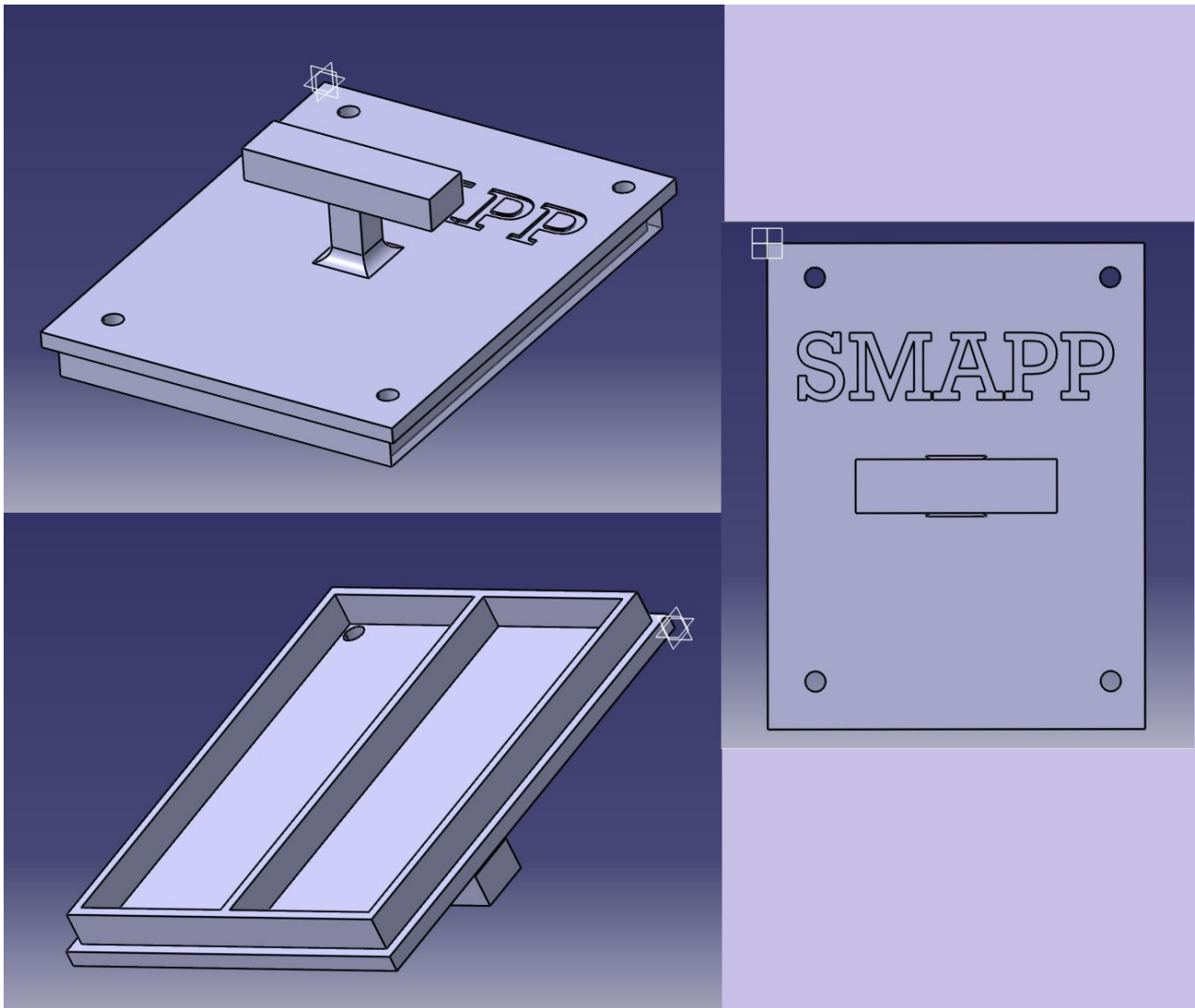


Figura 4.13: Distintas vistas del modelo en CAD de la tapa para la carcasa.

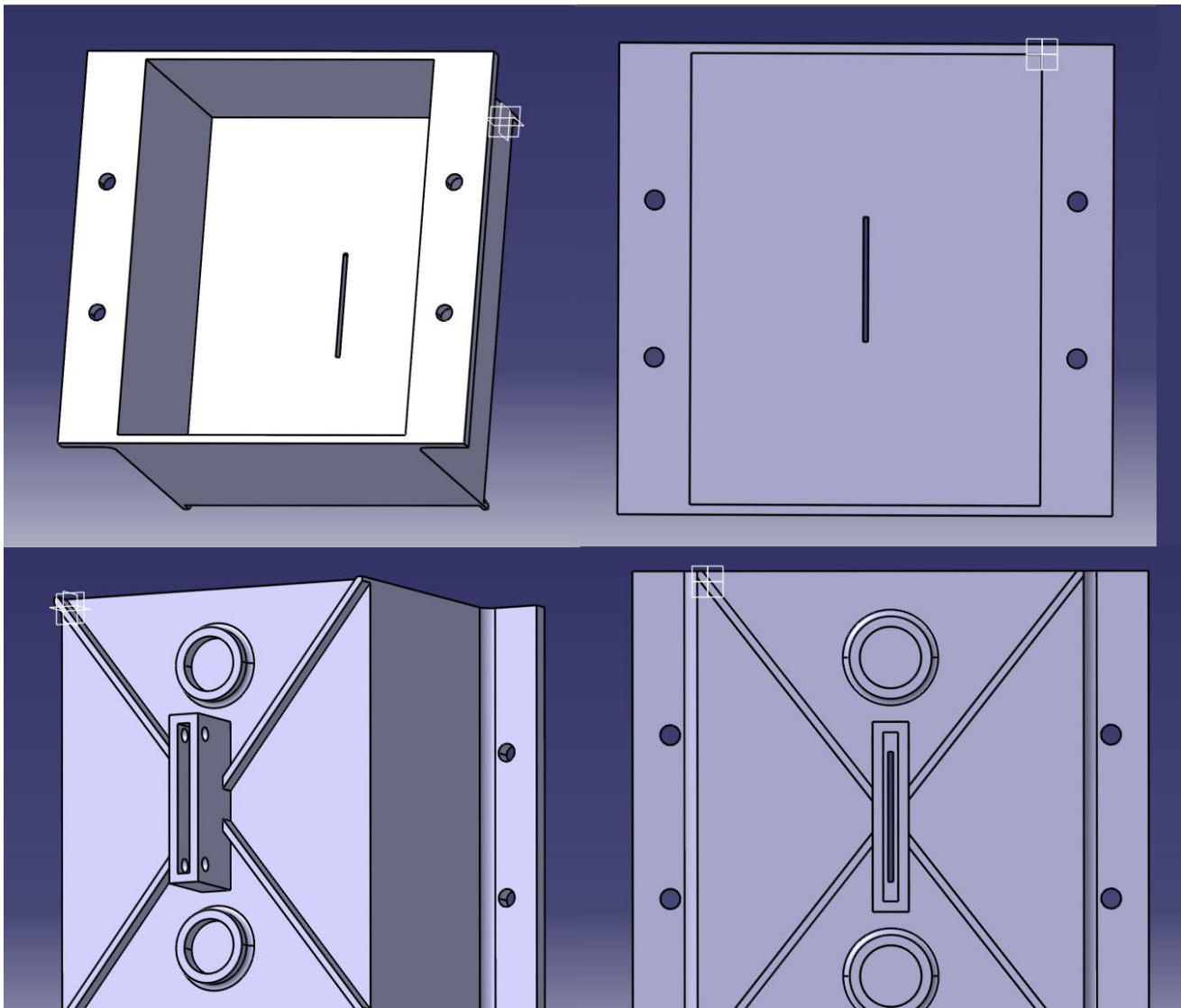


Figura 4.14: Distintas vistas del modelo en CAD del receptor para el módulo.

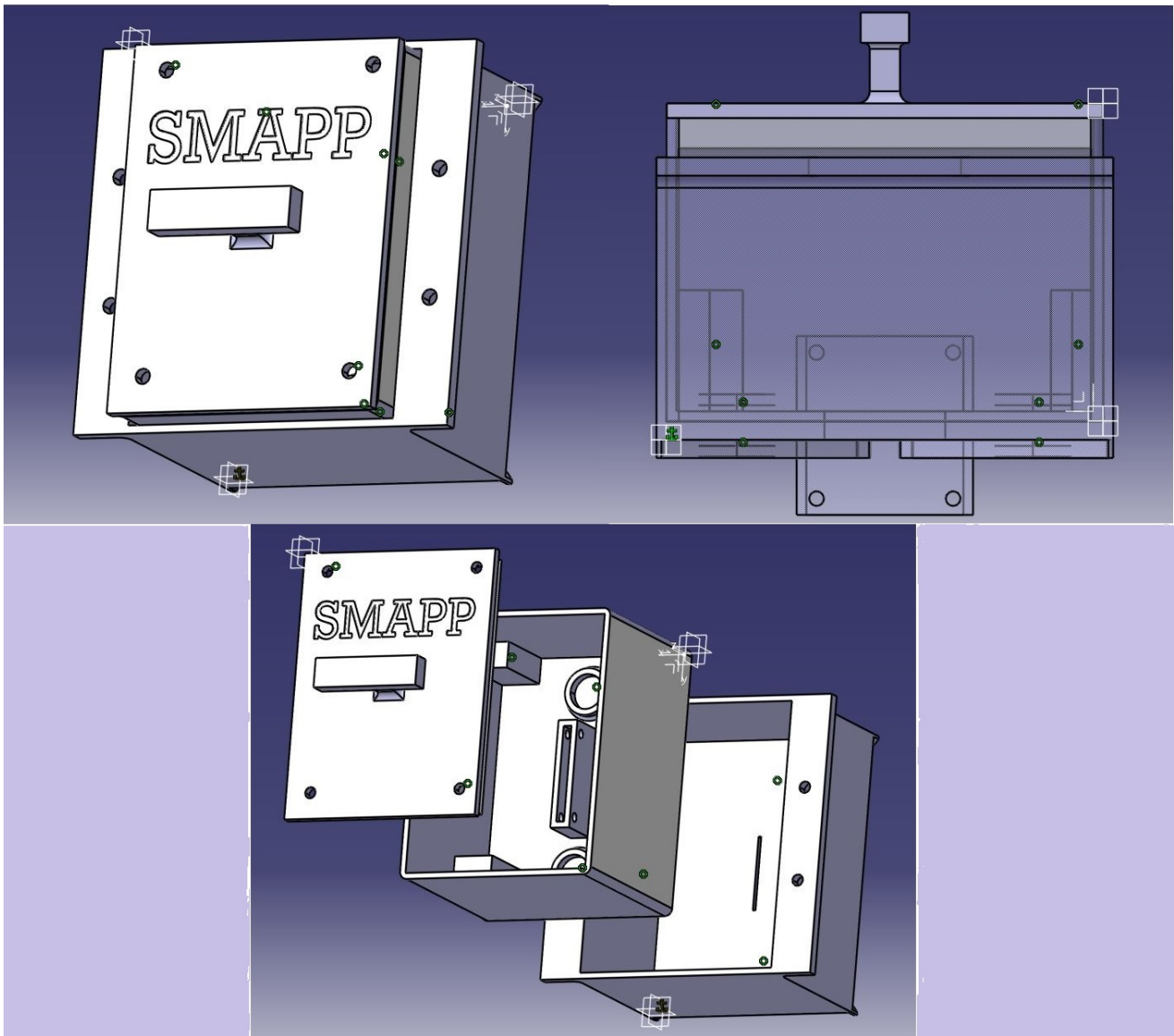


Figura 4.15: Ensamble y diferentes vistas de las piezas realizadas en CATIA. En la primer imagen se presenta la vista ensamblada, en la segunda se aplicó una transparencia para mostrar la forma en que se acoplan las piezas y por último se muestra una vista explosiva del ensamble.

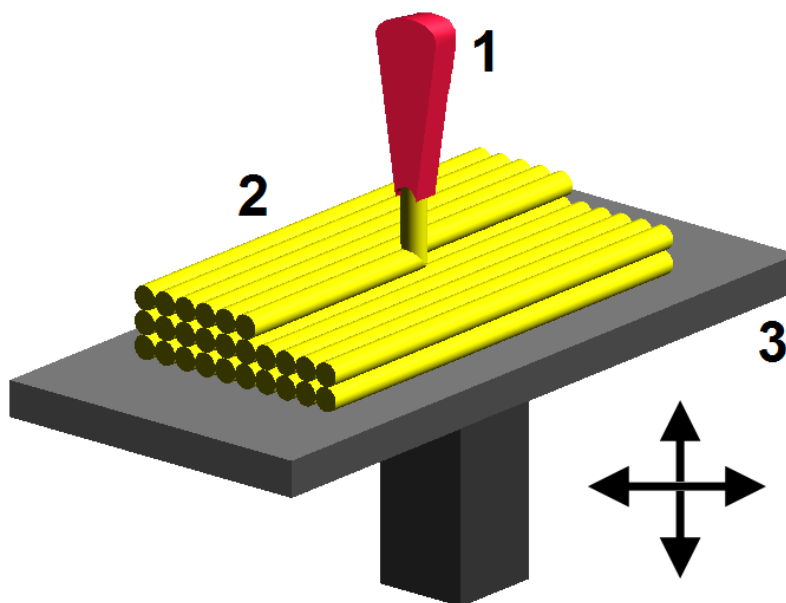


Figura 4.16: Esquema de funcionamiento de manufactura aditiva tipo FDM. En (1) se encuentra la boquilla que inyecta material fundido (generalmente plástico). (2) Filamentos de material depositados. (3) Mesa móvil, generalmente controlada por CNC. Imagen tomada de Wikimedia Commons.

Posteriormente solo resta ensamblar las piezas entre sí (fijar el circuito y la tapa con tornillos y espaciadores, conectar los headers y colocar los imanes) y sujetar el receptor al panel de control (se hizo un corte para remover el material del panel) y conectar algunos cables (sensor de nivel de agua, temperatura, etapa de lavado y corriente para alimentar el módulo y prescinda de baterías) desde el interior de este hacia los conectores del receptor.

4.0.4. Interfaz de usuario (app de smartphone)

Durante esta etapa se ideó un nombre para el dispositivo diseñado, además de un logotipo, para crear una imagen e identidad asociados a este dispositivo. La razón detrás de este motivo es que se planea seguir desarrollando posteriormente este aparato, ya que en el transcurso de este proyecto, se planteó la idea de convertir este dispositivo en un producto que pueda ser lanzado al mercado en el futuro. El nombre escogido es Smapp, como un juego de palabras en inglés de «Smart», «Appliances» y «Application».

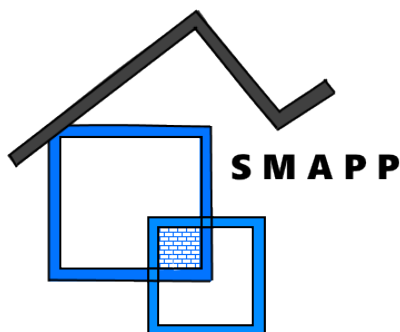


Figura 4.17: Logotipo de Smapp, de elaboración propia.

Para poder completar la función del módulo de conectarse a internet, es necesario recibir la información enviada desde la lavadora en un dispositivo remoto. Por lo cual se decidió crear una aplicación (app) de smartphone que permita interactuar al usuario con su electrodoméstico. Esta app utiliza un servidor en internet especializado en dispositivos para IoT llamado carriots, en el cual se almacenan los datos que envían sus electrodomésticos, en este caso la lavadora, y son recabados por el smartphone.

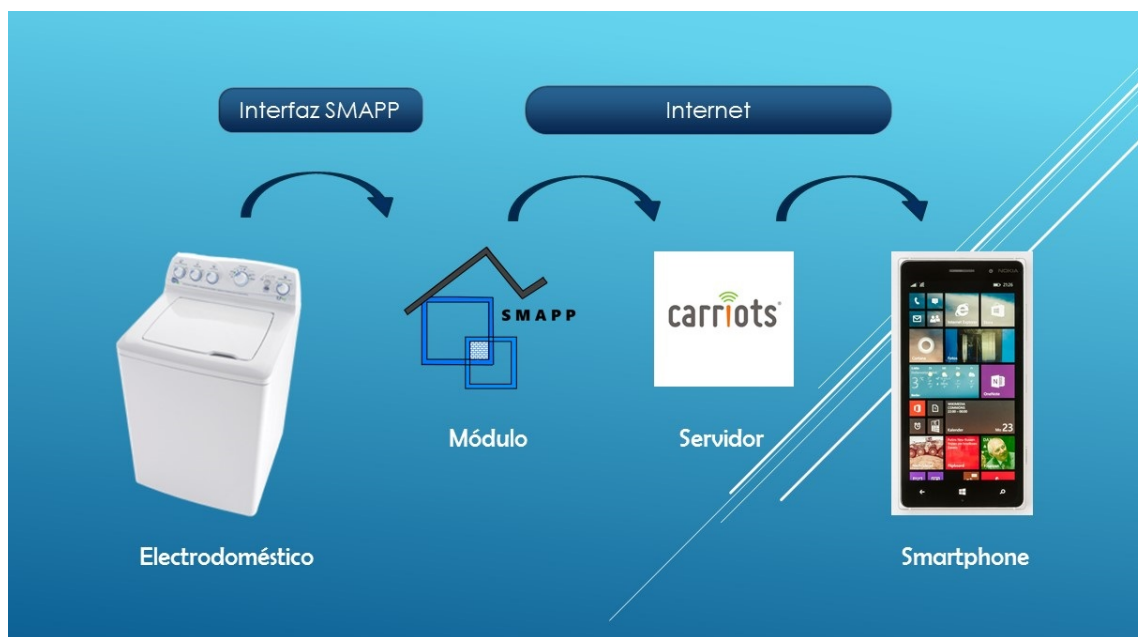


Figura 4.18: Diagrama que muestra el funcionamiento de todo el sistema. El electrodoméstico transmite señales al módulo de SMAPP, y este se encarga de transmitirlos cada minuto a un servidor en internet. Por último los datos almacenados son accedidos por un smartphone con una app diseñada para tal propósito.

Cabe mencionar que no todas las características de la app son funcionales, ya que esta se encuentra todavía en desarrollo y solo se puede recabar información de la lavadora con ella (no se pueden enviar comandos todavía, por ejemplo, apagar la lavadora). De igual forma se agregaron menús para interactuar con más electrodomésticos, los cuales siguen también desarrollándose. El lenguaje en el que se programó la app es C# y plataforma para la que se desarrolló es Windows Phone, debido a que es la plataforma con la que cuenta el autor de la tesis, además de que la app puede ser portada fácil y rápidamente a Windows para computadoras.



Figura 4.19: Capturas de pantalla de la aplicación de Smapp para smartphone (imagenes reales tomadas desde un celular). La plataforma en la cual se programó esta app es Windows Phone. Las capturas de pantalla de refrigerador y estufa son solamente demostrativas, ya que su funcionalidad sigue desarrollándose. Nota, las imagenes corresponden a tres capturas de pantalla distintas.

Capítulo 5

Prueba de Concepto y Resultados

El funcionamiento del sistema es bastante sencillo, solo hay que colocar el módulo dentro del receptor y se iluminarán dos leds, indicando que está encendido el módulo. Después de unos segundos de inicialización de los componentes electrónicos, el dispositivo comienza a transmitir las señales a través de internet y pueden ser consultadas de inmediato mediante el smartphone. Para desinstalar el sistema solo basta con tirar del módulo y desconectarlo del receptor.

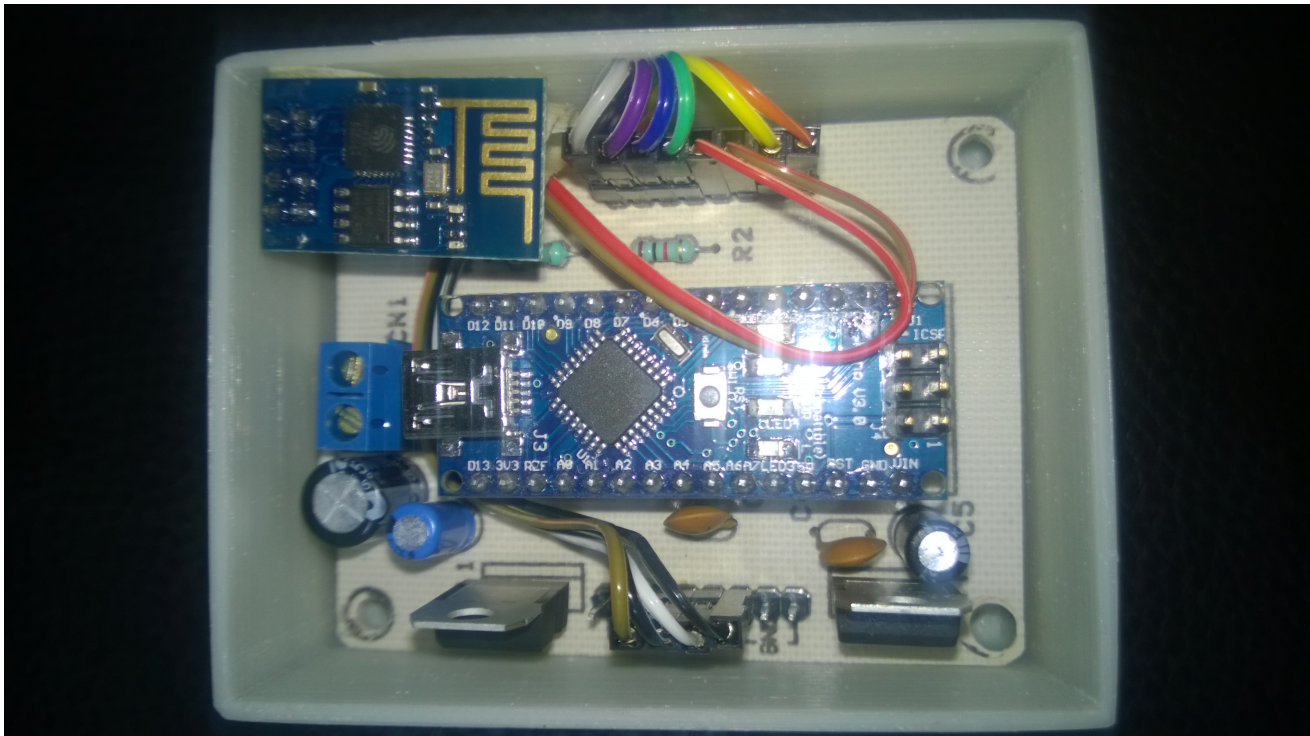


Figura 5.1: Vista del interior del módulo de Smapp con conectores ensamblados.

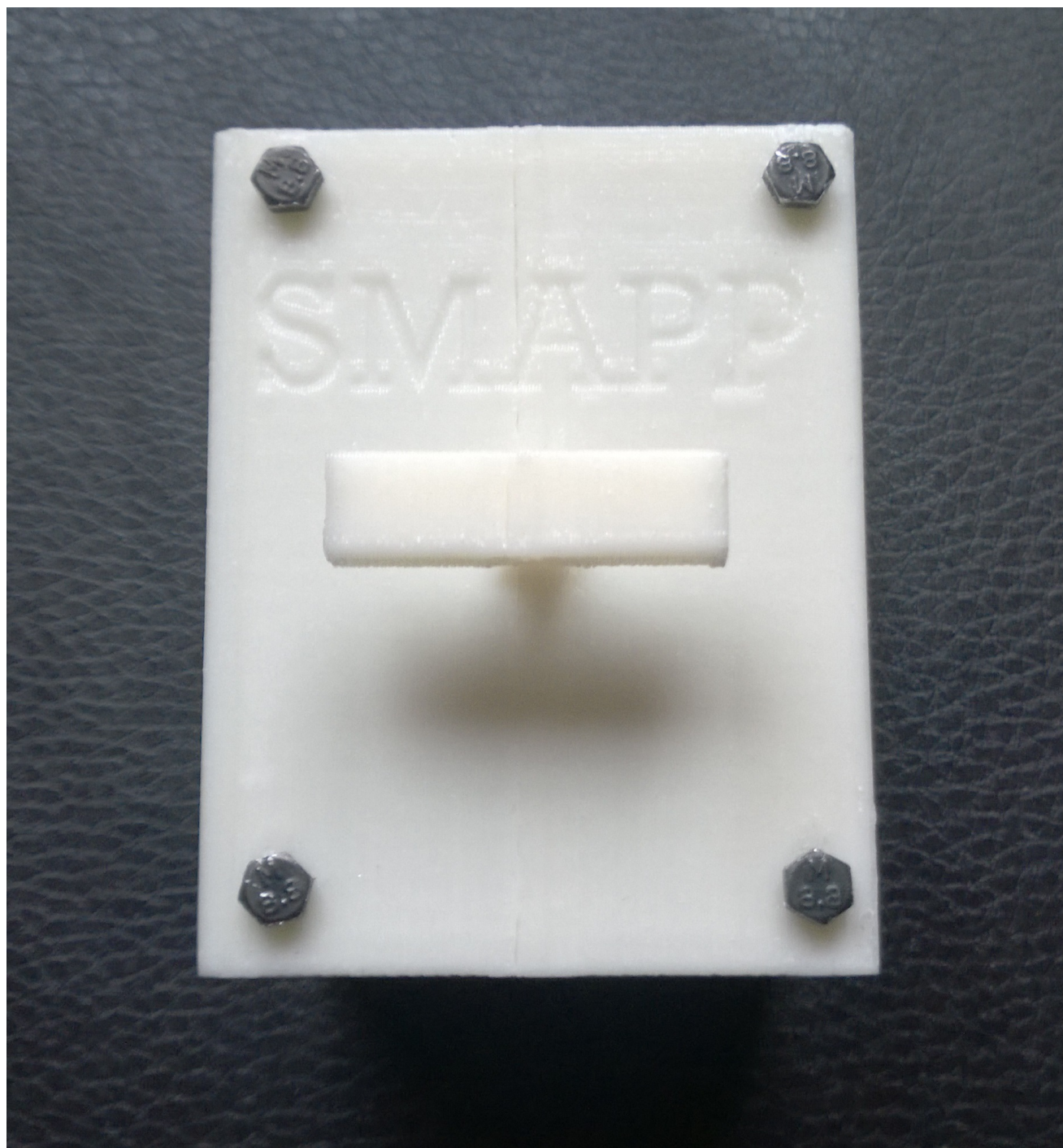


Figura 5.2: Módulo de Smapp completamente ensamblado y listo para usarse.



Figura 5.3: Panel de control de la lavadora con el receptor ensamblado. Se modificaron la carcasa y el interior de la lavadora para poder conectar los cables internos hacia el receptor.



Figura 5.4: Módulo de Smapp justo antes de ser instalado en el panel de control de la lavadora. Sólo se necesita una mano y poco esfuerzo para poder instalarse.

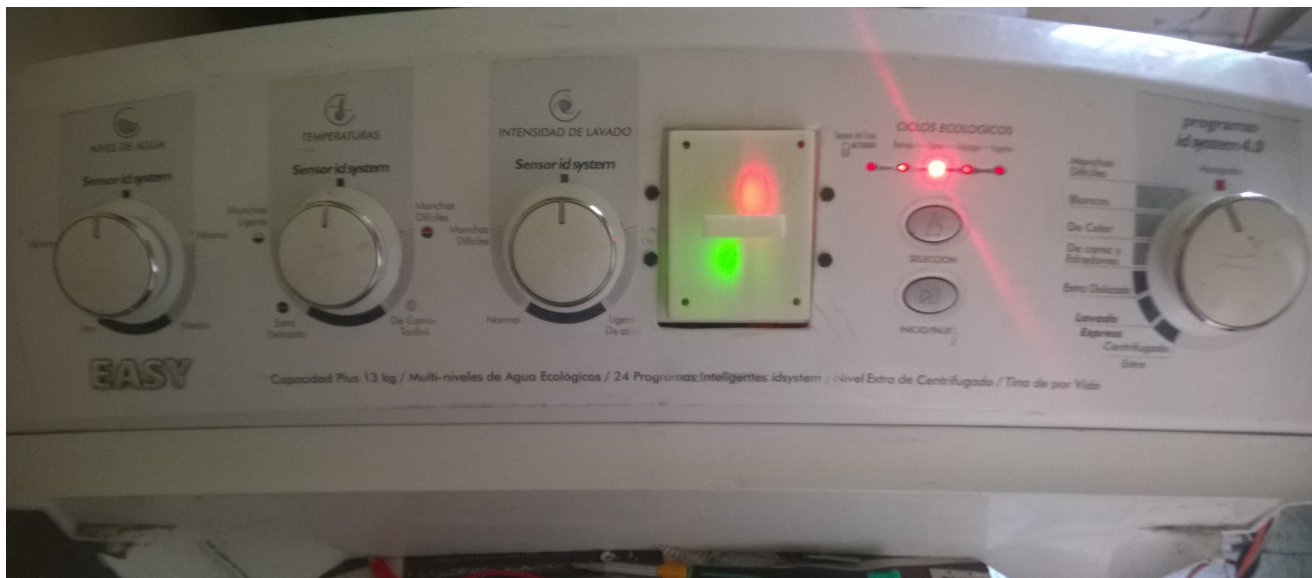


Figura 5.5: Módulo de Smapp instalado y funcionando sobre un panel de control de lavadora.

Con esto se satisfacen las 5 tareas de la lista propuestas al inicio de la fase de embodiment:

- **Función:** Las necesidades presentadas en la fase de diseño conceptual son satisfechas en su mayoría, 9 de 10 necesidades.
 - Es modular (intercambiable)
 - Se conecta a internet
 - Tiene suficientes entradas/salidas para interactuar con la mayoría de electrodomésticos
 - Proporciona información sobre el funcionamiento del electrodoméstico
 - Es fácil de conectar
 - Es compatible con diversas plataformas de electrodomésticos
 - No necesita conocimientos especiales ni herramientas para su instalación
 - Se integra perfectamente al electrodoméstico
 - No necesita baterías para funcionar

Siendo la única necesidad no cumplida la de «Permite controlar remotamente» al electrodoméstico. Esta función todavía se encuentra en desarrollo, ya que para implementarla es necesario contar con mayores conocimientos en programación web que con los que cuenta el autor actualmente. Una manera de simplificar la implementación de esta función, es que

los electrodomésticos contarán de manera interna con una interfaz universal para comunicarse con el control y sensores de estos. La estandarización de esta interfaz podría ser física (conectores) y funcional (protocolos de comunicación), ejemplos de este tipo de interfaces son USB, puerto paralelo y HDMI. También pudiera ser solamente funcional, ejemplos de este tipo serían RS-232, Bluetooth y Wi-Fi. Al contar con una interfaz estandarizada, no sería necesario modificar internamente el electrodoméstico (como se hizo con este prototipo), con lo cual no se invalidaría la garantía del aparato, y se ahorraría tiempo y dinero en la implementación del módulo. Por otro lado, esta interfaz podría facilitar los diagnósticos de servicio técnico de los electrodomésticos.

- Principio de trabajo: Los principios de trabajo, materiales y componentes propuestos producen los efectos deseados.
- Layout: La disposición y configuración de los componentes y materiales da como resultado un producto confiable y fácil de utilizar.
- Ergonomía: Las dimensiones, formas y esfuerzos requeridos para ensamblar y desensamblar el producto, fueron cuidados para que el usuario no realice esfuerzos grandes. También se tomaron las medidas pertinentes para hacer que el prototipo fuera seguro y no causara heridas o daños al usuario.
- Ensamble: Las piezas ensamblan de manera simple y no se necesitan herramientas, tiempo, ni mucho esfuerzo para poder ser ensambladas.

Se hizo una demostración y se pidió a un pequeño grupo (20 individuos) heterogéneo de personas que probaran el prototipo y las reacciones fueron generalmente favorables. Por medio de una entrevista, se les pidieron sus impresiones y comentarios acerca del prototipo del producto y algunas observaciones fueron que querían poder controlar el dispositivo de manera remota, que fuera resistente al agua para evitar accidentes y que les gustaría que se mejorara la apariencia estética del producto y que tuviera distintos colores. Algunos de los aspectos más valorados por los entrevistados es que sus electrodomésticos sean más robustos (tengan menos averías, que sean resistentes a impactos físicos y a factores ambientales), así como el ahorro energético. Se les preguntó también si estarían dispuestos a comprar este producto una vez estuviera terminado y la mayor parte aceptó (17 de 20 personas, es decir, 85%), siendo mayormente los más grandes (mayores de 40 años) los que respondieron negativamente. Cabe mencionar que debido al tamaño reducido de la población muestra, estas conclusiones no son definitivas, pero sirven como pauta sobre la aceptación del concepto y además aportan ideas para mejorar el prototipo.

Conclusiones y Trabajo a Futuro

El prototipo diseñado y construido en esta tesis cumplió con el objetivo de transformar un electrodoméstico convencional en uno inteligente, además de ser innovador, ya que al momento de concluir esta tesis no se ha presentado información o patente alguna sobre el desarrollo de un producto que realice la misma función.

Los dispositivos inteligentes han permitido el desarrollo del Internet de las cosas, y en un futuro próximo se espera que la mayoría de dispositivos electrónicos estén conectados a internet.

El acceso a estas tecnologías en México es todavía baja. Sin embargo, la cantidad de personas que tienen acceso a internet en el país (44 %) está por encima de la media mundial (40 %). La mayor parte de personas que utilizan internet en México tienen menos de 35 años.

El diseño modular se practica ampliamente en la manufactura de productos, principalmente en las industrias automotriz y de electrónica. Sin embargo este es raramente aplicado con un enfoque en el usuario. Al enfocarse en el usuario se tienen las ventajas de que se puede tener un producto personalizado, al poder escoger entre distintos módulos para un producto. Otra ventaja es que se puede reparar un producto de manera sencilla y económica, al solo cambiar el módulo dañado. Esto conlleva a una reducción indirecta de basura electrónica, al alargar la vida útil de un producto, haciendo que la necesidad de desecharlo para adquirir uno nuevo sea retrasada.

El prototipo de producto (Smapp) desarrollado toma en cuenta todas estas consideraciones y cumple con la mayoría de funciones propuestas. El diseño es una actividad simultánea y concurrente y no existe una metodología que sea la apropiada para todas las situaciones, por eso se decidió tomar elementos de distintas metodologías y seguir un procedimiento propio.

Es conveniente que los electrodomésticos contarán

Smapp tuvo mucha aceptación entre los usuarios que se presentó: 85 % de ellos estarían dispuestos a comprarlo en cuanto estuviera terminado. Los usuarios que no estaban interesados en el producto fueron los de más edad, lo que concuerda con lo mencionado anteriormente acerca de la mayoría de usuarios de Internet en México son jóvenes (este será el mercado al que estará dirigido Smapp).

Trabajo a Futuro

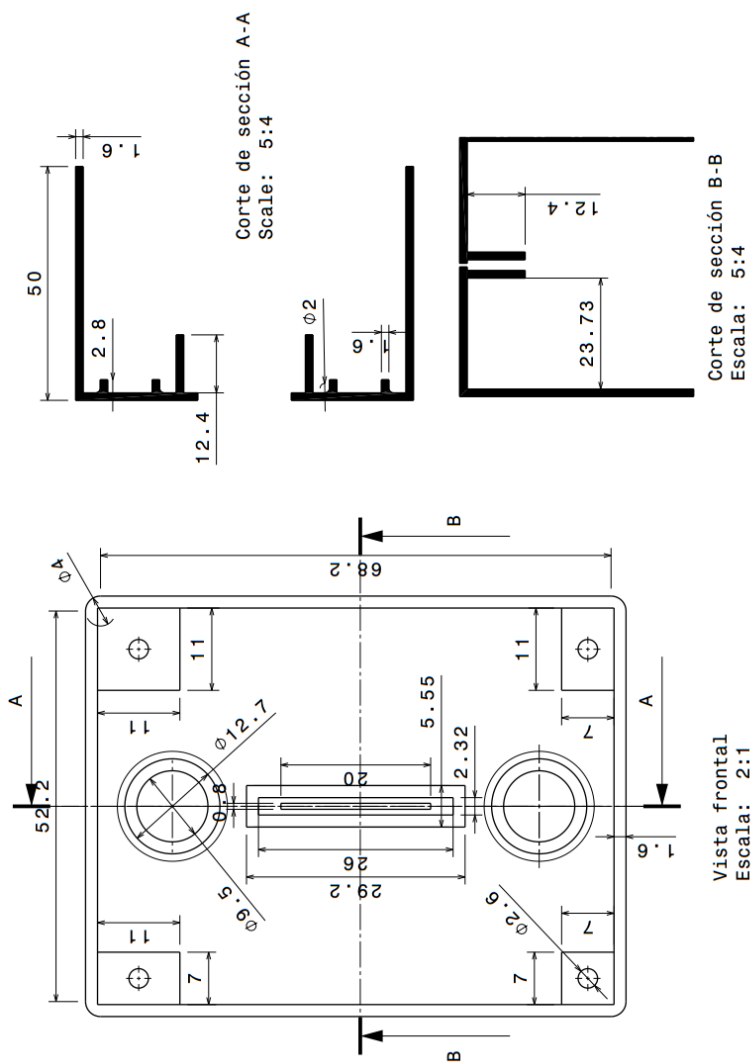
- Mejorar la estética del producto, utilizando un proceso de manufactura diferente y/o procesos de acabado. Ocultar los tornillos que sujetan la tapa a la carcasa o idear otro método de sujeción entre ellos.
- Añadir más funciones. Se necesita modificar la aplicación y la programación del circuito para que sea posible mandar comandos desde la app hacia el electrodoméstico. También

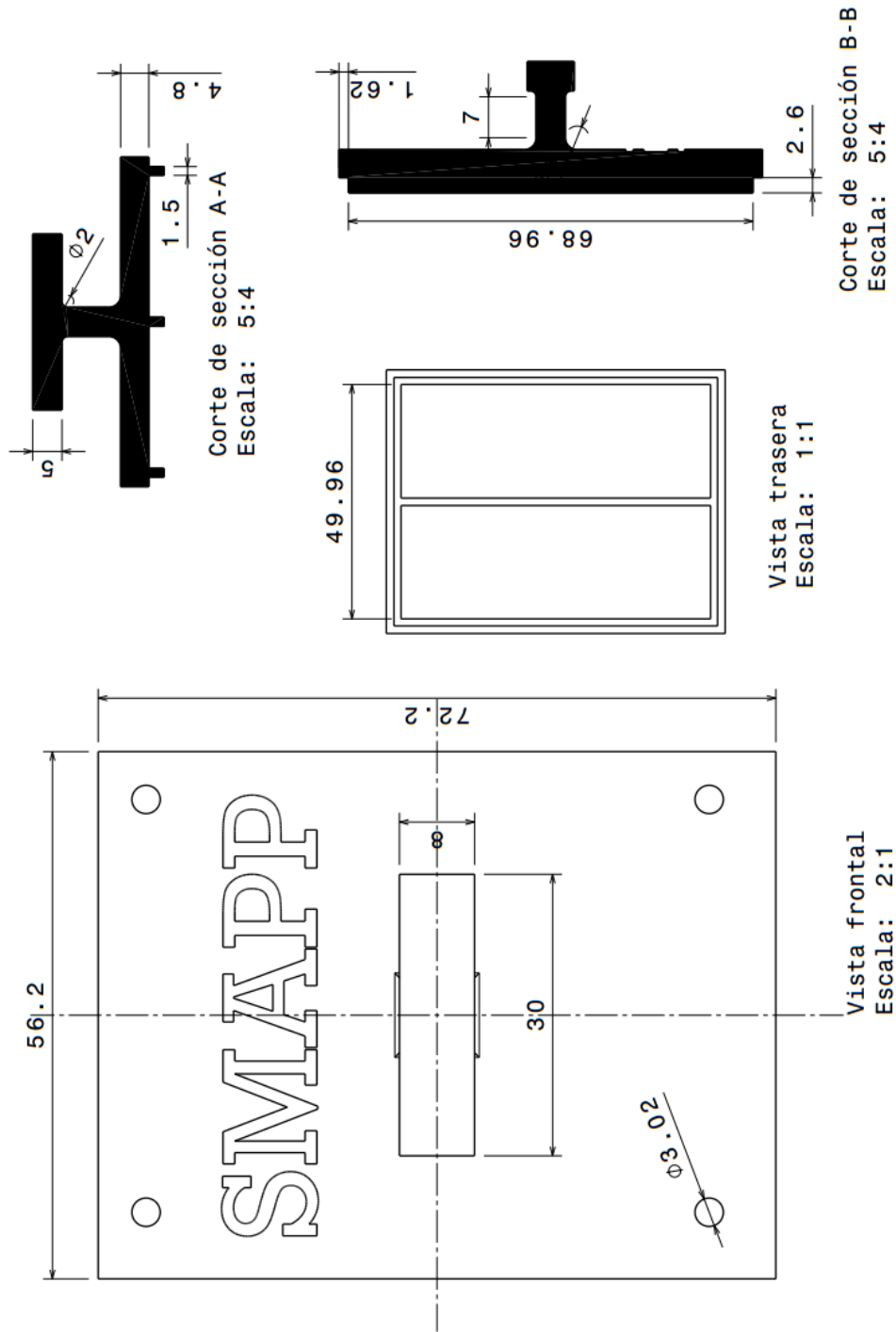
se necesitan habilitar las funcionalidades en la aplicación para otros electrodomésticos, como refrigerador y estufa.

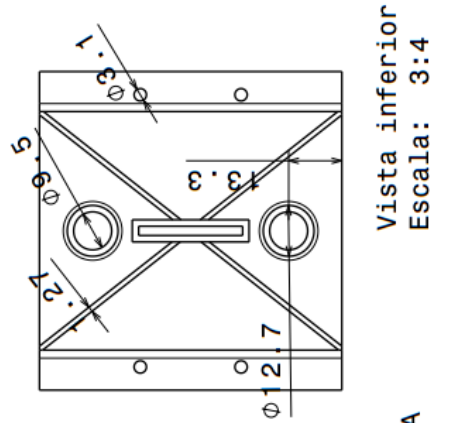
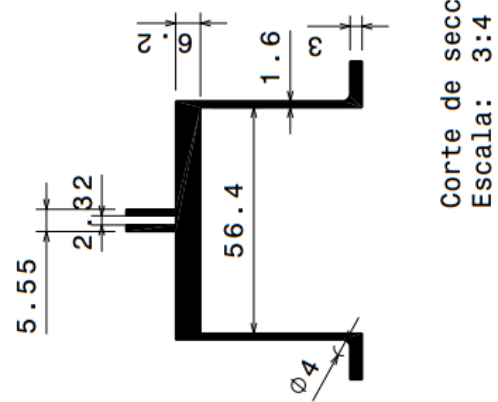
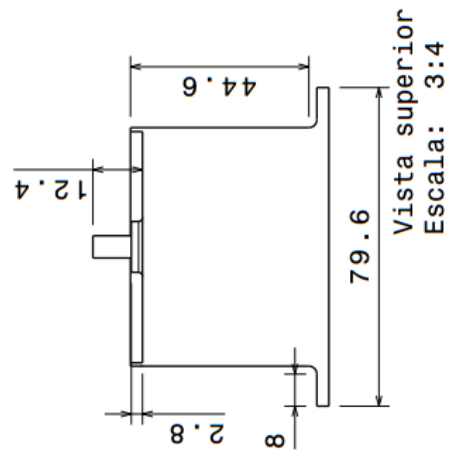
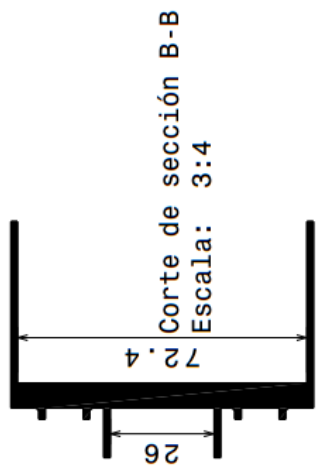
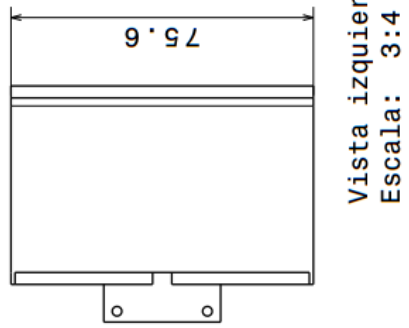
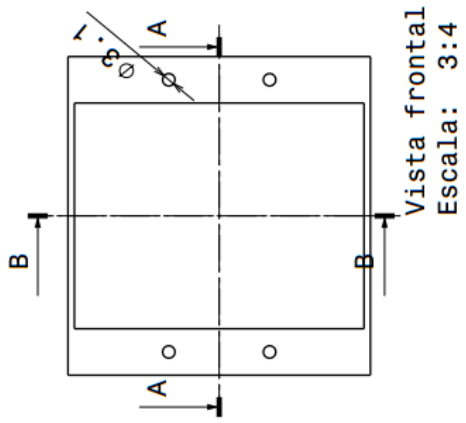
- Diseñar más módulos. Se ha planeado crear módulos que contengan pantallas LCD, bocinas, entre otros, y que estos puedan interactuar entre sí.
- Programar la app de Smapp para otras plataformas (iOS y android).
- Realizar un análisis de costos para determinar un precio estimado del producto.

Apéndice A

Planos de las piezas







Apéndice B

Código del programa del microcontrolador

```
#include <SoftwareSerial.h>
#define SSID "Hurtado" //Nombre de la red
#define PASS "hurtadoreynoso06031989" //Contraseña de la red
#define URL "api.carriots.com"
const String APIKEY = "df9aefff8ef25159e02cbcea050549473272b521c68f019f160cb6ff8dd9e163";
const String DEVICE = "defaultDevice@cloud_ishida.cloud_ishida";
String etapa;
String temp;
String nivel;
String programa;
char mychar;
unsigned int cont = 0;
SoftwareSerial wifi(2,3); // Rx en el pin 2, Tx en el pin 3.
void setup() {
wifi.begin(9600); // PROBRAR SI ES EL MODULO DE 57600 O EL DE 9600
delay(50);
wifi.setTimeout(5000);
pinMode(13,OUTPUT); //luces para indicar cuando encendió o reinició el módulo
pinMode(7,INPUT);
pinMode(6,INPUT);
pinMode(5,INPUT);
pinMode(4,INPUT);
for(int i=0;i<4;i++)
{
digitalWrite(13,HIGH);
delay(100);
digitalWrite(13,LOW); delay(100);
}
delay(50);
wifi.println(F("AT+RST"));
delay(100);
```

```

if(wifi.find("ready"))
{
delay(1000);
boolean connected=false;
for(int i=0;i<10;i++)
{
if(connectWiFi())
{
connected = true;
break;
}
}
if(connected==false) //parpadea 10 veces rápidamente si no se pudo conectar
{
for(int i=0;i<10;i++)
{
digitalWrite(13,HIGH);
delay(100);
digitalWrite(13,LOW);
delay(100);
}
}
delay(5000); //Se permite una sola conexión con este comando
wifi.println(F("AT+CIPMUX=0")); //parpadea lentamente 2 veces para indicar que ya está
listo
digitalWrite(13,HIGH);
delay(150);
digitalWrite(13,LOW);
delay(150);
digitalWrite(13,HIGH);
delay(150);
digitalWrite(13,LOW);
}
}
void loop()
{
int sen_agua = 0;
int sen_temp = 0;
if(digitalRead(7)==HIGH) etapa = "Remojo";
if(digitalRead(6)==HIGH) etapa = "Lavar";
if(digitalRead(5)==HIGH) etapa = "Enjuagar";
if(digitalRead(4)==HIGH) etapa = "Exprimir";
sen_agua = analogRead(A1);
sen_temp = analogRead(A0);

```

```

sen_agua = map(sen_agua,0,1023,0,50);
sen_temp = map(sen_temp,0,1023,0,50);
if(sen_agua < 8) nivel = "Minimo";
else if(sen_agua > 9 && sen_agua < 18) nivel = "Medio";
else if(sen_agua > 19 && sen_agua < 28) nivel = "Alto";
else if(sen_agua > 29 && sen_agua < 38) nivel = "Maximo";
else if(sen_agua > 39 && sen_agua < 48) nivel = "Sensor id";
else nivel = "Minimo*"; if(sen_temp < 8) temp = "Caliente/Frio";
else if(sen_temp > 9 && sen_temp < 18) temp = "Tibio/Tibio";
else if(sen_temp > 19 && sen_temp < 28) temp = "Frio/Frio";
else if(sen_temp > 29 && sen_temp < 38) temp = "Tibio/Frio";
else if(sen_temp > 39 && sen_temp < 48) temp = "Sensor id";
else temp = "Caliente/Frio*";
programa = "Color";
sendStream();
delay(60000);
}
////////////////////////////////////
///Funciones adicionales////////
boolean connectWiFi()
{
wifi.println(F("AT+CWMODE=1"));
wifi.println(F("AT+CWJAP=\"Hurtado\", \"hurtadoreynoso06031989\""));
delay(2000);
if(wifi.find("OK")) {
return true;
}
else {
return false;
}
}
////////////////////////////////////
void sendStream()
{
wifi.println(F("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.carriots.com\",80"));
delay(100);
wifi.flush();
delay(100);
if(wifi.find("Error")) return;
String json = "{\"protocol\": \"v2\", \"device\": \""+DEVICE+"\", \"at\": \"now\", \"data\": {\"Etapa\"
json+= "\"Nivel de agua\": \""+nivel+"\", \"Programa\": \""+programa+"\"}}";
String request = "POST /streams HTTP/1.1\r\n";
request+= "Host: api.carriots.com\r\n";
request+= "Accept: application/json\r\n";
}

```

```
request+= "User-Agent: Arduino-Carriots\r\n";
request+= "Content-Type: application/json\r\n";
request+= "carriots.apikey: df9aefff8ef25159e02cbcea050549473272b521c68f019f160cb6ff8dd9e163\r\n";
request+= "Content-Length: ";
request+= json.length();
request+= "\r\nConnection: close\r\n\r\n";
wifi.print(F("AT+CIPSEND="));
wifi.println(json.length()+request.length());
delay(10);
wifi.print(request);
wifi.println(json);
}
```


Apéndice C

Cuestionario de prueba del producto

Datos (nombre opcional, edad y ocupación):

¿Conoces el internet de las cosas? (darle al entrevistado la siguiente definición en caso de no conocerla)

Es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con Internet. Por ejemplo, si los libros, termostatos, refrigeradores, la paquetería, lámparas, botiquines, partes automotrices, etc. estuvieran conectados a Internet y equipados con dispositivos de identificación, no existirían, en teoría, cosas fuera de stock o medicinas faltantes o caducadas, sabríamos exactamente la ubicación y cómo se consumen y compran productos en todo el mundo; el extravío sería cosa del pasado y sabríamos qué está encendido o apagado en todo momento.

¿Conoces los dispositivos inteligentes? (darle al entrevistado la siguiente definición en caso de no conocerla)

Dispositivos con internet, capacidad de cómputo, sensores, pantalla táctil, etc.

¿Cuentas con un Smartphone?

¿Qué electrodoméstico utilizas más?

¿Si pudieras agregar una función o cambiar algo a uno de tus electrodomésticos, que sería?

¿Comprarías otro electrodoméstico para realizar esa función? (preguntar qué harían con el antiguo si compran otro)

¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por añadir esa función?

¿Sabes qué es un producto modular? (darle al entrevistado la siguiente definición en caso de no conocerla)

Es un producto que está formado de piezas intercambiables “módulos” con distintas funciones cada una y pueden reemplazarse para cambiar o añadir funciones o ser reparados. Ejemplo:

Computadoras de escritorio, muebles de estantes de tiendas, cubículos de oficina, algunos libreros y lockers, algunas mesas, racks, etc.

¿Qué piensa de un producto que permita añadir funciones a su electrodoméstico y lo convierta en un dispositivo inteligente?

Se les muestra el prototipo a los usuarios y se les permite interactuar con él antes de seguir con la entrevista.

¿Estarías dispuesto a comprar el producto cuando esté terminado?

Notas Adicionales (Anotar algún producto similar que conozcan, alguna experiencia que hayan tenido, opiniones, posibles defectos/mejoras al prototipo, o cualquier cosa que sea importante y no esté cubierta en las otras preguntas):

Bibliografía

- [1] Liu, L., *Internet of Things and RFID Technology*. Applied Mechanics and Materials (Vols. 336-338), 2013, pp. 2512-2515.
- [2] <http://datasciencebe.com/2014/11/06/you-are-invited-the-business-value-of-the-internet-of-things/>. Consultado el 5 de diciembre de 2014.
- [3] Thompson, C. *Smart Devices and Soft Controllers*. IEEE Internet Computing, vol. 9. tomo 1, 2005, pp. 82-85.
- [4] *International CES (Consumer Electronics Expo)*. <http://www.cesweb.org/about-us>. Consultado el 4 de diciembre de 2014.
- [5] CNET. *Samsung, SmartThings and the open door to the smart home (Q&A)*. <http://www.cnet.com/uk/news/smartthings-ceo-on-samsung-being-open-apples-homekit-and-more-q-a/>. Consultado el 10 de diciembre de 2014.
- [6] https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html. Consultado el 27 de mayo de 2015.
- [7] Fadaeenejad, M., et al. *The present and future of smart power grid in developing countries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 29, 2014, pp. 828-834.
- [8] <http://constructorelectrico.com/redes-inteligentes-en-mexico-sin-rumbo/>. Consultado el 27 de mayo de 2015.
- [9] <http://www.cnet.com/products/dacor-discovery-iq-48-dual-fuel-range/>. Consultado el 27 de mayo de 2015.
- [10] <http://www.cnet.com/news/internet-of-things-frenzy-drives-chipmaker-land-grab/>. Consultado el 27 de mayo de 2015.
- [11] Kiddee, P., Naidu, R., y Wong, M. *Electronic Waste Management Approaches: An Overview*. Waste Management, vol. 33, 2013, pp. 1237-1250.
- [12] Number of internet users (2015). <http://www.internetlivestats.com/internet-users/>. Consultado el 29 de mayo de 2015.
- [13] Estadísticas a propósito del... día mundial del internet (17 de mayo). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 14 de mayo de 2015, p. 1.

- [14] The Economist. *Planned Obsolescence*. <http://www.economist.com/node/13354332>. Consultado el 10 de diciembre de 2014.
- [15] Disposing of appliances responsibly. <http://www2.epa.gov/rad/disposing-appliances-responsibly>. Consultado el 29 de mayo de 2015.
- [16] StEP, Solving the E-Waste Problem. *What is E-Waste?* http://www.step-initiative.org/index.php/Initiative_WhatIsEwaste.html. Consultado el 11 de diciembre de 2014.
- [17] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y La Universidad de las Naciones Unidas. *Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies: Recycling - From E-Waste to Resources*. Obtenido de http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf.
- [18] http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-12-02/guiyu-la-capital-mundial-de-la-basura-electronica-se-envenena-en-plomo_513174/. Consultado el 12 de diciembre de 2014.
- [19] CNN. *China: The electronic wastebasket of the world*. <http://www.cnn.com/2013/05/30/world/asia/china-electronic-waste-e-waste/>. Consultado el 12 de diciembre de 2014.
- [20] *Samsung Evolution Kit*. <http://www.samsung.com/us/video/tvs-accessories/SEK-2000/ZA>. Consultado el 4 de diciembre de 2014.
- [21] <http://www.samsung.com/us/video/tvs-accessories/SEK-2000/ZA>. Consultado el 4 de diciembre de 2014.
- [22] *Samsung SEK-1000 (2013 Evolution Kit) review: A brain transplant for Smart TVs*. <http://www.cnet.com/products/samsung-sek-1000-evolution-kit-digital-multimedia-receiver-sek1000za/>. Consultado el 4 de diciembre de 2014.
- [23] <http://www.cnet.com/products/samsung-sek-1000-evolution-kit-digital-multimedia-receiver-sek1000za/2/>. Consultado el 4 de diciembre de 2014.
- [24] *About Phonebloks*. <http://phonebloks.com/about-phonebloks/>. Consultado el 24 de noviembre de 2014.
- [25] <http://phonebloks.com/gallery/>. Consultado el 24 de noviembre de 2014.
- [26] Forbes.com. *Google's Project Ara Is Finally Coming Out With Its Modular Smartphones In Puerto Rico*. <http://www.forbes.com/sites/aarontilley/2015/01/14/googles-project-ara-is-finally-coming-out-with-its-modular-smartphones-in-puerto-rico/>. Consultado el 22 de enero de 2015.
- [27] http://en.wikipedia.org/wiki/Project_Ara. Consultado el 22 de enero de 2015.

- [28] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., y Grote K. *Engineering Design: A Systematic Approach*. 3era ed., Springer, 2007.
- [29] Ulrich, Karl T. y Eppinger, Steven D. *Diseño y Desarrollo de Productos*. 5a ed., McGraw Hill, 2013.
- [30] Johnson, L. *Modularity: A Growing Management Tool because it Delivers Real Value*. Modular Management, 2013.
- [31] Worren, N., y Moore K. *Modularity, Strategic Flexibility, and Firm Performance: A Study of the Home Appliance Industry*. Strategic Management Journal, No. 23, 2002, pp. 1123-1140.
- [32] *littleBits electronics*. www.littlebits.cc. Consultado el 24 de noviembre de 2014.
- [33] Google reportedly developing displays that can combine to create one huge TV. <http://www.theverge.com/2014/10/3/6905083/google-developing-displays-that-connect-like-legos-report>. Consultado el 22 de enero de 2015.
- [34] WeMo smart home products. www.wemo.com/products.html. Consultado el 20 de septiembre de 2015.
- [35] <http://www.christiedigital.com/en-us/microtiles/be-inspired/pages/display-solutions.aspx>. Consultado el 22 de enero de 2015.
- [36] *Membership - Wireless Power Consortium*. <http://www.wirelesspowerconsortium.com/membership/>. Consultado el 23 de febrero de 2015.
- [37] www.sparkfun.com. Consultado el 11 de mayo de 2015.
- [38] www.arduino.cc. Consultado el 11 de mayo de 2015.
- [39] www.electrodragon.com. Consultado el 11 de mayo de 2015.
- [40] Voukon, D., Beleggia, M., Heller, L., y Sittner, P. *Magnetostatic interactions and forces between cylindrical permanent magnets*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 321, 2009, pp. 3758-3763.
- [41] K&J Magnetics - Magnetic Gap Calculator. <https://www.kjmagnetics.com/gap.calculator.asp>. Consultado el 14 de mayo de 2015.
- [42] *FDM Technology*. <http://www.stratasys.com/3d-printers/technologies/fdm-technology>. Consultado el 11 de mayo de 2015.