



Proyecto final de Ingeniería Electrónica

Sistema expendedor de cerveza electrónico

Autores: Burna, Macol Daniel (55389)
Carreira, Rodrigo (53374)

Tutores: Orchessi, Walter
Pingitore, Ricardo
Ugarte, Alejandro

Fecha: 26/05/2021

2. Agradecimientos

Queremos agradecer a todas las personas que nos ayudaron a cumplir nuestro objetivo, desde los profesores que estuvieron para responder nuestras dudas y consultas como así a Nelson, Gabriel y Jorge que siempre tuvieron la predisposición de ayudarnos en el laboratorio.

No queremos dejar de reconocer también a nuestros amigos, familiares y conocidos que nos ayudaron en el proyecto y particularmente a las siguiente personas que tuvieron un aporte importante en el desarrollo del producto: *Ivan Carlisky, Nicolas Dates, Julieta Cozza e Ignacio Berger.*

3. Índice

3.1. Contenidos

| | | |
|---------|---|----|
| 2. | Agradecimientos | 2 |
| 3. | Índice..... | 3 |
| 3.1. | Contenidos | 3 |
| 3.2. | Lista de Figuras..... | 6 |
| 3.3. | Lista de Tablas | 7 |
| 4. | Acrónimos y Definiciones..... | 8 |
| 5. | Resumen | 9 |
| 6. | Introducción..... | 10 |
| 6.1. | Antecedentes. | 10 |
| 6.2. | Contexto del proyecto..... | 10 |
| 7. | Objetivos..... | 12 |
| 7.1. | Finalidad del Proyecto..... | 12 |
| 7.2. | Planteamiento del Problema Por Resolver | 12 |
| 7.3. | Alcance | 13 |
| 8. | Definición de Producto | 14 |
| 8.1. | Requerimientos de Cliente..... | 14 |
| 8.2. | Diagrama Funcional de Interfaces..... | 15 |
| 8.3. | Especificaciones de Diseño. | 16 |
| 8.3.1. | Especificaciones Funcionales..... | 16 |
| 8.3.2. | Especificaciones de Interfaz | 17 |
| 8.3.3. | Especificaciones de Performance | 18 |
| 8.3.4. | Especificaciones de Implementación | 18 |
| 8.3.5. | Especificaciones de Servicio (RAMS) | 20 |
| 9. | Plan de Validación..... | 22 |
| 9.1. | Diseño de Bancos de Pruebas | 22 |
| 9.1.1. | Banco de pruebas #1 | 22 |
| 9.1.2. | Banco de pruebas #2 | 22 |
| 9.1.3. | Banco de pruebas #3 | 23 |
| 9.1.4. | Banco de pruebas #4 | 23 |
| 9.2. | Especificaciones de tests..... | 24 |
| 9.3. | Matriz de Trazabilidad de Validación | 28 |
| 9.4. | Diagrama de dependencias..... | 29 |
| 10. | Análisis de Factibilidad | 30 |
| 10.1. | Factibilidad tecnológica: hardware | 30 |
| 10.1.1. | Esquema Modular | 30 |

| | | |
|---------|---|----|
| 10.1.2. | Definición de módulos y análisis de alternativas de diseño | 30 |
| 10.1.3. | Caudalímetro | 31 |
| 10.1.4. | Electroválvula | 33 |
| 10.1.5. | Microcontrolador | 34 |
| 10.1.6. | Display | 35 |
| 10.2. | Factibilidad tecnológica: software | 36 |
| 10.2.1. | Esquema modular..... | 36 |
| 10.2.2. | Front-end..... | 36 |
| 10.2.3. | Back-end..... | 39 |
| 10.3. | Factibilidad económica. (Mercado, costos, ciclo de vida, VAN, TIR) | 43 |
| 10.3.1. | Modelo de negocios, ciclo de vida y análisis de mercado | 43 |
| 10.3.2. | Costos | 43 |
| 10.3.3. | Ingresos | 45 |
| 10.3.4. | Flujo de fondos y rendimiento | 45 |
| 10.3.5. | DFMEA..... | 48 |
| 10.4. | Factibilidad de tiempos..... | 49 |
| 10.4.1. | Diagrama de PERT | 49 |
| 10.4.2. | Diagrama de Gantt | 50 |
| 10.5. | Factibilidad legal y responsabilidad civil (regulaciones y licencias) | 51 |
| 10.5.1. | Organización Societaria | 51 |
| 10.5.2. | Patentamiento..... | 51 |
| 10.5.3. | Garantías: Ley de Defensa del Consumidor (Ley N°24.240) | 52 |
| 10.5.4. | Daños: Responsabilidad Civil y Ley de Seguros (Ley N°17.418)..... | 52 |
| 10.5.5. | Certificación obligatoria (Resolución 171/16) | 52 |
| 10.5.6. | Certificación obligatoria (Resolución 171/16) | 53 |
| 10.5.7. | Norma IRAM 2292 | 53 |
| 10.5.8. | Norma IRAM 186-1..... | 53 |
| 11. | Estudios de Confiabilidad | 54 |
| 11.1. | Diagrama de confiabilidad (Hardware) | 54 |
| 11.2. | Confiabilidad de hardware | 54 |
| 11.2.1. | Módulos bajo análisis | 55 |
| 11.3. | Confiabilidad de software | 57 |
| 12. | Ingeniería de detalle..... | 59 |
| 12.1. | Descripción del producto | 59 |
| 12.2. | Hardware..... | 59 |
| 12.2.1. | Diagrama de bloques (hardware)..... | 59 |
| 12.2.2. | Caudalímetro | 60 |
| 12.2.1. | Electroválvula | 61 |

| | | |
|---------|---|----|
| 12.2.2. | Alimentación | 62 |
| 12.2.3. | Canilla | 63 |
| 12.2.4. | Carcasa | 63 |
| 12.3. | Software | 64 |
| 12.3.1. | Microcontrolador: lectura y control del sistema | 64 |
| 12.3.2. | Microcontrolador: conexión a internet | 65 |
| 12.3.1. | Aplicación móvil | 67 |
| 13. | Construcción del prototipo | 70 |
| 13.1. | Referencias y conceptos | 70 |
| 13.2. | Primeros pasos: caudalímetro y electroválvula | 71 |
| 13.3. | Prototipo #1 | 73 |
| 13.4. | Prototipo #2 | 74 |
| 13.5. | Prototipo #3 | 74 |
| 13.6. | Prototipo #4 | 75 |
| 13.7. | Prototipo final | 76 |
| 14. | Validación del prototipo | 77 |
| 14.1. | Resultados | 77 |
| 15. | Conclusiones | 79 |
| 16. | Anexos Técnicos | 80 |
| 16.1. | Esquemáticos | 80 |
| 16.2. | Planos de PCB | 80 |
| 16.3. | Listado de Partes y Componentes (<i>BOM</i>) | 81 |
| 16.4. | Códigos de Software | 81 |
| 16.5. | Modelado 3D (Primero) | 82 |

3.2. Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 8.1: Diagrama Funcional de Interfaces | 15 |
| Figura 9.1 Diagrama de dependencias | 29 |
| Figura 10.1: Diagrama Modular | 30 |
| Figura 10.2 Diagrama de módulos. Software - Etapa 1 | 36 |
| Figura 10.3 Figura 10.2 Diagrama de módulos. Software - Etapa 2..... | 36 |
| Figura 10.4 Arquitectura de una aplicación con SDK OEM..... | 37 |
| Figura 10.5 Enfoque cross-platform | 37 |
| Figura 10.6 Enfoque Flutter | 38 |
| Figura 10.7 Comparativa diseño UI Android vs. iOS ambas en Flutter | 38 |
| Figura 10.8 Arquitectura Node-RED / MQTT | 39 |
| Figura 10.9 Máquina de estados. | 40 |
| Figura 10.10 Implementación máquina de estados en Node-RED. | 40 |
| Figura 10.11 Demostración funcionamiento de la arquitectura. | 41 |
| Figura 10.12 Comparativa entre desarrollo tradicional vs. FireBase | 42 |
| Figura 10.13 Consola de administración de FireBase | 42 |
| Figura 10.14 Ganancias proyectadas..... | 45 |
| Figura 10.15 Flujo de fondos | 46 |
| Figura 10.16 Flujo de fondos acumulado..... | 47 |
| Figura 10.17 DFMEA | 48 |
| Figura 10.18 Diagrama de PERT..... | 49 |
| Figura 10.19 Diagrama de Gantt..... | 50 |
| Figura 11.1 Diagrama de confiabilidad del dispositivo | 54 |
| Figura 11.2 Diagrama de probabilidad de falla..... | 58 |
| Figura 12.1 Diagrama de bloques (hardware) | 59 |
| Figura 12.2 Esquema de conexión caudalímetro..... | 60 |
| Figura 12.3 Funcionamiento de un caudalímetro..... | 60 |
| Figura 12.4 Corte transversal de una válvula solenoide..... | 61 |
| Figura 12.5 Circuito relé electroválvula..... | 62 |
| Figura 12.6 Esquemático módulo regulador DC-DC | 63 |
| Figura 12.7 Flujo del sistema | 64 |
| Figura 12.8 Dispositivo en modo Soft-AP | 65 |
| Figura 12.9 Dispositivo conectado a internet..... | 65 |
| Figura 12.10 Flujo del programa - Conexión WiFi..... | 66 |
| Figura 12.11 Flujo de la aplicación móvil 1..... | 67 |
| Figura 12.12 Flujo de la aplicación móvil 2..... | 68 |
| Figura 12.13 Flujo de la aplicación móvil 3..... | 68 |
| Figura 12.14 Flujo de la aplicación móvil 4..... | 69 |
| Figura 13.1 Pubinno Beer Taps | 70 |
| Figura 13.2 Referencia estética | 70 |
| Figura 13.3 Primeras pruebas del caudalímetro..... | 71 |
| Figura 13.4 Lectura en el IDE | 71 |
| Figura 13.7 Primer prueba de conexión | 72 |
| Figura 13.8 Construcción del prototipo #1 | 73 |
| Figura 13.9 Prototipo #2 | 74 |
| Figura 13.10 Modelado 3d. Carcasa prototipo #3 | 74 |
| Figura 13.11 Modelo carcasa prototipo #4 renderizado | 75 |
| Figura 13.12 Resultados de la impresión 3D carcasa prototipo #4 | 75 |

3.3. Lista de Tablas

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tabla 4.1: Acrónimos | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 4.2 Definiciones..... | 8 |
| Tabla 8.1: Requerimientos del cliente | 14 |
| Tabla 8.2: Leyenda de uso en especificaciones | 16 |
| Tabla 8.3: Especificaciones Funcionales de Operación..... | 16 |
| Tabla 8.4: Especificaciones de Interfaz MECÁNICA | 17 |
| Tabla 8.5: Especificaciones de Interfaz ELÉCTRICA..... | 17 |
| Tabla 8.6: Especificaciones de Interfaz ENTORNO..... | 17 |
| Tabla 8.7: Especificaciones de Performance | 18 |
| Tabla 8.8: Especificaciones de Operación..... | 18 |
| Tabla 8.9: Especificaciones de Almacenamiento y Transporte..... | 19 |
| Tabla 8.10: Especificaciones Dimensionales y de Peso..... | 19 |
| Tabla 8.11: Especificaciones de costos | 19 |
| Tabla 8.12: Especificaciones de Confiabilidad | 20 |
| Tabla 8.13: Especificaciones de Disponibilidad | 20 |
| Tabla 8.14: Especificaciones de Seguridad | 20 |
| Tabla 8.15: Especificaciones de Mantenibilidad..... | 21 |
| Tabla 9.1 Banco de pruebas #1..... | 22 |
| Tabla 9.2 Banco de pruebas #2..... | 22 |
| Tabla 9.3 Banco de pruebas #3..... | 23 |
| Tabla 9.4 Banco de pruebas #4..... | 23 |
| Tabla 9.5 Test con banco de pruebas #1 | 24 |
| Tabla 9.6 Test con banco de pruebas #2 | 25 |
| Tabla 9.7 Test con banco de pruebas #3 | 26 |
| Tabla 9.8 Test con banco de pruebas #4 | 27 |
| Tabla 9.9 Test 2 con banco de pruebas #2 | 27 |
| Tabla 9.10 Test 2 con banco de pruebas #4 | 27 |
| Tabla 9.11 Test 2 con banco de pruebas #3 | 28 |
| Tabla 9.12 Matriz de trazabilidad de requerimientos y validaciones | 28 |
| Tabla 10.1 Comparación de caudalímetros | 32 |
| Tabla 10.2 Comparación de electroválvulas | 33 |
| Tabla 10.3 Comparación de microcontroladores | 34 |
| Tabla 10.4 Comparación de pantallas..... | 35 |
| Tabla 10.5 Flujo de fondos..... | 45 |
| Tabla 10.6 Flujo de fondos acumulado..... | 46 |
| Tabla 11.1 Coeficientes de cálculo Fuente | 55 |
| Tabla 11.2 Coeficientes de cálculo Microprocesador | 55 |
| Tabla 11.3 Coeficientes de cálculo Caudalímetro | 55 |
| Tabla 11.4 Coeficientes de cálculo Electroválvula | 56 |
| Tabla 11.5 Coeficientes de cálculo Canilla | 56 |
| Tabla 11.6 Modelo MUSA User App | 57 |
| Tabla 11.7 Modelo MUSA Lógica de canilla | 57 |
| Tabla 12.1 Características modulo alimentación..... | 62 |
| Tabla 13.1 Calibración del caudalímetro | 71 |
| Tabla 13.2 Valores de la constante del caudalímetro K..... | 72 |
| Tabla 13.3 Base melamina prototipo final..... | 76 |

4. Acrónimos y Definiciones

| Acrónimo | Descripción |
|-------------------------|--|
| Microcontrolador | Un microcontrolador difiere de un microprocesador, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de circuitos integrados externos de apoyo. La idea es que el circuito integrado se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite. Un microprocesador tradicional no permitiría hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada y salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información. |
| Microprocesador | Es el circuito integrado central más complejo de un sistema informático; a modo de ilustración, se le suele llamar por analogía el «cerebro» de una computadora. Se encarga de ejecutar los programas, desde el sistema operativo hasta las aplicaciones de usuario; sólo ejecuta instrucciones programadas el lenguaje de bajo nivel, realizando operaciones aritméticas y lógicas simples, tales como sumar, restar, multiplicar, dividir, las lógicas binarias y accesos a memoria. Puede contener una o más unidades centrales de procesamiento (CPU) constituidas, esencialmente, por registros, una unidad de control, una unidad aritmética lógica (ALU) y una unidad de punto flotante (llamada antiguamente «coprocesador matemático»). |
| UID | Con referencia a un conjunto dado (posiblemente implícita) de los objetos, un identificador único (UID) es cualquier identificador que se garantiza que sea único entre todos los identificadores utilizados para esos objetos y para un propósito específico. |
| Flutter | Flutter es un SDK de código fuente abierto de desarrollo de aplicaciones móviles creado por Google. Suele usarse para desarrollar interfaces de usuario para aplicaciones en Android, iOS y Web |
| FireBase | Firebase es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles desarrollada por Google en 2014. Es una plataforma ubicada en la nube, integrada con Google Cloud Platform, que usa un conjunto de herramientas para la creación y sincronización de proyectos que serán dotados de alta calidad, haciendo posible el crecimiento del número de usuarios y dando resultado también a la obtención de una mayor monetización. |
| Caudalímetro | Es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros. |
| SDK | Es generalmente un conjunto de herramientas de desarrollo de software que permite a un desarrollador de software crear una aplicación informática para un sistema concreto, por ejemplo ciertos paquetes de software, entornos de trabajo, plataformas de hardware, computadoras, videoconsolas, sistemas operativos, etcétera. |
| ESP8266 | El ESP8266 es un chip de bajo costo Wi-Fi con un stack TCP/IP completo y un microcontrolador |
| GPIO | GPIO (General Purpose Input/Output, Entrada/Salida de Propósito General) es un pin genérico en un chip, cuyo comportamiento (incluyendo si es un pin de entrada o salida) se puede controlar (programar) por el usuario en tiempo de ejecución. |
| Front-end | Consiste en la conversión de datos en una interfaz gráfica para que el usuario pueda ver e interactuar con la información de forma digital usando HTML, CSS y JavaScript. |
| Back-end | Consiste en un servidor, una aplicación y una base de datos. Se toman los datos, se procesa la información y se envía al usuario. Los desarrolladores de Front end y Back end suelen trabajar juntos para que todo funcione correctamente. |
| SaaS | <i>Software as a service</i> . Es un acrónimo que define el modelo de distribución de software, donde el soporte y los datos son alojados en la nube. |

Tabla 4.1 Definiciones

5. Resumen

El presente informe constituye el proyecto final de la carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Buenos Aires. A lo largo del mismo se plantea el estudio y desarrollo de una innovación para ser aplicada en el ámbito gastronómico, más específicamente en sitios conocidos como cervecerías artesanales. El producto consiste en un expendedor de cerveza electrónico diseñado para el control de stocks y para el manejo de pagos, que procura ofrecer a los usuarios la posibilidad de servirse sin intermediarios a la vez que propone una experiencia diferente mediante la incorporación de tecnología.

Se analizan los requerimientos y especificaciones del producto tomando en consideración al cliente: un joven emprendedor que acaba de abrir su primer bar con expendio de cerveza artesanal. Ante nuestra propuesta y su necesidad, nace el producto delimitado y especificado conforme a los requerimientos y especificaciones dados por el cliente en este informe.

A lo largo de este documento, se detallan los procedimientos necesarios para diseñar y desarrollar un dispositivo electrónico llevados adelante para resolver el problema planteado. La organización de los temas tratados acompaña el orden conceptual de las técnicas de diseño.

Se estudian aquí las distintas posibilidades tecnológicas para construir el dispositivo desde el punto de vista de hardware y software, mediante comparaciones entre las distintas opciones para evaluar su factibilidad. Las conclusiones de los análisis permitieron avanzar con la construcción de un prototipo impulsado por un microcontrolador “ESP8266”, un caudalímetro, una electroválvula y un display. Al mismo tiempo, se desarrolló una aplicación móvil en el entorno de trabajo “Flutter” y alojado en el servicio en la nube “FireBase”.

Ante los resultados satisfactorios de las pruebas, se concluye que el desarrollo y producción del producto es posible.

6. Introducción

6.1. Antecedentes.

En la actualidad los bares de cerveza artesanal son un gran éxito en Argentina y en el mundo. Cientos de cervecerías pueden encontrarse en la Ciudad de Buenos Aires donde sorprende la concurrencia que tienen. La forma actual que existe de servir cerveza tirada es universal, y consiste de tres elementos: un barril de cerveza, una canilla de apertura regulable y un vaso comúnmente de vidrio de 500ml. Se comienza conectando el barril al sistema de la canilla, asegurando una correcta presión de CO₂ y N₂ y temperatura. Luego se procede con una etapa de calibración en donde el cervecero regula las dos variables mencionadas hasta lograr que el caudal de la cerveza con la canilla en la posición de máxima apertura no libere espuma en el brebaje. Una vez finalizada esta etapa, se da por preparado el barril para hacer un expendio de cerveza, en el que se acostumbra a servir la cerveza hasta alrededor ocupar el 75% del volumen total mientras que el 25% restante se completa con espuma. Sin embargo, esta proporción y forma de generar la espuma es propio de cada barman.

Por otro lado, es común ver que ante la alta demanda actual de esta bebida se generen largas esperas para que el cliente pueda finalmente hacerse del producto adquirido, teniendo que primero hacer una fila para pagar la medida de cerveza deseada y luego otra fila para que le suministren su pedido. Durante la etapa del pago se generan demoras cuando el consumidor se ve obligado a decidir en este momento qué cerveza quiere tomar ya que algunas tienen distintos precios, por lo que el empresario puede verse limitado a no tener distintos precios para optimizar el flujo en su bar. Mientras que desde el lado del consumidor muchas veces siente la presión de tener que tomar una decisión apresurada sin poder disfrutar del todo este proceso.

Otro inconveniente que se genera desde el lado del cliente del bar es que se encuentra limitado a consumir una de las dos medidas normalmente ofrecidas en los bares, 500ml o 250ml. Actualmente no existe una forma en la que el usuario pueda libremente elegir sin apuros el tipo, la cantidad y la forma de servir su propio vaso de cerveza.

A su vez, desde el lado del dueño del bar existe una falta de conocimiento del estado actual de los barriles de cerveza ya que no hay ninguna implementación en sus canillas que le permita conocer la cantidad de cerveza que se dispensó desde un barril. En la mayor parte de los bares, los dueños y/o administradores se encuentran trabajando “ciegos” ya que escasea la recolección de datos. En ese último punto, también es importante mencionar que la posibilidad de almacenar distintas métricas como la cantidad vendida de un tipo de cerveza, en qué horarios mejora el flujo en el bar, ante qué promociones se ven más atraídos los consumidores y consumidoras, y muchas otras más no son recolectadas ni visualizadas por la cervecería.

6.2. Contexto del proyecto

Como se dijo antes, en la Argentina y todas partes del mundo la cerveza artesanal ganó mucho terreno. Se calcula que el rubro creció en el país un 40% en los últimos cinco años de la mano de unos 1500 productores artesanales. Hoy en día representa cerca del 2,5% del mercado cervecero total, una cifra baja si se compara con el mismo sector en Estados Unidos donde la cerveza artesanal representa entre un 15% y 17% del consumo de esta bebida, aunque con un desarrollo menor a 30 años. Sin embargo, estas cifras están en constante aumento como por ejemplo en la ciudad Mar del Plata, provincia de Buenos Aires donde el consumo de cerveza artesanal asciende al 12%, por lo que se presume que las proyecciones de crecimiento son muy altas en el país.

En este sentido, durante una entrevista hecha a Pablo Rodríguez ingeniero químico y uno de los fundadores de la fábrica de cerveza artesanal Antares menciona que: “La explosión se dio en los últimos cinco años, aunque se hizo más visible en los últimos dos, porque afectó a la Ciudad de Buenos Aires y Córdoba. Rosario se sumó en este último año”.

Desde el punto de vista de las problemáticas del sector, entre cerveceros se observa un esfuerzo compartido para mejorar la calidad y proteger el espíritu emprendedor, pero falta interacción con las autoridades para generar marcos que ayuden y no frenen un fenómeno que se gestó naturalmente. Existen ciudades en las que se logró el apoyo del gobierno para formalizar, ordenar y regular la producción, como es el caso de Mar del Plata. En CABA, en cambio, los cerveceros resaltan lo tedioso del trámite de habilitación de la fábrica donde “no hay reglamentación y exigen los mismos requisitos que se aplican a las grandes cervecerías”, y agregan “el código de edificación para habilitar el establecimiento no contempla el de cerveza artesanal”.

Otro problema está en los proveedores de equipamiento nacionales, que tampoco están habilitados. Desde la cámara que regula este sector, opinan que el aumento en los servicios, así como lo de los impuestos internos, se convierten en un problema para el sector haciendo que estén más ajustados y con menos posibilidades de reinvertir.

Aun así, las perspectivas siguen siendo buenas: los productores coinciden en que la actividad no tiene techo en el mediano plazo y que el desafío está en estar a la altura de ese crecimiento, a través de la fabricación de un producto de calidad.¹

¹ <https://www.cronista.com/pyme/negocios/Cerveza-artesanal-un-mercado-efervescente-que-crecio-40---20180801-0003.html>

7. Objetivos

7.1. Finalidad del Proyecto

El presente informe de proyecto final de la carrera de Ingeniería Electrónica planteará una innovación en el área de bares y/o cervecerías con el producto aquí presentado: expendedor electrónico de cerveza. El dispositivo en cuestión integra mejoras tanto para el usuario consumidor o cliente del bar, como para el dueño del bar o cervecería.

Se trata de un expendedor controlado de forma electrónica junto con una aplicación que le permitirá al usuario elegir la cerveza a beber y servirse la cantidad deseada utilizando un método de pago electrónico. Por lo tanto, se le otorga al consumidor la libertad de elegir sin presiones y servir la cantidad que desea y de la forma que quiera apelando al costado lúdico e innovador del método de autoservicio.

Desde el punto de vista del cliente del proyecto, es decir el dueño del bar, las novedades respecto al método tradicional actual ascienden aún más. En primer lugar, le ofrece la posibilidad de tener un control más detallado de la cantidad y tipo de cerveza expendida, ya que la canilla permite llevar la cuenta de cerveza expendida y calcular el importe a cobrar al consumidor por la bebida dispensada, con la posibilidad de almacenar los datos en la nube para crear estadísticas de consumo, así como la creación de alarmas por agotamiento del barril de cerveza. También este proyecto le permitirá al empresario redistribuir o minimizar su personal en la cervecería ante la posibilidad de que sea el usuario quien se sirva su cerveza. El producto podrá reemplazar una canilla tradicional ya que tendrá compatibilidad desde el punto de vista de la interfaz entre el barril y el producto, siempre que pueda tener acceso a la corriente eléctrica de la red doméstica y una conexión wifi con acceso a internet.

El producto estará disponible en principio en un solo bar donde se realizará una primera etapa de prueba, pero podrá ser comercializado en todo el territorio argentino.

7.2. Planteamiento del Problema Por Resolver

Si bien los módulos o partes a utilizar para este prototipo pueden ya existir o no presentar un desafío tecnológico, se debe tener en cuenta que se implementará en un bar/cervecería, con lo cual debe ser apto para poder tratar con algo que posteriormente ingesta una persona.

Se enfocará no solo en sus funcionalidades sino también en que será un producto a utilizar por clientes que en principio se suponen inexpertos, lo que implica un diseño más robusto y de fácil comprensión. Además, se contará con un sistema para visualizar el consumo en tiempo real que implicará no solo un lugar para guardar los datos sino también una aplicación o página web para que el dueño pueda ver los datos históricos de consumo en cada canilla de este tipo.

Por otro lado, el dispositivo será capaz de diferenciar entre un modo administrador y un modo cliente. Mientras que en el primer modo el dueño o administrador del equipo será capaz de realizar toda la parametrización necesaria del equipo como por ejemplo el precio por mililitro de cerveza, el segundo modo ofrecerá la función de expendio de cerveza para el consumidor debitando del saldo de su cuenta la cantidad en pesos equivalente a la cerveza servida.

También, se busca tener un sistema de pago interno mediante el cual se pueda llevar un registro de todas las compras como así una identificación para cada cliente con el fin de recopilar datos y llevar un control de caja más severo.

7.3. Alcance

Este proyecto contempla el diseño de un dispensador electrónico de cerveza para control del stock con un sistema de pagos integrado a utilizar en bares y cervecerías, con los análisis relevantes para asegurar la viabilidad tecnológica y financiera del producto. La calidad y funcionalidad del diseño estará basado en un prototipo desarrollado en etapas donde, en conjunto deberán cumplir con los requerimientos y especificaciones del cliente acordadas de común acuerdo con anterioridad. La prueba final de este prototipo será en el bar del cliente donde el dispositivo se someterá a pruebas durante un período determinado.

El prototipo no estará orientado para funcionar con otro líquido que no sea cerveza, como así no tendrá funcionalidades adicionales que no sean las especificadas en este informe.

No se contempla en este trabajo la realización de un producto final, ni tampoco planos de fabricación acordes para la manufactura en serie, aunque sí estarán establecidas todas las decisiones de diseño, esquemáticos y planos de fabricación del prototipado.

Para este proyecto se confeccionara un prototipo funcional con: un microcontrolador comercial que funcionará como controlador de todo el sistema mediante entradas y salidas digitales y analógicas; un dispositivo conectado en serie en el circuito de la canilla capaz de ocluir y desobstruir el paso del líquido previa confirmación de todas las condiciones de las entradas definidas; un sensor de caudal de tolerancia y sensibilidad aceptable para este tipo de aplicación; una aplicación para el usuario que le permita contar con una cuenta personal para realizar las transacciones con el sistema; una pantalla que muestre la cantidad expendida de cerveza y su precio correspondiente; y finalmente un sistema que permita enviar los datos de la transacciones a una base de datos que pueda ser consultada por el administrador del sistema.

El método de pago electrónico que implementará el bar no será desarrollado en este proyecto, sino que el producto contará con un soporte para este tipo de pago como por ejemplo la plataforma Mercado Pago o equivalentes.

8. Definición de Producto

8.1. Requerimientos de Cliente

A continuación, se listan los diferentes requerimientos a cumplir en el diseño del producto distinguidos por una columna de ID que servirá para una posterior trazabilidad, una breve descripción y el origen de este el cual puede ser “ley argentina”, “cliente” o “tácito”:

| ID | Descripción | Origen |
|--------|--|---------------|
| REQ-01 | El producto debe cumplir la norma IRAM 2292: Seguridad de aparatos eléctricos y electrónicos de uso doméstico y similar. | Ley Argentina |
| REQ-02 | El producto debe cumplir la norma IRAM 186-1: Pulido sanitario. Parte 1 - Elementos metálicos utilizados en la industria de alimentos y bebidas. | Ley Argentina |
| REQ-03 | El producto deberá implementar un método de verificación de pago. | Cliente |
| REQ-04 | El producto debe poder habilitar o deshabilitar la canilla dispensadora conforme se verifique el pago del cliente y la disponibilidad de cerveza. Si cumple los requisitos se habilitará la canilla para uso normal, caso contrario la canilla no permitirá el flujo de cerveza. | Cliente |
| REQ-05 | El producto debe medir la cantidad de cerveza dispensada. | Cliente |
| REQ-06 | El producto debe permitirle al usuario conocer en tiempo real la cantidad de cerveza dispensada y el monto a abonar por el mismo. | Cliente |
| REQ-07 | El producto debe ser capaz de enviar los datos de la venta para su almacenamiento y que éstos sean accesibles al usuario administrador de forma remota. | Cliente |
| REQ-08 | El producto debe tener un modo de funcionamiento orientado a los administradores y otro a los clientes usuarios. | Cliente |
| REQ-09 | El producto debe tener la robustez para soportar un eventual uso inexperto sin que ninguna característica de su funcionamiento se vea comprometida o modificada. | Cliente |
| REQ-10 | El producto debe ser compatible con las instalaciones actuales del bar | Cliente |
| REQ-11 | Una vez verificado el pago, el dispositivo debe funcionar como una canilla cervecera manual. | Cliente |
| REQ-12 | El producto deberá contar con un recipiente que contenga los residuos y sobrantes del líquido servido. | Cliente |
| REQ-13 | El estado de reposo del producto será en bloqueo de suministro de bebida. | Tácito |
| REQ-14 | El producto debe poder funcionar al ser alimentado con la red eléctrica Argentina. | Tácito |
| REQ-15 | Ante la falta de suministro eléctrico, el producto no debe dispensar cerveza. | Tácito |
| REQ-16 | El sistema debe tener un funcionamiento intuitivo y simple para el usuario. | Tácito |
| REQ-17 | El producto debe poder soportar las condiciones de ambiente de un bar/cervecería y posibles condiciones de transporte hasta la ubicación final. | Tácito |
| REQ-18 | La diferencia entre la cantidad servida de cerveza y el precio final no debe ser perceptible a la vista. | Tácito |
| REQ-19 | Costo accesible al público general | Tácito |

Tabla 8.1: Requerimientos del cliente

8.2. Diagrama Funcional de Interfaces

En el siguiente diagrama puede visualizarse los distintos tipos de conexiones o interfaces que tendrá el dispositivo físico, ubicado en el centro en color negro. El diagrama sintetiza las interfaces necesarias para cumplir con los requerimientos del cliente sobre el producto, donde figuran las diferentes partes que entraran en contacto con la máquina mostrados en las figuras circundantes al nodo central mientras que el tipo de interfaz que los conecta está detallado en la referencia por color de las flechas.

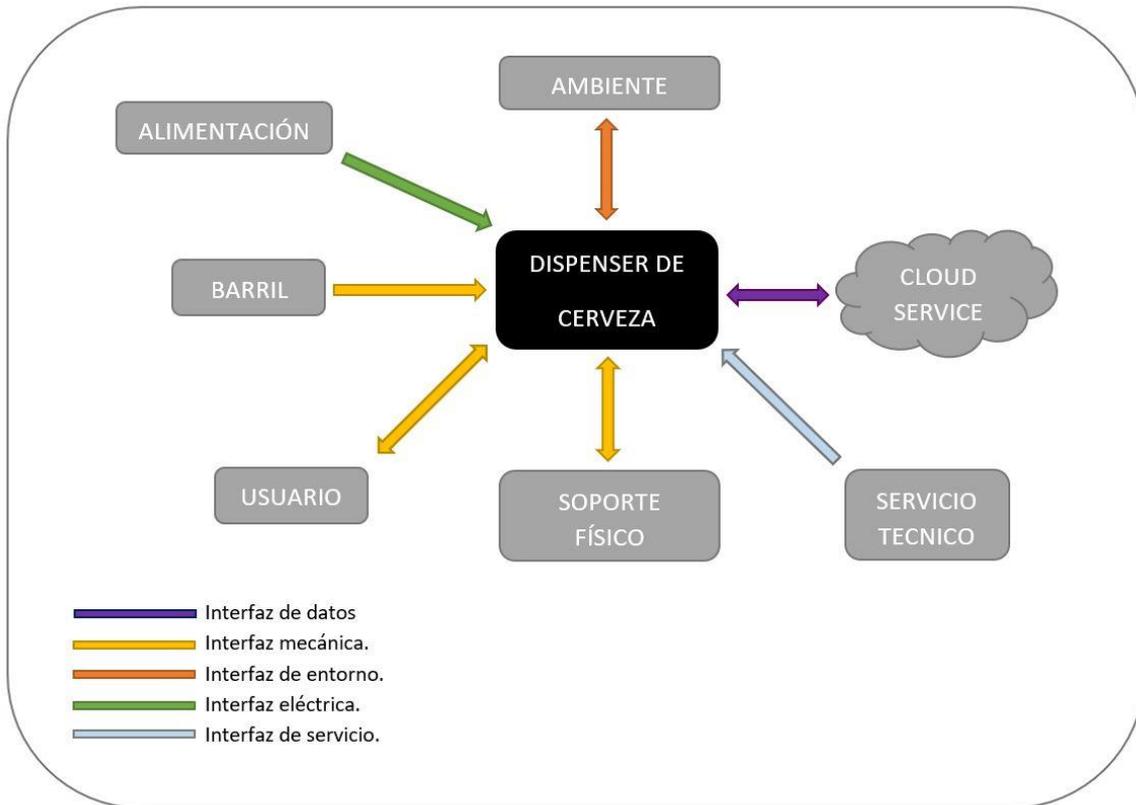


Figura 8.1: Diagrama Funcional de Interfaces

8.3. Especificaciones de Diseño.

En esta sección se describirán las especificaciones de diseño, que son aquellas con las que deberá contar el dispositivo para cumplir con los requerimientos previamente listados. El criterio de la tabla es similar a la anterior y cuenta con además una columna en la que se completa con el requerimiento que da origen a cada una de las especificaciones y otra donde se menciona en qué instancia es aplicable y de qué forma se validará.

8.3.1. Especificaciones Funcionales

| Leyenda para Especificaciones | |
|--|-----------------------------------|
| Aplicabilidad | Validación |
| DP: Dispositivo, Prototipo | I: Inspección Visual |
| IP: Instalación, Prototipo | D: Documentación de Diseño |
| DF: Dispositivo, Producto Final | S: Simulación |
| IF: Instalación, Producto Final | T: Test |

Tabla 8.2: Leyenda de uso en especificaciones

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|------------------|--|----------------------------|-----------------------------|
| FUN-OP-01 | El producto deberá tener una válvula del tipo normal cerrada. | REQ-04 REQ-13 REQ-15 | DP, IP, DF, IF I, D |
| FUN-OP-02 | El producto debe tener una implementación de medio de pago que habilite la canilla para dispensar cerveza. | REQ-03 REQ-04 REQ-11 | DP, IP, DF, IF I, D |
| FUN-OP-03 | Tanto el caudalímetro como la válvula no deben interferir en la calidad de la bebida servida. | REQ-11 | DP, IP, DF, IF T |
| FUN-OP-05 | El sistema deberá poder ser utilizado en modo "administrador" para realizar la parametrización del equipo. | REQ-08 | DF, IF S, T |
| FUN-OP-06 | El sistema deberá poder ser utilizado en modo "administrador" para dispensar cerveza sin la verificación del pago pertinente. | REQ-08 | DF, IF S, T |
| FUN-OP-07 | El sistema deberá poder ser utilizado en modo "usuario" para que el cliente pueda completar la transacción. | REQ-08 REQ-16 | DF, IF S, T |
| FUN-OP-08 | El sistema recopilará los datos de las transacciones realizadas, generando también alarmas de agotamiento del barril en función del total del líquido dispensado desde la parametrización. | REQ-05 REQ-07 REQ-08 | DP, IP, DF, IF I, D, T |
| FUN-OP-09 | El dispositivo mostrará al usuario la cantidad y el precio a debitar de su cuenta por la bebida servida en tiempo real. | REQ-06 | DP, IP, DF, IF T, I |

Tabla 8.3: Especificaciones Funcionales de Operación

8.3.2. Especificaciones de Interfaz

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|-------------------|---|------------------|---------------------------|
| INT-MEC-01 | El producto debe conectarse con las mangueras del bar con un diámetro de 3/8" y utilizar una rosca de 5/8" en el extremo de la canilla. | REQ-10 | DP, DF D, T |
| INT-MEC-02 | El equipo contará con una rejilla recolectora y desmontable debajo de la canilla para poder retener los restos de cerveza. | REQ-10 REQ-12 | DP, IP, DF, IF T, I, D |
| INT-MEC-03 | La canilla debe poder soportar una fuerza de 5 KgF aplicada sobre el mango. | REQ-09 | DP, IP, DF, IF I, D |

Tabla 8.4: Especificaciones de Interfaz MECÁNICA.

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|--------------------|--|------------------|---------------------------|
| INT-ELEC-01 | El producto funcionará con una fuente de tensión 220v AC INPUT – 12v-3A DC OUTPUT. | REQ-01 REQ-14 | DP, IP, DF, IF S, I, D |
| INT-ELEC-02 | La fuente de tensión y el dispositivo deberá cumplir con la norma IRAM 2292. | REQ-01 | DP, IP, DF, IF T, S, D |
| INT-ELEC-03 | La carcasa del dispositivo estará conectada a tierra. | REQ-01 | DP, IP, DF, IF T, S, D |

Tabla 8.5: Especificaciones de Interfaz ELÉCTRICA

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|-------------------|--|--------|--------------------------|
| INT-ENT-01 | El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la temperatura ambiente sea $5^{\circ}\text{C} < T_{\text{AMB}} < 40^{\circ}\text{C}$ | REQ-13 | DP, DFD, T |

Tabla 8.6: Especificaciones de Interfaz ENTORNO.

8.3.3. Especificaciones de Performance

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|-------------------|---|------------------|------------------------------|
| PER-POW-01 | Desde que se genera el pedido hasta que se habilita el flujo de cerveza no debe pasar más de 15 segundos. | REQ-16 | DP, IP, DF, IF T, D, S |
| PER-POW-02 | El volumen de cerveza dispensada indicada en pantalla debe tener una varianza máxima de $\pm 5\%$ respecto de la real. | REQ-05 REQ-18 | DP, DF D, T |
| PER-POW-03 | Desde que se dispara la acción de corte de la válvula por falta de saldo hasta que se efectúa el mismo no se debe dispensar más de 20 ml. | REQ-05 REQ-18 | DP, IP, DF, IF I, D, S, T |

Tabla 8.7: Especificaciones de Performance

8.3.4. Especificaciones de Implementación

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|-------------------|--|----------------------------|---------------------------|
| IMP-OPE-01 | La válvula y el caudalímetro soportarán una temperatura de funcionamiento del líquido entre 5°C y 35°C. | REQ-10 | DP, IP, DF, IF I, D |
| IMP-OPE-02 | El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la humedad sea: $0\% < RH < 80\%$ | REQ-10 | DP, IP, DF, IF S, T |
| IMP-OPE-03 | El dispositivo deberá poder operar normalmente cuando la presión del fluido sea: $0 \text{ bar} < P_{\text{sistema}} < 3 \text{ bar}$ (Presión máxima barril) | REQ-10 | DP, IP, DF, IF I, D, T |
| IMP-OPE-04 | El dispositivo deberá contar con un grado de protección IP62 (contra polvo y goteo de agua - NORMA CEI 60529). | REQ-09 REQ-10 REQ-17 | DP, DF T, I, D |

Tabla 8.8: Especificaciones de Operación

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|---------------------|--|--------|--------------------------|
| IMP-AYT-01 | El dispositivo no deberá sufrir daños cuando, estando desenergizado, la temperatura ambiente sea $0^{\circ}\text{C} < T_{\text{AMB}} < 50^{\circ}\text{C}$ | REQ-17 | DP, IP, DF, IF I, T |
| IMP- AYT -02 | El dispositivo no deberá sufrir daños cuando, estando desenergizado, la humedad sea $0\% < \text{RH} < 100\%$ | REQ-17 | DP, IP, DF, IF I, T |

Tabla 8.9: Especificaciones de Almacenamiento y Transporte.

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|-------------------|--|------------------|--------------------------|
| IMP-DIM-01 | El dispositivo no deberá exceder las siguientes dimensiones: Largo < 30 cm Ancho < 30 cm Alto < 65 cm | REQ-10 REQ-17 | DP, IP, DF, IF I, D |

Tabla 8.10: Especificaciones Dimensionales y de Peso

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|-------------------|---|--------|--------------------------|
| IMP-COS-01 | El costo de las partes que conforman el producto no deberá ser superior a U\$100. | REQ-19 | DP, IP, DF, IF D, S |

Tabla 8.11: Especificaciones de costos

8.3.5. Especificaciones de Servicio (RAMS)

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|------------|--|--------|--------------------------|
| RAM-CON-02 | El producto deberá tener una vida útil no menor a 3 años. | REQ-09 | DP, IP, DF, IF D, S |
| RAM-CON-03 | Los componentes críticos deben ser validados para garantizar una tasa de defectos del 2% de los módulos. | REQ-09 | DP, IP, DF, IF D, S |

Tabla 8.12: Especificaciones de Confiabilidad

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|------------|--|--------|--------------------------|
| RAM-DIS-01 | El equipo deberá tener una disponibilidad no menor al 99% a lo largo del total de la vida útil. | REQ-09 | DF, IF S, T |
| RAM-DIS-02 | Los períodos de <i>indisponibilidad</i> planificada nunca deberán ser superiores a las 4 horas, desde el momento en que el equipo está en manos de técnicos calificados. | REQ-09 | DF, IF S, T |

Tabla 8.13: Especificaciones de Disponibilidad

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|------------|--|----------------------------|--------------------------|
| RAM-SEG-01 | La máxima temperatura que podrá tener la carcasa será de 50°C o 10°C por encima de la temperatura ambiente, la que sea mayor. | REQ-09 REQ-10 REQ-17 | DP, IP, DF, IF D, S |
| RAM-SEG-02 | La puesta a tierra de cada parte del equipo deberá ser tal que no puedan aparecer Corrientes de superficie en partes metálicas que lleven a descargas en un cuerpo humano de más de 25 mA. | REQ-01 REQ-09 REQ-14 | DP, IP, DF, IF D, T |
| RAM-SEG-03 | Una vez des energizado, el equipo no deberá tener tensiones peligrosas por más de 1 segundo. | REQ-01 REQ-09 REQ-14 | DP, IP, DF, IF D, T |
| RAM-SEG-05 | No deberá ser posible para una persona realizarse ningún tipo de corte por contacto con el equipo. | REQ-01 REQ-09 | DP, IP, DF, IF D, I |

Tabla 8.14: Especificaciones de Seguridad

| ID | Descripción | Origen | Aplicabilidad Validación |
|------------|---|------------------|------------------------------|
| RAM-MAN-01 | Si el equipo no puede realizar alguna de sus funciones, esto deberá ser indicado al administrador. | REQ-09 REQ-16 | DP, IP, DF, IF D, T |
| RAM-MAN-02 | Cualquier cambio de repuestos deberá realizarse en un estado desenergizado. | REQ-09 | DP, IP, DF, IF D |
| RAM-MAN-03 | Cualquier cambio de repuestos deberá realizarse en un tiempo no mayor a un día. | REQ-09 | DP, IP, DF, IF D, T |
| RAM-MAN-04 | Deberá haber una indicación visual clara cuando el equipo está energizado y funcionando. | REQ-13 REQ-14 | DP, IP, DF, IF I, D, S, T |
| RAM-MAN-05 | En caso de utilizar SW o FW, deberá ser posible para técnicos calificados realizar actualizaciones de este. | REQ-09 REQ-16 | DP, IP, DF, IF D, T |
| RAM-MAN-06 | En caso de utilizar SW o FW, no deberá ser posible para el usuario acceder al mismo. | REQ-09 REQ-16 | DP, IP, DF, IF D |
| RAM-MAN-07 | En caso de requerir una calibración, esta deberá poder realizarse en un tiempo no mayor a un día. | REQ-09 | DP, IP, DF, IF T |
| RAM-MAN-08 | El equipo deberá contener la siguiente documentación: <ul style="list-style-type: none"> • Manual de Usuario • Esquemáticos de circuitos • Esquemáticos de Placas Manual de Mantenimiento y Servicio | REQ-09 REQ-16 | DP, IP, DF, IF D |

Tabla 8.15: Especificaciones de Mantenibilidad

9. Plan de Validación

9.1. Diseño de Bancos de Pruebas

9.1.1. Banco de pruebas #1

En este banco de pruebas se testeará la comunicación entre la aplicación móvil y la base de datos. Se deberá contar con la aplicación instalada en un dispositivo móvil con acceso a internet. También se utilizará para comprobar la integración del método de pago electrónico en la aplicación.

| Banco de Pruebas #1 | Diagrama en bloques |
|---|--|
| <p>Elementos necesarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un navegador web, con permisos de acceso a la base de datos para monitorear en tiempo real la actualización de parámetros. • Un dispositivo móvil con conexión a internet y la aplicación BeerData. • Tarjeta de prueba de MercadoPago.² | <p style="text-align: center;">Banco de pruebas #1</p> |

Tabla 9.1 Banco de pruebas #1

9.1.2. Banco de pruebas #2

En este banco de pruebas se testeará la comunicación entre la canilla y la base de datos, en ambos sentidos de la comunicación.

| Banco de Pruebas #2 | Diagrama en bloques |
|---|--|
| <p>Elementos necesarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una computadora con permisos de acceso a la base de datos. • Conexión a internet en la canilla. • Saldo positivo en la cuenta de usuario. | <p style="text-align: center;">Banco de pruebas #2</p> |

Tabla 9.2 Banco de pruebas #2

² Disponibles en <https://www.mercadopago.com.ar/developers/es/guides/online-payments/checkout-api/testing>

9.1.3. Banco de pruebas #3

En este banco de pruebas se testeará el flujo completo de un pedido en la canilla utilizando la aplicación.

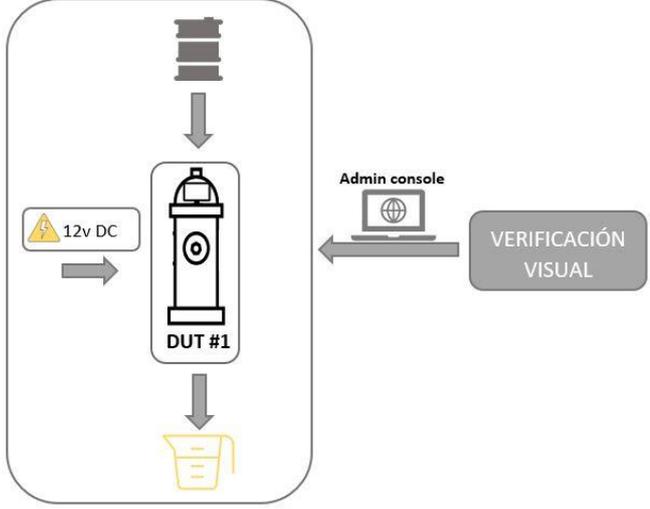
| Banco de Pruebas #3 | Diagrama en bloques |
|---|---|
| <p>Elementos necesarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recipiente medidor de líquido de hasta 2 litros. • Una computadora con el IDE de Arduino. • El DUT #1 debe estar conectado a esa computadora. • Un recipiente con agua para verter en el DUT #1. |  <p style="text-align: center;">Banco de pruebas #3</p> |

Tabla 9.3 Banco de pruebas #3

9.1.4. Banco de pruebas #4

En este banco de pruebas se testeará el flujo completo de un pedido en la canilla utilizando la aplicación.

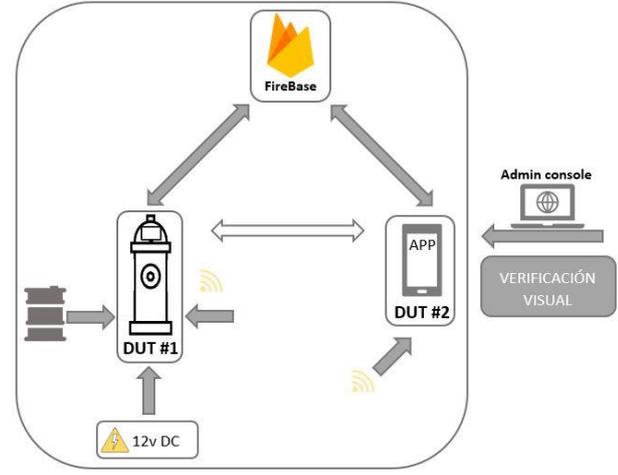
| Banco de Pruebas #4 | Diagrama en bloques |
|---|---|
| <p>Elementos necesarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un dispositivo móvil con conexión a internet y la aplicación BeerData. • Una computadora con permisos de acceso a la base de datos. • Conexión a internet en la canilla. • Saldo positivo en el usuario de prueba. |  <p style="text-align: center;">Banco de pruebas #4</p> |

Tabla 9.4 Banco de pruebas #4

9.2. Especificaciones de tests

En esta sección se detallan las distintas pruebas realizadas utilizando los bancos de pruebas previamente descritos en la sección inmediatamente anterior.

| ID Aplicabilidad | Procedimiento | Criterio |
|--|--|--|
| <p>Precondiciones: ninguna.</p> <p>Procedimiento General: para las siguientes pruebas se deberá conectar el DUT #2 al banco de pruebas #1. Se deberá ingresar desde un navegador web al panel de administración del servidor Firebase registrado con la aplicación. Los tests comenzaran luego de abrir la aplicación móvil en el DUT #2.</p> | | |
| <p>T-SW01 Proto, Final</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #2 tenga una conexión activa de internet. 2. Abrir la aplicación móvil. 3. Seleccionar la opción para registrarse, completar los datos solicitados y continuar. | <p>Existe el nuevo usuario registrado en Firebase desde el DUT.</p> |
| <p>T-SW02 Proto, Final</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #2 tenga una conexión activa de internet. 2. Abrir la aplicación móvil. 3. Cerrar la sesión del usuario previamente creado. 4. Seleccionar la opción de inicio de sesión. 5. Ingresar con los datos correspondientes y continuar. | <p>Los datos mostrados en la aplicación coinciden con los del usuario.</p> |
| <p>T-SW03 Proto, Final</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #2 tenga una conexión activa de internet. 2. Ingresar en la consola de administración de Firebase. 3. Elegir una canilla. 4. Editar los campos de tipo de cerveza y precio por mililitro. 5. Ingresar en la aplicación. 6. Escanear el código QR de la canilla modificada. 7. Comprobar que la descripción configurada coincide y es mostrada en la pantalla del DUT #1. | <p>La descripción de la cerveza y el precio por mililitro mostrado en la pantalla es igual al configurado manualmente en Firebase.</p> |
| <p>T-SW04 Proto, Final</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #2 tenga una conexión activa de internet. 2. Abrir la aplicación móvil. 3. Ingresar en el menú "Mercado Pago". 4. Seleccionar un monto a acreditar en la cuenta y presionar "Comprar". 5. Completar la transacción desde la interfaz de Mercado Pago utilizando las tarjetas de prueba que ofrece el proveedor. | <p>El monto acreditado se muestra en la aplicación y en la base de datos.</p> |

Tabla 9.5 Test con banco de pruebas #1

| ID Aplicabilidad | Procedimiento | Criterio |
|---|---|--|
| <p>Precondiciones: el DUT #1 deberá estar encendido. La conexión a internet debe haberse completado correctamente. Se debe disponer el dispositivo de forma vertical, ya que se utilizará un fluido (agua) no presurizado por lo que será necesario que caiga por acción de la gravedad a través de la canilla desde arriba para comprobar la escritura del dispensado en la base de datos.</p> <p>Procedimiento General: se deberá conectar el DUT #1 en el banco de pruebas #2. En las siguientes pruebas el objetivo es testear la comunicación de la canilla (DUT #1) con el servicio en la nube. Será necesario contar con un navegador web y las credenciales de administración para ingresar en Firebase.</p> | | |
| T-HW01 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Ingresar en Firebase. 5. Editar los campos manualmente para generar un pedido en la canilla. 6. Comprobar el estado del display en el DUT #1. | El display de DUT #1 pasa de mostrar un QR a mostrar la información del usuario conectado. |
| T-HW02 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Ingresar en Firebase. 5. Editar los campos manualmente para generar un pedido en la canilla. 6. Dispensar líquido desde el DUT #1. 7. Comprobar que el display del DUT #1 refleja cambios en la cantidad dispensada. 8. Finalizar transacción. 9. Ingresar en Firebase para comprobar la escritura de datos de la transacción. | En la consola de Firebase, comprobar que el usuario tuvo un consumo registrado en su perfil. |

Tabla 9.6 Test con banco de pruebas #2

| ID Aplicabilidad | Procedimiento | Criterio |
|--|---|---|
| <p>Precondiciones: T-SW01, T-SW02, T-SW03, T-HW01 y T-HW02.</p> <p>Procedimiento General: se deberá conectar el DUT #1 en el banco de pruebas #3. En las siguientes pruebas el objetivo es testear la comunicación de la canilla (DUT #1) con el servicio en la nube. Será necesario contar con un navegador web y las credenciales de administración para ingresar en Firebase, y una jarra medidora de 1 litro.</p> | | |
| T-FUN01 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Abrir la aplicación en el dispositivo móvil. 5. Ingresar o registrarse. 6. Verificar saldo y realizar una carga de ser necesario. 7. Escanear el código QR mostrado en la pantalla del DUT #1, desde el DUT #2. 8. Dispensar líquido desde el DUT #1. 9. Comprobar el estado del display en el DUT #1. 10. Finalizar transacción. 11. Comprobar el nuevo saldo en la aplicación. 12. Controlar la cantidad de líquido servida en la jarra medidora. | El saldo debitado debe ser el acorde al precio configurado para esa canilla. Verificar en la consola de Firebase y la aplicación que los valores coinciden. |

| | | |
|--|--|--|
| | 13. Ingresar en Firebase para comprobar la escritura de datos de la transacción. | |
|--|--|--|

Tabla 9.7 Test con banco de pruebas #3

| ID Aplicabilidad | Procedimiento | Criterio |
|--|--|--|
| Precondiciones: T-SW01, T-SW02, T-SW03, T-HW01 y T-HW02. | | |
| Procedimiento General: se deberán conectar el DUT #1 y el DUT #2 en el banco de pruebas #4. En las siguientes pruebas el objetivo es testear el comportamiento en casos de uso no tan típicos. Será necesario contar con un navegador web y las credenciales de administración para ingresar en Firebase. | | |
| T-FUN02 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Abrir la aplicación en el dispositivo móvil. 5. Ingresar o registrarse. 6. Verificar que el saldo es igual a \$0. 7. Escanear el código QR mostrado en la pantalla del DUT #1, desde el DUT #2. 8. Intentar dispensar líquido/cerveza. 9. Comprobar el estado del display en el DUT #1. 10. Comprobar que no se habilita el dispensado. | La pantalla del DUT #1 deberá mostrar mensaje de saldo insuficiente. No se dispensa líquido. |
| T-FUN03 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Intentar dispensar líquido/cerveza. 5. Comprobar que no se habilita el dispensado. | No se dispensa líquido. |
| T-FUN04 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 NO esté alimentado con 220v. 2. Intentar dispensar líquido/cerveza. 3. Comprobar que no se habilita el dispensado. | No se dispensa líquido. |
| T-FUN05 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Parametrizar la canilla desde Firebase para que se registre un barril de 50 litros y un resto de 150ml. 5. Abrir la aplicación en el dispositivo móvil. 6. Ingresar o registrarse. 7. Verificar saldo y realizar una carga de ser necesario, suficiente para simular una compra mayor a 150mlx. 8. Escanear el código QR mostrado en la pantalla del DUT #1, desde el DUT #2. 9. Dispensar líquido desde el DUT #1. 10. Comprobar el estado del display luego de dispensar más de 150ml. 11. Ingresar en Firebase para comprobar la escritura de datos de la transacción. | El display deberá notificar que el barril no tiene más cerveza. La base de datos deberá llevar registro de las transacciones. |
| T-FUN06 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Abrir la aplicación en el dispositivo móvil. 5. Ingresar o registrarse con la cuenta administrador. 6. Seleccionar la canilla a parametrizar. 7. Seleccionar modo dispensado libre. 8. Dispensar cerveza. | La canilla debe funcionar normalmente durante el modo dispensado libre. |
| T-FUN07 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. | La cantidad de líquido servida |

| | | |
|--|---|---|
| | <ol style="list-style-type: none"> 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Parametrizar la canilla desde Firebase para que el saldo del usuario de prueba sea el equivalente para dispensar 500ml de cerveza. 5. Abrir la aplicación en el DUT #2. 6. Ingresar con el usuario de prueba 7. Escanear el código QR mostrado en la pantalla del DUT #1, desde el DUT #2. 8. Colocar el vaso medidor donde se servirá el líquido. 9. Comenzar a dispensar cerveza hasta que el usuario se quede sin saldo. 10. Comprobar la cantidad de líquido servida en el vaso. | en la jarra debe ser mayor a 450ml y menor a 550ml. |
|--|---|---|

Tabla 9.8 Test con banco de pruebas #4

| ID Aplicabilidad | Procedimiento | Criterio |
|---|---|---|
| Precondiciones: asegurar el dispositivo a una superficie firme, imitando una barra de un bar. | | |
| Procedimiento General: se deberá conectar el DUT #1 en el banco de pruebas #2 . Se probará que soporte la fuerza suficiente para una servida de un usuario. Se utilizará una pesa de 5kg y una cuerda para sujetarla al dispositivo. | | |
| T-MEC01 Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Amarrar la cuerda al mango de la canilla. 2. Evaluar el estado del dispositivo. | No se registra un movimiento del dispositivo, ni indicios de rotura mecánica. |

Tabla 9.9 Test 2 con banco de pruebas #2

| ID Aplicabilidad | Procedimiento | Criterio |
|---|--|--|
| Precondiciones: ninguna. | | |
| Procedimiento General: se deberán conectar el DUT #1 y el DUT #2 en el banco de pruebas #4 . En las siguientes pruebas el objetivo es medir la performance o rendimiento del equipo al generar un pedido desde la aplicación. | | |
| T-PER01 Proto, Final | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que el DUT #1 esté alimentado con 220v y encendido. 2. Verificar que el DUT #1 está correctamente conectado a internet. 3. Verificar que en el display del DUT #1 se muestre un código QR. 4. Abrir la aplicación en el dispositivo móvil. 5. Ingresar o registrarse. 6. Verificar saldo y realizar una carga de ser necesario. 7. Escanear el código QR mostrado en la pantalla del DUT #1, desde el DUT #2. 8. Iniciar cronómetro 9. Intentar dispensar líquido/cerveza. 10. Detener cronómetro. | El tiempo medido debe ser menor a 15s. |

Tabla 9.10 Test 2 con banco de pruebas #4

| ID Aplicabilidad | Procedimiento | Criterio |
|---|---------------|----------|
| Precondiciones: ninguna. | | |
| Procedimiento General: se deberán conectar el DUT #1 en el banco de pruebas #3 . Se tomarán las medidas del dispositivo. | | |

| | | |
|--------------------------------|--|--|
| T-DIM01 Proto, Final | 1. Tomar las medidas de largo, alto y ancho del dispositivo. | Largo < 30 cm Ancho < 30 cm Alto < 65 cm |
|--------------------------------|--|--|

Tabla 9.11 Test 2 con banco de pruebas #3

9.3. Matriz de Trazabilidad de Validación

La matriz de trazabilidad es una herramienta útil para realizar un seguimiento. Particularmente en diseño es utilizada desde la formulación de los requerimientos hasta el fin de la validación. Por eso sirve para verificar que todos los requerimientos del cliente se cumplan, y para mantener unida la documentación del sistema.

A continuación, se listan las diferentes pruebas a realizar, cuál especificación se está probando en cada caso y de qué requerimientos se desprende cada uno.

| Origen | REQ ID <i>Descripción corta</i> | ESP ID | TEST ID |
|-----------------------|--|------------|-------------------------------|
| Cliente/Tácito | REQ-05 REQ-18 <i>Performance del dispositivo</i> | FUN-OP-08 | T-FUN05 |
| | | FUN-OP-02 | T-PER02 |
| Tácito | REQ-11 Calidad de la servida | FUN-OP-03 | T-FUN06 |
| Cliente/Tácito | REQ-08 <i>Niveles de usuarios en el sistema</i> | FUN-OP-07 | T-SW01 T-SW02 |
| | | FUN-OP-05 | T-SW03 |
| | | FUN-OP-06 | T-FUN06 |
| Cliente | REQ-09 <i>Robustez</i> | INT-MEC-03 | T-MEC01 |
| Cliente/Tácito | REQ-04 REQ-13 REQ-15 <i>Robustez</i> | FUN-OP-01 | T-FUN02 T-FUN03 T-FUN04 |
| Cliente | REQ-03 REQ-04 REQ-11 <i>Medio de pago electrónico</i> | FUN-OP-02 | T-SW04 |
| Cliente | REQ-16 <i>Performance/rendimiento</i> | PER-POW-01 | T-PER01 |
| Cliente/Tácito | REQ-08 REQ-15 <i>Performance/rendimiento</i> | PER-POW-03 | T-FUN07 |
| Cliente/Tácito | REQ-10 REQ-17 <i>Performance/rendimiento</i> | IMP-DIM-01 | T-DIM01 |

Tabla 9.12 Matriz de trazabilidad de requerimientos y validaciones

9.4. Diagrama de dependencias

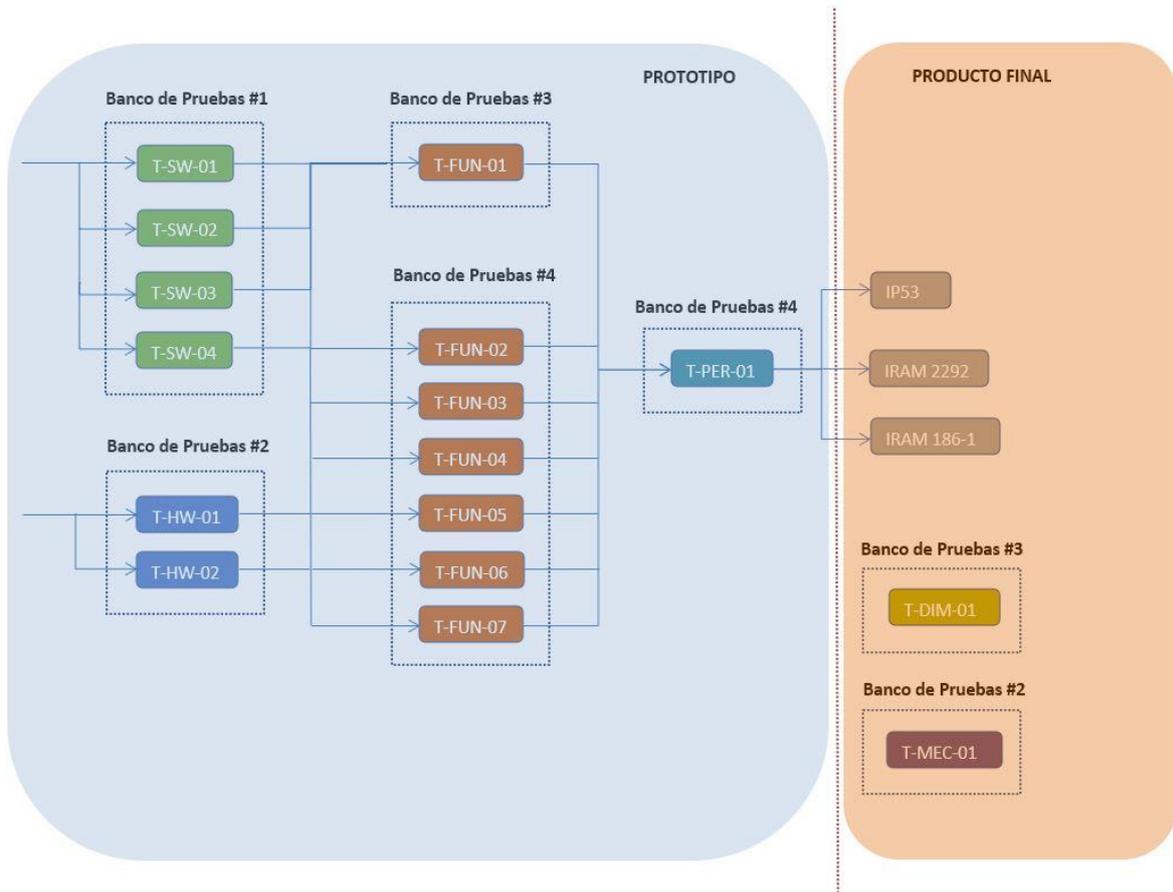


Figura 9.1 Diagrama de dependencias

10. Análisis de Factibilidad

10.1. Factibilidad tecnológica: hardware

10.1.1. Esquema Modular

En la siguiente figura se detallan los principales módulos funcionales del dispositivo. Es decir que en el esquema no se diferencian módulos entre HW y SW, ni qué tipo de HW o SW se utilizarán, sino que representa de forma esquemática las distintas funciones que va a cumplir el sistema en general subdividido en pequeños módulos con características específicas:

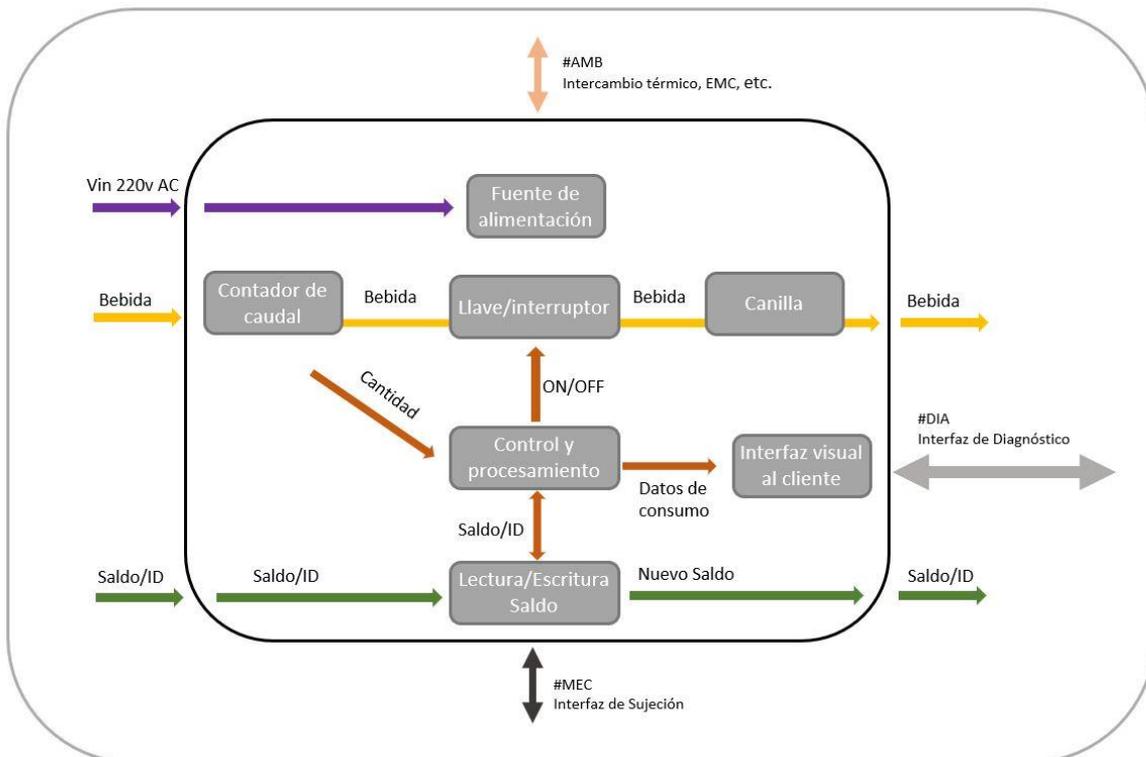


Figura 10.1: Diagrama Modular

10.1.2. Definición de módulos y análisis de alternativas de diseño

Comenzando a definir más concretamente los distintos módulos y sus componentes, se tomaron en cuenta los requerimientos definidos en secciones anteriores para seleccionar entre las distintas posibilidades de hardware y software para la implementación del dispositivo.

En líneas generales, las propuestas de diseño fueron evaluadas en función de las siguientes características con las que debe contar el sistema:

- Exender cerveza o bebida solo cuando un usuario se sincronice con la canilla y tenga saldo suficiente.
- Crear un usuario con el fin de almacenar datos históricos de consumo y saldo disponible.
- Integrar la aplicación con un método de pago electrónico.
- Permitir al administrador parametrizar la canilla.
- La canilla debe poder utilizarse en un bar sin ninguna instalación específica.

A partir de estas características, se delimitan los distintos módulos y componentes necesarios. En primer lugar, se contempla el módulo de alimentación, el cual tendrá como tensión de entrada 220v AC y entregará la tensión necesaria para que funcionen cada uno de los componentes.

En segundo lugar, será necesario utilizar un caudalímetro que entregará a medida que circule líquido por su interior una tensión variable que servirá para hacer un cálculo posterior y conocer la cantidad de bebida que pasó en un tiempo determinado dado. Un criterio para la selección de un modelo de caudalímetro es la presión máxima, y caudal mínimo detectable.

Luego se utiliza una electroválvula en serie con el caudalímetro en términos del flujo de la cerveza. Este dispositivo es capaz de impedir o habilitar el flujo, respondiendo a una orden comandada desde un microcontrolador. De esta forma, cuando la lógica del software lo habilite será posible dispensar cerveza desde la canilla de forma cotidiana. Se debe tener en cuenta que la electroválvula deberá ser del tipo normal cerrada para asegurar que, ante un corte de energía, la canilla no se habilite y permita el dispensado de cerveza.

Para mejorar la interacción con el usuario, se incorpora un display RGB que permitirá conocer el estado de la canilla, mostrar el código QR necesario para el inicio de un pedido nuevo y demás parámetros. Se considera en este módulo que para una correcta elección del display habrá que considerar el protocolo de comunicación con el microcontrolador.

Finalmente, en cuanto al hardware es necesario la incorporación de un microcontrolador. En este caso, tendrá como tarea desplegar toda la lógica de censado, control y comunicación del sistema. Recibirá de forma analógica los pulsos del caudalímetro y los convertirá en una medida de flujo, utilizará la información de la canilla y del usuario para decidir si se habilita o no el dispensado, enviará una señal de control a la analógica a la electroválvula, establecerá una comunicación bidireccional con una base de datos y actualizará la pantalla por algún protocolo de comunicación.

Por otro lado, será mandatorio desarrollar un entorno de software dividido en dos capas: back-end y front-end. El front-end será la aplicación a utilizar por el consumidor que le permitirá crear una cuenta, cargar saldo, ver las diferentes cervezas disponibles y escanear el código QR para habilitar la canilla. El back-end por su parte, dará el soporte para la creación de usuarios, el manejo de las distintas canillas que puede haber en el bar, la parametrización de la misma, el control de stocks, almacenamiento de históricos de consumo y demás tareas.

10.1.3. Caudalímetro

Este sensor internamente posee un rotor cuyas paletas son transversales a la circulación del flujo y un imán permanente en un extremo. La cámara en donde se encuentra el rotor está totalmente aislada evitando fugas de agua. Cuando el imán gira se genera un campo magnético variable que es leído por un sensor de efecto de campo magnético (sensor de efecto Hall), para luego ser convertido en pulsos por un circuito electrónico y transmitirlo por uno de los pines de salida. El sensor posee tres cables para su conexión: rojo y negro para la alimentación y amarillo para la salida de los pulsos.

| Característica | YF-SB1 | FS-3000A | TITAN Beverage Meter |
|---------------------------------|---|--|---|
| |  |  |  |
| Material de construcción | Latón plateado | Plástico | Plástico PVDF (fluoruro de polivinilideno) |
| Tensión de trabajo | 5v – 18v (recomendado: 12v) DC | 5v – 24v DC | 5v – 24v DC |
| Corriente máxima | 15mA (5v) | 15mA (5v) | 20mA |
| Presión máxima | 1.75 MPa | 1.2 MPa | 1 MPa |
| Caudal | 1 L/m – 30 L/m | 1 L/m – 60 L/m | 0.6 L/m – 10 L/m |
| Precisión | ± (2% a 5%) | ~ 10% | 1% |
| Pulsos salida | 477 pulsos/L | 330 pulsos/L | 1420 pulsos/L |
| Peso | 76 gr | 38 gr | 150 gr |
| Precio (ubicación) | U\$D 16 (ARG) | U\$D 24,5 (ARG) | - |

Tabla 10.1 Comparación de caudalímetros

En términos del tipo de sensor a utilizar, es necesario considerar los de tecnología de turbina. Existen otros tipos de caudalímetros, como los magnéticos que se colocan por fuera del tubo por donde se encuentra el flujo a medir. Sin embargo, este tipo de caudalímetros son de uso industrial que no solo poseen un costo que excede totalmente los alcances de este tipo de producto, sino que tampoco sería posible su utilización por el tamaño al necesitar no solo el sensor sino el transmisor que convierta la señal a 4-20mA para su lectura. De esta forma se descartan otro tipos de tecnologías para el producto a diseñar.

En las opciones de caudalímetros de turbina se encuentran los tres modelos presentados. Los dos primeros son caudalímetros relativamente económicos en los que difiere principalmente el material de construcción. Dado que este producto entra dentro de la categoría de uso alimenticio es importante considerar qué tipo de material se utilizará.

El caudalímetro de la marca TITAN está fabricado en un plástico especializado y certificado para la industria alimenticia, por lo cual facilita la certificación del producto total. Otra ventaja que presenta este caudalímetro es que al estar diseñado específicamente para la industria de las bebidas, como café, cerveza y bebidas espirituosas, contempla la limpieza y mantenimiento del mismo. Es decir, que también gracias a su plástico especializado la resistencia a la corrosión y obstrucción por los azúcares de la cerveza (entre otros) es mayor que en un caudalímetro de uso hogareño.

Para el prototipo se utilizaron los primeros dos modelos de la tabla, ya que tienen un costo afrontable para el proyecto y porque fueron conseguidos en el mercado local sin problema. El elegido para el prototipo final fue el caudalímetro YF-SB1 por su material de construcción y su mejor rendimiento en las pruebas en términos de precisión en la lectura de caudal.

Como en el caso del siguiente componente que se analizará a continuación (electroválvula), lo principal a mencionar en cuánto a la factibilidad es su compatibilidad para uso alimenticio. En ambos dispositivos esta característica será determinante en la elección de ellos, ya que estarán en contacto directo con el líquido que luego ingesta un consumidor o consumidora. Para lograr esa compatibilidad, los productos presentan diferentes certificaciones que servirían para facilitar la certificación de este propio producto por documentación.

10.1.4. Electroválvula

Este dispositivo se trata de una válvula mecánica controlada de forma electrónica, habilitando o impidiendo la circulación de líquido a través de un conductor o tubería. Está construida con una válvula solenoide y existen en dos formatos: normal abierta o normal cerrada. Esto quiere decir que en estado basal (sin energizar) se encontrará abierta o cerrada respectivamente, mientras que al recibir una tensión eléctrica la bobina cerrará o abrirá la válvula.

Como se mencionó previamente, en este producto es necesario utilizar una válvula normal cerrada principalmente para asegurar que ante corte de energía no sea posible suministrarse cerveza sin pagar por el consumo. A su vez, el criterio que también apoyó esta elección es considerar que cuando está en uso se activa la válvula mientras que en reposo no circula corriente eléctrica, ya que la electroválvula puede quemarse luego de un largo período de estar energizada.

| Característica | FPD-270A | ASCO 8262 |
|---------------------------------|---|---|
| |  |  |
| Material de construcción | Plástico | Acero inoxidable |
| Tensión de trabajo | 12v DC | Configurable en proveedor (DC/AC) |
| Corriente máxima | 250 mA | 400 mA |
| Presión de trabajo | 0.02 MPa - 0.8 MPa | ~ 0 Pa – 1.2 MPa |
| Modo de funcionamiento | Normal-cerrada | Normal-abierta |
| Tiempo de respuesta | Acción rápida | - |
| Peso | 120 gr | |
| Precio (ubicación) | U\$D 12 (ARG) | U\$D 115 (ARG) |

Tabla 10.2 Comparación de electroválvulas

Es importante destacar que para este producto un criterio de selección debe ser el tiempo de respuesta, ya que si el mismo es demasiado elevado generará inconvenientes durante su uso. Por ejemplo, se evidenciaría un problema a la hora de que el sistema corte por falta de saldo. Cuando el programa comande la orden de cerrado por falta de saldo, es necesario que la electroválvula no tarde demasiado tiempo en completar la acción ya que en ese intervalo se seguirá dispensando cerveza.

En función de las pruebas realizadas, se detectó que el principal desafío con el que se encuentra la electroválvula para completar rápidamente la acción es la presión a la que está sometido el fluido. Al utilizar una válvula del tipo normal cerrada, depende de la fuerza magnética del dispositivo y no de una corriente eléctrica. Gracias a estas pruebas fue posible encontrar que el problema a resolver es una relación de compromiso para finalmente optar por una válvula normal cerrada o normal abierta. Es decir, utilizando una válvula normalmente abierta sería posible encontrar un modelo cuyo accionamiento magnético por control electrónico fuese lo suficientemente sólido como para cerrar rápidamente la válvula cuando el sistema lo decida actuando con una fuerza mayor que la presión que entregue el líquido desde el barril energizando el solenoide. Sin embargo en ese caso, sería necesario contemplar si la electroválvula fuese capaz de soportar estar energizada durante la mayor parte de su vida útil.

Para ese análisis se investigó un tipo de válvulas orientadas más a la producción industrial, pero con un tamaño que aún podría ser factible para este dispositivo, donde el fabricante asegura entre otras cosas que la

disipación en el cuerpo de la misma es suficiente como para estar constantemente energizado para mantenerla cerrada. El precio de la misma supera ampliamente el de las válvulas comerciales que se han investigado.

Por este motivo, se decidió proceder con una válvula normal cerrada y atacar el problema del cierre lento que genera un desperdicio de cerveza por software. Conociendo el tiempo que tarda la válvula en cerrar, es posible saber cuánta cantidad de fluido pasará por la canilla. De ese modo, el algoritmo del programa deberá contemplar cerrar la electroválvula cuando el saldo restante sea el suficiente para pagar esa cantidad de cerveza.

10.1.5. Microcontrolador

Es el dispositivo que lleva adelante la toda la lógica del sistema. Debe ser capaz de operar con señales analógicas, digitales y tener conexión a internet mediante wifi. Entre sus tareas principales se destacan:

- Lectura del caudalímetro y conversión a cantidad de flujo dispensado.
- Comandar la orden de apertura/cerrado de le electroválvula.
- Seguimiento de la máquina de estados del flujo del sistema.
- Conexión a la base de datos online.
- Control de display.

Existen muchas opciones en el mercado para llevar adelante estas tareas mencionadas, ya que se encuentra dentro de lo que se denomina como IoT (internet de las cosas, por sus siglas en ingles). Al ser un concepto ampliamente aceptado en ámbito de desarrollo y producción, la estandarización del mismo llevó a un aumento en la disponibilidad de opciones para proyectos de este tipo.

| Característica | NodeMCU ESP32 | NodeMCU ESP8266 |
|---------------------------------|---|---|
| |  |  |
| CPU | Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 con 600 DMIPS | Xtensa Single-core 32-bit L106 |
| Velocidad WiFi/Protocolo | 150 Mbps / Wifi 802.11 b/g/n 2.4 GHz | 75 Mbps / Wifi 802.11 b/g/n 2.4 GHz |
| Pines GPIO | 36 | 17 |
| Bluetooth | Si | No |
| SPI/I2C/I2S/UART | 4/2/2/3 | 2/1/2/2 |
| Modos WiFi | Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P | Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P |
| SRAM | 520 kB | < 50kB |
| Memoria Flash | 4 MBy | 4 MBy |
| Sensor Táctil | 10 pines GPIO | No |
| Precio | U\$D 15 | U\$D 10 |

Tabla 10.3 Comparación de microcontroladores

Los dos principales referentes seleccionados son los mostrados en la tabla anterior. En ambos casos, se trata de placas de desarrollo diseñadas por el mismo fabricante *NodeMCU*. En este tipo de placas lo que normalmente se encuentra son distintos fabricantes que configuran y adaptan distintas características, pero utilizando el mismo SoC que en este caso son el ESP32s y el ESP8266 respectivamente.

Durante la etapa de desarrollo de prototipo se utilizó el modelo más económico (ESP8266) ya que cubre todas las necesidades antes descriptas. La principal ventaja de este tipo de placas es su practicidad, bajo costo y la extensa comunidad de desarrolladores que permiten acelerar la curva de aprendizaje de todo el entorno gracias a las licencias open source.

El desempeño en general de este microcontrolador resultó muy bueno, no presentando ningún inconveniente particular. La posibilidad de contar con un módulo wifi integrado simplifica mucho el armado de la canilla, y cuenta con la ventaja de poder utilizar distintos modos de wifi. Con esto último, fue posible configurar una red wifi que crea el dispositivo para que al momento de utilizarlo por primera vez el usuario pueda conectarse a esta red y hacer la conexión de la canilla al wifi del bar.

En cuanto a la otra placa considerada, tiene varias características que potencian las posibilidades de desarrollo por lo que es un dispositivo que puede considerarse para un producto final con más opciones. Por ejemplo, al tener un módulo bluetooth integrado sería posible sincronizar la canilla con otros dispositivos como un smartwach que desplegarían alarmas personalizadas para el dueño/administrador del bar. Así también, por ejemplo, el uso de los pines capacitivos que facilitarían la incorporación de botones táctiles en la canilla para comandar operaciones como la finalización de la servida.

10.1.6. Display

La pantalla o display cumplen un rol fundamental en el dispositivo. En primer lugar, porque será la encargada de mostrar la imagen del código QR que escaneará el usuario para activar la canilla y dispensar su bebida. También tiene un sentido comercial y de marketing ya que le permite al usuario experimentar una canilla con tecnología aplicada, que de otra forma quedaría limitado a los componentes internos de la canilla. Es de gran utilidad que el usuario pueda recibir indicaciones y mensajes durante toda la experiencia.

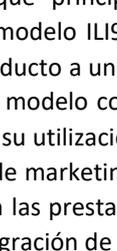
| Característica | Nextion NX4024T032 | ILI9341 |
|--------------------------------|---|---|
| |  |  |
| Dimensión/Resolución | 3.5"/480x320 | 2.2"/340x220 |
| Cantidad de colores | 65k | 65k |
| Comunicación | UART | SPI |
| Pantalla táctil | SI | NO |
| SDK gráfico propietario | SI | NO |
| Tarjeta SD | SI | SI |
| Alimentación | 5v | 5v |
| Precio | U\$D 44 | U\$D 12 |

Tabla 10.4 Comparación de pantallas

En este módulo se analizaron 2 productos que principalmente difieren en la calidad y cantidad de prestaciones. Para el prototipo se consideró el modelo ILI9341 ya que las características con las que cuenta permiten desarrollar una primera versión del producto a un bajo costo. Sin embargo, posee varias limitaciones en cuestiones gráficas. A diferencia del segundo modelo considerado, no existe un SDK que facilite el diseño gráfico en la pantalla lo cual hace muy engorrosa su utilización. A su vez, el tamaño es bastante reducido por lo que deja un poco de lado la cuestión estética y de marketing como se mencionó previamente. Este display se comunica por protocolo SPI, que está incluido en las prestaciones del microcontrolador elegido por lo cual no hubo inconvenientes mayores a la hora de la integración de los módulos.

El modelo de la empresa Nextion es no solo es un display LCD, sino que al poseer pantalla táctil capacitiva con hasta 5 puntos de operación se transforma en un HMI (Human Machine Interface). Es importante mencionar esta prestación ya que al igual que con el módulo ESP32s, se podrían agregar muchísimas funcionalidades que mejorarían la experiencia de usuario pero que en una primer etapa de desarrollo excede las necesidades a cubrir.

10.2. Factibilidad tecnológica: software

10.2.1. Esquema modular

En la sección previa se esquematizó un diagrama de módulos para el hardware y se incluyó los componentes básicos del software ya que eran necesarios para comprender el sistema completo. En este caso se mostrará un esquema más detallado de los distintos módulos del software.

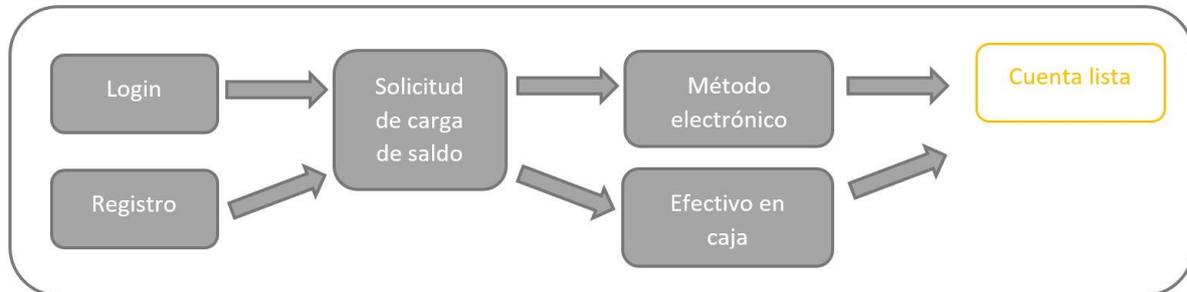


Figura 10.2 Diagrama de módulos. Software - Etapa 1

En este primer diagrama se presenta cómo será el flujo básico de la aplicación desde el instante en que el usuario la instala. Se encontrará en primer lugar con un menú de inicio de sesión o registro de usuario nuevo. Una vez ingresado, el usuario podrá iniciar una solicitud de carga de saldo ya sea de forma online con un método electrónico (ebank, tarjeta de crédito o débito, etc.) o abonando en efectivo en la caja. De esta forma su cuenta estará lista para iniciar el proceso de compra de cerveza.

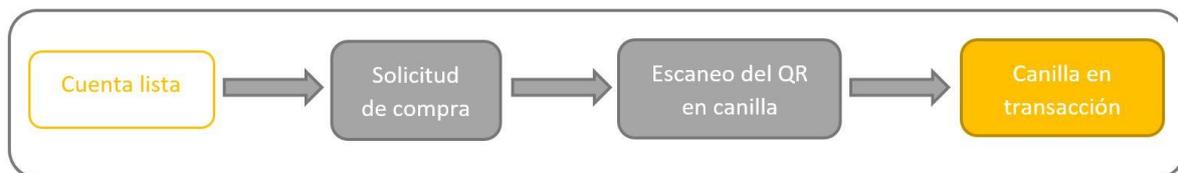


Figura 10.3 Figura 10.2 Diagrama de módulos. Software - Etapa 2

Luego de que su cuenta tenga saldo disponible, podrá iniciar una solicitud de compra desde la aplicación estando frente a la canilla. Se le solicita que escanee el código QR visible en la pantalla de la canilla, y comenzará la transacción para su operación en esta.

10.2.2. Front-end

Un proyecto de software de este estilo, tal como fue descrito en la sección anterior se divide en dos partes: el front-end y el back-end. Ambos términos acuñados en la jerga del desarrollo del software hacen referencia coloquialmente a “lo que está por detrás” y “lo que está por delante”. Esta separación divide el desarrollo en dos partes. El front-end hace referencia a la parte visual, o con la que está en contacto el usuario final. Esta capa es responsable de la interacción del usuario con la aplicación por lo que prioriza el aspecto y funcionalidad. El back-end es la estructura fundacional, hace referencia normalmente a la base de datos, servidor o la arquitectura que sustenta el funcionamiento y comunicación de la aplicación.

Existen en la actualidad infinidad de opciones a la hora de elegir un entorno de desarrollo o framework (tecnología) para implementar y llevar a cabo una aplicación móvil. En este caso las opciones que se consideran tienen como punto de diferencia el tipo de código que implementan, ya sea optar por desarrollar una aplicación para cada sistema operativo móvil actual (Android y iOS) utilizando el SDK de cada fabricante o llevar adelante un desarrollo utilizando una tendencia actual de código multi-plataforma (cross-platform).

Para desarrollar una aplicación móvil en Android se podría utilizar el Android SDK (kit de herramientas de desarrollo), cuyo lenguaje de programación es Java y es provisto por el OEM. Análogamente en el caso de iOS se utilizaría el iOS SDK provisto por el OEM (Apple) y se codificaría en Objective-C. De esta manera, la aplicación presentaría una arquitectura de este tipo:

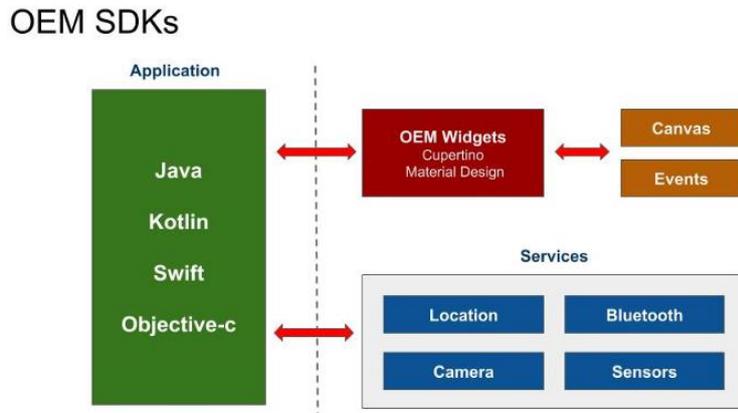


Figura 10.4 Arquitectura de una aplicación con SDK OEM

Esto quiere decir que la aplicación será programada en los respectivos lenguajes de cada fabricante, y luego cuando la aplicación requiera hacer uso de la UI (Cupertino para iOS y Material Design para Android) le transmitirá la solicitud al sistema operativo y se dibujará con los motores gráficos nativos correspondientes a cada uno. Lo mismo sucederá con otros eventos a lo que atenderá el OS.

Existe también una arquitectura cross-platform, cuyo esquema varía y es el siguiente:

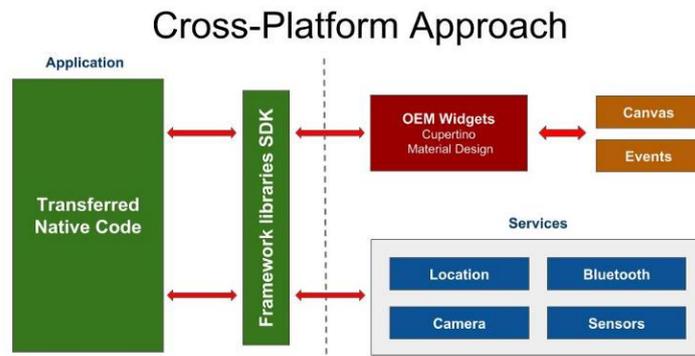


Figura 10.5 Enfoque cross-platform

La diferencia fundamental con la arquitectura anterior radica en el código nativo. Esto quiere decir, que la aplicación se compilará directamente para el tipo de procesador del dispositivo móvil (x86, ARM, etc.) y set de instrucciones. Si el programa es ejecutado en un procesador diferente para el que fue compilado, entonces un software de virtualización lo correrá de forma emulada en el nuevo procesador provocando que probablemente corra más lento o de forma menos eficiente. Sin embargo, trae una ventaja para el programador ya que tendrá que compilar su código una sola vez y serán luego las librerías del SDK las que harán que su aplicación se ejecute en cada una de las distintas plataformas. Se reduce ampliamente el tiempo de desarrollo, y se optimiza el uso de recursos ya que el programador solo tiene que estar especializado en código nativo y no en todos los lenguajes para los que desea desarrollar su aplicación.

Sin embargo, existe una variante de arquitectura propuesta por un framework llamado Flutter, diseñado por Google. Este framework permite crear aplicaciones en lenguaje nativo utilizando un lenguaje también propietario de Google llamado Dart, basado en C. El enfoque que tiene este framework se puede ver en el siguiente gráfico:

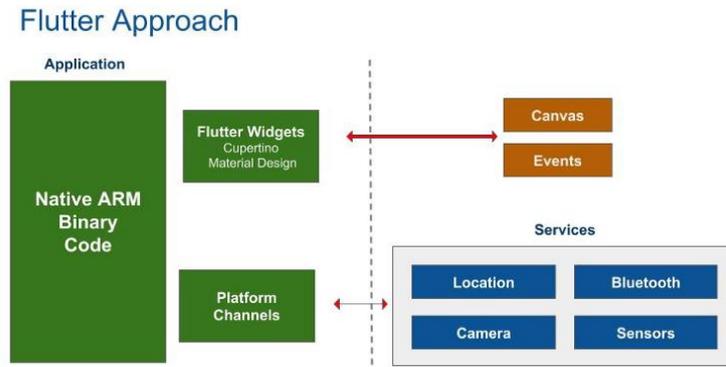


Figura 10.6 Enfoque Flutter

Lo primero a destacar de esta arquitectura es Flutter utiliza binarios nativos de ARM para compilar la aplicación, por lo que no requiere una virtualización como sucede en la arquitectura anterior. Esto se traduce en una mayor velocidad y rendimiento en la aplicación, permitiendo tener realmente una diferencia muy superior con respecto a código nativo. Por otro lado, utiliza Flutter Widgets lo que hace que en este modelo el manejo de la UI esté del lado de la aplicación. Esta es una de las principales ventajas de este framework ya que literalmente contiene en sus librerías absolutamente todos los componentes visuales de Android y iOS lo que permite al desarrollador con un mismo código diseñar una interfaz para cada usuario en cada plataforma y que el usuario experimente una interfaz totalmente OEM.

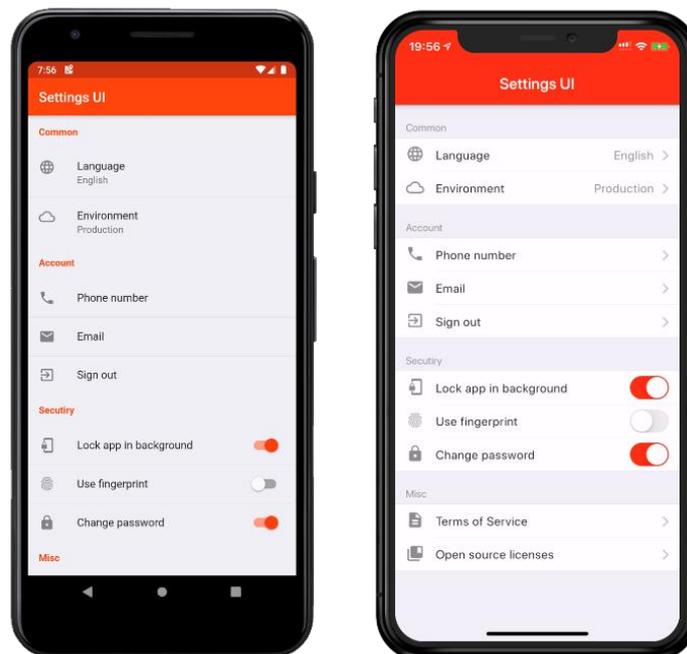


Figura 10.7 Comparativa diseño UI Android vs. iOS ambas en Flutter

Finalmente, para mencionar respecto a este framework, es importante destacar el lenguaje de programación con el que se crean los proyectos: Dart. Su estilo C acelera la curva de aprendizaje, y su estudio resulta muy intuitivo. Está diseñado para el diseño de UI, posee de obtener una previsualización de la aplicación en tiempo real sin tener que recompilar todo el proyecto, es rápido en todas las plataformas (ARM y x64) y puede compilarse para dispositivos móviles, computadoras, servidores back-end y JavaScript para web.

10.2.3. Back-end

Para este análisis se debe cuestionar qué tipo de arquitectura se utilizará para interconectar la canilla con la aplicación móvil con la que interactuará el usuario. En función de las especificaciones y requerimientos dados, se concluye que:

- 1) El dispositivo contará con una conexión activa de internet por medio de una red wifi. El comprador podrá configurar la conexión desde un dispositivo externo, sin tener que programar nada.
- 2) Se utilizarán los distintos modos del chip wifi para la conexión a internet, generando una red local propia en primera instancia para la parametrización de la red wifi con acceso a internet.
- 3) Se registrarán los usuarios, los parámetros de la cerveza y las transacciones en una base de datos compartida por el dispositivo y la aplicación.

- Node-RED, MQTT y SQL

El hardware del dispositivo fue programado en lenguaje C++. En una primera etapa se comenzó utilizando dos herramientas muy potentes y conocidas en el mundo del IoT, como son Node-RED y MQTT. El primero se trata de un framework que permite mediante herramientas visuales interconectar dispositivos de hardware, APIs y servicios online sin tener que escribir código. Su entorno de desarrollo estaba basado en un editor web en el que se interconectan distintos nodos que cumplen funciones particulares, y está construido sobre Node.js por lo que los flujos creados se codifican en JSON. Por lo tanto, se realiza una instalación local en una computadora y se puede comenzar con el desarrollo desde el explorador web.

Por otro lado, MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) se trata de un protocolo de comunicación diseñado específicamente para dispositivos con prestaciones reducidas y bajo ancho de banda lo que lo hace ideal para la comunicación con dispositivos como Arduino. En el caso de este proyecto, se montó el entorno de desarrollo Node-RED en una computadora y se procedió con la conectividad entre el módulo ESP8266 mediante MQTT. La arquitectura puede resumirse en la siguiente figura:

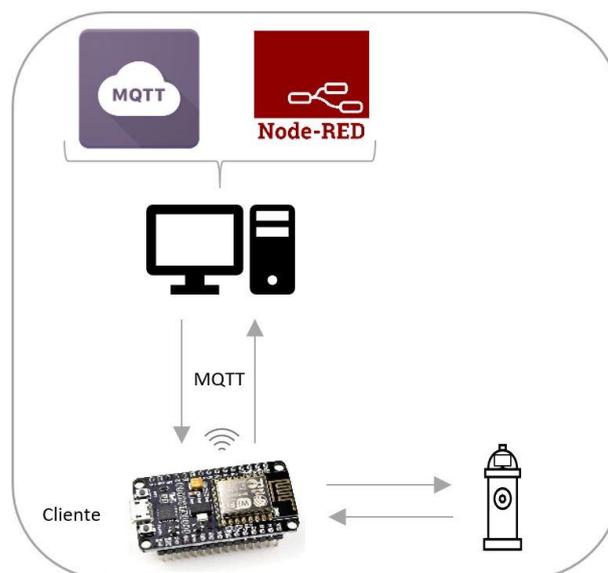


Figura 10.8 Arquitectura Node-RED / MQTT

De esta forma se implementa una máquina de estados que será la encargada de llevar el control de la canilla, tomando como inputs la solicitud del cliente y la lectura del caudalímetro, y como output el control de la electroválvula. La misma se grafica a continuación:

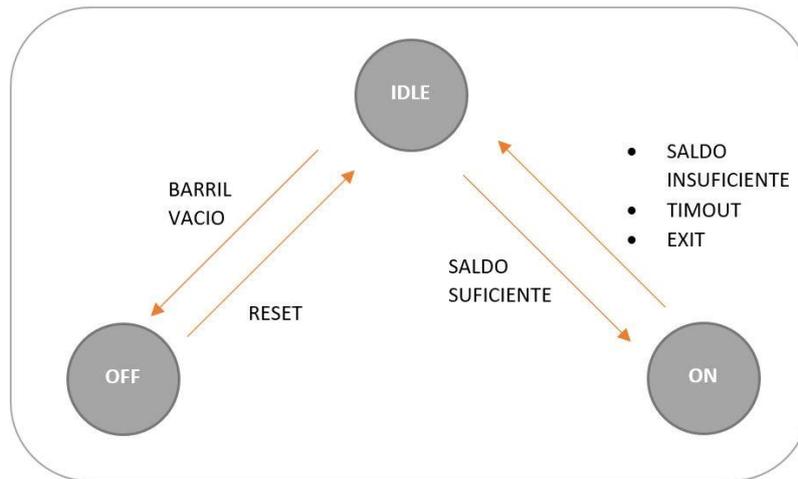


Figura 10.9 Máquina de estados.

En estado IDLE, el dispositivo se encuentra a la espera de una nueva solicitud de expendio con la electroválvula cerrada. En estado ON, se abrirá la electroválvula para que el usuario pueda dispensar cerveza mientras se realiza la lectura del caudalímetro. En estado OFF, la máquina no recibirá nuevos pedidos. La implementación en Node-RED puede verse a continuación:

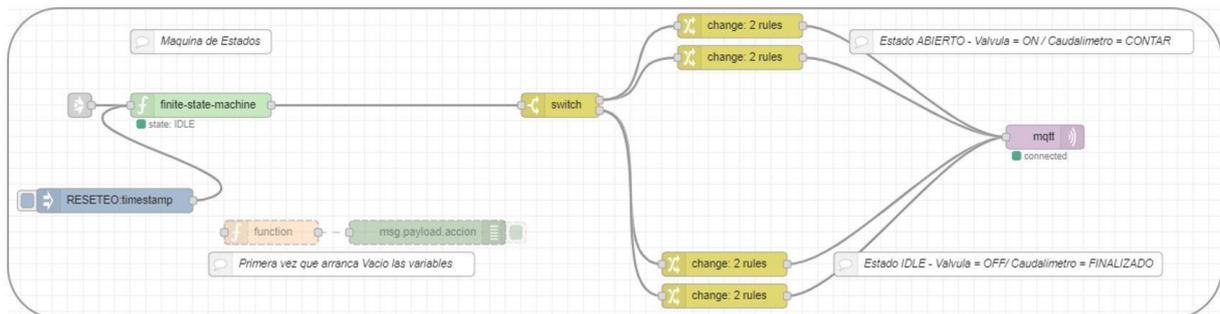


Figura 10.10 Implementación máquina de estados en Node-RED.

Los detalles de esta implementación, como por ejemplo los Topics MQTT utilizados, los resultados de las primeras pruebas, los flujos de Node-RED que llevaban adelante toda la lógica de la canilla y demás se podrán encontrar en el anexo. Como se concluirá más adelante, esta arquitectura presentó varios problemas y no fue la implementada en el prototipo final.

Por último, es importante mencionar aún en este apartado de factibilidad el entorno utilizado para crear las bases de datos. Estas serán las encargadas de llevar el control de usuarios del sistema, almacenar el histórico de servidas y la parametrización de cada canilla, entre otras. Se utilizó SQL, creando una instancia también local para el desarrollo del prototipo.

En la siguiente imagen es posible observar los tres componentes mencionados (MQTT + NodeRED + SQL) funcionando en simultaneo. En primer lugar se puede ver una consola de Windows, que está registrando la lectura del caudalímetro conectado directamente al ESP8266. Esa medición es leída desde Node-RED, como puede verse en el panel de la derecha y finalmente se escribe dicha lectura en la base de datos en SQL, conforme se ve en el panel izquierdo:

- Firebase

En este caso particular, se opta por la utilización de un servicio privado en la nube que funciona a la perfección con el framework Flutter (front-end mencionado previamente) llamado Firebase. Se trata de una plataforma hosteada y creada por Google al igual que Flutter, y que cuenta con un sin fin de herramientas que facilitan el desarrollo de aplicaciones web, móviles y de escritorio.

Las ventajas de contar con un servicio de hosting en la nube son muchas. Entre ellas se destaca la posibilidad de como desarrollador desprenderse del mantenimiento del hardware (servidores físicos) ya que es la empresa a la que se contrata la que se encarga de realizar las actualizaciones y mantenimiento correspondiente. A diferencia de un desarrollo de aplicaciones tradicional en el que la aplicación se conecta con servidores propios que implican un gran desarrollo de back-end, Firebase como otros servicios en la nube ofrecen un SDK con el que interactuará la aplicación para hacer uso de los servicios:

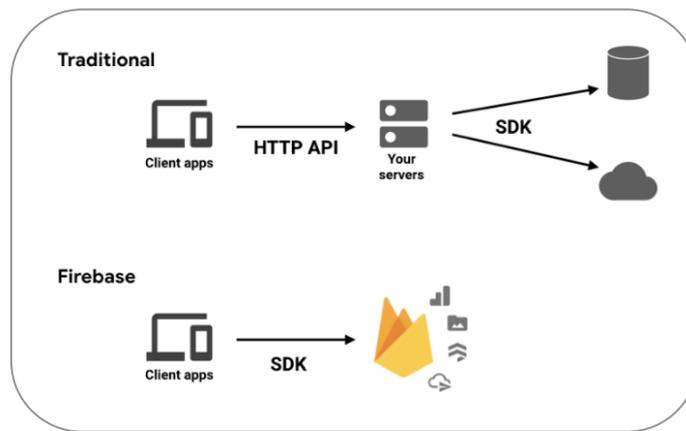


Figura 10.12 Comparativa entre desarrollo tradicional vs. FireBase

Entre los servicios que ofrece la plataforma, serán de relevancia para el proyecto:

- **Authentication:** identificación de usuario. Ofrece la posibilidad de crear y administrar usuarios, así como conexión con servicios de autenticación para el ingreso con redes sociales, entre otros. Segmenta los usuarios con un código único de identificación UID que facilita la identificación y personalización dentro de la aplicación.
- **Realtime Database:** base de datos en tiempo real. La aplicación y la base de datos estarán conectadas en tiempo real, permitiendo reflejar cambios de forma instantánea desde ambos lados.
- **Firestore Database:** permite crear un sitio web hosteado directamente desde la misma consola de administración.

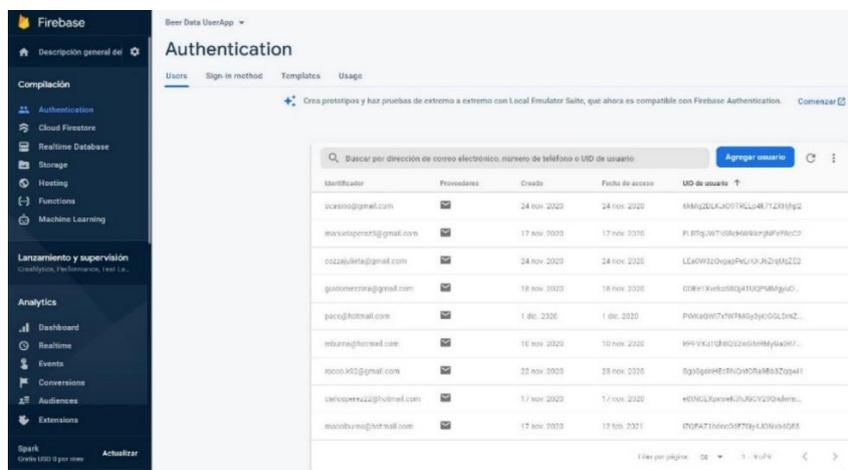


Figura 10.13 Consola de administración de FireBase

10.3. Factibilidad económica. (Mercado, costos, ciclo de vida, VAN, TIR)

10.3.1. Modelo de negocios, ciclo de vida y análisis de mercado

Para analizar el modelo de negocios más conveniente a implementar con este producto hay que tener en cuenta las prestaciones y servicios que el mismo le puede dar a un administrador de un bar y a un cliente final. En principio el sistema fue pensado para utilizarse en solo el bar de un cliente, pero esto luego fue cambiando a medida que el sistema y la plataforma con la que fue hecha admitía implementarlo en diferentes bares y no solo en uno, esto a su vez permite recopilar una mayor cantidad de datos, tener una muestra de personas más diversificadas y posteriormente hacer más conocido al sistema como así mediante la aplicación hacer conocidos los bares que lo implementen.

En un inicio puede pasar que los administradores de los bares no quieran desarraigarse de la forma tradicional en la que se vende cerveza ya sea porque se debe modificar las instalaciones del bar para implementar el sistema o porque se necesita un tiempo de prueba donde sea aceptable que puedan aparecer fallos con su utilización o casos que no se contemplaron para el producto.

Si bien el costo de las canillas no es elevado, puede representar un costo innecesario para el dueño del bar por lo que se pretende hacer una inversión del costo total equivalente a 5 canillas por año, con la intención de darlas a concesión en diferentes bares que sean potenciales compradores, así como también para exposiciones y/o préstamos en bares con canillas fuera de servicio.

10.3.2. Costos

| Costo de fabricación por unidad | | | |
|---------------------------------|---------|-------------------------|--------|
| Sistema | | Cuerpo | |
| Caudalímetro | 16 USD | Pilón PVC | 10 USD |
| Pantalla | 12 USD | Base y carcasa pantalla | 10 USD |
| Electroválvula | 12 USD | Rejilla antigoteo | 12 USD |
| ESP8266 | 10 USD | Manguera y conectores | 15 USD |
| Relé | 1,5 USD | Componentes Varios | 10 USD |
| Fuente | 1,5 USD | | |
| Subtotal | 53 USD | Subtotal | 57 USD |
| TOTAL | | 110 USD | |

En cuanto a la instalación del producto, se tiene en cuenta las siguientes características de este:

- Producto con carcasa cerrada sin necesidad de fijación a pared o barra
- Posee rejilla antigoteo individual
- Carcasa preparada para el uso de clientes finales
- Producto pensado para instalaciones de bares convencionales
- Conexión al servidor autónoma y fácil puesta en marcha para el administrador

Por lo mencionado anteriormente se da a entender que el dispositivo no necesita de una instalación especializada y solo se va a tener en cuenta el costo de embalaje y envío del producto. Ya que los puntos de mayor insumo de cerveza artesanal están en Buenos Aires, Mar del Plata y Bariloche se asumen viajes a todo el país para envío. En cuanto a embalaje será caja de cartón con espuma amoldada a la forma de la carcasa de la canilla para quedar fija durante el envío.

| Costos de embalaje y envío | |
|----------------------------|---------|
| Embalaje y envío | US\$ 20 |

Para el costo de personal se considera en una etapa inicial los salarios de los autores de este informe, además de tres profesionales adicionales (un ingeniero industrial, un técnico informático/electrónico y un empleado administrativo/ventas).

Para este análisis se va a tomar los salarios promedios de dichas profesiones en Argentina y se prevé que a medida que avance el proyecto sumar nuevo personal.

| Costos anuales de personal | |
|----------------------------|------------|
| Ingenieros (x3) | US\$ 35580 |
| Técnicos (x1) | US\$ 7620 |
| Administrativo (x1) | US\$ 7230 |

De acuerdo con la demanda de las canillas se prevé aumentar el personal técnico cada 2 años, dado que se hará servicio y mantenimiento a los dispositivos instalados en los bares.

Se contempla también el costo por los servicios del servidor, dado que en una primera instancia es gratis, pero luego de cierta cantidad de usuarios y datos se comienza a cobrar un plan mensual.

| Costo anual del Servidor | |
|--------------------------|----------|
| Servidor | US\$ 200 |

Para el costo de equipamiento se determinó una vez definidas las pruebas y los bancos de pruebas, las herramientas necesarias para el armado y la calibración del dispositivo y los equipos para la puesta en marcha del sistema. Esto incluye barriles para pruebas, multímetro, osciloscopio, cables, mangueras, manómetro, soldadores, computadoras, herramientas varias, materiales como teflón, cinta aisladora, abrazaderas y un rodado para ir hasta los bares como también hacer envíos en Buenos Aires.

| Costos de equipamiento inicial | |
|--------------------------------|------------|
| Equipamiento Inicial | US\$ 10000 |

| Costo por canillas fijo anuales | |
|---------------------------------|----------|
| Costa Canilla x 5 | US\$ 550 |

Para el costo de renta anual, se tomó el valor promedio de los precios de alquileres de talleres/oficinas con superficies alrededor de 80m² en el Gran Buenos Aires con instalaciones factibles para el proyecto.

| Costos de alquiler anual | |
|-----------------------------------|-----------|
| Alquiler taller 80 m ² | US\$ 2500 |

Finalmente, se asume que se va a destinar el 5% de los ingresos anuales esperados en publicidad, un monto más elevado que el recomendado dado que todas las ventas y encargos se harán por la página de la empresa.

| Costo de publicidad anual | |
|---------------------------|--|
| 5% de las Ganancias | |

10.3.3. Ingresos

Se puede ver tres grandes focos a la hora de analizar de qué manera obtener ingresos en el modelo de negocios y de qué manera distribuir los costos y ganancias en esos montos:

- Vender la canilla
- Dar servicio y mantenimiento de las canillas
- Resultados, métricas y asesoramiento en base a los datos recopilados.

En una primera instancia se propuso cobrar estos tres puntos por separado, con un precio de venta por canilla y otro para las métricas y mantenimiento de las mismas. Finalmente se optó por otro modelo de negocios donde se define un precio inicial por canilla más alto y un costo por servicio mínimo por los resultados de las métricas y mantenimiento de las canillas al costo. Esto se encuadra bajo el modelo SaaS (Software as a service) en el que la lógica y los datos del software son alojados en la nube.

| Precio por Canilla | |
|--------------------|---------|
| Canillas | USD 350 |
| Servicio | USD 5 |

El precio del dispositivo aún si fuese un costo elevado para el dueño del bar, se justifica dado los beneficios que brinda. Por ejemplo, asumiendo que el costo de un barril de 50L de cerveza artesanal es de \$10.000 y que cobrando cada pinta (500 ml) en promedio a \$250 se tiene una ganancia neta de \$15.000. En promedio se tiene 10 canillas por cervecería, lo que resulta en una ganancia total de \$150.000.

Ya sea porque el proveedor no los llena suficiente o porque se pierde cerveza en la servida, ahorrando 3L en 10 barriles (de cualquier tamaño y tipo de cerveza) se ahorra hasta 15000 en un mes por canilla.

Además de que usando el servicio también le brindaría la posibilidad de prescindir de un empleado más en caja o sirviendo cervezas, dado que se efectúan digitalmente las transacciones y al ser autoservicio (costo de empleado de comercio promedio \$50000).

A continuación se muestra el detalle de las ganancias en base a la simulación de ventas de las canillas totales y el servicio.

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Canillas Vendidas | 115 | 153 | 183 | 208 | 235 | 272 | 310 | 346 | 370 | 400 |
| Ganancia Bruta | 40825 | 54315 | 64965 | 73840 | 83425 | 96560 | 110050 | 122830 | 131350 | 142000 |
| Ganancia Neta | 25300 | 33660 | 40260 | 45760 | 51700 | 59840 | 68200 | 76120 | 81400 | 88000 |

Figura 10.14 Ganancias proyectadas

10.3.4. Flujo de fondos y rendimiento

Con la inversión inicial, los costos definidos y las ganancias calculadas, se genera el siguiente cuadro para ver los totales en cada año a medida que se desarrolla el proyecto:

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Inversion Inicial | 10000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Costo Fijo | 0 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 |
| Costo Variable | 0 | 13915 | 18513 | 22143 | 25168 | 28435 | 32912 | 37510 | 41866 | 44770 | 48400 |
| Sueldos | 0 | 31340 | 31340 | 31340 | 31340 | 38570 | 38570 | 38570 | 50430 | 50430 | 50430 |
| Costo Total | 10000 | 48505 | 53103 | 56733 | 59758 | 70255 | 74732 | 79330 | 95546 | 98450 | 102080 |
| Ganancia Bruta | 0 | 40825 | 54315 | 64965 | 73840 | 83425 | 96560 | 110050 | 122830 | 131350 | 142000 |
| Ganancia Neta | -10000 | -7680 | 1212 | 8232 | 14082 | 13170 | 21828 | 30720 | 27284 | 32900 | 39920 |
| Acumulativo | -10000 | -17680 | -16468 | -8236 | 5846 | 19016 | 40844 | 71564 | 98848 | 131748 | 171668 |

Tabla 10.5 Flujo de fondos

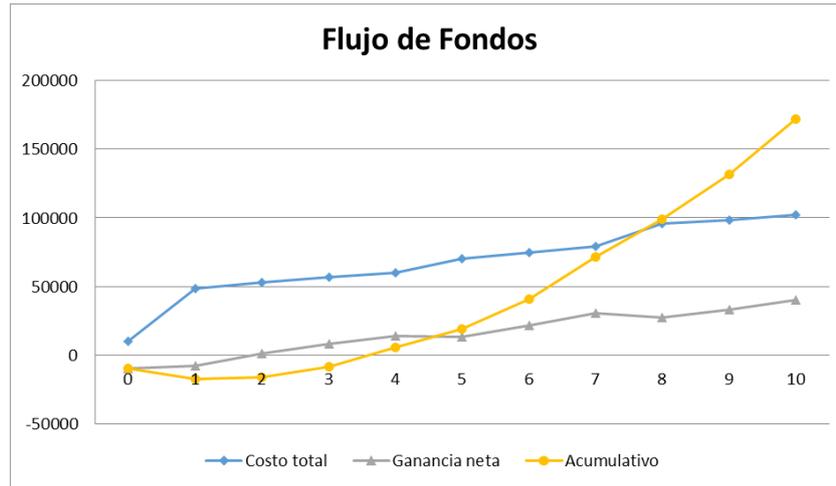


Figura 10.15 Flujo de fondos

Finalmente se presenta el flujo de ingresos para los primeros años del proyecto donde, para obtener el resultado neto se consideran los siguientes impuestos:

- IIBB: 5%
- IVA: 10,5% (Productos electrónicos)
- Ganancias: 25%

Flujo de fondos acumulado:

| Año | Ventas estimadas (unidades) | Costos fijos (USD) | Costos Variables (USD) | EBITDA (USD) | Resultado Neto (USD) |
|-----|-----------------------------|--------------------|------------------------|--------------|----------------------|
| 0 | - | 3250 | 0 | -10000 | -10000 |
| 1 | 115 | 3250 | 13915 | -7680 | -5297 |
| 2 | 153 | 3250 | 18513 | 1212 | 836 |
| 3 | 183 | 3250 | 22143 | 8232 | 5677 |
| 4 | 208 | 3250 | 25168 | 14082 | 9712 |
| 5 | 235 | 3250 | 28435 | 13170 | 9083 |
| 6 | 272 | 3250 | 32912 | 21828 | 15054 |
| 7 | 310 | 3250 | 37510 | 30720 | 21186 |
| 8 | 346 | 3250 | 41866 | 27284 | 18817 |
| 9 | 370 | 3250 | 44770 | 32900 | 22690 |
| 10 | 400 | 3250 | 48400 | 39920 | 27531 |

Tabla 10.6 Flujo de fondos acumulado

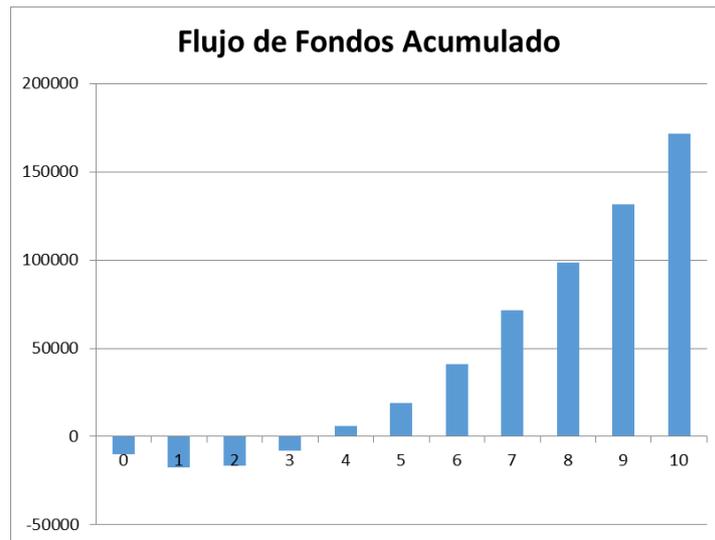


Figura 10.16 Flujo de fondos acumulado

Tomando los flujos de caja de cada año se obtienen las variables que permiten evaluar el proyecto:

| TIR | VAN (tasa descuento = 2%) | Payback |
|-----|----------------------------|----------------|
| 47% | 146.021,22 U\$D | 3 años y 5 mes |

Al verificar que el TIR es mayor a la tasa de descuento asumida y el VAN es mayor a cero, se determina que el proyecto es viable.

10.3.5. DFMEA

| Nº | Efectos de la falla | Modo de la falla | Causas de la falla | Aceptabilidad | | | | Acción de prevención | Aceptabilidad | | | | Referencia | Nivel de IC | |
|----|--|---|---|---------------|----|----|----|---|---------------|----|----|----|------------|-------------------------------------|--------------|
| | | | | NS | PO | DE | IC | | NS | PO | DE | IC | | Acceptable | IC ≤ 27 |
| 1 | No se puede utilizar el equipo | No se ven datos en la Pantalla | Falla conectores de Pantalla con Microprocesador | 4 | 3 | 4 | 28 | Se cambia conectores por soldaduras en las placas | 3 | 1 | 3 | 9 | | Bajar hasta razonablemente práctico | 27 < IC < 48 |
| 2 | Inconvenientes para servir | Se cae al intentar servir | Base no soporta fuerza de usuario al accionar canilla | 4 | 3 | 3 | 36 | Se modifica diseño para cambiar centro de masa y se modifica base de apoyo | 3 | 2 | 2 | 12 | | No Aceptable | IC > 48 |
| 3 | No se puede utilizar el equipo | Canilla no puede conectarse a la | No funciona Access Point | 3 | 3 | 3 | 27 | Se cambia librería utilizada para AP | 3 | 2 | 2 | 12 | | | |
| 4 | No se puede utilizar el equipo | Usuario no se puede conectar a | Cámara no detecta QR | 3 | 3 | 3 | 27 | Se cambia el color de fondo y brillo en pantalla | 3 | 1 | 2 | 6 | | | |
| 5 | No se puede utilizar el equipo | Usuario no se puede conectar a canilla | Pantalla queda en negro cuando se prende electroválvula | 4 | 3 | 3 | 36 | Se modifica disposición de módulos dentro de canilla | 3 | 1 | 3 | 9 | | | |
| 6 | Inconformidad de usuarios | Usuario no sabe cuando una canilla tiene o no cerveza | Falta de alarma en sistema | 4 | 2 | 4 | 32 | Se notifica al usuario mediante pantalla de canilla y aplicación | 3 | 2 | 1 | 6 | | | |
| 7 | Inconformidad de administrador | Se pierde servida cuando se corta el internet | No hay sistema de back up | 4 | 4 | 5 | 80 | Se guarda servida y se sube al tener internet nuevamente | 3 | 1 | 4 | 12 | | | |
| 8 | Inconformidad de administrador | El caudal no mide correctamente | Diámetro de conectores muy holgados entre caudalímetro y electroválvula | 4 | 5 | 4 | 80 | Se cambia conectores por unos de menor diámetro | 3 | 2 | 3 | 18 | | | |
| 9 | Daños al usuario o administrador | El equipo queda inutilizable | Cortocircuitos internos por cerveza | 5 | 3 | 4 | 60 | Se separa los módulos que tienen electrónica de los que tienen flujo de cerveza | 3 | 2 | 3 | 18 | | | |
| 10 | Inconformidad de usuario y administrador | No se puede completar una servida | Usuario no sabe como accionar/habilitar la canilla | 4 | 3 | 3 | 36 | Se implementa un manual de usuario en la pantalla principal de la aplicación | 4 | 2 | 2 | 16 | | | |
| 11 | Potencial electrocución e inconformidad de administrador | Perdidas de cerveza | Filtraciones entre mangueras y conectores de canilla | 5 | 4 | 2 | 40 | Se cambia conectores de plastico por unos de bronce, se agrega teflón y se sujeta con abrazaderas metálicas | 4 | 2 | 2 | 16 | | | |
| 12 | Inoperabilidad de la canilla | Queda bloqueado el flujo de cerveza | Los contactos de la electroválvula se desconectaron | 4 | 3 | 3 | 36 | Se suelda y verifica que los cables estén holgados | 3 | 1 | 3 | 9 | | | |

Figura 10.17 DFMEA

10.4. Factibilidad de tiempos.

10.4.1. Diagrama de PERT

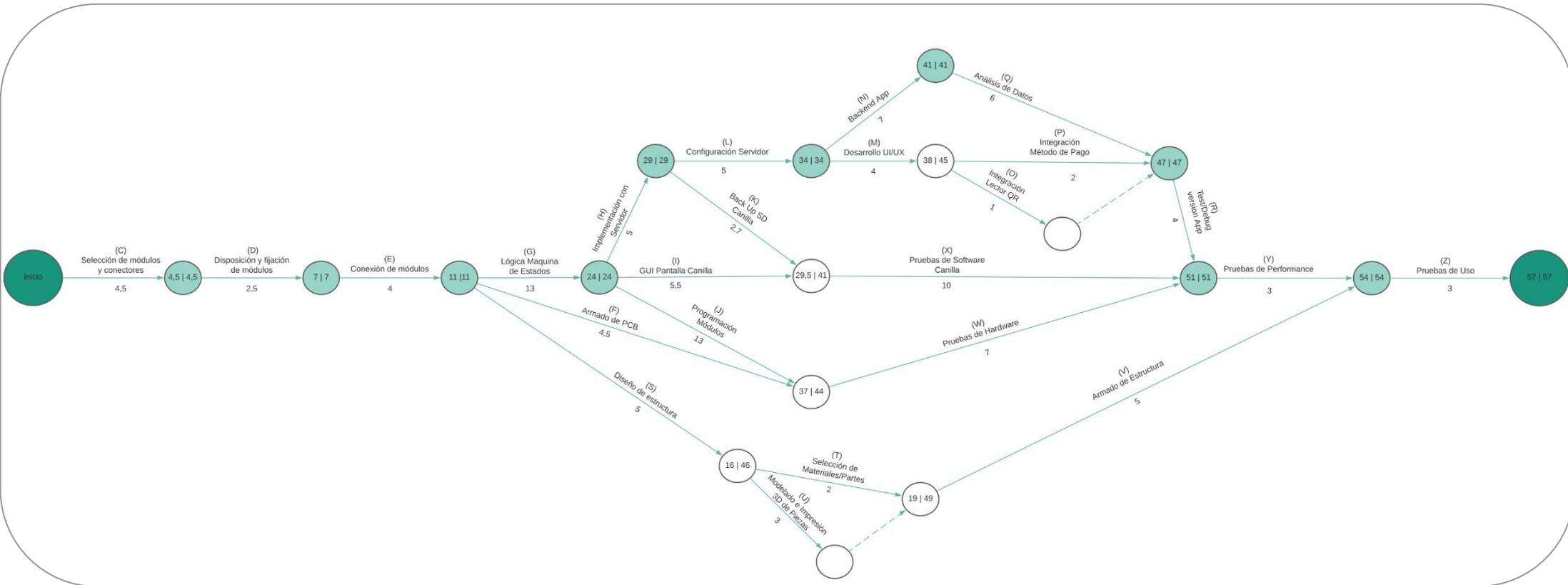


Figura 10.18 Diagrama de PERT

10.4.2. Diagrama de Gantt

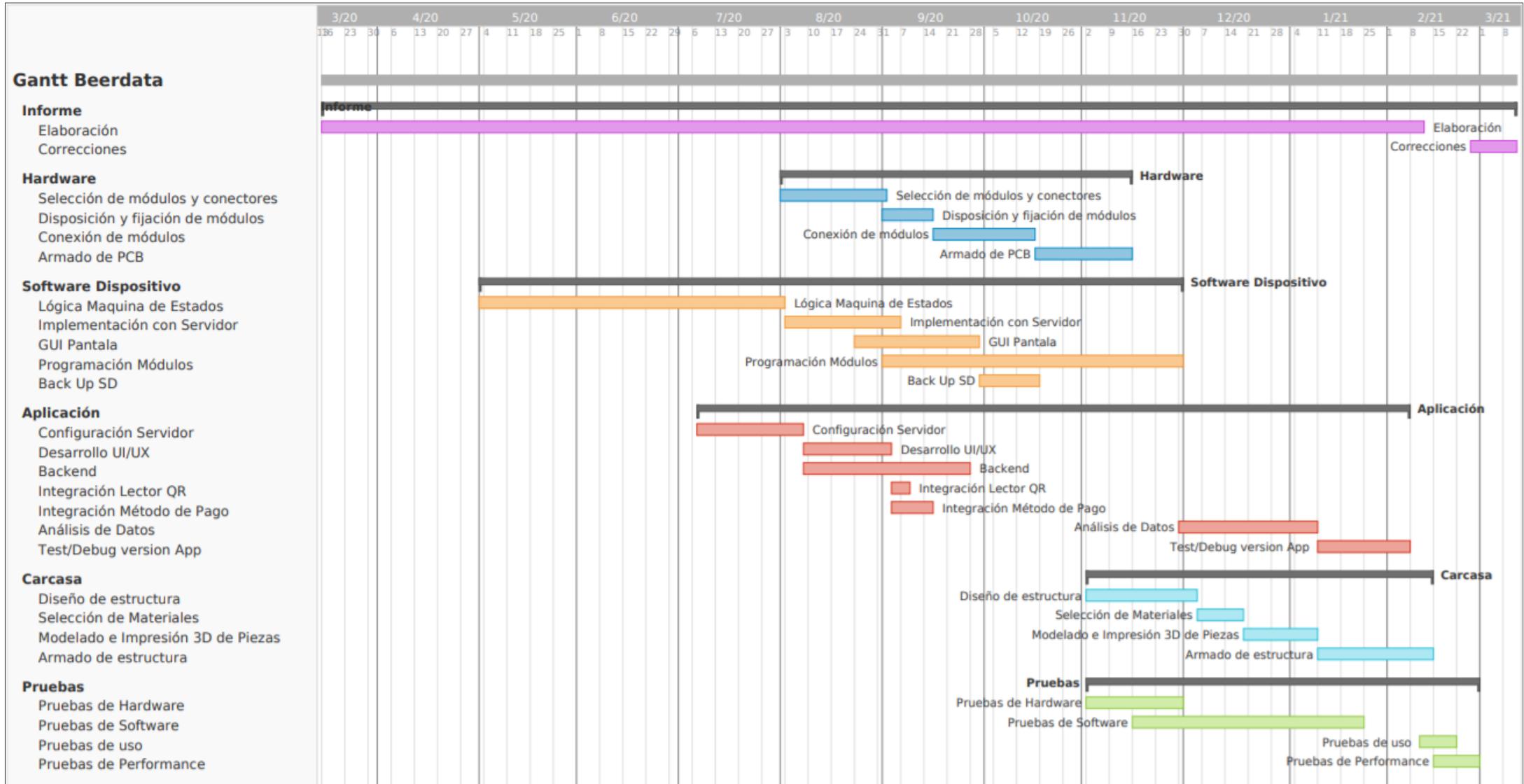


Figura 10.19 Diagrama de Gantt

10.5. Factibilidad legal y responsabilidad civil (regulaciones y licencias)

10.5.1. Organización Societaria

Para producir el dispositivo, se analizará entre crear una Sociedad Anónima (SA) o una Sociedad de Responsabilidad Simplificada (S.R.L):

- S.R.L.: es la forma más común de asociación en las pymes. La constitución es más simple y el estatuto más flexible que una S.A., pero a diferencia de ésta, no pueden cotizar en bolsa. El capital se divide en cuotas de igual valor, que NO pueden ser cedidas a menos que los demás socios (que no pueden ser más de 50) estén de acuerdo (si un socio desea irse de la empresa y ceder su parte el otro socio o los demás socios deben estar de acuerdo). Los socios son responsables sólo hasta el monto de sus aportes, por lo que, si el negocio tuviera problemas, los socios no corren el riesgo de perder todo su patrimonio (a esto es lo que se denomina "responsabilidad limitada"). Debe presentar balances y tiene algunas ventajas impositivas respecto de la S.A. Puede administrarse por un socio, varios o un tercero. Es recomendable cuando se desea salvaguardar el patrimonio personal de los socios.
- S.A.: es un tipo social que permite muchos socios y variedad de negocios, por esto tiene más requisitos para su conformación, su constitución es más costosa y está sujeta a mayores controles por organismos reguladores. El capital se divide en acciones y los socios tienen limitada su responsabilidad. Puede cotizar o no en bolsa. Debe llevar un libro de registro de acciones (tipos de acciones, suscriptores, transferencias, etc.) y presentar balances. La administración la efectúa el directorio, que se reúne al menos cada tres meses. La principal ventaja de la S.A. es la rapidez y sencillez al momento de la transferencia de las acciones, permitiendo ingreso o salida de socios sin grandes formalismos.

Por este motivo, se decide optar por la S.R.L

10.5.2. Patentamiento

La dispensadora de cerveza artesanal diseñada se encuentra en condiciones a ser patentada como Patente de Invención según la Ley de Patentes de Invención y Modelos de Utilidad (Ley N°24.481). Para se debe cumplir los tres requerimientos mínimos que solicita la ley:

- Novedad
- Actividad Inventiva: La ley 24.481 establece: "Que un producto presente actividad inventiva significa que el objeto de la invención no se deduzca en forma evidente por una persona con conocimientos medios en la materia referente a la tecnología del producto o procedimiento a patentar"
- Actividad Industrial

Con el cumplimiento de estos tres puntos y una vez comprobado que el nombre de la marca no está registrado en nuestro país, es posible presentar la documentación frente al INPI e iniciar el proceso de patentamiento para registrarla e inscribirla. Esto permitirá luego poder venderla o cederla.

A tener en cuenta que si se crea un nombre de dominio, toda publicidad que hagas en páginas debe respetar a las leyes de consumidor.

10.5.3. Garantías: Ley de Defensa del Consumidor (Ley N°24.240)

Se tiene la obligación de aclarar cuáles son las condiciones de venta (condiciones de las ofertas, envíos, devoluciones y garantías); de informar siempre de forma clara y detallada todo lo relacionado con las características del producto; las imágenes que uses del producto deben ser reales y no deben prestarse a la confusión del consumidor.

El Artículo 11 establece lo siguiente:

‘Garantías. Cuando se comercialicen cosas muebles no consumibles conforme lo establece el artículo 2325 del Código Civil, el consumidor y los sucesivos adquirentes gozarán de garantía legal por los defectos o vicios de cualquier índole, aunque hayan sido ostensibles o manifiestos al tiempo del contrato, cuando afecten la identidad entre lo ofrecido y lo entregado, o su correcto funcionamiento.

La garantía legal tendrá vigencia por TRES (3) meses cuando se trate de bienes muebles usados y por SEIS (6) meses en los demás casos a partir de la entrega, pudiendo las partes convenir un plazo mayor. En caso de que la cosa deba trasladarse a fábrica o taller habilitado el transporte será realizado por el responsable de la garantía, y serán a su cargo los gastos de flete y seguros y cualquier otro que deba realizarse para la ejecución de este.’

10.5.4. Daños: Responsabilidad Civil y Ley de Seguros (Ley N°17.418)

Los trabajadores autónomos en el desarrollo de su actividad profesional, así como las empresas están sujetos a la responsabilidad civil y tienen que hacer frente a posibles indemnizaciones si causan cualquier perjuicio a un tercero. Por eso para hacer frente a la reparación de los daños económicos, materiales y físicos ocasionados, puedes contratar seguros. Una póliza de responsabilidad civil en el emprendimiento da tranquilidad a la hora de realizar tus tareas y la certeza de tener un respaldo en caso de hacer frente a una indemnización cuantiosa. Y, en caso de ser demandados, también se puede obtener asistencia jurídica sin costo adicional. Por medio de la contratación de un seguro de responsabilidad civil, la compañía aseguradora se compromete a indemnizar al tercero damnificado por el daño atribuible al asegurado.

Se tendrá en cuenta que la póliza indique no solo el monto de la cobertura y el periodo sino su también su alcance: Perjuicios económicos a terceros, daños personales, daños materiales, etc.

Es común que un emprendedor no tenga entre sus prioridades considerar los riesgos a los que está expuesta su actividad, y/o el costo que podría ocasionarle un siniestro, por eso es indispensable cuidar el patrimonio que se ha invertido en el emprendimiento.

En caso de contar con personal contratado también se necesitará para sus empleados un Seguro de Vida Obligatorio y ART.

Finalmente se puede contratar seguros personales (Vida, Salud, Accidentes Personales).

10.5.5. Certificación obligatoria (Resolución 171/16)

En Argentina está vigente una resolución de cumplimiento obligatorio que exige que todos los productos eléctricos y electrónicos que se comercializan dentro del territorio nacional cuenten con un certificado del cumplimiento de los requisitos de seguridad esenciales emitido por un organismo de certificación de productos. Los organismos de certificación habilitados para operar en este sistema obligatorio deben estar acreditados por el OAA y reconocidos por el Gobierno Nacional. Esta Resolución establece que, si los productos cumplen con las normas IRAM o IEC aplicables, los requisitos esenciales de seguridad se dan por satisfechos. Para demostrar dicho cumplimiento podrán utilizar uno de los siguientes sistemas de certificación: Sistema N°4 (de Tipo); Sistema N°5 (de Marca) o Sistema N°7 (de Lote).

Según el siguiente artículo de la resolución 171/2016:

‘ARTÍCULO 12. — No están incluidos en el alcance de la presente resolución los siguientes productos:

g) Todos los materiales y aparatos eléctricos y electrónicos diseñados para utilizarse con una tensión inferior a los CINCUENTA VOLT (50 V), ya sea a través de una fuente de alimentación externa o bien que alternativamente funcionen con una fuente autónoma, a excepción de:

- I) Las lámparas dicroicas o bi-pin y sus portalámparas,
- II) las lámparas de leds y los módulos montados con led,
- III) las herramientas portátiles manuales,
- IV) las electrificadoras de cercas,
- V) los electros estimuladores musculares que complementan la actividad física, y
- VI) Las luminarias y sistemas de alimentación para luminarias, que estarán obligados a dar cumplimiento a la certificación establecida en el Artículo 1° de la presente medida;

Es por lo anteriormente mencionado en el artículo que la dispensadora de cerveza por su diseño y al operar a una tensión inferior a CINCUENTA VOLT (50 V) no deberá someterse a una certificación.

10.5.6. Certificación obligatoria (Resolución 171/16)

El producto deberá cumplir el estándar IP53 por lo cual se toma de referencia los requisitos descriptos en la norma IEC60529 para cumplir dicho estándar. Las clasificaciones de Protección de Ingreso (IP) son desarrolladas por el Comité Europeo de Estandarización Electrotécnica (CENELEC) (NEMA IEC 60529 Grados de Protección Proporcionados por Envoltentes – Código de IP), que detalla la protección ambiental que proporciona un gabinete.

IP generalmente tiene dos números, cuanto más alto sea cada número, mayor será la protección contra objetos sólidos o protección contra líquidos (agua). Para este caso IP53 corresponde a la protección contra sólidos siendo que, la entrada de polvo no puede evitarse pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento (5) y No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos (3).

10.5.7. Norma IRAM 2292

El producto debe cumplir la norma IRAM 2292: Seguridad de aparatos eléctricos y electrónicos de uso doméstico y similar. (REQ-1)

10.5.8. Norma IRAM 186-1

El producto debe cumplir la norma IRAM 186-1: Pulido sanitario. Parte 1 - Elementos metálicos utilizados en la industria de alimentos y bebidas. (REQ-2)

En caso de hacer una venta de la marca y producto: Se puede hacer un contrato de franquicia, donde se venda el producto y marca.

En caso de abrir un local para la calle: Se debe investigar habilitaciones municipales, permisos necesarios, requisitos para el funcionamiento correcto (ejemplo trabajar siempre con tarjetas de crédito y débito), y prever el pago de los impuestos y tasas municipales y provinciales, teniendo en cuenta que debes declararlo ante la AFIP para poder registrar tu máquina fiscal.

11. Estudios de Confiabilidad

11.1. Diagrama de confiabilidad (Hardware)



Figura 11.1 Diagrama de confiabilidad del dispositivo

Cada uno de los bloques hace referencia a partes o piezas del dispositivo, las cuales serán o no esenciales en el funcionamiento de este. Aquellos módulos sin los cuales el dispositivo no podría funcionar adecuadamente van en serie, en el caso de que tengan redundancia en su funcionamiento, van en paralelo. Se procederá a analizar cuál es la confiabilidad de cada uno de esos módulos, obteniendo su lambda, su confiabilidad $R(t)$ y su tiempo medio entre fallas (MTBF).

11.2. Confiabilidad de hardware

Se utilizará la norma militar MIL-HDBK-217F para el cálculo de los parámetros de confiabilidad que se mencionaron con anterioridad. Más allá que la fórmula exacta de confiabilidad de cada elemento depende de la naturaleza de este, todos comparten un elemento en común siendo el λp la cantidad de fallas esperada en un millón de hora, lo que sería $\frac{\text{fallas}}{10^6 \text{ horas}}$. La fórmula exacta para su obtención es aquello que se busca en la norma mencionada. Para la función de confiabilidad, se utiliza:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda p(t).dt}$$

Dado que se asume (t) constante, se adapta para medir el tiempo en horas obteniéndose:

$$R(t) = e^{-\lambda p \cdot \frac{t}{10^6}}$$

Donde el tiempo es medido en millones de horas. Finalmente se obtiene el tiempo medio entre fallas (MTBF) en horas:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t).dt = \frac{10^6}{\lambda p}$$

11.2.1. Módulos bajo análisis

En cada uno de los siguientes módulos se presentan las tablas con los coeficientes necesarios para calcular el λ_p . A menos que se indique explícitamente lo contrario, se asume que todos los componentes dentro de un módulo son críticos, por lo que el fallo de tan solo uno de ellos representa una falla en todo el equipo. Al ser considerados de esta manera, la talla de fallos del módulo es la suma de la tasa de fallos de cada componente

- Fuente

| Submódulo | Elemento | λ_b | π_T | π_E | π_Q | π_S | π_A | π_V | π_C | π_{SR} | π_P | λ_P |
|--------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|-------------|
| Fuente Boost | Capacitor | 0,00037 | 1,1 | 1 | 10 | | | 1 | 0,54 | 1,3 | | 0,00286 |
| | Switch | 0,1 | | 1 | 1 | | | | 1,3 | | | 0,13 |
| | Inductor | 0,00005 | 1,2 | 1 | 1 | | | | | | | 0,00006 |
| | Diodo | 0,0038 | 1,4 | 1 | 2,4 | 0,0054 | | | 1 | | | 0,00069 |
| | Resistencia | 0,0037 | 1,1 | 1 | 10 | 0,81 | | | | | 4,6 | |

Tabla 11.1 Coeficientes de cálculo Fuente

$$\lambda_{Fuente} = \sum \lambda = 0,2853 \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}}$$

- Microprocesador

| | |
|---|---------------------------------------|
| 32 bits | $C_1 = 0,56$ |
| MOS | |
| Func Pins = 32 | $C_2 = 0,00028(\mu_p)^{1,08} = 0,012$ |
| Tipo 1 (SMT) | |
| G_F | $\pi_L = 1$ |
| Proveedor con más de dos años de experiencia | $\pi_Q = 10$ |
| $T_j = T_c + \theta_{jc} \cdot P = 25^\circ\text{C} + 11^\circ\text{C}/\text{w} \cdot (0,2 \text{ w}) = 27,2^\circ\text{C}$ | $\pi_T = 0,15$ |
| $E_a(\text{eV}) = 0,6$ | |

Tabla 11.2 Coeficientes de cálculo Microprocesador

$$\lambda_p = (C_1 \cdot \pi_T + C_2 \cdot \pi_E) \pi_Q \cdot \pi_L = 1,08 \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}}$$

- Caudalímetro (Efecto Hall - Inductor)

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Variable | $\lambda_b = 0,00005$ |
| $T_{HS} = 40^\circ\text{C}$ | $\pi_T = 1,2$ |
| G_B | $\pi_E = 1$ |
| Comercial | $\pi_Q = 1$ |

Tabla 11.3 Coeficientes de cálculo Caudalímetro

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_E \cdot \pi_Q = 0,00006 \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}}$$

- **Electroválvula (Relays - Mechanical)**

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| $T_A = 30^\circ\text{C}$ (Máx 85°C) | $\lambda_p = 0,0059$ |
| $S = 0,2$ | $\pi_L = 1,28$ |
| Inductivo | |
| Cycle Rate ≥ 1 | $\pi_{CYC} = 10$ |
| SPST | $\pi_C = 1$ |
| Comercial | $\pi_Q = 2,9$ |
| G_B | $\pi_E = 1$ |
| 0 – 5 Amp/Gral Purpose/Soleniod | $\pi_F = 6$ |

Tabla 11.4 Coeficientes de cálculo Electroválvula

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot \pi_L \cdot \pi_C \cdot \pi_{CYC} \cdot \pi_F \cdot \pi_Q \cdot \pi_E = 1,314 \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}}$$

- **Canilla (Switch)**

| | |
|--------------|-------------------|
| Liquid Level | $\lambda_b = 2,3$ |
| Other use | $\pi_C = 1$ |
| No corresp | $\pi_L = 1$ |
| Comercial | $\pi_Q = 1$ |
| G_B | $\pi_E = 1$ |

Tabla 11.5 Coeficientes de cálculo Canilla

$$\lambda_p = \lambda_D \cdot \pi_L \cdot \pi_C \cdot \pi_Q \cdot \pi_E = 2,3 \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}}$$

11.3. Confiabilidad de software

A diferencia del hardware, el tiempo transcurrido es desde el inicio del programa, debido a que el software no posee desgaste por tiempo de uso, por lo que no se usa tiempo acumulado total.

- **Aplicación**

Modelo MUSA

| | | |
|-----------------------|--|---|
| $K=4,2 \cdot 10^{-7}$ | $\lambda_b = 2,3$ | $\lambda_{01} = K \cdot P \cdot W_0$ $= 6,3 \times 10^{-11} \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}}$ |
| $P=r/SLOC/ER$ | ER=2,5(c) | |
| | SLOC=1000 líneas de código | |
| | r=62,5 ns/Instrucción | |
| W_0 | $\frac{6 \text{ fallas}}{1000 \text{ SLOC}}$ | |

Tabla 11.6 Modelo MUSA User App

- **Lógica de la canilla**

Modelo MUSA

| | | |
|-----------------------|--|---|
| $K=4,2 \cdot 10^{-7}$ | $\lambda_b = 2,3$ | $\lambda_{02} = K \cdot P \cdot W_0$ $= 6,3 \times 10^{-11} \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}}$ |
| $P=r/SLOC/ER$ | ER=2,5(c) | |
| | SLOC=1000 líneas de código | |
| | r=62,5 ns/Instrucción | |
| W_0 | $\frac{6 \text{ fallas}}{1000 \text{ SLOC}}$ | |

Tabla 11.7 Modelo MUSA Lógica de canilla

Para obtener la tasa de fallas del sistema completo se debe sumar la tasa de fallas de cada módulo crítico en la operación del dispositivo (los que están en serie) por lo que:

$$\lambda_{P,total} = \sum \lambda_{P,K} = 4,98 \frac{\text{errores}}{10^6 \text{ hs}} \quad (k \text{ módulos})$$

El tiempo medio entre fallas es:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) \cdot dt = \frac{10^6}{\lambda_P} \approx 2 \cdot 10^5$$

Finalmente, la confiabilidad vendrá dada por la fórmula:

$$R(t) = e^{-\lambda_P \cdot \frac{t}{10^6}}$$

Una vez obtenido esto es posible determinar el tiempo en el que se espera que falle un cierto porcentaje de las unidades (denominado K) y la función que representa el tiempo hasta hallar esa tasa es:

$$R(t) = 1 - K = e^{-\lambda_P \cdot \frac{t}{10^6}}$$

Teniendo en cuenta que el dispositivo va a estar encendido por 8 horas diarias, 6 días a la semana durante todo el año, se obtiene un total de 2400 horas de uso al año. Por lo que la vida de confiabilidad del producto será:

$$R(t_{\text{años de uso}}) = e^{-\lambda p \cdot \frac{t}{10^6} 2400}$$

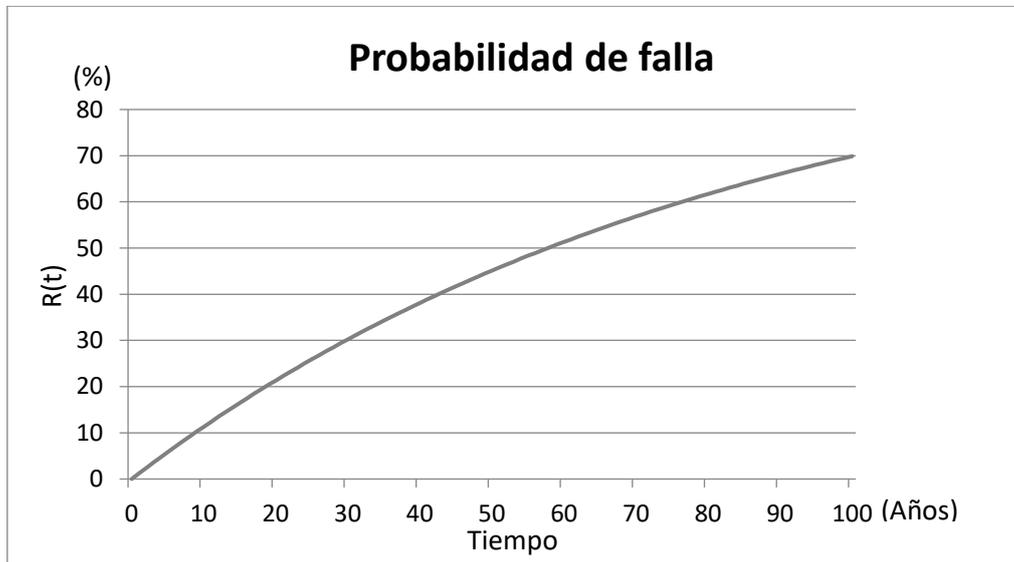


Figura 11.2 Diagrama de probabilidad de falla

De esta manera se tiene una probabilidad de falla de 6% recién en cinco años, la cual es una vida útil razonable en un producto así. A su vez al brindar el servicio y mantenimiento del producto no se define una garantía pero si se debe tener en cuenta para futuros análisis de costos.

12. Ingeniería de detalle

Para el siguiente análisis se tendrán en cuenta los diferentes módulos que componen el dispositivo diseñado. Se hará una descripción dividida en dos grandes secciones: hardware y software.

12.1. Descripción del producto

El producto diseñado es una transformación electrónica de una canilla clásica de distribución de cerveza estilo choperera, en la que tradicionalmente es una persona encargada en el bar quien decide cómo y cuánto servir un vaso de bebida. En esta transformación presentada, se busca que sea el usuario final quien pueda servirse su propia cerveza sin la necesidad de que haya una persona que lo haga por él de principio a fin. Esto quiere decir que el sistema incorporará también un método de pago electrónico para que el usuario pueda pagar por la cerveza que se sirvió y sea el dispositivo el encargado de validar los datos, y comandar la orden de liberar la canilla para que funcione solo cuando haya saldo disponible.

Por otro lado, para el dueño del bar el dispositivo también será capaz de recopilar datos históricos de consumo, así como los datos personales de cada usuario con el objetivo de poder realizar una analítica posterior con todas las posibilidades que esto brinda, como por ejemplo la publicidad segmentada y la fidelización del cliente. A su vez, tendrá un registro más estricto de la cantidad de cerveza dispensada y le brindará herramientas digitales para optimizar el flujo operativo de su bar.

12.2. Hardware

12.2.1. Diagrama de bloques (hardware)

Se presentan el diagrama de bloques del dispositivo completo, incluyendo también las dos grandes partes más genéricas del software ya que son parte fundamental también del sistema y carecería de sentido sin ellas.

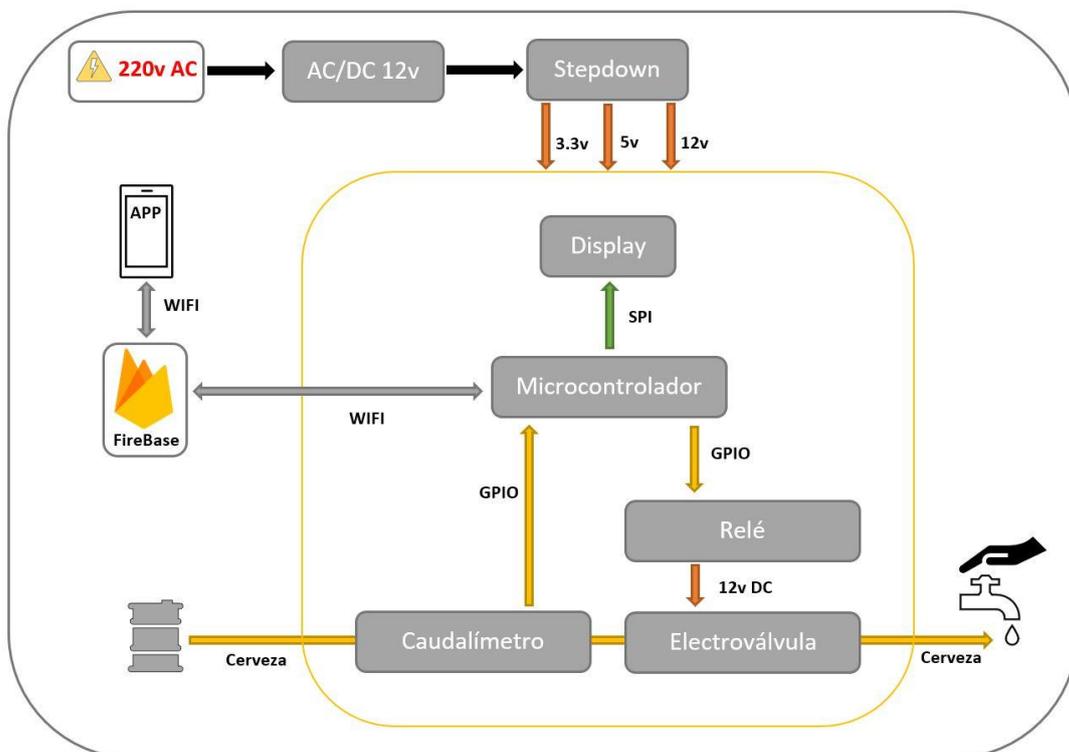


Figura 12.1 Diagrama de bloques (hardware)

12.2.2. Caudalímetro

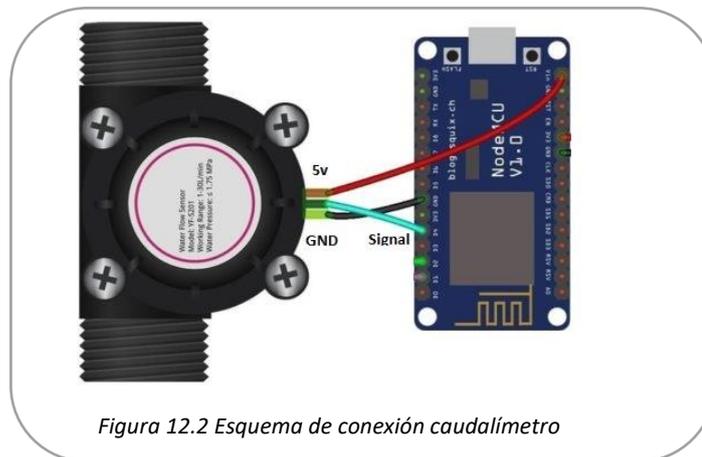
Como se mencionó en el análisis de factibilidad tecnológica, este dispositivo es el que da origen al producto junto con la electroválvula. Fundacionalmente el caudalímetro brindará la información de cuánto líquido fue dispensado, generando una variable central en el flujo del programa.

En un prototipo muy preliminar, donde principalmente se estudió el comportamiento del caudalímetro con el objetivo de poder hacer las primeras conexiones con el microcontrolador y tener una idea de cómo configurar mediante el código del programa los parámetros de cálculo de fluido se utilizó el modelo FS-3000A.

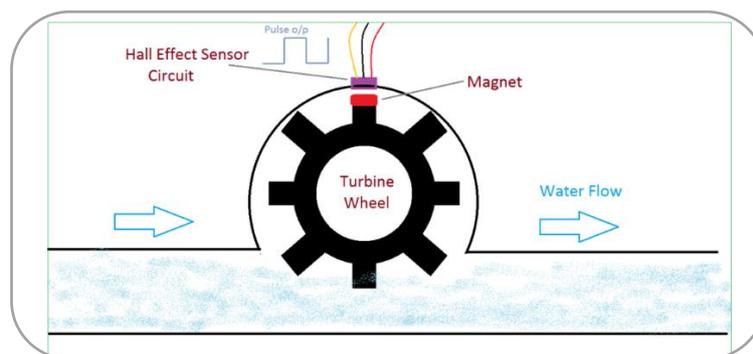
Luego de un proceso de calibración severo, se llegó a la conclusión de que la precisión del dispositivo no era adecuada para la aplicación. Las fallas reportadas durante las pruebas exhibían la necesidad de contar con un dispositivo que permita tener un control más estricto de la cantidad de líquido dispensada, de forma de asegurar la confiabilidad del producto tanto para el cliente como el comprador.

En ese sentido, se avanzó con el reemplazo por el segundo modelo fabricado en latón en el que las pruebas luego de un nuevo proceso de calibración arrojaron resultados mucho más contundentes. Si bien la precisión alcanzada rondó el límite superior declarada por el fabricante (peor caso), un 5% de tolerancia resulta correcto en esta aplicación. A su vez, el latón es un material certificado para uso alimenticio lo cual propicia su incorporación para el desarrollo del producto final.

El caudalímetro posee el siguiente esquema de conectividad:



Posee una alimentación de 5v, y entrega en la salida una señal pulsada que se conecta a un pin GPIO en el microcontrolador. El principio de funcionamiento del dispositivo es bastante sencillo, como puede verse en el siguiente gráfico el flujo de líquido hace girar unas paletas imantadas en su interior. Cada vez que la paleta imantada pasa por el sensor de efecto Hall se genera un pulso en la señal de salida. De esta forma, es posible utilizar esa señal analógica en un microcontrolador y contar la cantidad de pulsos en una ventana de tiempo de un segundo:



La salida de pulsos es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal. El factor de conversión K de frecuencia f [Hz] a caudal Q [L/min] varía entre modelos y depende de la presión, densidad e incluso del mismo caudal. Por eso es proporcionado por el fabricante, que en este caso es:

$$f \text{ [Hz]} = K \times Q, \quad \left[\frac{\text{L}}{\text{min}} \right]$$

Ecuación 1

El factor K también es brindado por el fabricante, aunque se procedió con la calibración del mismo para obtener este valor empíricamente y asegurar una mejor precisión en el recuento del caudal. La variable que se obtiene con exactitud es la cantidad de pulsos en un segundo (usando el microcontrolador) y con ayuda de un recipiente medidor se puede dimensionar la cantidad o volumen de agua.

Estas dos variables pueden ser obtenidas con exactitud, por lo que despejando de la Ecuación 1 es posible calcular el valor de K que más se ajuste:

$$K = \frac{n^{\circ} \text{Pulsos}}{\text{Volumen} \cdot 60}$$

Ecuación 2

Repitiendo la prueba de forma iterativa, es posible encontrar un valor de K adecuado para utilizarlo como factor de conversión en el código del programa promediando entre el número de iteraciones.

Finalmente, basta mencionar que a partir de f y K será posible encontrar el caudal Q de agua (cantidad de litros en un minuto). Por lo tanto, en esta aplicación puntual es necesario realizar la integración de este valor en el tiempo para obtener la cantidad de líquido dispensada por el usuario.

12.2.1. Electroválvula

Este componente también fundamental en el desarrollo del sistema en general funcionará como control físico del flujo de cerveza. Es decir, que será el encargado de obstruir el conducto por donde circula la cerveza para que no pueda dispensarse bebida en ningún momento sin que el sistema lo permita. Se trata de una válvula de solenoide que acciona un compartimento que cierra o abre según su forma de operación ante la entrega de una señal eléctrica.

Un solenoide es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Posee una bobina enrollada sobre un material conductor, lo que actúa como un electroimán. La ventaja de un electroimán sobre un imán natural es que se puede encender o apagar cuando se desee simplemente energizando la bobina. Por lo tanto, cuando la bobina se energiza de acuerdo con la ley de Faraday, el conductor que transporta corriente presenta un campo magnético a su alrededor. Dado que el conductor es una bobina, se crea un campo magnético lo suficientemente fuerte como para magnetizar el material y crear un movimiento lineal.

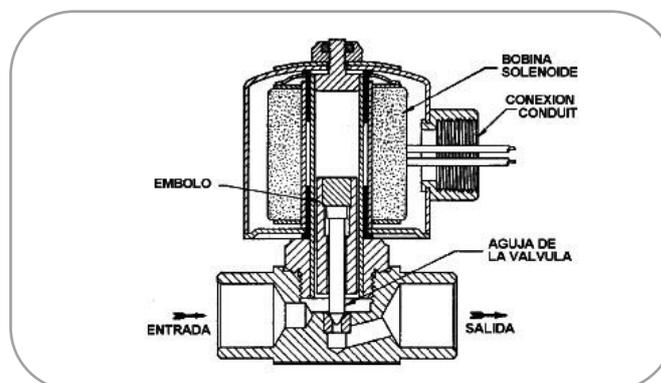


Figura 12.4 Corte transversal de una válvula solenoide

La válvula debe energizarse con una tensión de 12v DC, por lo que para poder controlarla desde el microcontrolador que opera con una tensión de 3.3v DC es necesario diseñar un circuito de control con un relé:

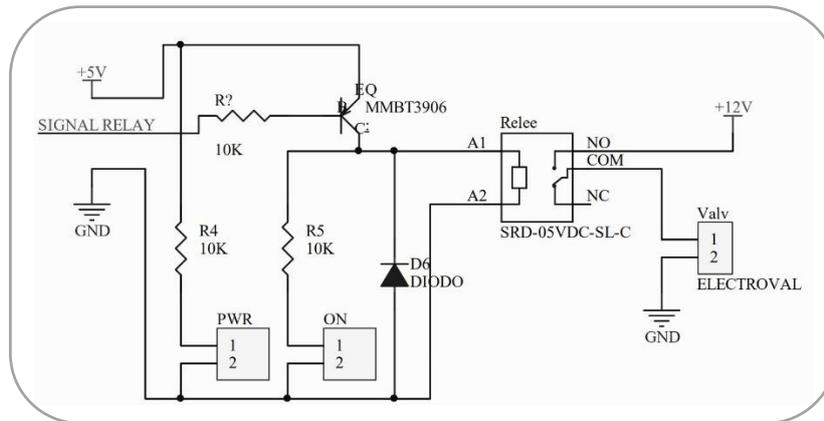


Figura 12.5 Circuito relé electroválvula

El circuito en primer lugar toma la señal digital desde el ESP8266 (SIGNAL RELAY en el gráfico) que se pondrá en 1 (3.3v DC) para controlar un transistor. Ese transistor pondrá una tensión de 5v en el relé, necesaria para controlar el cierre del relé y entregar los 12v DC con los que se está alimentando hacia la electroválvula. Como resultado, el circuito traduce la señal de “válvula abierta” que produce el microcontrolador en el accionamiento concreto de la válvula.

12.2.2. Alimentación

A demás del objetivo implícito de la alimentación de ser el módulo encargado de energizar todos los módulos que consumen energía eléctrica, este módulo tiene como principal desafío ser la única conexión que tiene que realizar el dueño o administrador de la canilla. Es decir, con solo conectar la fuente de alimentación a la tensión de línea hogareña Argentina (220v AC) el dispositivo debe ser capaz de funcionar correctamente gracias a este módulo.

Sin embargo, todos los módulos que requieren energía eléctrica funcionan con tensiones continuas y distintas, a saber 3.3v, 5v y 12v. Para resolver el problema, se utilizará una fuente switching de 12v-1A como alimentación al sistema y se bajará a 3.3v y 5v para los distintos módulos.

| Característica | Fuente Switching | Fuente MB102 |
|---------------------------|---|--|
| |  |  |
| Voltaje de entrada | 220v AC | 6.5v – 12v DC |
| Voltaje de salida | 12v DC | 3.3v o 5v DC |
| Corriente máxima | 1A | 700mA |
| Conector | Barrel Jack | Barrel Jack |
| Precio | U\$D 2 | U\$D 1.5 |

Tabla 12.1 Características modulo alimentación

Se utilizó en primer instancia una fuente MB102 que es un convertidor de potencia DC-DC que logra entregar en los pines de salida 3.3v y 5v. Desde el punto de viste electrónico, resulta mucho más eficiente que un divisor de tensión logrando un rendimiento superior al 95%. Sin embargo, esta fuente está diseñada para una

implementación más preliminar en protoboard y a su vez presenta un nivel de ruido en la señal de salida que interfiere con el display.

Por este motivo, para el producto final se diseña el siguiente circuito que utiliza un reguladores AMS1117-3.3v y otro AMS1117-5v como puede verse a continuación:

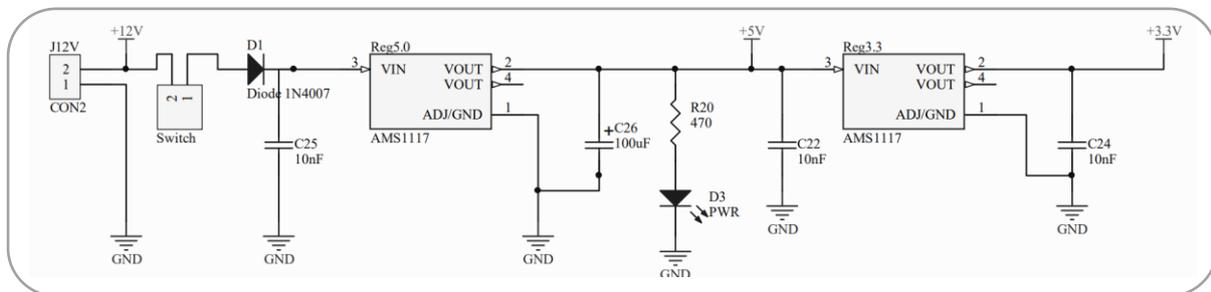


Figura 12.6 Esquemático módulo regulador DC-DC

De esta forma, utilizando una fuente única de 12v para conectar al dispositivo es posible alimentar al caudalímetro (5v), electroválvula (relé 12v), microcontrolador (3.3v) y display (3.3v).

12.2.3. Canilla

En el caso de la canilla al ser una medida estandarizada no es de relevancia en el proyecto. Es decir que se podría utilizar cualquier canilla que el dueño del bar tenga previamente instalada. Particularmente para el proyecto, se utilizó una canilla provista por nuestro cliente. Está fabricada en acero inoxidable y es apta para uso alimenticio.

| Característica | Fuente MB102 |
|-----------------------------|------------------|
| | |
| Material | Acero inoxidable |
| Tipo de acción | Doble acción |
| Peso | 1.5 kg |
| Diámetro de la rosca | 5/8 inch |
| Precio | U\$D 25 |

12.2.4. Carcasa

Se construyó la carcasa de la canilla con un caño sanitario de PVC para el prototipo, dada la practicidad, fácil disponibilidad y bajo costo. El producto final se desarrollará con pilón de acero inoxidable de 4 pulgadas.

| Característica | Fuente MB102 |
|-----------------|--------------|
| | |
| Material | PVC |
| Diámetro | 5 cm |
| Largo | 50 cm |
| Peso | 500 gr |
| Precio | U\$D 10 |

12.3. Software

El proyecto posee dos capas de software. Por un lado, cuenta con la máquina de estados que ejecuta el censado y control de los dispositivos físicos, corriendo en el microcontrolador. Por el otro, se desarrolla una aplicación móvil para que el usuario pueda cargar saldo y crear pedidos en la canilla.

12.3.1. Microcontrolador: lectura y control del sistema

En el microcontrolador se implementa una máquina de estados para llevar adelante el flujo del programa principal. El programa tendrá un estado IDLE en el cual se muestra un código QR único para esa canilla y cuando reciba un pedido nuevo desde la base de datos, pasará a un modo de transacción. En el siguiente diagrama se puede ver el flujo desde un estado al otro en función de ciertos condicionales que estará evaluando.

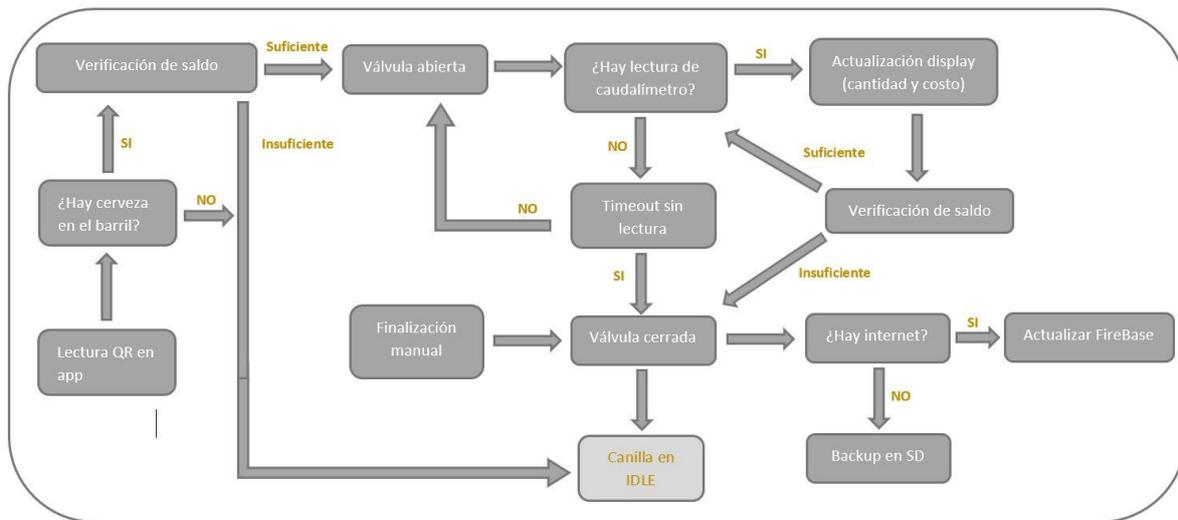


Figura 12.7 Flujo del sistema

Luego de que la canilla recibe un nuevo pedido, primero se evalúa si el barril aún tiene cerveza ya que en caso de haberse dispensado lo configurado por el administrador no se permitirá al usuario utilizar la canilla. Si el barril está listo y si el saldo del usuario es suficiente se procede a energizar la válvula para habilitar el flujo de cerveza. Si el caudalímetro tiene una lectura (es decir, el usuario está sirviendo cerveza) el sistema actualizará la información en el display como la cantidad dispensada y el monto a debitar de la cuenta para inmediatamente verificar nuevamente el saldo. Mientras siga habiendo lectura de caudalímetro y saldo positivo el sistema continuará dispensando cerveza y actualizando el display.

Ya sea porque el usuario se quedó sin saldo, porque el usuario finalizó manualmente la transacción desde la aplicación o porque dejó de servirse por un largo período de tiempo la canilla pasará a estado IDLE nuevamente, mostrando su código QR y estar lista para una próxima orden.

Antes de subirse los datos al servidor back-end, se incluyó una subrutina para el caso de que durante la transacción se haya perdido la conexión con internet. De ser así, se almacena en la tarjeta SD y la próxima vez que la canilla se conecte a internet actualizará los datos del usuario.

La implementación de esta máquina de estado es en lenguaje C/C++, utilizando el IDE de Arduino. En el anexo puede encontrarse el código fuente que cuenta con la máquina de estados, el algoritmo para el caudalímetro, en control para la electroválvula, la rutina gráfica del display y la conexión con el servidor back-end Firebase.

12.3.2. Microcontrolador: conexión a internet

La canilla debe poder conectarse a internet, ya que toda la base de datos se encuentra en una nube privada llamada FireBase. Por ese motivo, los nuevos pedidos, los datos de los usuarios, los datos históricos de consumo y los parámetros de la canilla entre otros están almacenados en ese servidor.

El problema a resolver para lograr la conectividad es cómo ofrecerle al cliente que adquiere el dispositivo la forma de conectarlo a una red wifi. Sería ilógico pensar en ofrecer un producto que desde el primer momento requiere de asistencia técnica para programar los parámetros de nombre de red y contraseña.

Esto es resuelto utilizando una de las propiedades mencionadas en el análisis de factibilidad del microcontrolador: modos de conectividad en wifi. Se programa el chip para que al encenderse intente conectarse a una red wifi guardada previamente. Si esta red no existe o no está disponible, automáticamente pasa a un estado SoftAP. En este estado (software access point por sus siglas en inglés) el dispositivo creará una red inalámbrica visible para que otros estaciones o dispositivos puedan conectarse.

Cuando un dispositivo (teléfono, computadora, Tablet, etc.) se conecte a esta red se le solicitará una clave que conocerá el administrador y será automáticamente redirigido a un sitio web en la misma red local creada y hosteada internamente en el mismo microcontrolador. En este sitio web se le solicitará al usuario que seleccione una de las redes wifi disponibles y que ingrese la contraseña. Finalmente, cuando la canilla logre conectarse a la red wifi, nuevamente cambiará de estado a Station y permanecerá conectada al Acces Point que le provee conexión a internet. Esquemáticamente se puede visualizar a continuación:

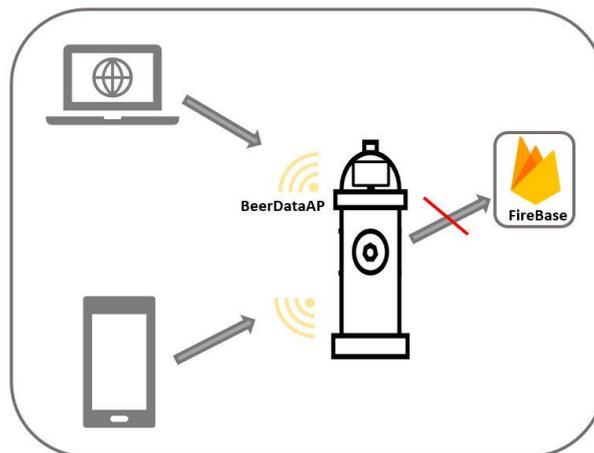


Figura 12.8 Dispositivo en modo Soft-AP

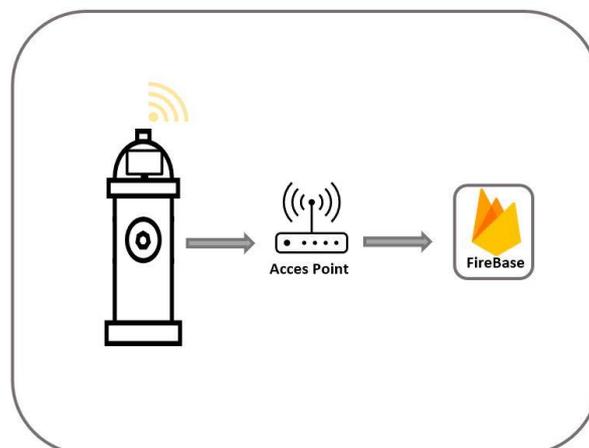


Figura 12.9 Dispositivo conectado a internet

El usuario desde su dispositivo móvil verá las siguientes pantallas, desde que busca una red wifi:

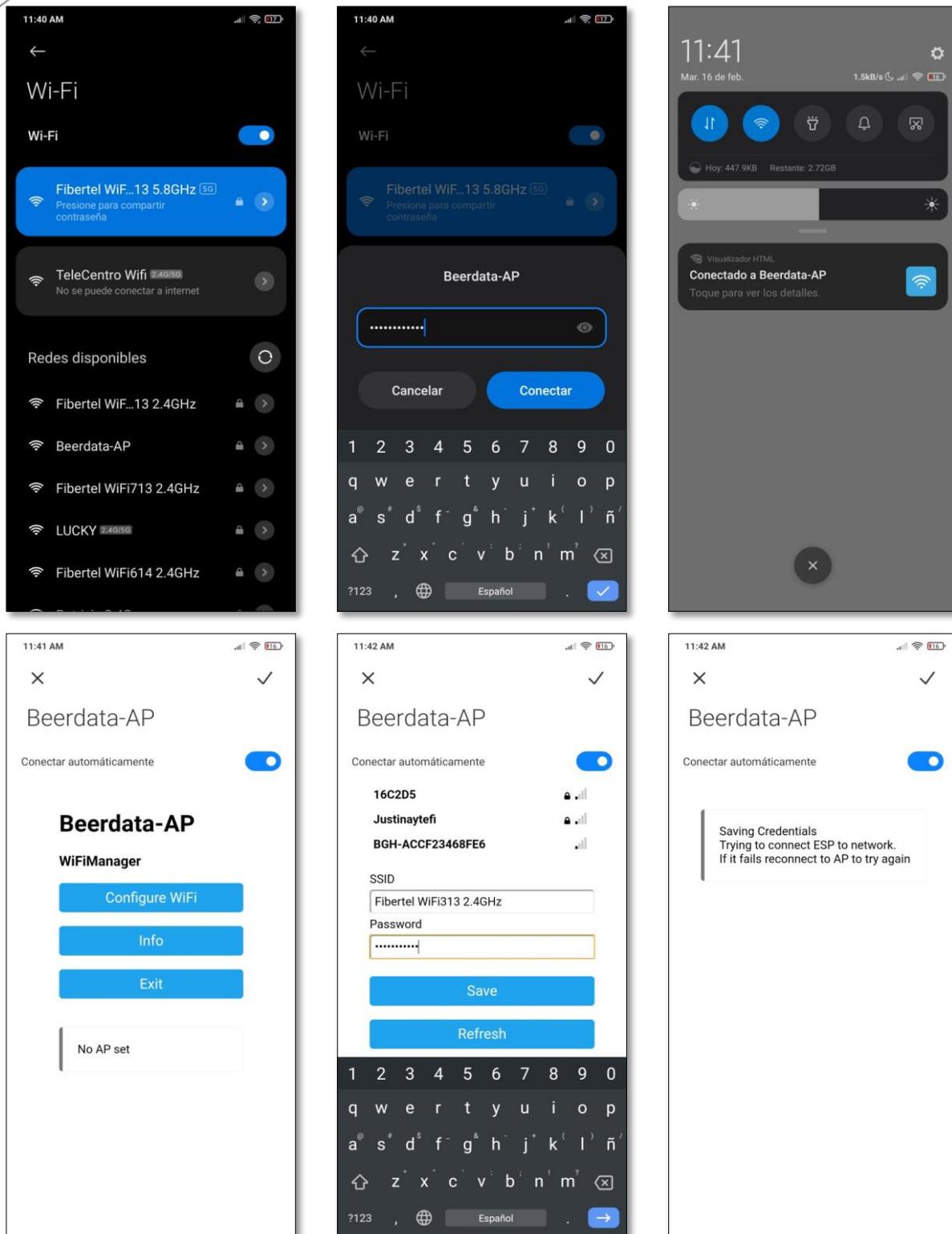


Figura 12.10 Flujo del programa - Conexión WiFi

12.3.1. Aplicación móvil

La segunda parte del contenido de software del proyecto contempla la aplicación móvil que utilizará el usuario para crear su cuenta, cargar saldo, elegir una cerveza y proceder con la habilitación de la canilla. Luego del estudio de factibilidad tecnológica se concluye utilizar Flutter y FireBase como entornos de desarrollos para el front-end y back-end respectivamente.

La aplicación tiene como objetivo principal cumplir con los requerimientos REQ-8 y REQ-16 donde se remarca la necesidad de contar con un control intuitivo y sencillo para que el usuario pueda utilizar el sistema. El diseño de la interfaz UX/UI se basa en los lineamientos generales propuestos por el OEM (Android) en donde se proponen condiciones claras para desarrollar una aplicación basadas en su expertise.

Para la implementación de un pago electrónico, se desarrolla una integración de la aplicación con la API de MercadoPago. De esta forma, se da la opción para que el usuario pueda pagar con este medio teniendo una cuenta en dicho servicio o con tarjetas de débito y crédito. Es necesario en una primera instancia vincular con un token de seguridad la API del servicio de pago con la cuenta personal del dueño o administrador del bar, a donde se destinarán las transacciones.

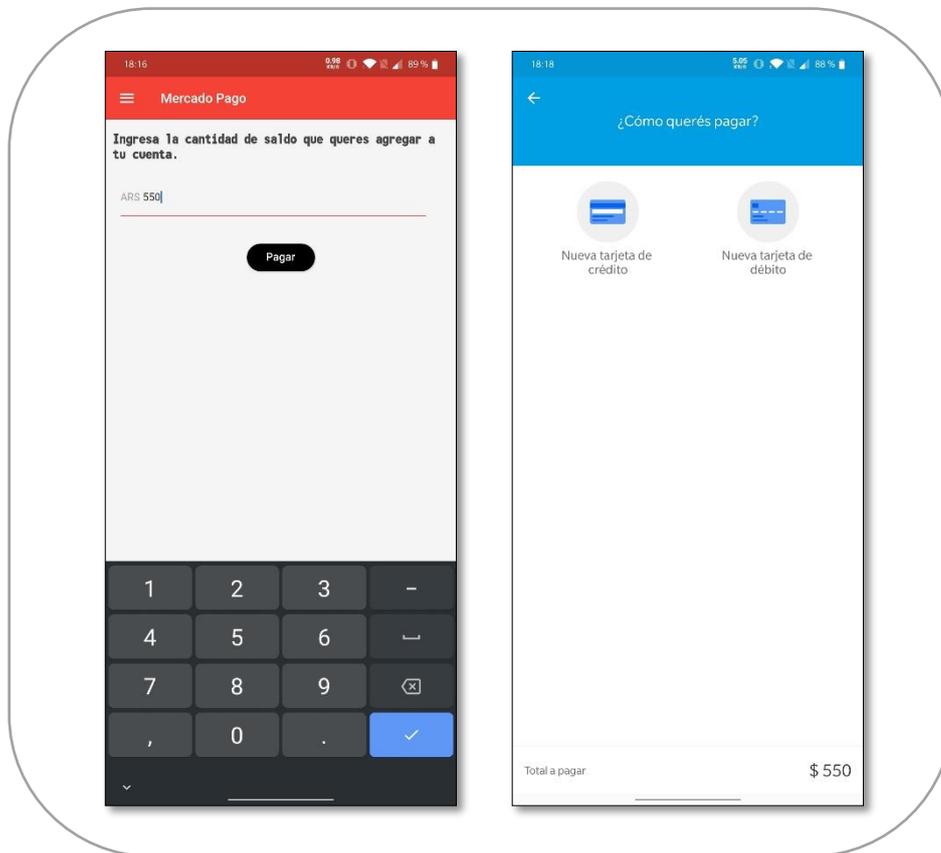


Figura 12.11 Flujo de la aplicación móvil 1

Una de las propuestas del proyecto es que el dueño del bar logre tener una fidelización de sus clientes. En ese sentido una aplicación móvil permite tener un registro de los usuarios, lo que da la posibilidad de generar publicidad segmentada y ofertas especiales.

Luego de descargar la aplicación, el usuario verá una pantalla de bienvenida en donde podrá registrarse o bien ingresar con su usuario. Se ofrece también la posibilidad de registro manual o ingreso con redes sociales (Facebook y Google).

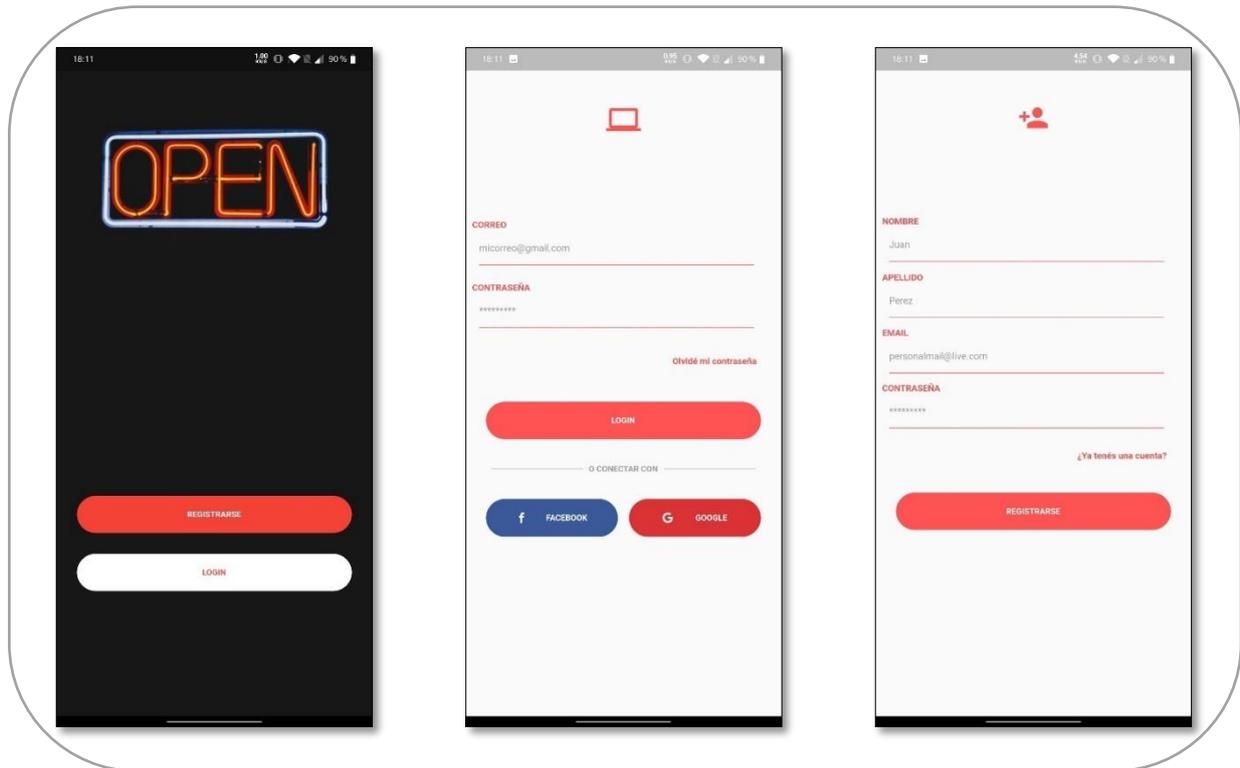


Figura 12.12 Flujo de la aplicación móvil 2

Desde la pantalla principal el usuario podrá navegar por distintas pantallas. En la primer pantalla encontrará información acerca del sistema (primer uso) y publicaciones configurables por el administrador. Cuenta con un menú desplegable para permitir la navegación.

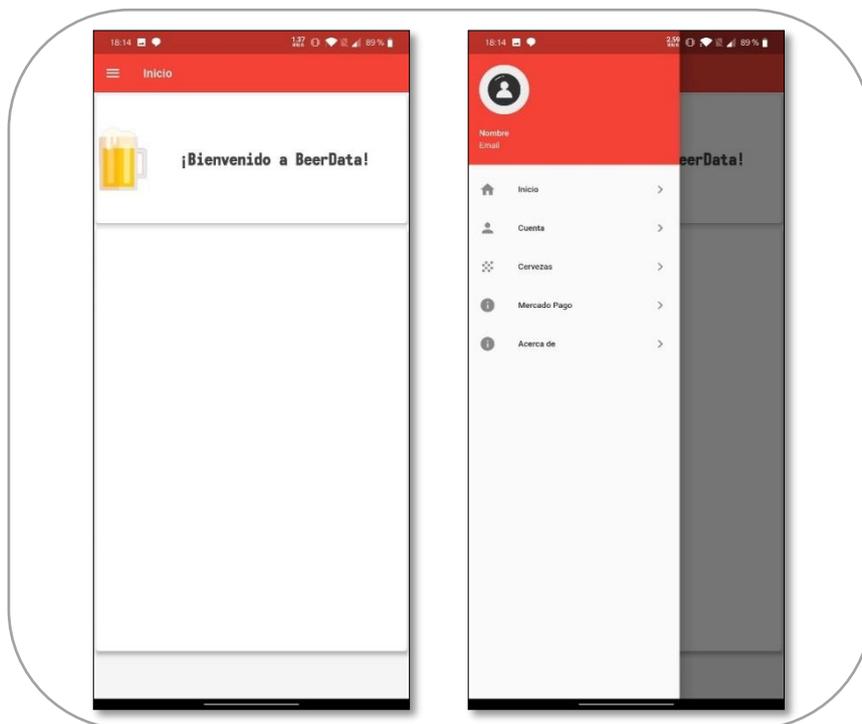


Figura 12.13 Flujo de la aplicación móvil 3

Una vez realizada la recarga de saldo en la aplicación, el usuario puede proceder a elegir una cerveza dentro de las disponibles en el menú. La aplicación guiará al usuario para que se acerque a la canilla indicada, y solicitará que apunte su cámara hacia la pantalla de la canilla donde encontrará el código QR.

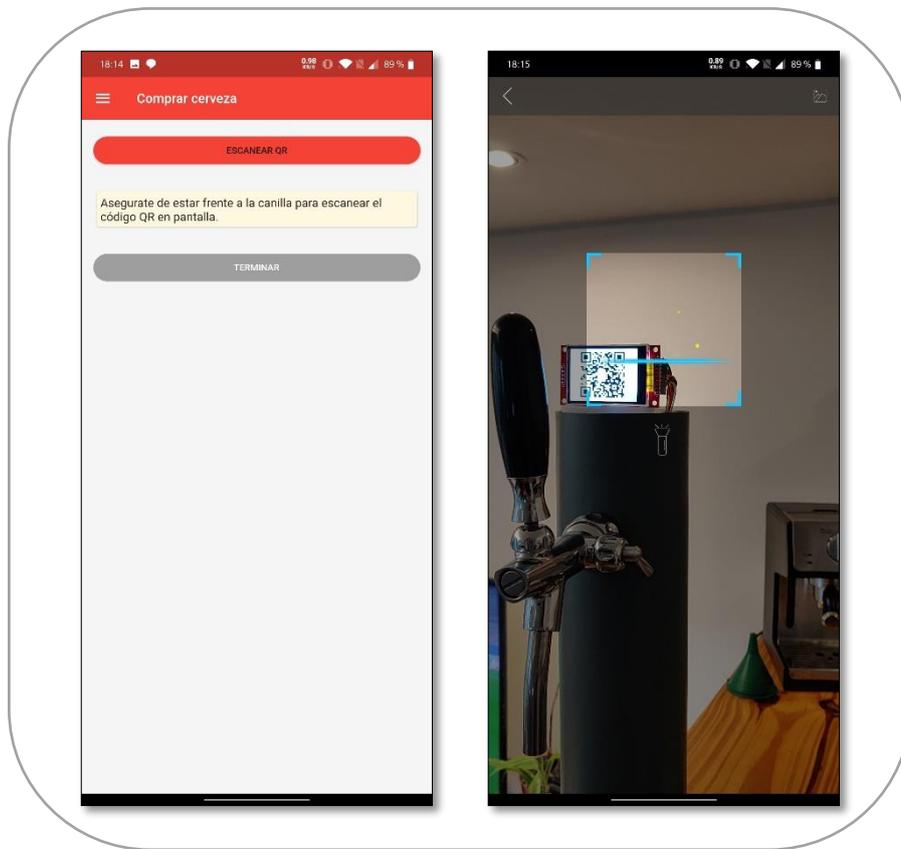


Figura 12.14 Flujo de la aplicación móvil 4

13. Construcción del prototipo

En esta sección se hará un recorrido por el proceso de construcción del prototipo, por lo que se mostrarán los diferentes estadios por los que pasó el producto hasta llegar al prototipo final

13.1. Referencias y conceptos

La investigación y búsqueda de referencias se dividió en dos partes. En primer lugar se buscaron sistemas o productos con características similares con el objetivo de conocer cómo otros desarrolladores lograron resolver cuestiones puntuales del diseño. Por otro lado, la búsqueda se realizó también sobre el mercado actual de los tipos de canillas en bares.

El principal referente hallado se trata de un dispositivo compacto, cuya principal característica es que se reemplaza directamente en la instalación del bar. Es decir, se desconecta del sistema original solo la canilla y se lo reemplaza por este dispositivo. Tiene una pantalla táctil de 8", se conecta a internet y recopila datos de las ventas. Sin embargo, está orientada para ser utilizada por el barman y no al público ya que no incorpora un método de pago.



Figura 13.1 Pubinno Beer Taps

Por otro lado, la referencia estética que se tomó fue la siguiente:



Figura 13.2 Referencia estética

13.2. Primeros pasos: caudalímetro y electroválvula

Se comienza con la adquisición del ESP8266 (microcontrolador), la electroválvula y el caudalímetro. Estos dispositivos serán conectados entre sí y requieren una inspección por separado para evaluar su comportamiento. La primera prueba que se realiza es la medición de caudal:



Figura 13.3 Primeras pruebas del caudalímetro

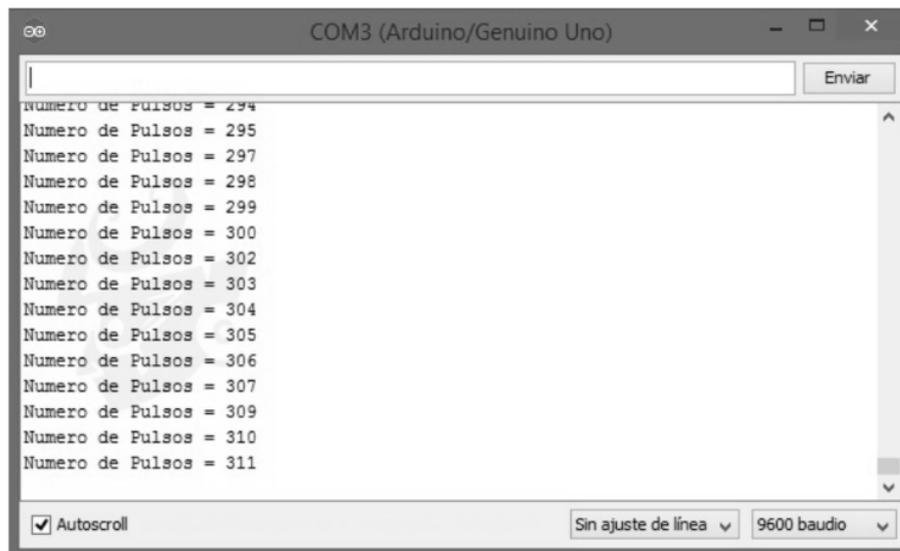


Figura 13.4 Lectura en el IDE

Luego de un primer testeo, se procede a realizar la calibración del caudalímetro con el objetivo de encontrar la constante K necesaria para calcular el caudal Q. Se construye la siguiente tabla:

| Líquido dispensado (ml) | Número de Prueba (Cantidad Pulsos) | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 250 | 113 | 114 | 118 | 120 |
| 500 | 219 | 214 | 221 | 217 |
| 750 | 319 | 311 | 317 | 316 |

Tabla 13.1 Calibración del caudalímetro

Con estos valores, el cálculo de la constante K es:

| Líquido dispensado (ml) | K Resultante | | | |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ |
| 250 | 7,53 | 7,6 | 7,866 | 8 |
| 500 | 7,3 | 7,133 | 7,367 | 7,233 |
| 750 | 7,089 | 6,911 | 7,044 | 7,022 |

Tabla 13.2 Valores de la constante del caudalímetro K

Finalmente se obtiene que $K = \frac{\sum K}{\#Pruebas} = 7,34$.

Una vez calibrado el caudalímetro, se completa el circuito funcional incluyendo ahora la electroválvula en serie y la canilla manual:

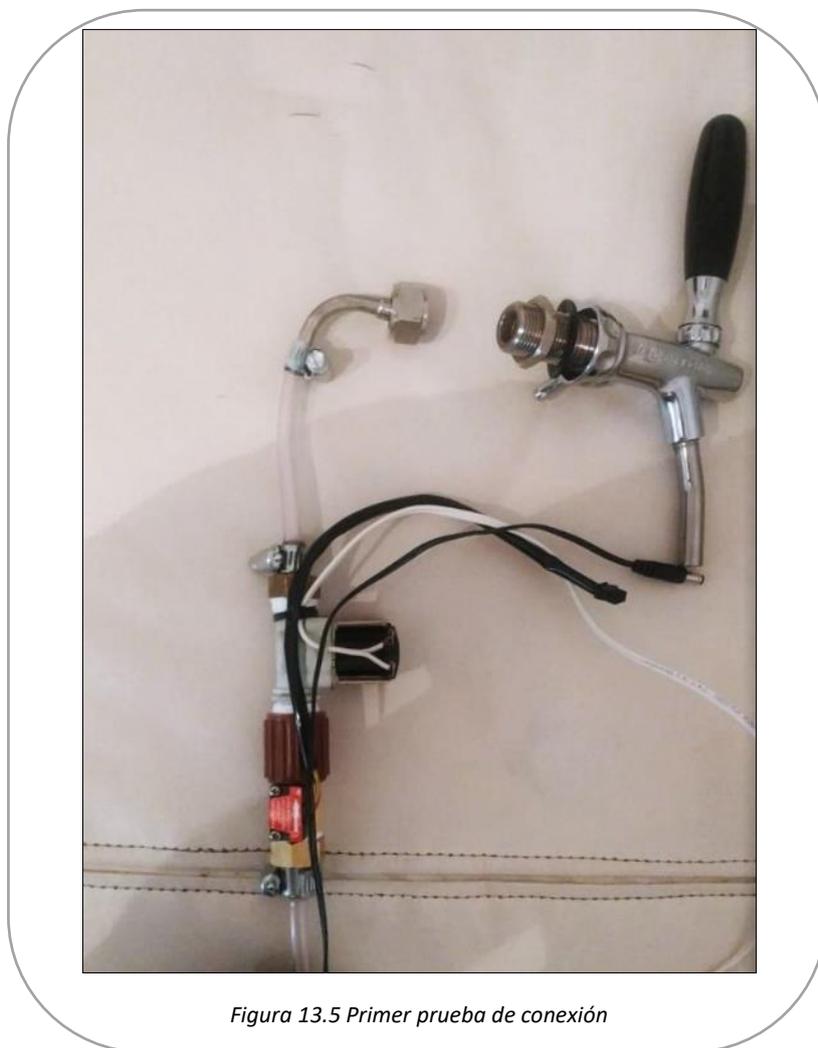


Figura 13.5 Primer prueba de conexión

13.3. Prototipo #1

En este primer prototipo del sistema completo se utilizaron uniones de plástico para interconectar el caudalímetro y la electroválvula con la canilla. Se montaron todos los componentes sobre una carcasa de telgopor de alta densidad y se utilizaron mangueras de plástico para la entrada y salida del líquido.

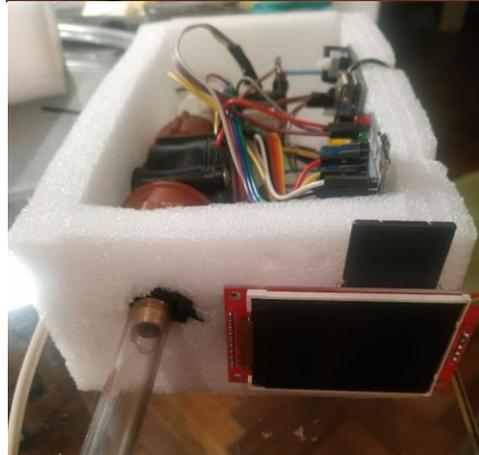


Figura 13.6 Construcción del prototipo #1

Se puede observar que en la primer imagen se utilizaba un conector en forma de L, que luego fue reemplazado por un empalme recto ya que se comprobó que mejoraba la lectura y por consiguiente la precisión del caudalímetro. El comportamiento del dispositivo fue correcto.

13.4. Prototipo #2

Luego de haber comprobado el funcionamiento del sistema, se avanza sobre la funcionalidad. Es decir, se desarrolla un producto que pueda ser instalado en una cervecería teniendo en cuenta que será utilizado por un usuario presuntamente inexperto. De esta forma, se busca que el dispositivo represente el espíritu del proyecto en términos de diseñar una canilla tradicional intervenida de forma electrónica.



Figura 13.7 Prototipo #2

En este segundo prototipo se utilizó un pilar de PVC en donde por dentro se colocan todos los componentes. Una manguera conecta por detrás para que ingrese la cerveza, y una canilla por delante para expender la bebida. El display se coloca en la parte superior para que el usuario pueda escanear el código QR. Finalmente, se colocó también una rejilla para recolectar los restos de líquido que se se puedan derramar durante el proceso.

13.5. Prototipo #3

En esta tercer iteración, se realiza un modelado en CAD de la carcasa superior para poder embeber el display logrando embellecer y mejorar el diseño. Luego del modelado, se imprimió la pieza en impresión 3D con en PLA.

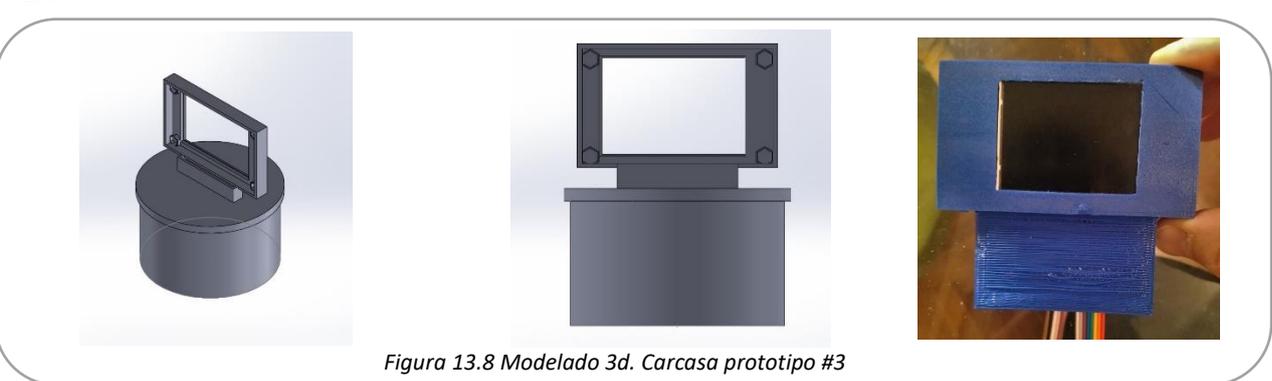


Figura 13.8 Modelado 3d. Carcasa prototipo #3

13.6. Prototipo #4

Durante la implementación de la carcasa del prototipo número 3, se evidenciaron algunos errores como por ejemplo la relación entre la dimensión del módulo impreso y los componentes que debían ser ubicados en su interior. Como se puede ver en la imagen del resultado, también puede verse un error en la calibración de la impresora dando como resultado los hilos de material que no llegaron a derretirse y unirse entre sí.

Por tal motivo, se volvió a modelar la carcasa superior del producto. Cabe aclarar que en ambos modelados e impresión 3D se contó con la colaboración de diseñadores y diseñadoras industriales con experiencia en el software de diseño CAD.

En esta segunda carcasa, se optó por un diseño de dos tapas plásticas que al ser unidas en la máquina conforman un módulo único que contendrá el total de los componentes de la electrónica de control. Para esto se tuvieron en cuenta las dimensiones de cada componente, realizando un modelado 3D para lograr asignarle una ubicación dentro de la carcasa.



Figura 13.9 Modelo carcasa prototipo #4 renderizado



Figura 13.10 Resultados de la impresión 3D carcasa prototipo #4

13.7. Prototipo final

Por último, y con el objetivo de lograr dejar firmemente sujetado el producto que será manipulado manualmente, se diseñó una pequeña base en donde encastrará el pilar de PVC y la rejilla antiderrame.

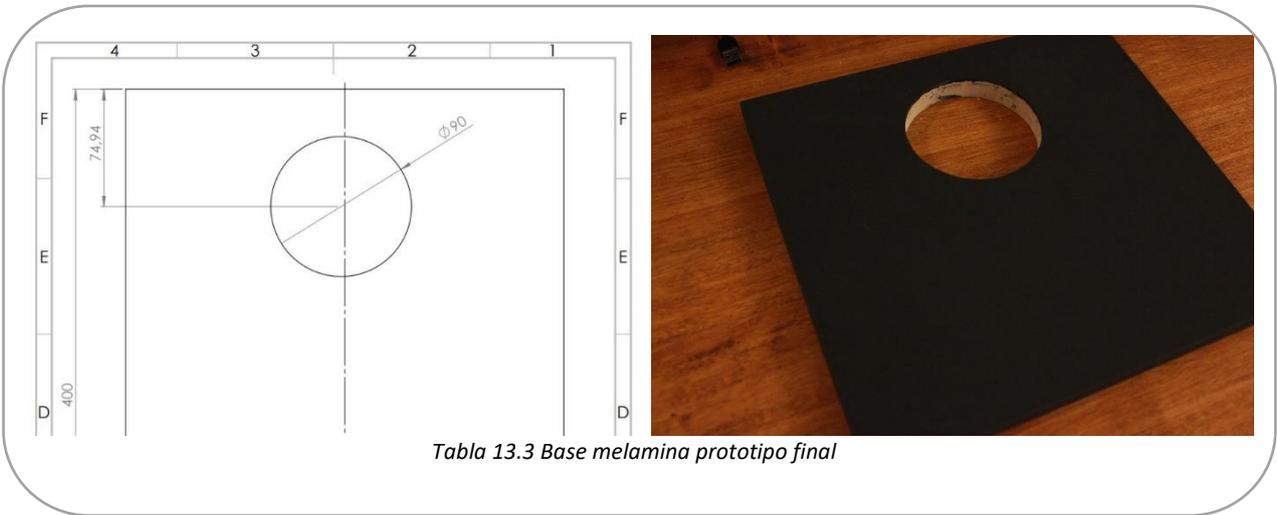


Tabla 13.3 Base melamina prototipo final

14. Validación del prototipo

14.1. Resultados

| Prueba | Dispositivo | Resultado | Observaciones |
|---------|-----------------|--|---|
| T-SW01 | Prototipo/Final | Un nuevo usuario registrado en Firebase se creó desde el DUT. | El sistema genera un UID a cada usuario para identificarlo. |
| T-SW02 | Prototipo/Final | Los datos mostrados en la aplicación coinciden con los del usuario. | Datos: Nombre de usuario y saldo. |
| T-SW03 | Prototipo/Final | La descripción del tipo de cerveza y precio por mililitro mostrado en la pantalla coincide con el configurado manualmente en Firebase. | |
| T-SW04 | Prototipo/Final | El monto acreditado mediante Mercado Pago se muestra en la aplicación y en la base de datos. | Se utilizó una cuenta y tarjeta de prueba provisto por Mercado Pago. |
| T-HW01 | Prototipo/Final | El display de DUT #1 pasa de mostrar un QR a mostrar la información del usuario conectado. | Primero muestra el nombre, luego el saldo. |
| T-HW02 | Prototipo/Final | En la consola de Firebase se comprueba que el usuario tuvo un consumo registrado en su perfil. | Se genera un nodo por cada transacción con su hora, fecha, duración, cantidad dispensada, precio, número de canilla y cliente. |
| T-FUN01 | Prototipo/Final | El saldo debitado es acorde al precio configurado para esa canilla. En la consola de Firebase y la aplicación los valores coinciden. | Una vez finalizada la transacción, los valores mostrados en pantalla, Firebase y en la aplicación coinciden. |
| T-FUN02 | Prototipo/Final | La pantalla muestra un mensaje de saldo insuficiente y ya no permite dispensar líquido. | |
| T-FUN03 | Prototipo/Final | No se dispensa líquido. | Si no se genera un pedido, no se permite dispensar cerveza. |
| T-FUN04 | Prototipo/Final | No se dispensa líquido. | Sin alimentación eléctrica, no se permite dispensar cerveza. |
| T-FUN05 | Prototipo/Final | La pantalla muestra un mensaje de "Sin Cerveza!" | La base de datos lleva un control del líquido dispensado total para cada canilla. Cuando es próximo al total del barril (parametrizable) no permite dispensar cerveza hasta no ser configurado nuevamente |
| T-FUN06 | Prototipo/Final | La canilla debe funcionar normalmente durante el modo dispensado libre. | Si se ingresa con el usuario del administrador, el dispensado no se corta ni por saldo ni tiempo. Tampoco se crea un nodo de la transacción en Firebase. |

| | | | |
|---------|-----------------|--|--|
| T-FUN07 | Prototipo/Final | La cantidad de líquido servida en la jarra debe ser mayor a 450ml y menor a 550ml. | En la prueba grabada, se obtiene un total de 477ml medidos de 500ml dispensados. |
| T-MEC01 | Final | | |
| T-PER01 | Prototipo/Final | El tiempo medido fue menor a 15 segundos. | El cronómetro fue iniciado antes de hacer el pedido |
| T-DIM01 | Prototipo/Final | Se cumple con las medidas requeridas | Largo = 30 cm Ancho = 25 cm Alto = 60 cm (medidas de prototipo) |

A continuación se deja el link de las grabaciones de las pruebas y resultados de las mismas:

https://drive.google.com/drive/folders/1e2Y5pXxignWhBfK_qJlQCv8_2KL6wT2R?usp=sharing

15. Conclusiones

Los objetivos del proyecto fueron cumplidos, construyendo un sistema robusto con el que fue posible validar todos los requerimientos y especificaciones iniciales definidos en conjunto con el cliente.

En el proceso de diseño de este producto fue posible dimensionar la complejidad y la enorme cantidad de tareas que no suelen tenerse en cuenta a la hora de emprender el camino de lanzar un producto al mercado. Fue central para esto, contar con las herramientas propuestas por la cátedra para realizar toda la analítica necesaria y llevar un orden de ejecución adecuado.

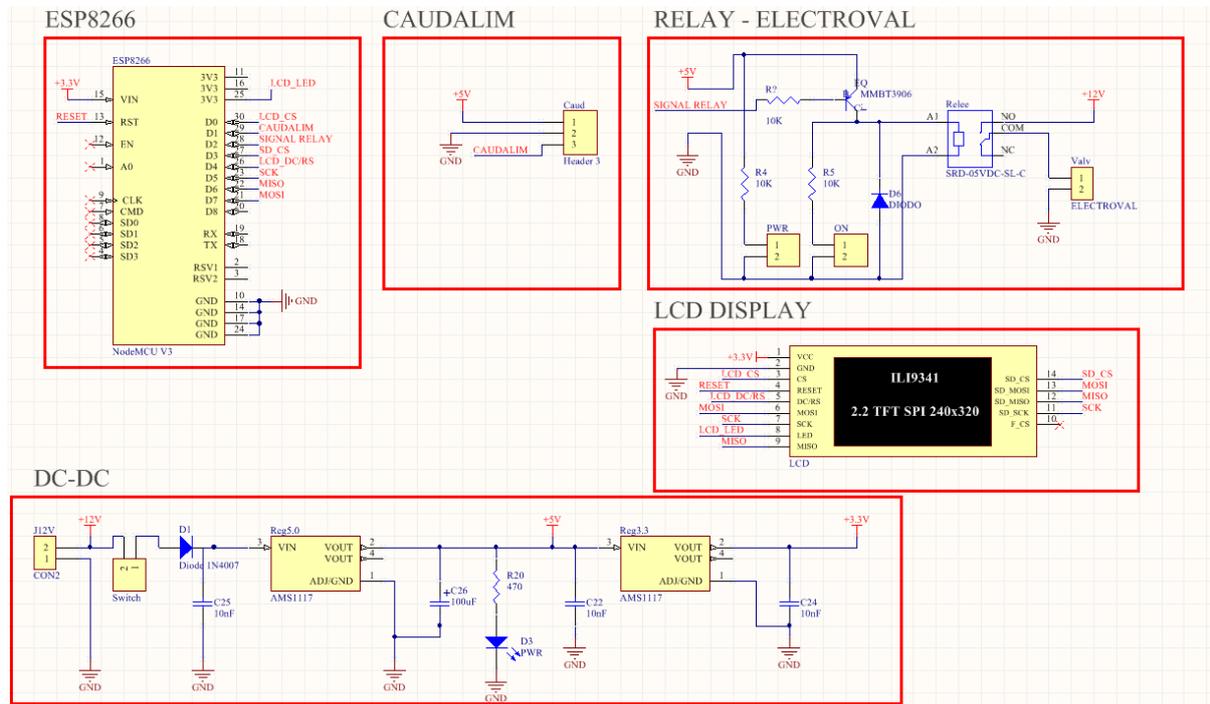
A medida que el proyecto avanzaba, tuvimos la posibilidad de ir perfeccionando el funcionamiento, la estética y el agregado de nuevas funcionalidades para lograr desarrollar un producto que esté realmente en condiciones de ser puesto a la venta como un dispositivo final en conjunto de una aplicación enmarcada como un SaaS.

Sumado a los desafíos que existen a la hora de diseñar un producto y llevarlo a cabo, nos enfrentamos con la necesidad de adaptarse a la situación actual de pandemia y su nueva realidad teniendo que aplicar nuevas herramientas y modalidades de trabajo en equipo. Sin embargo, los resultados del desarrollo fueron satisfactorios y nos permitió avanzar hasta el final de este último trabajo de nuestra carrera de Ingeniería Electrónica.

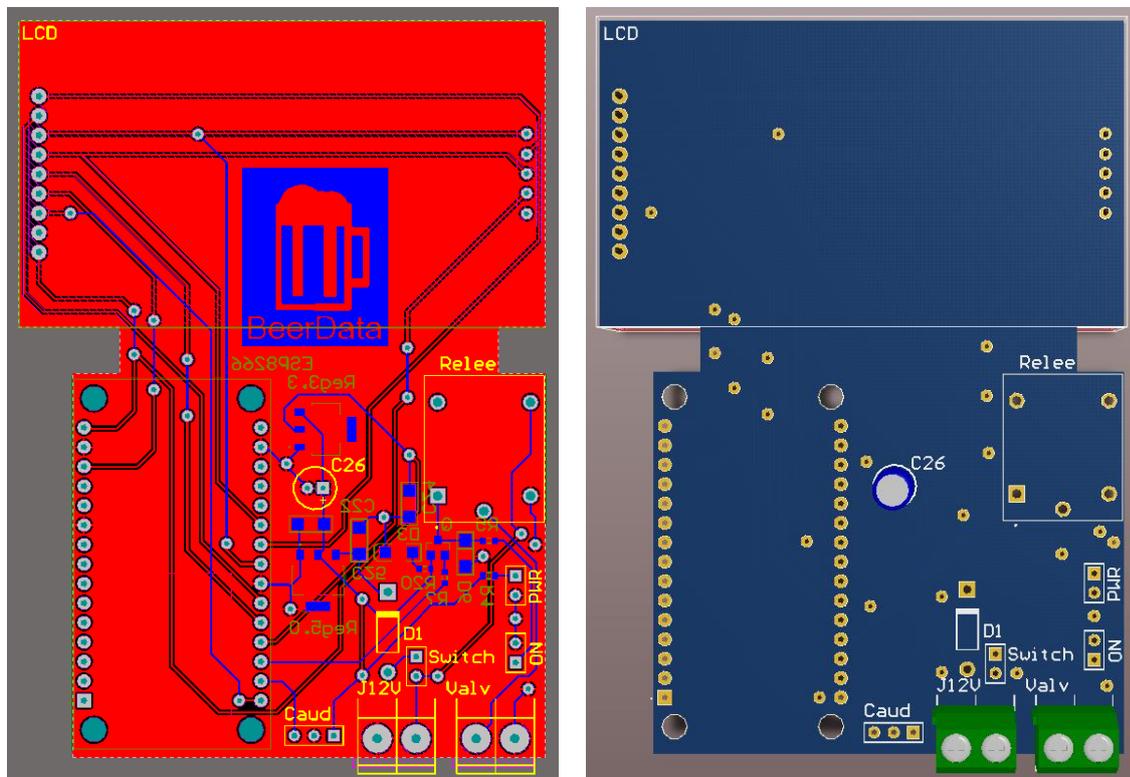
Finalmente, a nivel personal los autores de este trabajo estamos muy contentos y satisfechos con los resultados obtenidos después de tanto esfuerzo.

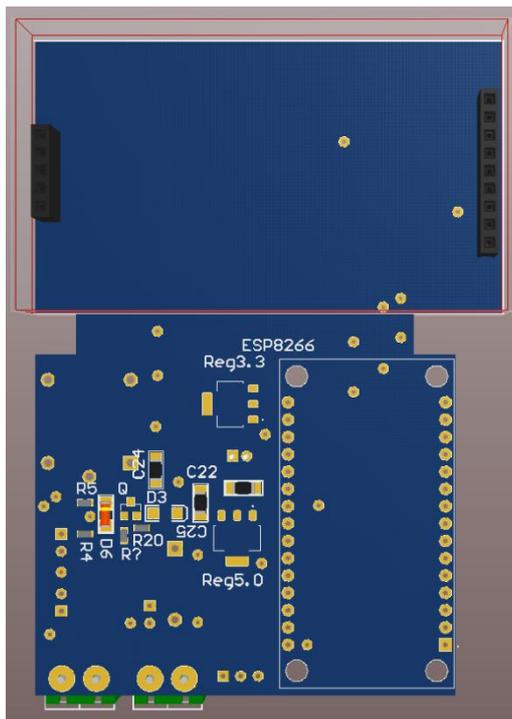
16. Anexos Técnicos

16.1. Esquemáticos



16.2. Planos de PCB





16.3. Listado de Partes y Componentes (BOM)

| Componentes para armar una unidad | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Sistema | Caudalímetro |
| | Pantalla |
| | Electroválvula |
| | ESP8266 |
| | Relé |
| | Fuente |
| | Cable (x5mts) |
| Cuerpo | Pilón PVC |
| | Base de madera |
| | Rejilla antigoteo |
| | Manguera |
| | Conectores de Bronce |
| | Abrazaderas |
| | Carcasa Pantalla |
| | Interruptor |
| Conector hembra Fuente | |

16.4. Códigos de Software

Código de Aplicación:

https://github.com/rcarreir/BeerData_app/

Código de Lógica de canilla:

https://github.com/macolb/Beerdata_Canilla

16.5. Modelado 3D (Primero)

