



RÍO NEGRO  
UNIVERSIDAD NACIONAL

Licenciatura en Sistemas

**Internet de las cosas aplicado al control del  
consumo eléctrico hogareño mediante  
dispositivos móviles.**

**Alumno:** López Lautaro Antonio

**Director:** Ing. Garcia Martinez Nicolas

**Co-director:** Ing. Cambarieri Mauro German

{ngarciam, mcambarieri}@unrn.edu.ar

**Año:** 2019

## **Agradecimientos**

En especial a mi familia y amigos por su apoyo incondicional durante todo este tiempo. Al Ingeniero Nicolas Garcia Martinez que se desempeñó como mi tutor en este trabajo aportando su tiempo y conocimiento, al Ingeniero en Electrónica Guillermo Malpeli que colaboró desinteresadamente aportando los conocimientos en su especialidad y a los integrantes del Laboratorio de Informática Aplicada que infundieron ánimos para concretar este trabajo.

**Lautaro Antonio López**

## Resumen

En el presente trabajo se exponen problemáticas relacionadas con el consumo de electricidad, sobre todo en el sector residencial. Se propone el desarrollo de una solución basada en internet de las cosas que permite visualizar, a través de una aplicación móvil, el consumo en el hogar en tiempo real.

Para ello se profundiza en el campo de los monitores de electricidad y en el mundo del internet de las cosas, con el objetivo de conocer diferentes alternativas y obtener un panorama más amplio sobre cómo pueden, estas herramientas, contribuir a la solución propuesta.

Al mismo tiempo, se explica de forma detallada la arquitectura definida, las diferentes tecnologías utilizadas y la elección de Android para el desarrollo de la aplicación móvil, junto a la implementación de cada una de las partes que componen la solución propuesta.

Palabras claves: Internet de las cosas (*IoT*), Android, Arduino, Electricity Monitor.

# Índice

<b>I. Introducción.</b>	<b>5</b>
<b>II - Estado de la cuestión.</b>	<b>7</b>
II.1. Internet de las cosas.	7
II.2. IoT para el ahorro de energía.	10
II.3. Dispositivos móviles.	12
II.3.1. Aplicación web.	15
II.3.2. Aplicación nativa.	16
II.3.3. Aplicación híbrida.	16
II.4. Servicios REST (API).	17
<b>III. Problemática en cuestión e importancia de resolverla.</b>	<b>19</b>
<b>IV. Solución propuesta.</b>	<b>23</b>
IV.1. Metodología de trabajo y planificación.	25
IV.1.1. Planificación.	29
IV.1.1.1. Definición de los “sprints”.	33
IV.1.2. Gestión del proyecto.	34
IV.1.2.1. Herramienta de gestión de requerimientos.	34
IV.1.3. Entornos de desarrollo del software.	36
IV.1.4. Sistema de versionado del código.	37
IV.2. Arquitectura de la solución.	39
IV.2.1. Monitor de electricidad, desarrollo del prototipo.	42
IV.2.1.1. Proceso de medición de la electricidad.	47
IV.2.1.2. Medición del voltaje máximo.	51
IV.2.1.3. Calibración del sensor.	55
IV.2.2. Aplicación Android.	57
IV.2.2.1. Ingreso de usuarios.	59
IV.2.2.2. Pantalla principal.	60
IV.2.2.3. Carga de facturas del servicio eléctrico.	60
IV.2.2.4. Listado de estaciones de monitoreo.	65
IV.2.2.5. Detalle de una estación.	67
IV.2.2.6. Estadísticas de las facturas de electricidad.	69
IV.2.2.7. Notificaciones y alertas.	72
IV.2.3. Aplicación web.	73
IV.2.4. Servidor de datos.	76
<b>V. Verificación y análisis de los resultados.</b>	<b>79</b>

V.1. Pruebas en un entorno controlado.	79
V.2. Pruebas de rendimiento del servidor de datos.	83
V.3. Prueba en una instalación hogareña.	86
<b>VI. Conclusiones</b>	<b>96</b>
<b>VII. Líneas futuras de trabajo.</b>	<b>98</b>
VII.1. Mejoras sobre la estación de medición.	98
VII.2. Tecnologías alternativas para informar el consumo en tiempo real.	99
VII.3. Aplicación multiplataforma.	100
VII.4. Análisis de los datos	101
<b>VIII. Anexos.</b>	<b>102</b>
VIII.1. Resultados de la prueba controlada, previa al ajuste del monitor.	102
VIII.2. Resultados de la prueba controlada, posterior al ajuste del monitor.	105
<b>IX. Referencias bibliográficas.</b>	<b>108</b>

## I. Introducción.

En la actualidad existen una gran variedad de problemáticas ligadas al medio ambiente, una de estas son las emisiones tóxicas, producidas en su mayoría por el consumo excesivo de energías no renovables y contaminantes. Una de las causas se encuentra en el consumo desmedido de electricidad, ya que para producirla se utilizan combustibles fósiles, aunque también existen otras fuentes de energía más “limpias”, pero estas no son las más utilizadas.

Una gran parte del consumo eléctrico, proviene del sector doméstico, originado por millones de personas que lo integran. En Argentina, este sector acumula el 43% del consumo eléctrico, frente al sector industrial y al comercial. (CAMMESA, 2017)

Dentro de este grupo, existen distintos tipos de consumidores, algunos son cuidadosos respecto de sus gastos y otros no les dan importancia. Lo que diferencia uno de otros son sus costumbres y hábitos, ese conjunto de comportamientos que tienen a diario, y que impacta en la cantidad de electricidad que utilizan en el hogar.

De acuerdo con diferentes estudios consultados, este consumo desmedido se produce, en gran parte, porque el usuario no tiene un conocimiento del consumo de electricidad en tiempo real. (Hargreaves, 2010) (Putra, Michael, Yudishtira y Kanigoro. 2015). Esto también sucede en Argentina, donde la información sobre gasto/consumo sólo se conoce cuando llega la factura al final del periodo, que puede ser mensual o bimestral. Durante esta ventana de tiempo, las personas no son conscientes de la electricidad que están utilizando.

La solución que se desarrollará a lo largo del presente trabajo, tiene el fin de proporcionar al usuario el consumo de electricidad en tiempo real mediante un monitor de electricidad, que se conecta a la red eléctrica del hogar y a internet. La información recolectada por el monitor, será procesada y enviada a la nube (cloud<sup>1</sup>) donde se almacenará. Mediante una aplicación móvil para teléfonos con sistema operativo Android, los usuarios tendrán acceso al consumo eléctrico de su hogar

---

<sup>1</sup> Cloud: la traducción de este término es “nube”, y proviene del paradigma que propone brindar servicios mediante una red, los datos son enviados y almacenados en servidores que están conectados en dicha red, la más utilizada es internet.

en tiempo real. Además de esto, brindará información adicional como la electricidad utilizada bimestralmente o mensualmente y el valor en pesos de la misma. La aplicación, le permitirá al usuario crear un perfil basado en su historial de consumo para que pueda visualizar cómo fueron evolucionando sus gastos a partir del uso de esta solución.

De acuerdo con las fuentes consultadas y con las pruebas de campo realizadas, el monitoreo sobre el consumo eléctrico, sumado a una buena presentación de la información al usuario, son factores claves a la hora incentivar a las personas a llevar un estilo de vida más sustentable. (Hargreaves, 2010)

En los últimos años el Internet de las Cosas cobró una gran importancia, debido a la amplia variedad de dispositivos que se encuentran en el mercado, capaces de conectarse a la red o a otros artefactos electrónicos. De esta forma, cualquiera de los dispositivos que esté conectado a internet puede ser manejado por otro, como es el caso de algunos modelos de lavarropas que pueden ser controlados mediante un smartphone.

Por otro lado, las aplicaciones móviles continúan en crecimiento, cada día aumenta la cantidad de usuarios de smartphones. Estadísticas recientes posicionaron a Android como el sistema operativo más usado en teléfonos inteligentes con un 86% de ventas a nivel mundial (Moon Tech Labs, 2017). En cuanto al mercado de aplicaciones, continúa aumentando el número de contenidos disponibles, actualmente posee tres millones cuatrocientas mil aplicaciones publicadas.

Teniendo en cuenta todo esto, en el presente trabajo se tomarán como ejes los conceptos nombrados en los párrafos anteriores, se diseñará e implementará una solución basada en un prototipo con el objetivo de censar el consumo eléctrico de un hogar. Este prototipo, será capaz de conectarse a internet y desde una aplicación para teléfonos móviles Android el usuario podrá interactuar con el prototipo y acceder a la información que este provee (su consumo eléctrico en tiempo real y otros datos relevantes).

## **II - Estado de la cuestión.**

### **II.1. Internet de las cosas.**

Este término, que también lo mencionaremos como IoT (del inglés, Internet of Things), se originó en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, luego de un tiempo fue abordado por el Auto-ID Center, que es un centro de investigación conformado por siete universidades que se encuentran en cuatro continentes. Sus investigaciones se enfocan en el campo de la identificación de radiofrecuencia en red (RFID) y en las tecnologías involucradas en el desarrollo de diferentes sensores. Ellos fueron los responsables de diseñar la arquitectura de IoT.

El concepto de Internet de las Cosas refiere a conectar diferentes máquinas o dispositivos entre sí, con o sin necesidad de que una persona intervenga en el proceso. De acuerdo con lo que expone el Grupo de Soluciones Empresariales Basadas en Internet (IBSG, Internet Business Solutions Group) de Cisco, IoT es el punto en el tiempo en el que se conectaron a internet más dispositivos que personas.

En un estudio llevado a cabo por Dave Evans en el 2011, se profundizó sobre el concepto de IoT ubicando el surgimiento en el tiempo y se proyectó su implicancia a futuro.

Para el año 2003, el planeta estaba habitado por 6.3 mil millones de personas, y existían unos 500 millones de dispositivos conectados a internet, si se divide el número de dispositivos conectados por la población de ese momento, nos da como resultado que existían 0.08 dispositivos por persona, es decir que había menos de uno por cada individuo. La cantidad de artefactos conectados a internet era muy baja en esa fecha, debido a que algunos dispositivos como los teléfonos inteligentes no habían invadido el mercado. Fue a partir del 2007 cuando ganaron popularidad.

En el 2010 se volvieron a realizar los mismos cálculos que años atrás. La población mundial alcanzaba los 6.8 mil millones de personas y se registraron 12.5 mil millones de dispositivos conectados a la red, es decir, 1.84 dispositivos por persona. A simple vista este número podría parecer bajo pero se debe tener en

cuenta que, del total de la población mundial, no todos tienen acceso a internet ni a las nuevas tecnologías, por lo tanto, en aquellos sectores conectados el número de dispositivos por persona aumenta drásticamente.

Teniendo en cuenta que en 2010 aproximadamente 2 mil millones de personas utilizaban Internet, el número de dispositivos conectados por persona salta a 6,25, en lugar de 1,84. (Evans, 2011)

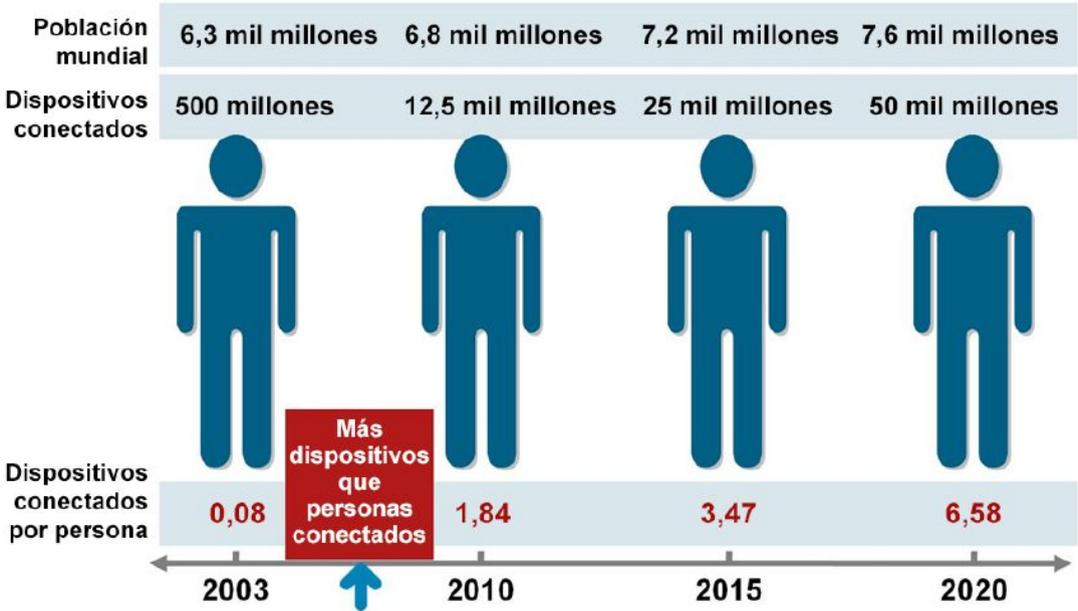


Fig 1. Cantidad de dispositivos conectados a internet por persona, basados en la población mundial y los dispositivos registrados en diferentes años (Evans, 2011).

En la Figura 1, se puede observar un estimado del crecimiento poblacional y tecnológico. Podemos ubicar el nacimiento de IoT entre el 2008 y el 2010. Con miras al futuro Cisco IBSG prevé que habrá 25 mil millones de dispositivos conectados a Internet para 2015 y 50 mil millones para 2020.

El impacto que genera la conexión entre dispositivos, personas y ciudades afecta en infinidad de ámbitos como son el ecosistema, la salud, la infraestructura, etc. Las palabras de Peter Hartwell, investigador de los laboratorios de HP describen esto muy bien, “Con mil millones de sensores incorporados en el entorno, todo conectado por sistemas de computación, software y servicios, será posible escuchar el latido de la Tierra al producirse el impacto entre la humanidad

y el planeta tan profundo como cuando la aparición de Internet revolucionó la comunicación”<sup>2</sup>.

Sin embargo, existen algunas barreras para que esto sea posible a corto plazo, que son las siguientes:

En primer lugar, la implementación de IP (Protocolo de Internet) en su versión 6, que actualmente se encuentra en una etapa inicial, significa un freno teniendo en cuenta que la mayoría de los sensores van a necesitar de una IP pública para poder ser accedidos mediante internet y la versión actual de este protocolo (versión 4) no puede satisfacer esta demanda.

En segundo lugar, otro aspecto a tener en cuenta tiene que ver con la autonomía de los diferentes sensores. Pensando en millones de sensores instalados en una ciudad, se debe tener en cuenta el esfuerzo que significa monitorear y reemplazar las baterías de cada uno de estos. Esto convierte a IoT en algo inviable. Por eso, se espera que cada sensor pueda auto sustentarse mediante energías que se encuentren disponibles en el ambiente, como la solar, eólica, vibraciones, etc.

Por último, la normativa necesaria para un despliegue a nivel mundial no es un dato menor, dado que es necesario definir estándares de seguridad, privacidad y arquitectura; para que los datos puedan viajar por las diferentes redes y llegar sus destinatarios en tiempo y forma. La IEEE<sup>3</sup>, se encuentra trabajando en estas cuestiones con el fin de generar estándares que permitan que el internet de las cosas se pueda instalar en todo el globo.

A pesar de las complicaciones anteriormente mencionadas, IoT se encuentra en crecimiento constante y solo es cuestión de tiempo para que estas problemáticas se solucionen.

---

<sup>2</sup> Dave Evans. (2011, abril) Internet de las cosas como la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group. Página 4.

<sup>3</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers, que en español se traduce como, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

## II.2. IoT para el ahorro de energía.

La posibilidad de conectar cualquier dispositivo a la red está generando soluciones tecnológicas para asistir a personas y organizaciones de diferentes formas. El sector empresarial que apuesta al internet de las cosas está en pleno crecimiento, las empresas cuentan con financiamiento por parte de gobiernos y organizaciones de mayor envergadura, se destinan cifras millonarias para impulsar el desarrollo de prototipos y software basado en internet de las cosas. Todo esto viene de la mano con una corriente de cambio que se apoya en el uso de energías renovables, ciudades inteligentes, medicina 2.0, etc.

El uso eficiente de la energías es importante a varias escalas, en primer lugar para los ciudadanos que tienen que afrontar el costo de la misma. Luego encontramos al sector industrial (pequeñas, medianas y grandes industrias) donde los gastos de energía que generan son un factor determinante en la viabilidad de la organización. Y por último, nos encontramos con el estado, que tiene responsabilidades frente a los proveedores de energía y a la matriz energética del país.

Se puede tomar como ejemplo Inglaterra, donde las iniciativas para potenciar el desarrollo de una matriz energética inteligente se encuentran muy presentes, diferentes empresas proponen soluciones capaces de optimizar el consumo de energías tanto de hogares como de instalaciones industriales mediante redes de sensores y monitores eléctricos inteligentes. El impacto se puede ver reflejado, por ejemplo en las palabras de Bill Weihl (director de sostenibilidad en Facebook), quien afirma que gracias a IoT lograron una reducción del 38% del consumo en sus datacenters. También se encuentra el avance constante en el desarrollo de electrodomésticos inteligentes capaces de tomar decisiones basándose en patrones de comportamiento, en el estado de la red eléctrica y las fluctuaciones de la tarifas de los proveedores, es una fuerza que impulsa al desarrollo de una matriz de energías inteligente, donde estos puedan interactuar directamente con la red de electricidad.

En Argentina, el uso eficiente de las energías se convirtió en un tema de gran importancia, debido a decisiones políticas el precio de la energía sufrió grandes aumentos, como es el caso de la provincia de Buenos Aires donde la tarifa de electricidad experimentó un aumento del 700% durante el 2016, y es una tendencia que se mantiene en la actualidad. Por esto el uso eficiente de la electricidad adquirió un gran peso, desde el Ministerio de Energía de la Nación se animó al recambio de electrodomésticos por aparatos más modernos, teniendo en cuenta que el impacto en el consumo de un hogar promedio tendría un descenso abrupto de aproximadamente el 50%. Dado este panorama, la implementación de soluciones tecnológicas que fomenten al consumo eficiente de energía ayudaría a que los ciudadanos puedan cuidar sus gastos energéticos y por ende monetarios.

En cuanto a la matriz energética del país se encuentra basada principalmente en combustibles fósiles, existe una iniciativa por parte del estado para que se reduzca el uso de estos combustibles y se los suplante con energías limpias y renovables. También es una oportunidad para que poco a poco se vaya acoplando con internet de las cosas, pero es una posibilidad a futuro. Esto no significa que sea un freno para los emprendedores del sector tecnológico que ya se encuentran desarrollando soluciones que apuntan al uso eficiente de las energías. Un ejemplo es Wabee, una aplicación desarrollada por argentinos que consiste en una solución móvil multiplataforma que interactúa con un medidor inteligente que se acopla en cualquier hogar de forma sencilla y se comunica con la aplicación para informar el consumo de electricidad en tiempo real, la tensión actual de la línea, también notifica en el caso de que existan variaciones anormales en el consumo y permite adelantarse a la factura del proveedor del servicio eléctrico suministrando información de cuanto es lo que se gastó en un hogar. Esta aplicación se postuló en el concurso Innovar 2017 en la categoría "Energía y desarrollo sustentable", y resultaron ganadores junto a otras innovaciones.

Un proyecto interesante dentro del rubro de medición de consumo energético es Open Energy Monitor, este no se encuentra disponible en Argentina. Se caracteriza por vender un conjunto de medidores que permiten censar electricidad, humedad, temperatura y monitorear paneles solares. También tienen a la venta una aplicación móvil y una web para poder ver la información del

monitor en tiempo real. Además brindan información muy detallada para poder implementar cualquiera de sus medidores usando diferentes plaquetas disponibles en el mercado (como un Arduino). Poseen amplia documentación que explica los diferentes procesos de medición y cómo instalar los sensores en cada tipo de plaqueta.

### II.3. Dispositivos móviles.

En la actualidad los teléfonos inteligentes o smartphones son accesibles para la mayoría de las personas. En Estados Unidos el 77% de la población adulta posee un smartphone (Rainie y Perrin, 2017), esto también ocurre en otros países desarrollados y en algunos países en vías de desarrollo. Se estima que en el mundo 4.9 billones de personas poseen uno.

Lo que ocurrió con los teléfonos es que dejaron de ser solo un dispositivo destinado a la comunicación e incorporaron nuevas funcionalidades como los servicios asociados a internet, aplicaciones, redes sociales, videojuegos, potentes cámaras fotográficas, transformándose en dispositivos de entretenimiento y, para muchas personas, considerados como algo imprescindible en su vida.

Existe una gran variedad de teléfonos inteligentes, algunos de los fabricantes destacados son Apple, Lenovo, Samsung, LG, Huawei y Xiaomi, que ofrecen diferentes opciones basadas en la estética, la calidad de los distintos componentes de hardware que lo integran y el software. Al igual que las computadoras personales, estos también poseen un sistema operativo que permite la interacción entre los diferentes componentes de hardware. Los más usados en la actualidad son iOS, Android y Windows Phone (discontinuado en octubre del 2017).

Apple desarrollo iOS, un sistema operativo basado en OSx, que es usado en sus diferentes dispositivos móviles, tales como el iPhone, iPad y iPod Touch. La mayor limitación que posee, es que solo se puede instalar en dispositivos Apple. En sus inicios, el código fuente estaba desarrollado en Object-C, pero a partir del 2014 esto cambió y se comenzó a usar Swift 3.0. La última versión de este sistema operativo se conoce como iOS 11.

Otro de los sistemas operativos móviles es Windows Phone que fue desarrollado por Microsoft, como sucesor de Windows Mobile. La empresa intentó innovar desarrollando un sistema operativo único y compatible en todas las plataformas. Esta fue una de las razones por las que Windows Phone se descartó, ya que todo el esfuerzo se direccionó en la creación de este sistema que se conoce como Windows 10 y en la actualidad se encuentra disponible para todas las plataformas. Sin embargo su versión móvil no pudo competir frente Android y iPhone, por lo que en octubre del 2017 se anunció que la empresa no realizará nuevas actualizaciones para el sistema operativo móvil. El siguiente paso de Microsoft consiste en utilizar Android como base para un nuevo desarrollo.

Por último, pero no menos importante, se encuentra Android que es un sistema operativo basado en Linux y fue desarrollado por una pequeña empresa llamada Android Inc. A dos años de su creación, en el 2005, fue comprada por la multinacional Google.

En el 2007, Android fue lanzado al mercado como un sistema operativo para smartphones y tabletas, en la actualidad y a más de diez años de su lanzamiento, se encuentra presente en una gran cantidad de dispositivos, teléfonos, tablets, relojes inteligentes, televisores inteligentes, autos, etc. Google ya está trabajando en el siguiente paso para Android, consiste en convertirlo en un sistema operativo para computadoras personales.

Un dato para tener en cuenta es que Android es de código abierto, y que además existe un gran mercado de aplicaciones desarrolladas para este sistema, estas son desarrolladas en Java. Dicho mercado se conoce como Play Store, y aloja millones de aplicaciones, algunas son gratuitas y otras no. Este mercado permite que cualquiera pueda publicar aplicaciones (siempre que éstas respeten las políticas de Google) y cualquier usuario la pueda instalar en su teléfono.

## Porcentaje de usuarios para cada SO

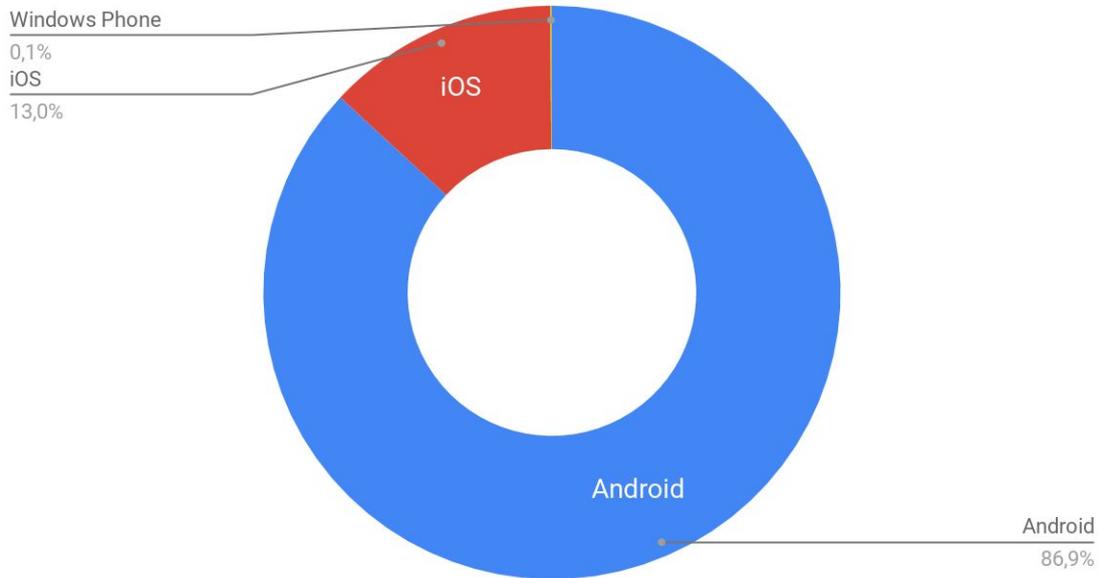


Fig.2. Gráfico porcentual de cantidad de usuarios por sistema operativo en el 2016

Uno de los factores más importantes a la hora de decidir sobre que SO<sup>4</sup> se va a desarrollar la solución propuesta del presente trabajo, fue el alcance de la misma, siempre teniendo en mente poder abarcar un público amplio.

El escenario ideal, es proponer una solución que se encuentra disponible para Android e iOS, pero nos encontramos con diferentes limitaciones para que esto sea posible. Por empezar, no existe un equipo de desarrolladores especializados en las diferentes plataformas debido a que este trabajo fue realizado en un marco académico donde intervino un alumno, el director del trabajo y el sub director. Por esto se optó por desarrollar una aplicación para teléfonos con sistema operativo Android, ya que, de acuerdo con la Fig 2, existe un porcentaje muy alto de usuarios de Android (86.9% de la muestra) y en la Argentina es el SO más popular para dispositivos móviles.

Entrando en detalles más técnicos, para poder desarrollar aplicaciones para Android, es necesario contar con un IDE<sup>5</sup> específico y un kit de desarrollo en particular para cada versión del SO. En nuestro caso se usó Android Studio como

<sup>4</sup> SO: Sistema operativo.

<sup>5</sup> IDE del inglés Integrated development environment (en español, entorno de desarrollo integrado).

entorno de desarrollo y la aplicación fue desarrollada para la versión 6.0 del sistema operativo.

Las aplicaciones móviles tienden a tener un gran éxito, en parte debido a su popularidad, en cierta forma están rompiendo los esquemas del desarrollo de software tradicional. Algunas ventajas que tienen sobre las aplicaciones de escritorio son el alcance masivo (debido a las diferentes tiendas de aplicaciones, Play Store, Microsoft Store, App Store de Apple, etc.), se encuentran en un dispositivo que es de uso habitual, cuentan con potentes recursos de hardware que se encuentran integrados en el smartphone (cámara, giroscopio, sensores, conectividad, altavoz, etc.) y la conectividad que brindan los teléfonos es un factor clave, ya que nos facilita el acceso a una conexión a internet.

Existen diferentes tipos de aplicaciones móviles, se pueden distinguir entre aplicaciones nativas, híbridas y web que se adaptan a los diferentes teléfonos.

### II.3.1. Aplicación web.

Esta alternativa se va a encontrar publicada en internet como un sitio web, por lo que tiene la ventaja de que se puede acceder desde diferentes dispositivos como puede ser una PC o un smartphone. Lo importante de este tipo de desarrollo es que se puede ejecutar desde los distintos sistemas operativos que se encuentran en el mercado.

Esto es posible gracias a la tecnología web que es capaz de adaptarse a las pantallas de diferentes dispositivos. Las interfaces se basan en HTML5, CSS y JavaScript, que poseen muchos componentes para el desarrollo de aplicaciones móviles. Existe un gran número de frameworks<sup>6</sup> que facilitan y mejoran el proceso de desarrollo de aplicaciones, además los resultados generados son muy similares a una aplicación nativa tanto a nivel visual como en el rendimiento que ofrecen.

Este tipo de aplicaciones, tienen la ventaja de que no poseen demasiada complejidad en su implementación y por ende el esfuerzo para su desarrollo es menor frente a un aplicación nativa. También existen algunos problemas de

---

<sup>6</sup> Framework: es un entorno de trabajo que define una estructura conceptual y tecnológica, además brinda asistencia para el desarrollador de software. E impulsa el uso de buenas prácticas en pos de generar código de calidad.

rendimiento cuando estas aplicaciones se ejecutan en dispositivos móviles discontinuados.

Esta alternativa se puede traducir como una opción más económica y rápida a la hora de su implementación, aunque también posee algunas desventajas frente a los otros tipos, su usabilidad es bastante baja y la seguridad que ofrece se encuentra atada al navegador web donde se ejecute.

### II.3.2. Aplicación nativa.

Estas aplicaciones están desarrolladas específicamente para un sistema operativo. Por ende son capaces de utilizar y funcionar perfectamente en cualquier dispositivo que cumpla con los requisitos de la aplicación. También es posible acceder a la cámara, giroscopio, batería, micrófono, etc, del smartphone. Es decir se pueden controlar casi todos los aspectos del sistema operativo.

El resultado es un desarrollo con una usabilidad muy buena y un rendimiento óptimo. El dilema de este tipo de aplicaciones, surge cuando se plantea desarrollarlas para diferentes sistema operativos, los costos aumentan significativamente, debido a que se deben encarar nuevos desarrollos para cada plataforma.

### II.3.3. Aplicación híbrida.

Este tipo permite realizar una mezcla entre un desarrollo web y uno nativo. Es posible diseñar interfaces de usuarios basados en HTML e implementar la funcionalidad usando diferentes lenguajes de alto nivel como pueden ser JavaScript, TypeScript, Dart, etc. Actualmente se encuentran una gran variedad de frameworks disponibles para realizar este tipo de aplicaciones, algunos generan código nativo para cada sistema operativo. También brinda acceso algunos componentes del teléfono como el GPS, cámara y contactos.

Implementar una aplicación híbrida implica un menor costo de desarrollo frente a una nativa y mejor usabilidad que una web. Pero también cuenta con algunas desventajas cuando el desarrollo requiere acceder a recursos de

hardware muy específicos y a aspectos de configuración del sistema operativo, este tipo de aplicaciones no pueden acceder a dichas cuestiones.

#### II.4. Servicios REST (API).

La comunicación entre los usuarios y el servidor, es algo de gran importancia para cualquier aplicación que accede a información en internet. Esto, básicamente, se debe a que los datos viajan constantemente entre los distintos actores de este tipo de arquitectura de software.

Cuando se plantea desarrollar un software basado en una arquitectura de servicios, se debe tener en cuenta que la conectividad pasa a ser un aspecto muy importante, dado que es el canal principal de transferencia de la información. Puede ser internet, 3G, 4G, etc.

API REST, es un término que proviene del inglés Application Programmable Interface (API) y Representational State Transfer (REST). Esta arquitectura se basa en el estándar HTTP, que es el protocolo de transferencia de hipertexto más usado en internet. Donde se utilizan direcciones web para identificar los diferentes recursos y los verbos para definir las diferentes acciones en cada solicitud HTTP. Los más destacados son POST, PUT, GET y DELETE, y sus significados corresponden a la creación, edición, consulta y eliminación. Esto permite hacer referencia a los distintos recursos del servidor y mediante el verbo, definir cuál es la acción que se desea ejecutar.

Ventajas de esta arquitectura:

- Favorece a la separación de la interfaz del usuario y la lógica del negocio junto a los objetos del dominio. Debido dicha lógica, se encuentra desarrollada en el servidor, de esta forma favorece la escalabilidad del proyecto ya que las interfaces y el servidor son dos capas completamente independientes entre sí. Esta separación también contribuye a mejorar la portabilidad de la interfaz del usuario ya que se pueden realizar diferentes proyectos y utilizar siempre los mismos servicios REST.

- Fiabilidad y escalabilidad: Partiendo de la separación entre el cliente y el servidor, se evidencia que la escalabilidad es un punto a favor dado que se el servidor se puede migrar a otras instalaciones o replicarlos para balancear la carga de las solicitudes sin afectar el funcionamiento de lo que puede ver el usuario.
- Independencia frente a diferentes plataformas y lenguajes, debido a que la comunicación con otras aplicaciones se lleva a cabo mediante un formato de texto ligero conocido como JSON. Esto permite que diferentes tecnologías se puedan enviar información sin importar el lenguaje o implementación que usen en particular.

### **III. Problemática en cuestión e importancia de resolverla.**

En la actualidad, nos enfrentamos a una emergencia ambiental. El consumo desmedido de recursos no renovables está impactando en nuestro entorno de diferentes formas, cambios en el clima, catástrofes naturales, el efecto invernadero, etc. Para lidiar con esto, debemos realizar grandes cambios, muchos de estos deben ser culturales. Pero no debemos olvidar que también podemos generar un cambio desde nuestros hogares, a partir de nuestros hábitos y actividades diarias.

Este trabajo se enfoca en los sectores residenciales, buscando generar conciencia en las personas para que tengan un estilo de vida más sustentable. Para esto se plantea una solución que sea útil a la hora de controlar y, en lo posible, reducir el consumo de electricidad.

La mayoría de las personas no son conscientes de toda la energía que usan a diario en sus hogares. Esto, en parte, se debe a todos los dispositivos tecnológicos con los que convivimos día a día; las heladeras, lavarropas, televisores, routers, dispositivos móviles, iluminación, calefacción, etc. Son utilizados a diario, sin tener en cuenta el consumo de electricidad que representan.

Según estudios realizados por Ministerio de Energía y Minería, el costo promedio para poder generar un kilowatt de electricidad es de \$1.10. Mientras que el costo promedio de una tarifa eléctrica para los sectores residenciales alcanza cifras que van desde los \$200 en algunas provincias hasta los \$1100 en otras. Esto calculado sobre un gasto de 500 kilowatts bimestrales. Estos valores no incluyen impuestos ni gastos adicionales (Fundelec, 2016).

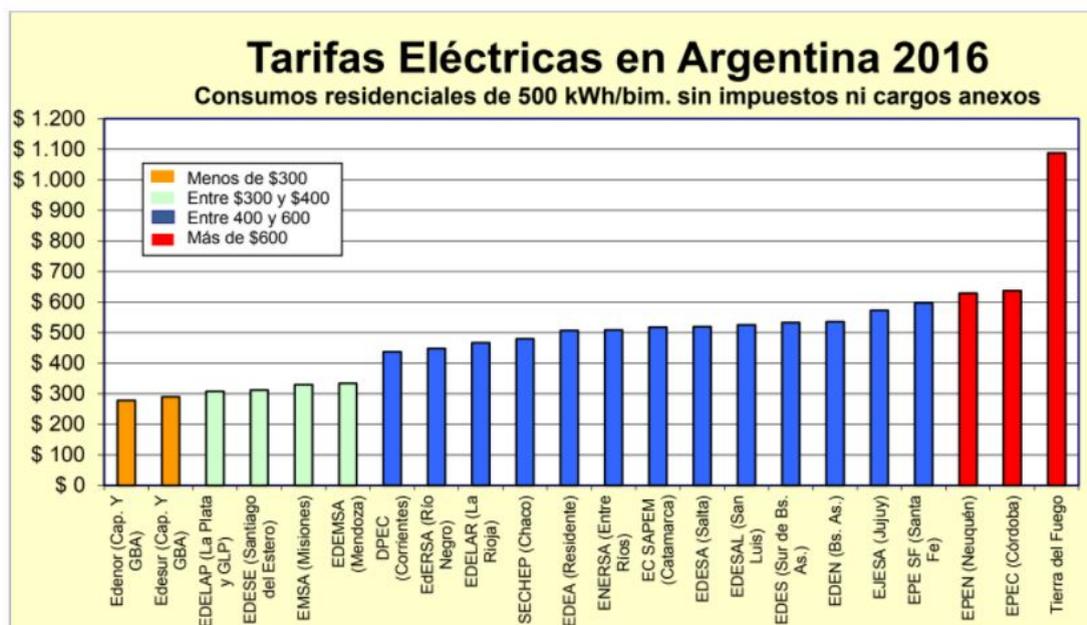


Fig 3. Promedio de una tarifa de electricidad en cada provincia, de acuerdo al proveedor (Fundelec, 2016).

Teniendo en cuenta los valores presentados en la Fig 3 , reducir el consumo de electricidad tiene un impacto directo a la hora de disminuir los costos del servicio que es lo abonado por los usuarios. Además, si el consumo disminuye o se optimiza, la producción de electricidad también lo hace, lo que significa una reducción de emisiones de las centrales eléctricas y un uso más eficiente de la infraestructura de cada distribuidor de energía.

Desde el gobierno, se intenta concientizar a los ciudadanos para que realicen un consumo de energía más eficiente, de esta forma reducir la producción de energía y los gases de efecto invernadero que esto conlleva. El Ministerio de Energía y Minería de la Nación realizó una prospectiva al año 2025 del escenario energético nacional, donde basado en las tendencias de demanda, producción, inversiones y factores externos arrojó la siguiente información a tener en cuenta para un futuro próximo: Un cambio importante que tuvo un impacto a nivel global fue el acuerdo de París, firmado en 2016 que tiene entre sus objetivos el de sustituir los combustibles fósiles por energías renovables y reducir las prácticas dañinas para el medio ambiente. Puntualmente, propone reducir la temperatura global por debajo del umbral crítico que representan los 1.5 grados centígrados.

Argentina se propuso modificar su matriz energética para que el 8% de las energías provenga de recursos renovables, en la actualidad estos solo aportan un 1% dentro de la matriz. Como objetivo para el 2025, se prevé que este tipo de energía ocupe el 20%. La contracara de este acuerdo, es que una de las medidas que se propusieron para reducir las emisiones de dióxido de carbono, es sustituir en parte los combustibles fósiles por energía nuclear.

También se propusieron una serie de lineamientos a seguir:

- Utilizar electrodomésticos más eficientes.
- Sustituir lámparas en el sector residencial por luminarias de bajo consumo.
- Optimizar el alumbrado público.
- Implementar sistemas de gestión de la energía.
- Realizar diagnósticos energéticos.

Todo apunta a un manejo eficiente de la energía, que actualmente no se está llevando a cabo y de acuerdo a las tendencias estudiadas tampoco se espera que mejore para el 2025. Por esto, se busca generar conciencia en los ciudadanos y empresarios para que, mediante medidas estatales, educación, concientización e inversiones en energías renovables se genere un futuro sustentable.

Una medida ejemplar, fue impulsar el cambio de lámparas en los hogares por lámparas de bajo consumo o led. Esta iniciativa fue impulsada a nivel nacional, donde se promovió el uso de este tipo de luces mediante spots publicitarios y bajando su valor en el mercado. Este plan inició en el 2008, con un programa nacional donde el ciudadano entregaba su lámpara incandescente y recibía una de bajo consumo. A esto se le sumó la prohibición de la venta de lámparas incandescentes en el año 2011. Mediante el programa nacional de energía eficiente se sustituyeron 25.000.000 de lámparas. El impacto de esta medida fue importante y se reflejó en las tendencias de consumo, con un ahorro aproximado de 3500 GWH<sup>7</sup> en el año 2015.

---

<sup>7</sup> GWH: Gigavatio-hora

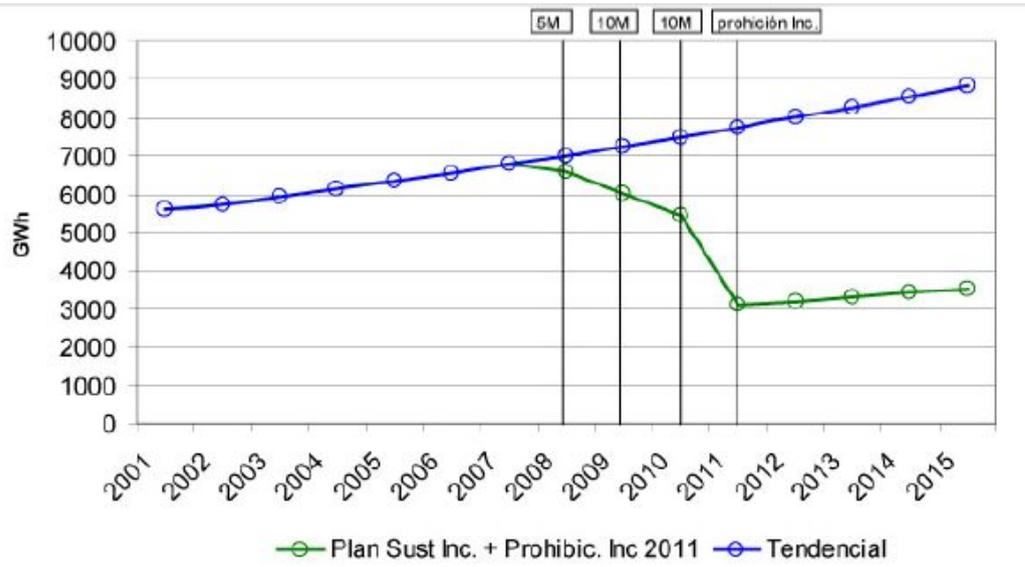


Fig 4. Consumo eléctrico frente al cambio de luminaria residencial (Strack, Suárez, Jacob, Branda y Murcia, 2015).

#### **IV. Solución propuesta.**

En el desarrollo del presente capítulo, se detallará cómo fue implementada la solución a la problemática propuesta en los párrafos anteriores. Asimismo, se explicará la metodología usada para planificar y estimar todo el trabajo realizado, la arquitectura y las diferentes tecnologías involucradas.

Teniendo en claro la problemática que nace del uso desmedido de los recursos energéticos y la importancia de generar conciencia para que esto no suceda, planteamos una alternativa moderna, sencilla y al alcance del ciudadano para poder monitorear el consumo de electricidad de una residencia.

Para poder enfrentarse al desafío que implica reducir el consumo, es primordial tener información de lo que gastamos. Algo que parece casi obvio, pero que en nuestro país no está disponible para los ciudadanos. El consumo de electricidad, es algo que no podemos percibir hasta el momento que llega la factura de la empresa distribuidora de electricidad al finalizar el periodo, que en la provincia de Río Negro (donde se llevó a cabo este trabajo) es bimestral.

Por ello, se propone una solución con el objetivo de reducir esta ventana de tiempo, y brindar a los ciudadanos información útil sobre el consumo en tiempo real.

Los smartphones son dispositivos que están al alcance de todos, por esto son útiles a la hora de acercar una solución a las personas. Esto junto a un dispositivo hogareño capaz de conectarse a internet forman una solución interactiva, accesible y moderna.

Tomando como ejes el uso eficiente de la electricidad y las tecnologías de la información, se investigó qué problemas se podían atacar y de qué forma desarrollar una solución que sea realmente útil. El trabajo se centró en el desarrollo de una aplicación que permita monitorear el consumo de un hogar, para esto fue necesario crear un dispositivo capaz de acoplarse a la red de electricidad y además conectarse a internet para poder enviar los datos que capta a la nube.

De esta manera, la electricidad dejaría de ser un recurso “invisible” del que no se tiene conocimiento, para transformarla en algo que está monitoreado las

veinticuatro horas del día. Esto no es algo menor, llenar el vacío de información que se genera entre los períodos ayuda a que las personas sean conscientes y estén atentos a acciones o hábitos que antes no tenían en cuenta pero que pueden modificar para reducir el consumo de electricidad, esto significa un ahorro para la persona. (Hargreaves, 2010)

El desafío radica en cómo mostrar toda esta información a un usuario, con el fin de que esta sea de valor. Se debe tener en cuenta donde se van a ver estos datos, que van a representar y con qué frecuencia van a ser consultados. Por esto se decidió realizar una aplicación móvil, de forma que el cuándo consultar los datos y donde mostrarlos queden reducidos a un solo lugar que cabe en la palma de la mano de una persona. Además el uso de smartphones es algo que alcanza a la mayoría de la población, por ende no representa un costo adicional para el ciudadano. También ocurre que de alguna forma, la responsabilidad del uso eficiente de la electricidad recae en este, dado que tiene la posibilidad de acceder a los datos cuando desea y desde cualquier lugar. Para evitar la pérdida de atención es necesario que la aplicación notifique a la persona que el consumo de su hogar está fuera de los parámetros normales, de esta forma se mantiene al usuario atento.

Para determinar cuándo se deben enviar estos avisos por consumos fuera de lo común, la solución debe ser capaz de analizar el conjunto de datos de cada usuario y, basándose en las curvas de carga que se encuentran almacenadas, determinar si un valor está muy alejado de los valores normales. Una curva de carga, muestra el consumo de una instalación en un periodo de tiempo, es decir que cada hogar produce una curva diferente de acuerdo a los hábitos, cantidad de sus integrantes y electrodomésticos que posean. A continuación, en la Fig 5 se muestra una curva de carga promedio de los usuarios residenciales del área central de México que abarca el Distrito Federal, Morelos, Guerrero y algunas ciudades del Estado de México y Puebla. En la solución desarrollada estos gráficos se van a generar en base a los valores obtenidos de un hogar en particular.

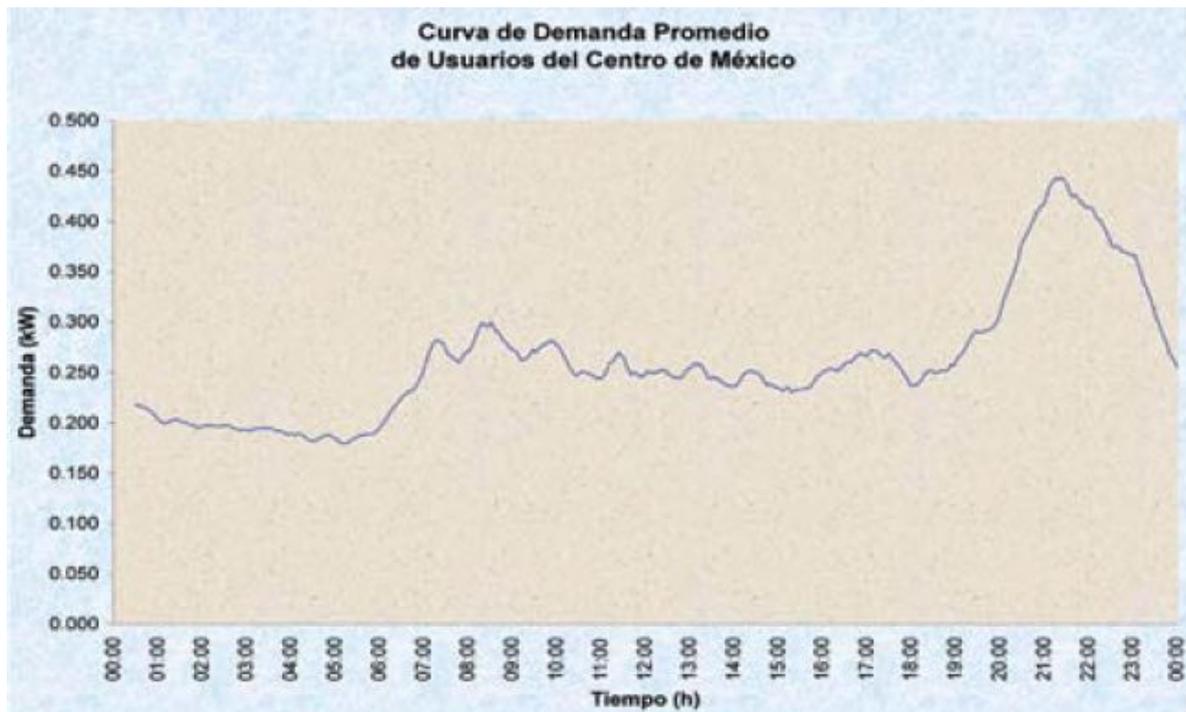


Fig 5. Curva de carga del área central de México. (Zamora y Sánchez Vivero, 2008)

#### IV.1. Metodología de trabajo y planificación.

Para llevar a cabo las tareas de planificación, gestión y desarrollo de la solución, se utilizó una metodología de trabajo encuadrada en el marco ágil. Se seleccionó SCRUM como marco de desarrollo ágil, teniendo en cuenta que todas las personas involucradas en el presente trabajo poseen conocimientos y experiencia en dicha metodología.

Esta, se caracteriza por priorizar la entrega de piezas de software funcionales en periodos cortos de tiempo, frente a generar documentación demasiado extensa y detallada. Lo cual no significa que los documentos producidos no aporten gran valor; sino que varían frente a los artefactos y técnicas planteadas por otras metodologías de trabajo, como puede ser el ciclo de desarrollo de en cascada planteado por Barry Boehm en la década de los ochenta.

Para comprender el desarrollo de software en un marco ágil, se detallaran los aspectos más relevantes de SCRUM en los siguientes párrafos.

El desarrollo del software se divide en iteraciones, cada una tiene una duración corta, lo recomendado por la metodología es menor a un mes. Usualmente tienden a tener una extensión de dos semanas. Cada iteración es

conocida como Sprint. Y al finalizar, el resultado obtenido es una pieza de software funcional, que fue previamente probada y cumple con las especificaciones dictadas por el dueño del producto.

Otra faceta de este marco de desarrollo, es evitar una definición de requisitos estática, es decir que no es necesario realizar una tarea de relevamiento demasiado intensiva, ya que las funcionalidades son planteadas por el dueño del producto en pequeños extractos de texto que se denominan *historias de usuario* y estas pueden ir cambiando a lo largo de los diferentes sprints.

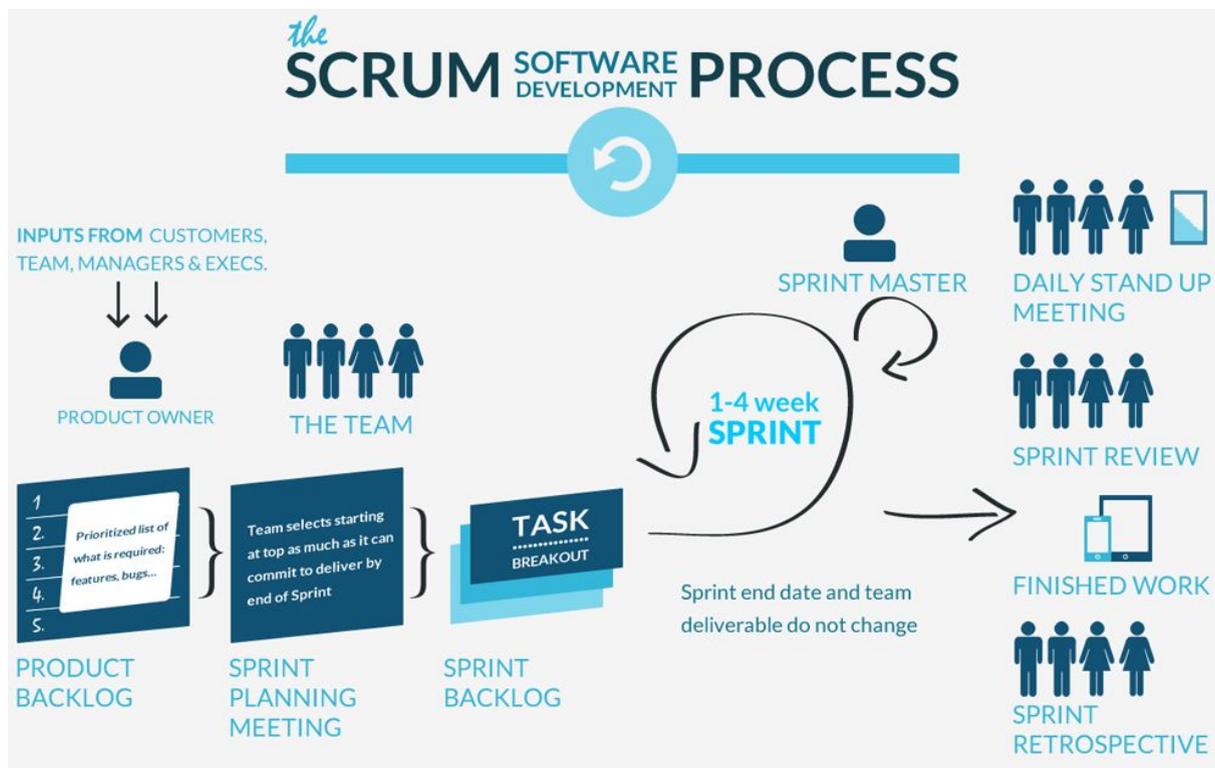


Fig 6. SCRUM, flujo del proceso. (Kniberg, H, 2007)

El cliente, que se lo conoce como *dueño del producto*, posee un rol muy importante. Dado que éste participa activamente en el desarrollo y definición de requerimientos, interactuando con el *equipo* y el *scrum master* para definir o modificar las historias de usuario, también se encarga de definir las prioridades de estas. Con esto se evita desviarse en requisitos que demandan tiempo y esfuerzo pero no aportan ningún valor al producto final.

En cuanto a la documentación, la principal fuente para generarla son las historias de usuario, las mismas tienen la información de las diferentes funcionalidades planteadas por el cliente.

De acuerdo a los autores de esta metodología cuenta con varios roles, los más importantes son: Por un lado, el *product owner*, que es el cliente. Por otro el *scrum master* que es el encargado de guiar al equipo durante el desarrollo del proyecto y de controlar que se esté llevando a cabo la metodología como corresponde. Por último, se encuentra el *equipo*, los responsables de llevar a cabo el desarrollo del producto, también intervienen en la elaboración de las historias de usuario. Los miembros del equipo debaten para poder asignarles distintos puntajes a cada historia de usuario.

Algunos de los artefactos más usados en SCRUM, son las historias de usuario y la pila del producto. Las primeras sirven para documentar los requisitos funcionales del producto, estas son redactadas por el cliente en conjunto con algunos miembros del equipo. Se utiliza una terminología amigable, de forma que pueda ser comprendida por cualquier persona.

A continuación, se encuentra el modelo de HU<sup>8</sup> que fue utilizado en el presente trabajo.

<b>Título:</b>		
Número:	Prioridad:	Modificación de historia N°...
Descripción		

Fig 7. Modelo de HU usado.

En el modelo usado, no se incluyen los puntos de la HU. Ya que, si bien, son útiles para establecer un criterio del esfuerzo que requiere el desarrollo de cada funcionalidad y sirven para estimar el tiempo que se va a utilizar, esta

---

<sup>8</sup> HU: Abreviación para Historia de Usuario.

medida, es muy variante, y depende en gran parte de la experiencia personal y del equipo de trabajo.

El otro artefacto importante en el marco de SCRUM, es la pila del producto (del inglés product backlog), donde se agregan todas las HU ordenadas de acuerdo a su prioridad. Es recomendable que esta pila se encuentre ubicada en un lugar visible para todo el equipo, de forma que todos tengan presente los requisitos pendientes y las tareas que se encuentran llevando a cabo sus compañeros. También se utilizan pilas de producto para cada *Sprint* (en inglés, sprint backlog), esta sigue el mismo concepto que la pila de producto, solo que contiene las HU que se encuentran dentro el sprint al que pertenece la pila.

Una herramienta que resulta de gran utilidad, son los tableros Kanban, estos cuentan con varias columnas que representan el estado en el que se encuentra cada HU. Se van desplazando de izquierda a derecha conforme cambian de estado. Para el desarrollo de la solución, se creó un tablero diferente para cada sprint. Este, cuenta con cuatro columnas:

- La pila del producto.
- Pendientes, donde se ubican todas las HU que se planificaron para un sprint.
- En desarrollo.
- Terminadas.

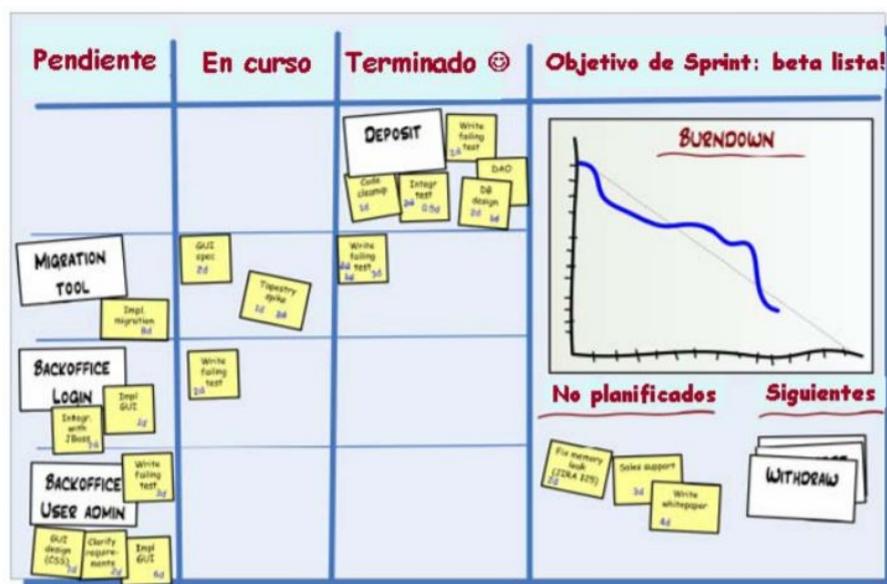


Fig 7. Tablero Kanban usado en un Sprint. (Kniberg H y Skarin M, 2010)

#### IV.1.1. Planificación.

Para llevar a cabo la planificación y gestión del proyecto se utilizó una herramienta que se encuentra en internet, de forma que todos los integrantes puedan acceder a esta con facilidad. Se decidió utilizar Trello, la cual cumple con las expectativas del equipo, permite crear tableros Kanban e historias de usuario. Para cada Sprint, se generó un nuevo tablero y se volcaron en él las HU planificadas.

De acuerdo a la metodología, se definieron los siguientes roles dentro del proyecto:

- Dueño del producto: Ing. Nicolas Garcia Martinez.
- Scrum Master: Ing. Mauro Cambarieri.
- Scrum Team: Lautaro Antonio López.

En conjunto, se realizó un análisis de la problemática y se definieron las siguientes HU:

#### Título: Administración de los usuarios

Número: 1

Prioridad: 80

Modificación de historia N°...

Como administrador del sistema, quiero tener acceso a todos los usuarios del mismo y a la información de cada uno en particular. Con la finalidad de modificar, dar de baja algún usuario que ya no se encuentra activo y agregar nuevos usuarios.

También es importante que pueda restablecer la contraseña de los usuarios que lo soliciten.

### Título: Administración de las estaciones de monitoreo

Número: 2

Prioridad: 70

Modificación de historia N°...

Como administrador del sistema, quiero acceder al listado de las estaciones de monitoreo eléctrico. Para poder crear nuevas estaciones, modificarlas o eliminarlas según corresponda.

Cada estación debe disponer de los siguientes datos:

- El usuario al que pertenece.
- Un nombre para poder identificarla.
- La dirección en donde se encuentra (calle, número, ciudad y provincia).

### Título: Cargar facturas de electricidad al sistema

Número: 3

Prioridad: 50

Modificación de historia N°...

Como usuario de la aplicación, deseo cargar información de mis facturas de electricidad para poder llevar un registro del consumo facturado por la empresa proveedora del servicio de electricidad.

Es importante almacenar el *monto* que se abonó, la *fecha* en que se facturó, el periodo al cual corresponde la factura y la *cantidad de kilowatts por hora* que se utilizaron en ese tiempo.

Cuando se genere una nueva factura, ésta se debe asociar a alguna estación de monitoreo.

### Título: Ver consumo actual de electricidad

Número: 4

Prioridad: 60

Modificación de historia N°...

Como usuario de la aplicación, quiero acceder desde un teléfono inteligente al consumo en tiempo real de cualquiera de las estaciones de monitoreo que poseo. Con el fin de estar al tanto de la electricidad que estoy utilizando.

Además esta información debe poder convertirse de *kilowatts por hora*(kWh) a pesos argentinos(\$) y viceversa.

También es importante mostrar si la estación de monitoreo se encuentra conectada, sufre problemas para conectarse a internet o está desconectada.

## Título: Ver consumo de electricidad mensual

Número: 5

Prioridad: 50

Modificación de historia N°...

Como usuario de la aplicación, deseo ver la electricidad utilizada a lo largo de un mes. Esta información se debe presentar en forma de gráfico. Es importante tener información detallada del último mes transcurrido, el consumo en cada día y los periodos de consumo (mañana, tarde y noche).

Para los meses anteriores, el sistema debe mantener algunos datos, como el promedio de la electricidad utilizada diariamente y un promedio del gasto en los diferentes periodos del día.

No es importante conservar la información diaria. Los gráficos se podrán ver usando las siguientes escalas:

- Consumo anual, donde se podrá discriminar el consumo para cada mes.
- Consumo mensual, donde se visualizará el uso de energía para cada día.
- Consumo diario, en el cual se podrá ver el gasto para cada hora del día.
- Consumo diario, otra alternativa a esta escala es el gasto en las diferentes franjas horarias del día (mañana, tarde y noche).

### Franjas horarias del día:

- Mañana, desde las 7:00 hasta las 12:00.
- Tarde, desde las 12:00 hasta las 20:00.
- Noche, desde las 20:00 hasta las 7:00

## Título: Alertas de consumo excesivo

Número: 6

Prioridad: 60

Modificación de historia N°...

Como usuario, deseo que la aplicación sea capaz de alertarme en mi smartphone cuando el consumo de electricidad de mi hogar sea muy elevado. Con el fin de que pueda apagar algunos electrodomésticos, detectar pérdidas de corriente o modificar algún hábito que impacte en el consumo de electricidad.

### Título: Monitoreo del consumo eléctrico

Número: 7

Prioridad: 90

Modificación de historia N°...

Como usuario, quiero disponer de un dispositivo que pueda instalar de forma sencilla y que sea lo menos invasiva posible para la instalación eléctrica. Para poder controlar cuánta electricidad es utilizada y enviar esa información al servidor correspondiente, la misma debe ser visible desde un teléfono inteligente..

### Título: Consulta de las estaciones de monitoreo de un usuario

Número: 8

Prioridad: 70

Modificación de historia N°...

Como usuario, quiero acceder desde mi teléfono inteligente y poder ver las estaciones de monitoreo que poseo para acceder a cada una y ver en detalle su información y actividad reciente. Junto a cada estación de monitoreo es significativo contar con información sobre el estado de la conexión de cada una. Los estados de conexión van a ser los siguientes: conectado, con problemas de conexión y desconectado.

Partiendo de las HU que se definieron para el proyecto, es posible realizar la pila del producto. Donde las historias de usuario se encuentran ordenadas de acuerdo a su prioridad.

Pila del producto
7 - Monitoreo del consumo eléctrico
1 - Administración de los usuarios
2 - Administración de las estaciones de monitoreo
8 - Consulta de las estaciones de monitoreo de un usuario
4 - Ver consumo actual de electricidad
6 - Alertas de consumo excesivo
5 - Ver consumo de electricidad mensual
3 - Cargar facturas de electricidad al sistema

#### IV.1.1.1. Definición de los “sprints”.

De acuerdo a los tiempos estimados para cada historia de usuario y a las horas que disponía para el desarrollo, se definió que la implementación de la solución (aplicación móvil, web y el prototipo de monitor de electricidad), duraría cuatro meses. Cada iteración fue de un mes. Por lo tanto, las historias de usuario que se generaron junto al dueño de producto fueron asignadas a cada una de las iteraciones.

Sprint 1	Inicio:01/03/18	Fin:31/03/18
1 - Administración de los usuarios		
2 - Administración de las estaciones de monitoreo		

Sprint 2	Inicio:01/04/18	Fin:30/04/18
7 - Monitoreo del consumo eléctrico		
3 - Cargar facturas de electricidad al sistema		

Sprint 3	Inicio:01/05/18	Fin:31/05/18
8 - Consulta de las estaciones de monitoreo de un usuario		
4 - Ver consumo actual de electricidad		

Sprint 4	Inicio:01/06/18	Fin:30/06/18
6 - Alertas de consumo excesivo		
5 - Ver consumo de electricidad mensual		

#### IV.1.2. Gestión del proyecto.

Para poder aplicar la metodología descrita en la sección anterior, fue necesario contar con herramientas que permitan generar la documentación necesaria y además llevar un seguimiento adecuado del proyecto. Estas serán detalladas a lo largo de esta sección (IV.1.2).

##### IV.1.2.1. Herramienta de gestión de requerimientos.

Existen una amplia variedad de soluciones que permiten llevar a cabo la gestión de un proyecto de software. Gran parte de estas se encuentran disponibles en internet y nos presentan un entorno de trabajo con todos los artefactos usados en las metodologías ágiles.

Algunas de estas soluciones son gratuitas y en otras es necesario registrarse y abonar un monto de dinero para poder utilizarlas. También existen algunas que prestan un conjunto de funcionalidades gratuitas, además ofrecen otras, donde es necesario adherirse a alguno de sus planes para poder utilizarlas. Algunas de las herramientas conocidas por los integrantes del presente trabajo son Trello, Kanbanize, Jira, Bitbucket y Gitlab.

La herramienta seleccionada fue Gitlab, que además de proveer artefactos para llevar a cabo la gestión del proyecto de software, también permite administrar repositorios de código Git. Respecto a la gestión, permite cargar las historias de usuario, crear un tablero Kanban, definir iteraciones y llevar un seguimiento detallado de cada HU.

La gestión de las historias de usuario fue realizada mediante *issues*, que son uno de los artefactos que provee la plataforma. Estos cuentan con un título y una descripción a la que se le pueden aplicar diferentes formatos de texto (negrita, subrayado, lista numerada, lista de pendientes, etc.). Además, brinda la posibilidad de asignarle una etiqueta, un hito (*milestone*), una fecha de fin y una/s persona/s responsable.

## 2 - Administración de las estaciones de monitoreo



Prioridad: 70

Como administrador del sistema, quiero acceder un listado de las estaciones de monitoreo eléctrico que están dentro del sistema. Para poder crear nuevas estaciones, modificarlas o eliminarlas según corresponda. Cada estación debe disponer de los siguientes datos:

- El usuario al que pertenece.
- Un nombre para poder identificarla.
- La dirección donde se encuentra (calle, número, ciudad y provincia).



Fig 8. Historia de usuario cargada en Gitlab.

Para el proyecto, se generaron las siguientes etiquetas (*labels*) que hacen referencia a los estados de cada historia de usuario, TODO (pendiente de desarrollo), DOING (en desarrollo) y DONE (hecho).

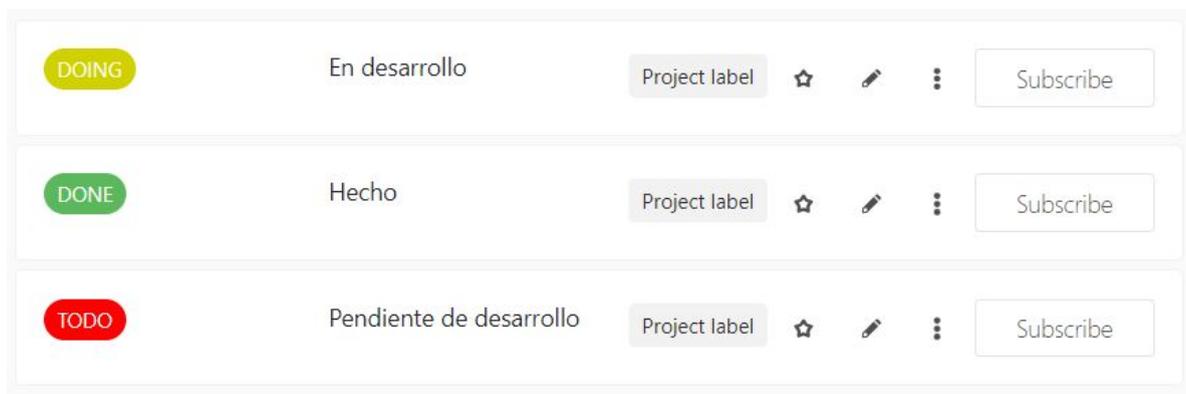


Fig 9. Etiquetas creadas para gestión del proyecto en Gitlab.

Gitlab, además, permite crear un tablero basado en las etiquetas creadas para el proyecto, de esta forma se puede visualizar de forma sencilla el estado en que se encuentran las historias de usuarios de una iteración. Además de las columnas creadas en base a las etiquetas que definimos, se incluyen dos columnas que son propias del estado de cada *issue* en los repositorios de código Git. Una tiene el nombre de *open*, haciendo referencia a los *issues* que se encuentran abiertos. Para nosotros, esta columna representa nuestra pila del producto. Y la otra columna, es *closed*, que es donde nuestras historias de usuario van a llegar una vez que pasaron por el estado DONE y fueron aceptadas por el dueño del producto.

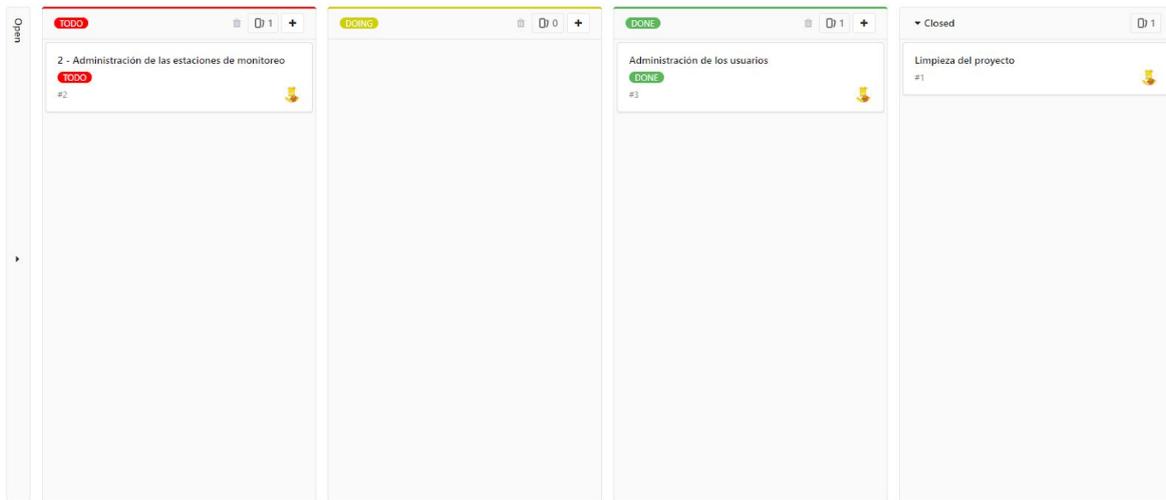


Fig 10. Tablero kanban definido en Gitlab.

En cuanto a la definición de las iteraciones, para esto se utilizaron los *milestones* (del inglés, hitos). Cada uno posee un nombre, una breve descripción y las fechas de inicio y cierre. Estos permiten agrupar los issues, ya que es posible asignar el hito al que pertenecen.

Esto permite tener un resumen del estado del proyecto, dado que el listado de hitos (que para nuestro caso son las iteraciones) muestra en qué estado se encuentra cada uno junto con un porcentaje de completitud.

#### IV.1.3. Entornos de desarrollo del software.

Los diferentes softwares desarrollados en el presente trabajo se ejecutan en distintas plataformas. Por esta razón, fue necesario usar varios entornos de desarrollo integrados (más conocidos como IDE, del inglés Integrated Development Environment). Un IDE, básicamente, es un software que tiene la finalidad de brindar servicios y utilidades al programador, de forma que su tarea sea más sencilla y se enfoque en generar código.

En líneas generales, estos proveen servicios de autocompletado del código, poseen integrados compiladores de diferentes lenguajes (Java, C, Android, PHP, etc.) y servicios de versionado de código. En la actualidad existen algunos que se

pueden modificar y agregar diferentes *plugins* que ofrecen nuevas funcionalidades para el IDE.

Los entornos usados para el desarrollo de la solución del presente trabajo fueron:

- IntelliJ IDEA, el mismo fue desarrollado por JetBrains y se encuentra en la versión 2018.3.5. En este entorno fue usado para desarrollar en JAVA y TypeScript.
- Para Android, se usó Android Studio en su versión 3.3.2. Este IDE fue desarrollado por Google, pero es una adaptación de IntelliJ IDEA, que incorpora varias utilidades para el desarrollo de software para teléfonos Android.
- Para software usado en el monitor de electricidad, se usó el entorno propio de Arduino. Este permite generar código en C, subirlo al Arduino y monitorear sus puertos de serie. Fue utilizada la versión 1.8 del IDE. En comparación a los nombrados antes, este no posee servicios de auto completado, depuración del código ni versionado.

#### IV.1.4. Sistema de versionado del código.

Mantener el código versionado es una práctica de mucha importancia en el desarrollo de software. Nos da la posibilidad de revertir cambios y trabajar en equipos de varios integrantes y que todos tengan acceso al software actualizado. Además, permite llevar un control de lo que cada programador está haciendo, desde la cantidad de archivos que modificó hasta llevar a cabo una revisión del código en profundidad.

Algunas metodologías de trabajo optan por llevar a cabo revisiones de código cruzadas, donde un desarrollador tiene la responsabilidad de controlar el software que está desarrollando alguno de sus compañeros de equipo con el objetivo de mitigar errores. Esto es posible hacerlo de forma sencilla, en gran parte debido a los repositorios de código compartido.

Existen una gran cantidad de soluciones a la hora de seleccionar un sistema de versionado de código, entre ella encontramos SVN, BitBucket,

GitKraken, Apache Allura, Cloud Source Repositories de Google, Gitlab, SourceForge, Github, etc. Uno de los más populares, es Github, millones de usuarios alojan código en ese repositorio. Cuenta con la particularidad de que su licencia gratuita obligaba a los desarrolladores a que sus repositorios sean públicos. Esto generó una sinergia entre programadores que contribuyen publicando sus desarrollos y usando lo que aportan otros.

Se decidió utilizar como repositorio de código Gitlab, esto debido a la experiencia en desarrollos de software previos usando esta plataforma para versionar el código.

El sistema de versionado usado por Gitlab, es Git. Este fue desarrollado por Linus Torvalds, que también fue el desarrollador del kernel de Linux. El repositorio mencionado, brinda la posibilidad de dividir nuestro proyecto en diferentes ramas (en inglés *branches*), lo cual resulta de gran utilidad a la hora de preservar la versión del proyecto que se encuentra en un entorno de producción en paralelo al código que se está desarrollando. Por defecto, el repositorio se genera con una rama única, que se denomina *master*. A partir de esa, se pueden generar infinita cantidad de ramas.

Para el presente trabajo se optó por desarrollar manteniendo en la rama *master*, una versión estable del software y se creó una nueva rama llamada *develop*, donde las nuevas funcionalidades que todavía se encuentran en proceso de desarrollo y pueden experimentar fallas.

Una vez que la versión se consolidaba mediante las pruebas necesarias y se lograba una versión estable, se procede a unir el contenido a la rama *master*, este proceso se conoce como *merge*. Cuando se llevaba a cabo esta acción, primero era necesario realizar un pedido, que se denomina *merge request*. Este se le asigna a otro miembro del equipo que tiene la responsabilidad de revisar el código, antes de unirlo a la rama *master*.

## IV.2. Arquitectura de la solución.

Este proyecto, se encuentra apoyado sobre una arquitectura que tiene el objetivo de que el software sea escalable, mantenga un nivel de mantenibilidad aceptable y un desempeño óptimo. De esta forma, garantizar al usuario un nivel de respuesta rápido y una experiencia atractiva y fluida.

La seguridad es un aspecto de importante para la arquitectura, ya que es primordial brindar protección sobre la información sensible, evitando el acceso de terceros a esta. Para esto se implementó un mecanismo de autenticación basado en tokens (JSON Web Token). Este consiste en una cadena de caracteres que es generado por el sistema para cada usuario y luego es encriptado con una llave pública y otra privada. Aloja información del usuario, la fecha de creación del token y el tiempo de vida que posee. Esta cadena viaja en cada solicitud al servidor para que este pueda verificar que sean de un origen confiable.

Uno de los puntos críticos de esta solución se encuentra en la comunicación entre las diferentes partes. Es muy importante garantizar que esta sea estable para un funcionamiento correcto.

A continuación, explicaremos las diferentes partes que intervienen en esta solución y las tecnologías involucradas en cada una de ellas.



Fig 11. Esquema de la arquitectura

El diseño de esta arquitectura consta de *cuatro* partes, que se comunican de forma casi constante entre sí. Se las identifica de la siguiente forma: servidor de datos, monitor de electricidad, aplicación móvil y aplicación web.

Monitor de electricidad: fue desarrollado usando un Arduino Uno R3, que consta de un microcontrolador re-programable sobre una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre. Este dispositivo cuenta con el hardware necesario para ejecutar el algoritmo responsable de censar los datos de la red eléctrica y aplicarles las operaciones necesarias para obtener un dato con el mayor grado de precisión posible.

Para poder obtener los datos de la red eléctrica utilizamos un sensor de corriente con un rango máximo de 100 amperes no invasivo, es decir, no hace falta modificar la instalación ni cortar cables para usarlo. El motivo clave de elección de este tipo de sensor fue que el proceso de instalación es muy sencillo. De forma que las pruebas de campo se pudieron llevar a cabo en diferentes instalaciones. Cabe mencionar que para un hogar promedio se estima que un sensor de 30 amperes funcionaria de forma correcta.

Para la comunicación con el servidor de datos se integró un módulo que provee conectividad inalámbrica entre el microcontrolador y el punto de acceso a internet. Se utilizó HTTP como protocolo de comunicaciones para el envío de información al servidor.

Servidor de datos: aquí es donde se aloja toda la información recolectada por los monitores de electricidad, es responsable de mantenerla íntegra y disponible. También contiene la lógica de negocio necesaria para los distintos servicios que ofrece la aplicación a los usuarios.

El servidor está desarrollado en JAVA en su versión 8 siguiendo los lineamientos del patrón MVC<sup>9</sup>, se utilizó como framework Spring Boot en su versión 1.5, para la capa de persistencia utilizamos Spring Data y JPA; y como base de datos MariaDB 10.1.

---

<sup>9</sup> MVC: Patrón de diseño Modelo - Vista - Control

El mismo interactúa con las otras partes mediante servicios de acuerdo a los lineamientos planteados para un API Rest<sup>10</sup>.

Aplicación móvil: está destinada a los usuarios finales, es el punto desde donde se puede acceder a la información suministrada por las estaciones de medición. Posee las siguientes funcionalidades:

Un formulario de ingreso, ya que a esta aplicación solo pueden acceder los usuarios que fueron agregados al sistema por un administrador. Luego de ingresar, los usuarios acceden a una interfaz que muestra los accesos a las diferentes funcionalidades.

Cuenta con un listado de las estaciones que posee el usuario, con información detallada de cada una, junto al estado de conexión. El usuario puede acceder al detalle de una estación en particular, y conocer el consumo de la misma en tiempo real y a lo largo del tiempo (diario - mensual - anual). Esta información también se puede ver plasmada en gráficos de barra.

Desde la pantalla principal se puede acceder a la administración de facturas de un usuario, donde puede agregar nuevas facturas, consultar las que posee cargadas y además visualizar gráficos informativos del consumo de estas.

Aplicación web: su finalidad es brindar una interfaz para que los usuarios que tengan que administrar el sistema. Mediante esta, pueden gestionar la información que permite configurar aspectos funcionales de la solución. Además permite incorporar nuevos usuarios a la aplicación, crear monitores de electricidad y vincularlo con su propietario.

Este software, se desarrolló utilizando Angular, un framework usado para el desarrollo de aplicaciones web interactivas. El mismo tiene la particularidad de ser ejecutado en el dispositivo del cliente, a diferencia de otras aplicaciones que son construidas en el servidor y enviadas al cliente para que las pueda visualizar. Esto representa una mejora importante en la usabilidad dado que se suprimen los intervalos donde el navegador queda a la espera de la respuesta del servidor, generalmente mostrando una pantalla blanca al usuario.

---

<sup>10</sup> API Rest: API, es el acrónimo de Interfaz Programable de Aplicaciones. En cuanto a Rest, es un tipo de arquitectura de desarrollo web que se respalda en el estándar HTTP.

Se utilizó PrimeFaces NG que es una colección de componentes de interfaz de usuario que tienen la ventaja de acelerar los tiempos de desarrollo. Junto a esto se incorporó una plantilla desarrollada por PrimeFaces, su denominación es Última. Para la gestión de librerías se usó NPM (Node Package Manager) que es el gestor de paquetes que por defecto es utilizado por NodeJs.

#### IV.2.1. Monitor de electricidad, desarrollo del prototipo.

Para la puesta en marcha de la solución propuesta en el presente trabajo, fue necesario desarrollar un prototipo de un dispositivo IoT. El objetivo de este es censar la corriente eficaz que circula en la red eléctrica de un hogar mediante un sensor de corriente no invasivo, acondicionar la señal eléctrica para poder digitalizarla utilizando el microcontrolador Arduino, procesar el valor obtenido realizando las transformaciones y ajustes necesarios; y por último enviarlo al servidor de datos de la aplicación mediante una conexión inalámbrica.

El prototipo fue desarrollado usando un microcontrolador Arduino Uno R3, que cuenta con las siguientes características:

- Microcontrolador ATmega328P.
- Memoria flash: 32 kb<sup>11</sup>.
- SRAM<sup>12</sup>: 2 kb.
- EEPROM<sup>13</sup>: 1 kb.
- Longitud: 68.6 mm.
- Ancho: 53.4 mm.
- Peso: 25 g.

Se seleccionó dicha plataforma teniendo en cuenta lo siguiente: En principio, que la funcionalidad a implementar no requiere utilizar grandes recursos de hardware, los que posee el Arduino son suficientes para llevar a cabo las tareas de censado. Otro factor fue el valor del mismo que es relativamente bajo, el costo de todos los componentes necesarios para el monitor fue de \$900 (la compra fue

---

<sup>11</sup> kb: es el equivalente a kilobyte.

<sup>12</sup> SRAM: memoria estática de acceso aleatorio, similar a la memoria RAM.

<sup>13</sup> EEPROM: memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente. Es una memoria no volátil.

realizada en noviembre del 2017). Por último, pero no menos importante, este hardware ejecuta código desarrollado en el lenguaje C, siendo un lenguaje ampliamente conocido y estudiado.



Fig 12. Arduino Uno R3.

Para que el monitor cuente con una conexión a internet, se le agregó un módulo de conectividad WiFi. El modelo que se usó fue el ESP8266, el mismo cuenta con la ventaja de tener un costo muy bajo en relación a la calidad del servicio que provee. Una vez que se conectó al Arduino, solo fue necesario especificar a qué red inalámbrica se va a conectar el módulo. Con esto el prototipo es capaz de enviar información al servidor que se encuentra en la nube.

Este módulo de conectividad, requiere de una fuente de alimentación externa de 6 volts para que funcione correctamente.

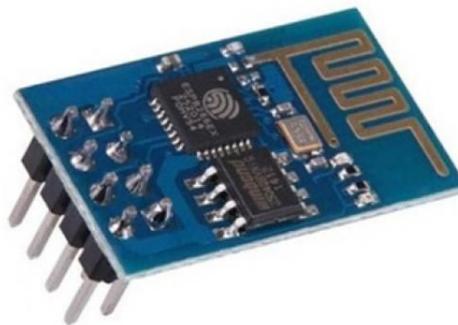


Fig 13. Módulo WiFi ESP8266

El prototipo fue almacenado dentro de un recipiente de plástico, del mismo tamaño de la plaqueta, al que se le realizaron los orificios correspondientes a las diferentes entradas del Arduino. Se incorporó una protoboard de 170 puntos de conexión para realizar las conexiones con más prolijidad y no sobrecargar los conectores del arduino. Además, se agregó un circuito electrónico simple que consta de resistencias y un capacitor, necesario para acondicionar la señal eléctrica obtenida del sensor.

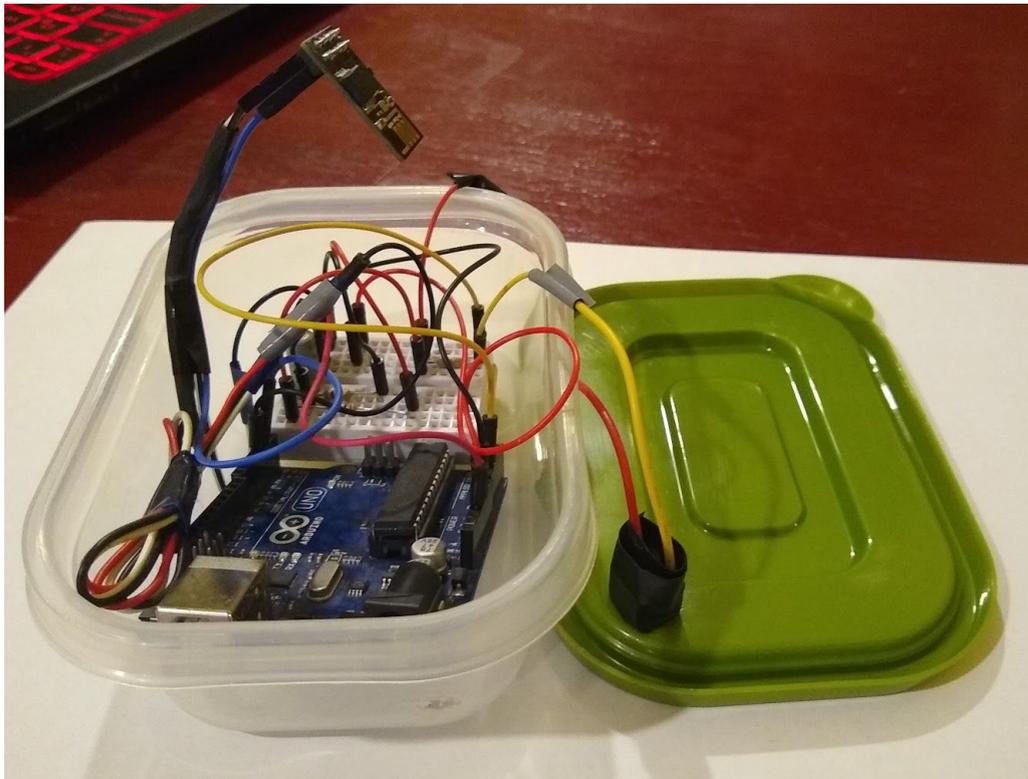


Fig 14. Prototipo de monitor de electricidad.

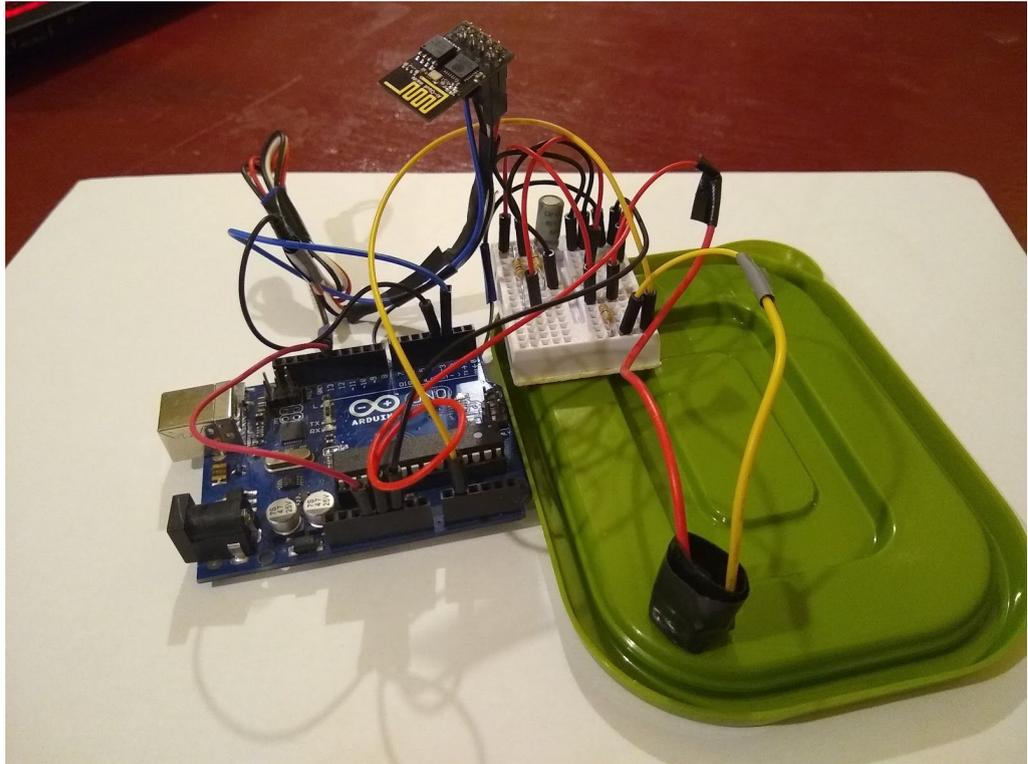


Fig 15. Prototipo de monitor de electricidad, sin la carcasa.

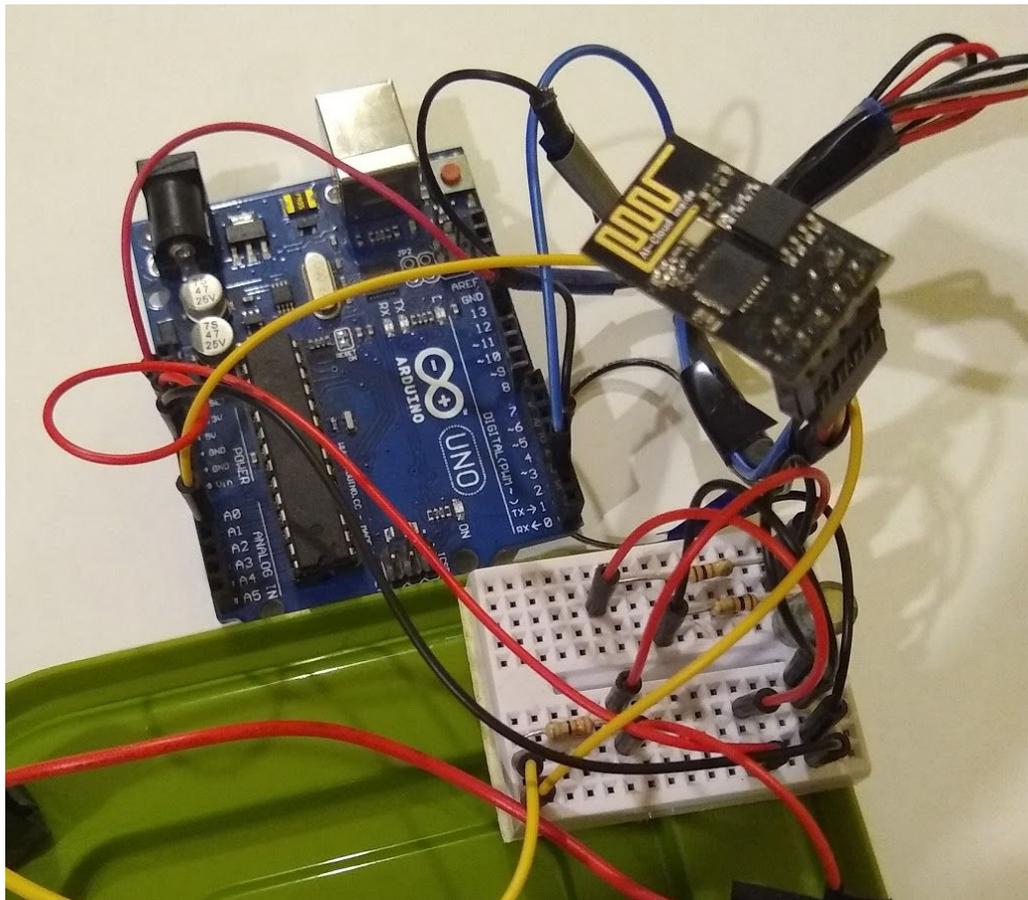


Fig 16. Prototipo de monitor de electricidad, placa arduino, protoboard y módulo WIFI.



Fig 17. Sensor de electricidad SCT 013 no invasivo, ya instalado en una red eléctrica doméstica.



Fig 18. Prototipo instalado y funcionando, luego de la modificación en la carcasa.



Fig 19. Prototipo instalado y funcionando.

#### IV.2.1.1. Proceso de medición de la electricidad.

Para tomar las muestras desde la red eléctrica se utilizó un sensor de corriente no invasivo, es decir que no hizo falta alterar las instalaciones para poder acoplarlo. El sensor tiene la siguiente denominación *SCT 013 100a*, el mismo soporta un valor máximo de 100 amperes. En un hogar estándar se instalan interruptores termomagnéticos de 32A, por lo que el sensor usado no tendrá inconvenientes frente a picos de consumo.

La señal que se obtiene mediante el sensor, debió ser acondicionada a través un circuito electrónico y digitalizada mediante el microcontrolador, esto permitió la obtención de valores digitales que van desde 0 a 1023 (convertor AD de 10 bits). donde el valor 1023, representa una corriente eléctrica eficaz de 100 amperes.



Fig 20. Sensor SCT 013 100A.

En Argentina, la energía eléctrica se distribuye a través de una tensión eléctrica alterna, teniendo una forma de onda sinusoidal como se observa en la Fig 21. La corriente alterna que se desea medir, también tiene la forma graficada.

Es necesario medir la amplitud máxima de cada oscilación para poder determinar el consumo de la red en un instante de tiempo. Una de las características de la tensión es que posee ciclos con valores negativos. Este tipo de valores generan inconvenientes para ser procesados en el Arduino.

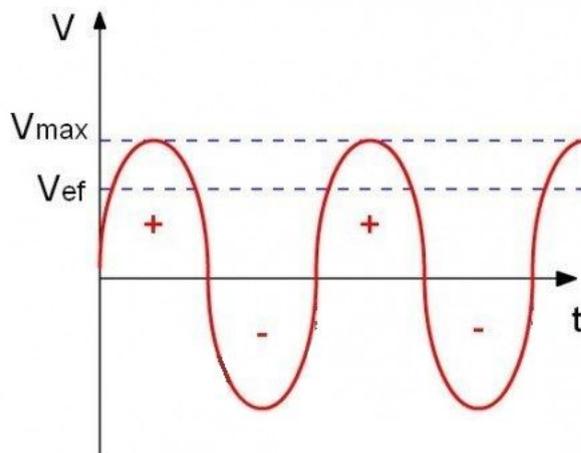


Fig 21. Tensión alterna

En la figura anterior, se puede observar la oscilación de la tensión alterna, esta se da sobre el eje  $t$ , que es el tiempo. La amplitud de cada onda se desplaza sobre el eje  $V$  (voltaje), también se observan  $V_{max}$  (voltaje máximo) que equivale

al pico máximo de cada ciclo. La frecuencia de oscilación es de 50 Hz que equivale a 50 ciclos por segundo. El dato más importante de esta curva es **V<sub>ef</sub>** (voltaje eficaz), que es el valor que se utiliza para el cálculo de la potencia real consumida en un instante dado, según la siguiente ecuación:

$$P_{ef} = v_{ef} \cdot i_{ef}$$

Es importante aclarar que el valor del voltaje eficaz ( $v_{ef}$ ), proviene de la tensión que provee la empresa responsable del suministro eléctrico en la región. Esta puede variar de la tensión real de la línea, pero en el trabajo se tomó la decisión de usar un valor constante. En argentina el voltaje eficaz es de 220v.

El microcontrolador Arduino no soporta la conversión analógica de valores negativos. Por lo tanto, fue necesario desarrollar un circuito compuesto por resistencias y un capacitor, que es el responsable de elevar la señal sobre cero y de esta forma eliminar los valores negativos en las lecturas.

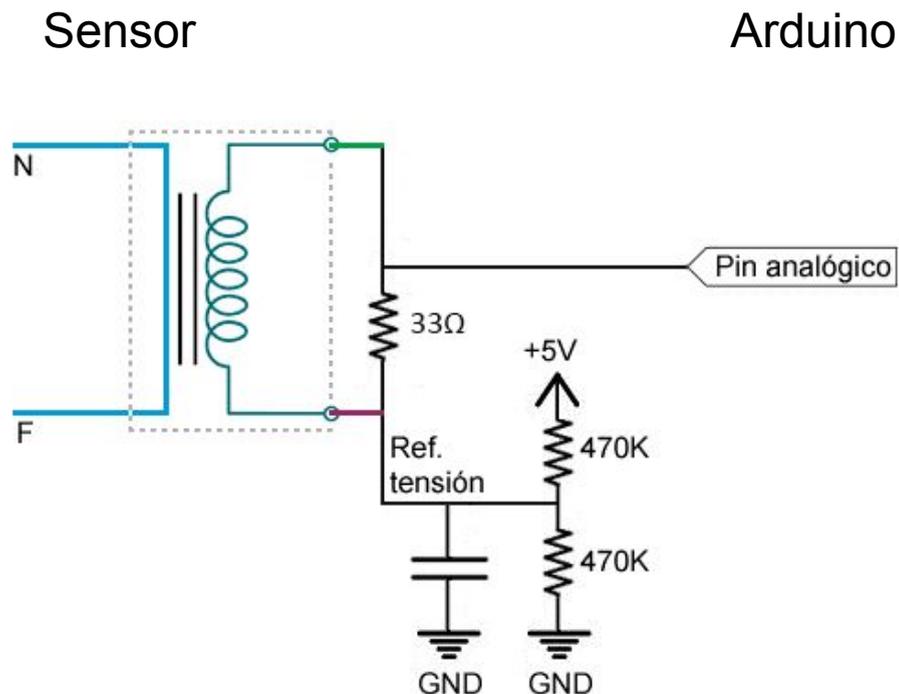


Fig 22. Circuito electrónico desarrollado para acondicionar la señal del sensor.

Luego de aplicar el circuito graficado en la Fig 22, en el punto “Pin analógico” obtenemos una tensión alterna de la siguiente forma.

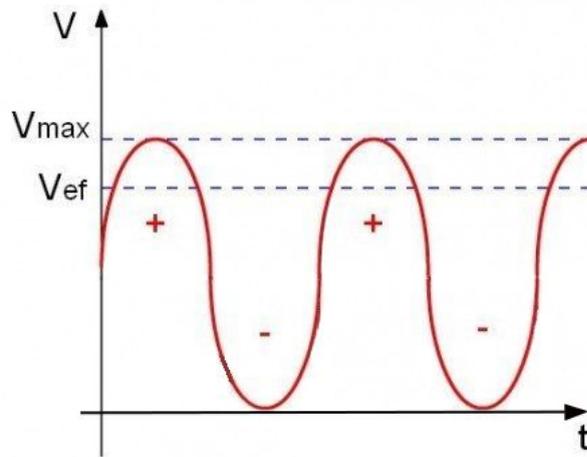


Fig 23. Corriente alterna rectificada.

Donde la oscilación senoidal fue acondicionada, de forma que todos los valores leídos por el Arduino serán positivos. La resolución matemática del circuito anterior (Fig 22) es la siguiente:

Aplicando la ley de OHM (electrónica básica)

$$v_{ef} = i_{ef} \cdot R \quad R = 33 \text{ OHM}$$

Para una onda sinusoidal, tenemos que realizar el siguiente cálculo:

$$v_{max} = \sqrt{2} \cdot v_{ef}$$

Y en nuestro caso,  $V_{max}$  se duplicó, debido a la red RC (Resistencia-Capacitor) que proporciona una tensión de referencia según el circuito graficado. Por lo tanto, la tensión máxima en el pin analógico del Arduino será la siguiente:

$$v_{max} (\text{pin arduino}) = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot i_{ef} \cdot R$$

Según el fabricante del sensor SCT 013 100a, en su hoja de datos, el valor máximo que soporta el sensor es de 100 A, que luego de la transformación equivale a 50 mA (corriente eficaz máxima que me “entrega” el sensor). La resistencia elegida es de 33 OHM. Reemplazando los valores, obtengo:

$$v_{max} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 50mA \cdot 33 \text{ OHM} = 4.67 \text{ volt}$$

El valor máximo que soporta el microcontrolador Arduino en sus pines analógicos es de 5 volt, teniendo en cuenta del cálculo anterior, estamos dentro del rango de utilización debido a que el resultado es menor al valor máximo tolerado.

#### IV.2.1.2. Medición del voltaje máximo.

El valor analógico de tensión eléctrica aplicado al microcontrolador es convertido a un dato digital de 10 bits con un rango de 0 a 1023. Por lo tanto, tenemos un dato digital que es proporcional al valor de tensión a medir. Esta tensión eléctrica no es el valor de V máximo buscado, sino que es el valor de tensión en un instante cualquier de tiempo. Debemos procesar este dato mediante un algoritmo para poder obtener el valor máximo buscado.

Antes de procesar la señal eléctrica, es necesario tener en cuenta que fue desplazada en su magnitud a un valor igual a la mitad de la escala (según el análisis del circuito propuesto). La mitad de la escala en su valor digital equivale a 512. Además, aplicamos un factor de ajuste C constante que transforma el dato digital en el valor de tensión medido.

$$v_{medido} = (n - 512) C$$

Donde  $v_{medido}$  es la tensión medida en un instante de tiempo aplicada en el pin analógico del microcontrolador.

N es el valor digitalizado que obtenemos desde el sensor.

El valor 512 es la constante usada para ajustar la medida en base a la señal acondicionada.

Por último, C representa el ajuste proporcional debido a la lectura de bytes y conversión analógica-digital.

Para obtener el valor de voltaje máximo buscado, aprovechamos las capacidades del microcontrolador de conversión analógica de alta velocidad. El Arduino puede tomar muestras del voltaje aplicado en el pin analógico a una

velocidad de 2400 muestras por segundo. El ciclo de trabajo de la tensión alterna es de 0,02 segundos (50 Hz). Por lo tanto, en un ciclo de trabajo podemos tomar 48 muestras. Es decir, 48 muestras en un periodo de tiempo de 0.02 segundos.

Se implementó el siguiente algoritmo para poder obtener el voltaje máximo. El mismo se encuentra desarrollado en el lenguaje de programación C, pero a fines de que sea más comprensible fue traducido usando pseudocódigo.

```
vMax = 0 // Voltaje Máximo

Durante ( 30 segundos ) hacer
  corriente = leer del sensor
  sí ( tensión > vMax)
    vMax= tensión
  finSi
finDurante
```

Fig 24. Primer fragmento del algoritmo de censado.

En la Fig 24, se muestra uno de los fragmentos del algoritmo de censado. Lo que hace es lo siguiente: durante un periodo de 30 segundos, se toman muestras del sensor. De este conjunto de muestras sólo se almacena el máximo obtenido, este valor será equivalente a la tensión máxima.

```
vMax = vMax - 512
VMax = vMax * C
```

Fig 25. Segundo fragmento del algoritmo de censado.

En la Fig 25, se muestran las correcciones que se aplican sobre el valor obtenido luego de los treinta segundos de muestreo. Estas fueron explicadas anteriormente.

El factor de corrección se obtuvo luego del proceso de calibración del sensor. En él cual, también se corrigieron errores de construcción debido a que los componentes electrónicos usados en el circuito son componentes que tienen tolerancias o defectos de fabricación

Con el valor  $v_{max}$ , podemos obtener el valor de *potencia eficaz* ( $p_{ef}$ ) aplicando la ecuación correspondiente.

$$v_{ef\ medido} = v_{max} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$i_{ef\ real} = v_{ef\ medido} \cdot K$$

$$p_{ef} = v_{ef\ línea} \cdot i_{ef\ real} = 220v \cdot i_{ef\ real}$$

Por lo tanto:

$$p_{ef} = 220v \cdot v_{max} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot K$$

A continuación, se muestra el algoritmo de censado completo donde se incorpora una última operación para convertir la tensión máxima en potencia eficaz.

```

vMax = 0 // Voltaje Máximo

Durante ( 30 segundos ) hacer
  corriente = leer del sensor
  sí ( tensión > vMax)
    vMax= tensión
  finSi
finDurante

vMax = vMax - 512
VMax = vMax * C
pEficaz = 220 * vMax * 0.707 * factorCorreccionK

```

Fig 26. Algoritmo de censado completo.

El valor 0.707 que se puede observar en la última instrucción del algoritmo (Fig 26) proviene de la resolución de  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ .

Siendo  $p_{ef}$  la potencia eficaz máxima consumida en ese periodo de tiempo (treinta segundos). Corresponde con el valor útil buscado para la medición de consumo eléctrico o energía.

El valor que se obtiene del algoritmo, es la potencia eficaz en watts. Este es el dato que se envía al servidor. Allí es donde se realizan los cálculos correspondientes para obtener la *energía* (E) consumida durante un periodo de tiempo, mediante una ecuación relativamente simple:

$$E = p_{ef} \cdot t$$

Donde  $t$  es el periodo de tiempo durante el cual se ejecutó el proceso de muestreo. En este caso, es treinta segundos, por lo que el cálculo se puede reemplazar de la siguiente forma:

$$E = p_{ef} \cdot 30s = E [Ws] \quad (\text{Watt por segundo})$$

En la solución desarrollada es importante exponer los valores en la misma magnitud que utilizan las empresas proveedoras el suministro de electricidad, que es kilowatt hora (kWh). Por lo que es necesario reajustar las unidades.

$$E[Ws] = E \cdot \frac{1}{3600} = E [Wh]$$

$$E[Wh] = E \cdot \frac{1}{1000} = E [kWh]$$

Que se puede simplificar de la siguiente forma:

$$E[kWh] = \frac{E [Ws]}{3600 \cdot 1000}$$

#### IV.2.1.3. Calibración del sensor.

Para que los datos generados por el prototipo tengan el mínimo error, se realizó una calibración. Se debe tener en cuenta que la mayoría de los instrumentos requieren de un ajuste previo para garantizar la exactitud en su funcionamiento.

El prototipo realizado no es la excepción, por lo que fue sometido a un proceso donde se compararon los valores obtenidos por este, con los de otro instrumento que cumple con las certificaciones de calibración del fabricante. Este proceso contó con diferentes etapas y pruebas que permitieron evaluar el desempeño, tanto del algoritmo desarrollado, como de las piezas de hardware usadas en el monitor.

Existen diferentes factores que afectan el funcionamiento y precisión del prototipo, estos son: tolerancias en la fabricación de los capacitores y resistencias usadas, defectos en las conexiones de las diferentes partes que lo integran y factores externos como pueden ser la humedad y el viento.

Se sabe que los sensores no invasivos de la serie SCT, están sujetos a un error del 8% en sus lecturas debido a corrientes de aire entre el cable y la pinza. Por esto, se tomaron precauciones aislando la conexión para mitigar este problema. En cuanto a los defectos propios de los componentes, se estableció una constante de ajuste para que los valores tengan el menor error posible.

Las etapas que se definieron para calibrar el sensor fueron las siguientes:

- Pruebas unitarias del prototipo: Tuvieron el fin de verificar y validar que el comportamiento del mismo sea correcto. Para esto se realizaron diversos ajustes sobre el código fuente del Arduino, enfocados en optimizar el algoritmo de censado y en corregir algunos errores detectados.

Estas permitieron corroborar que las conexiones del sensor SCT con el Arduino y el código fuente desarrollado funcionaban de forma correcta.

Para realizar las pruebas del prototipo no se utilizó la interfaz de conectividad wifi, es decir que los datos no se enviaron al servidor. Se utilizó una notebook conectada al puerto de serie del Arduino, que permitió revisar los valores emitidos por el sensor.

Al concluir esta etapa, se obtuvo un prototipo consolidado, capaz de medir la potencia a través de un sensor de corriente eléctrica.

- Obtención del factor de ajuste: para esta etapa se tomaron todos los recaudos para evitar errores debido a factores externos, como los mencionados en el inicio de esta sección (IV.2.1.3).

Para este tipo de pruebas se incluyó la conexión a internet mediante el módulo WIFI, de esta forma los valores obtenidos se podían visualizar en el servidor o en la aplicación móvil.

El entorno donde se instaló el monitor fue en los tableros de electricidad del campus de la Universidad Nacional de Río Negro. donde la corriente eléctrica alcanza los 50 A.

Para obtener el factor de corrección, se realizaron mediciones durante un periodo de tres horas y mediante una pinza amperometrica de uso profesional se verificó el valor medido por el sensor contra el real. De esta forma se ajustaba el valor y se modifica el factor de corrección en el algoritmo.

Al finalizar esta etapa, se obtuvo la constante usada para ajustar las mediciones obtenidas del sensor.

Luego de la calibración, el monitor quedo funcionando con una exactitud del 90%, el margen de error no se debe al software desarrollado ni a la implementación de los circuitos, sino que está relacionado con la capacidad del sensor usado y a la tensión de la red.

La pinza amperometrica de medición que se integró en el monitor tiene una capacidad máxima de 100 A, para poder realizar una calibración exacta se requiere de un consumo que permita tomar medidas al tope en la escala de medición, teniendo en cuenta que este es 100 A, encontrar una instalación con esa potencia resulta complicado ya que esos valores se suelen ver en instalaciones industriales. Esto genera cierto desvío en el objetivo del trabajo, ya que el medidor que se planteó está diseñado para el sector doméstico. Por dichas razones, se asume que las medidas contemplan un error de 10%, el error es relativamente bajo y, debido al carácter experimental del trabajo, consideramos dicho porcentaje como un error aceptable para la solución.

A pesar de que el proceso de ajuste se llevó a cabo en instalaciones con un consumo elevado, no llegaba a ser el necesario para una calibración 100% exacta.

En cuanto a la tensión de la red, se estableció como un valor fijo en el algoritmo. En Argentina es de 220v, pero puede variar de acuerdo a la demanda de electricidad. Para poder eliminar este error, que puede ser de un 6% en la medición, se debería agregar otra pinza más, que sería la encargada de medir la tensión de la línea.

#### IV.2.2. Aplicación Android.

Dentro de la arquitectura propuesta, se encuentra una aplicación para smartphones con sistema operativo Android. Esta tiene la finalidad de interactuar directamente con los usuarios que posean un monitor de electricidad. Desde el teléfono móvil pueden estar informados del consumo eléctrico de su hogar en cualquier momento, además de un conjunto de funcionalidades que permiten a las personas acceder a más información relevante.

El desarrollo de este software siguió los lineamientos del patrón MVC (modelo - vista - controlador), el mismo plantea una división en capas de la arquitectura, de esta forma se logra encapsular la lógica de negocio y abstraerse de las capas restantes.

El modelo, representa las entidades que forman parte del dominio. Las mismas deben tener un comportamiento que sea propio del objeto que representan. De esta forma, se asume que cada entidad es responsable de realizar las acciones que solo le corresponden a esta y no involucra a otras.

La vista, es la capa de presentación. Está formada por los componentes gráficos que en conjunto definen la interfaz del usuario. Estos a pesar de que no contengan lógica de negocio, son de gran importancia, debido a que el usuario interactúa con ellos de forma directa. Por esto, es importante que cuentan con un buen nivel de usabilidad, además de una estética adecuada y atractiva. En esta capa, solo debe existir lógica ligada a las acciones realizadas por los componentes visuales, como por ejemplo validación de datos ingresados por el usuario.

El controlador, se define como el responsable de albergar los procesos ligados a la lógica del negocio. Es el responsable de la interacción de la vista y el

modelo, para que el flujo de información pueda atravesar las diferentes capas hasta llegar a la interfaz del sistema. La capa del controlador alberga los procesos más importante de la aplicación, que generalmente son definidos por el cliente y se encuentran muy ligados al dominio de la problemática que intenta resolver mediante un software.

En los párrafos posteriores se profundizará sobre las diferentes funcionalidades que posee la aplicación. Con motivo de generarle una identidad se diseñó un icono que la representa y se la nombró como: “Monitor de electricidad”.

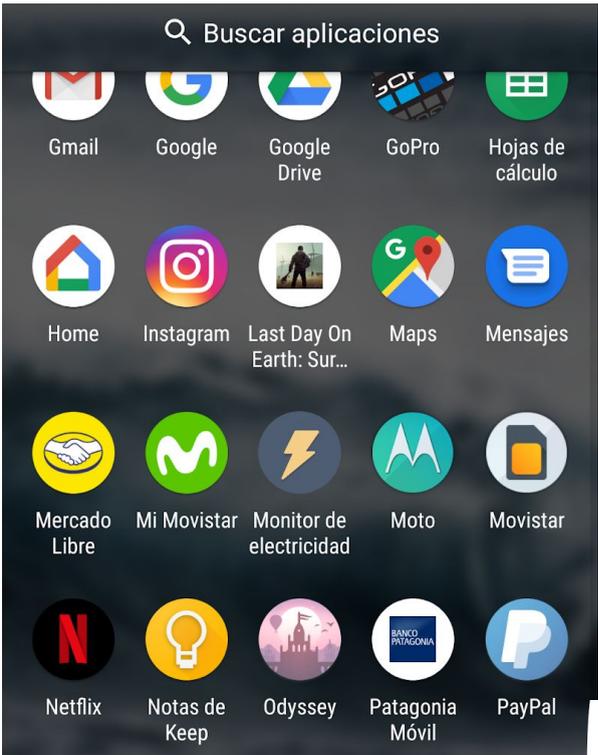


Fig 27. Icono de la aplicación.

#### IV.2.2.1. Ingreso de usuarios.

The image shows a login form interface. At the top center is a circular logo with a yellow lightning bolt on a dark blue background. Below the logo, the text 'Correo electronico' is displayed in a small, reddish font. Underneath is a horizontal input field with a thin orange underline. Below that, the text 'Contraseña' is displayed in a small, grey font, followed by another horizontal input field with a thin grey underline. At the bottom of the form is a prominent orange rectangular button with the word 'INGRESAR' written in white capital letters. The entire form is contained within a white rounded rectangle, which is itself set against a dark blue background.

Fig 28. Formulario de ingreso al sistema

Esta es la interfaz que va a encontrar un usuario al ingresar a la aplicación, consiste en un formulario donde se debe ingresar el correo electrónico y la contraseña. Cada campo cuenta con validaciones para evitar que se envíen datos inválidos.

El campo de correo electrónico, verifica que no se encuentre vacío y que el correo ingresado tenga un formato válido, por ejemplo: micorreo1234@gmail.com. Mientras que el campo de contraseña, verifica que no se encuentre vacío y que tenga una longitud mínima de 8 (ocho) caracteres, respetando los estándares de seguridad en internet (Red Hat, 2000).

Cuando el usuario ingresa los datos, primero se verifica que cumplan con las condiciones descritas anteriormente, si esto sucede se procede a chequear los datos contra el servidor. En el caso de que las validaciones previas fallen, se muestran los mensajes de error correspondientes; si falla al autenticarse con el servidor también se muestra un mensaje de error de usuario o contraseña. En el caso de que el proceso de autenticación sea exitoso, se almacenan las

credenciales necesarias para el funcionamiento de la aplicación y luego se redirige a la pantalla principal.

#### IV.2.2.2. Pantalla principal.



Fig 29. Pantalla principal de la aplicación.

Esta interfaz, es la que se le presenta al usuario luego de que este ingrese a la aplicación, posee los accesos hacia las otras secciones. Presionando en “Mis estaciones” nos envía al listado de las estaciones del usuario, en cambio “Mis facturas” nos lleva al listado de facturas que el usuario cargo utilizando la aplicación.

Desde la barra superior, ubicado a la derecha del nombre de la aplicación, se encuentra un icono de tres puntos, presionando se despliega un menú desde el cual es posible cerrar la sesión en la aplicación.

#### IV.2.2.3. Carga de facturas del servicio eléctrico.

La aplicación cuenta con la posibilidad de que los usuarios puedan cargar las facturas que emite el proveedor de electricidad. Solo con cargar un pequeño conjunto de datos ya es posible guardar en el sistema una boleta. Esta información

es de gran utilidad para que el sistema pueda generar estadísticas del consumo eléctrico.

Para acceder a esta sección, debemos navegar desde la pantalla principal presionando en “Mis Facturas”, esto nos dirigirá a un listado donde se muestran todas las facturas que fueron cargadas por el usuario, las mismas están ordenadas por el año al que pertenecen, ubicando las más nuevas primero.



Fig 30. Listado de facturas.

El listado cuenta con filtros para ordenarlo. Uno de estos permite filtrar de acuerdo al año al que pertenecen las boletas, el otro permite visualizar los datos usando los diferentes periodos del año. Los periodos son un intervalo de tiempo que está definido por el proveedor del servicio de electricidad, poseen el día y mes donde comienza y finaliza el mismo. Suponiendo que la empresa realiza facturas bimestrales, el año va a contener seis períodos, cada uno con una duración de dos meses.

En cuanto a cada ítem de la lista, muestra toda la información de una boleta:

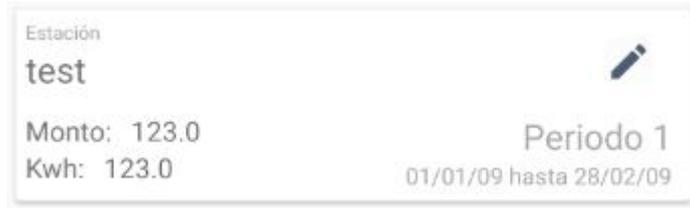


Fig 31. Detalle de una boleta.

En la Fig 31, se muestra un ítem del listado de facturas. En este se puede ver, el monto de la misma, los *kWh* que son los kilowatts por hora consumidos dentro de un periodo de tiempo, también se muestra el periodo de la boleta junto con una aclaración del inicio y el fin del mismo; por último, aunque en la parte superior del detalle, encontramos la estación de medición con la que se relaciona esta factura. Esta relación se genera debido a que en un domicilio solo se instalará una estación de medición, por lo que está obtendrá datos de todo un hogar.

Además de la información que se muestra en cada ítem del listado, también posee un icono con la forma de un lápiz, presionando nos llevará a un formulario donde se puede editar la información de la boleta.



Fig 32. Eliminación de una boleta de una boleta.

Desde el listado de facturas también es posible eliminar cualquiera de estas, para eso solo se debe deslizar el ítem de derecha a izquierda. Cuando se lleva a cabo esto, se muestra un mensaje en la parte inferior, informando de la eliminación de una boleta. Junto al mensaje hay un botón que permite deshacer la acción.



Fig 33. Mensaje mostrado al eliminar una factura.

En la parte inferior derecha de la interfaz, se muestra un botón flotante que permite crear una nueva factura, al presionarlo nos llevará a un formulario donde debemos ingresar la información solicitada por el sistema.

The image shows a web form titled "Cargar una factura" (Load a bill). The form is titled "Factura nueva" (New bill) and contains the following fields and values:

- Monto: \$00.00
- kWh: 150
- Estación de medición: test (dropdown menu)
- Período: (dropdown menu)
- Período 1: (dropdown menu)
- 01/01/18 hasta 28/02/18 (displayed below the period dropdowns)
- Año del período: 2015

At the bottom of the form is a red button labeled "GUARDAR" (Save).

Fig 34. Formulario para crear nuevas facturas.

El formulario expuesto anteriormente (Fig 34), se utiliza para crear boletas y también para editar las existentes. Los campos que posee recogen la información necesaria para que el sistema pueda realizar comparaciones y estadísticas con los datos cargados. La pantalla cuenta con un alto nivel de usabilidad, que involucra una presentación limpia y amigable de cada campo, junto a validaciones y restricciones de la información que se ingresa en cada uno de estos. Se verifican los siguientes criterios:

- Que ninguno de los campos de texto (monto, kWh y año) este vacío.
- Que los campos sean numéricos.
- Que el año, tenga una longitud de cuatro dígitos.

Solo cuando se cumplen todas las condiciones, la aplicación permite guardar los datos en el servidor.

En cuanto al selector de estaciones, brinda la posibilidad de seleccionar cualquier estación de medición que pertenezca al usuario que se encuentra utilizando la aplicación. Esto permite relacionar la factura que se está creando/editando con una estación en particular.

Y, por último, se encuentra el selector de períodos, la definición de estos se abordó con anterioridad (en la página 61). Debajo del campo, se muestra un texto que especifica las fechas del período que está seleccionado, si no se ingresa ningún valor en el campo “Año”, el texto se genera usando el año actual. Si se ingresa un valor, el texto utiliza el año que se encuentra en el campo.

#### IV.2.2.4. Listado de estaciones de monitoreo.

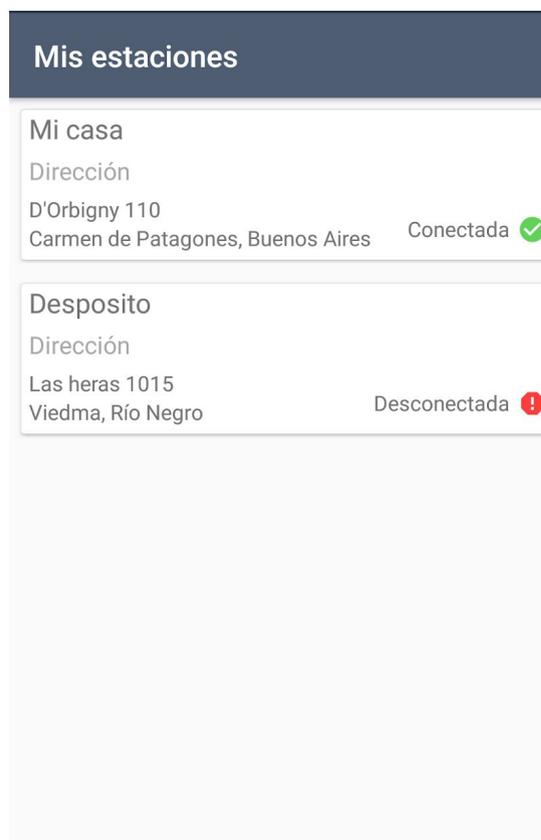


Fig 35. Listado de estaciones del usuario.

La interfaz que se expone en la Fig 35, es el listado de estaciones de medición que posee el usuario. Cada ítem representa un sensor instalado en un domicilio y muestra información relevante del mismo.

Se incluye el nombre de la estación, la dirección de la misma y el estado en el que se encuentra. Este puede variar de acuerdo al funcionamiento del monitor de electricidad. Se mostrará un icono de color verde junto a un mensaje "Conectada" si la estación se encuentra censando datos y enviándolos al servidor sin ningún inconveniente. Mientras que, si la estación presenta problemas y no envió ningún dato en un tiempo de mayor a dos horas se mostrará un icono amarillo, junto al siguiente mensaje: "Última conexión hace" y la hora en que se envió el último dato al servidor. Por último, en el caso de que la estación no envíe datos por un periodo mayor a 8 (ocho) horas, se muestra un icono rojo junto a un mensaje "Desconectada".

Otra funcionalidad que posee este listado es que al presionar en un ítem, la aplicación nos llevará al detalle de la estación. Desde ahí se muestra el consumo en tiempo real junto a más información relevante.

#### IV.2.2.5. Detalle de una estación.

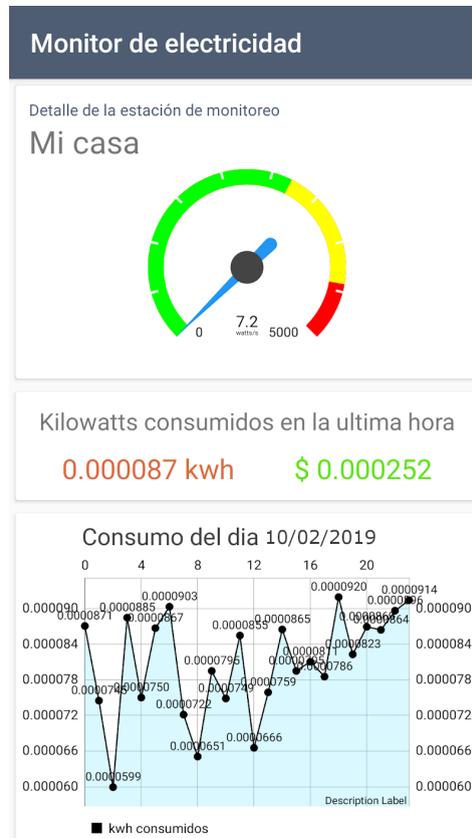


Fig 36. Detalle de una estación.

Esta interfaz, nos permite acceder al consumo de la estación en tiempo real y a otros datos importantes, con el fin de conocer cuánta electricidad se está utilizando en el sitio donde se encuentra instalada la estación de monitoreo.

Para mostrar esta información se utilizó un reloj, el mismo posee distintos intervalos definidos por colores. De esta forma es más sencillo identificar si el consumo está fuera del rango normal.

Los intervalos definidos en el reloj son: Una sección de color verde, de forma que se entienda que el consumo de electricidad en ese rango es normal o se encuentra dentro los valores aceptables. Luego hay una sección de color amarillo, que advierte al usuario que el consumo es un tanto elevado, más de lo recomendado. Y la última sección del reloj es de color rojo, cuando se está utilizando una cantidad de energía importante, dicho valor puede ser una cifra

preocupante. Que advierte al usuario de un posible riesgo para las instalaciones o que de la aparición de un problema en éstas.

En cada punta del reloj se muestran los valores que hacen referencia al máximo de la escala y al mínimo. El máximo surge de de los valores que el monitor obtiene de la red eléctrica, de esta forma los rangos del reloj de consumo se ajustan en base los patrones de consumo del usuario. El valor mostrado en el gráfico se encuentra en watts por segundo. Si la estación está desconectada se incluye un mensaje debajo del reloj, que advierte al usuario del problema.

Debajo de esto se encuentra el consumo en kilowatts por hora (kWh) de la última hora y a la par de este valor el equivalente, pero expresado en pesos argentinos.

Por último, nos encontramos con un gráfico, que muestra el consumo del día anterior. Es un gráfico de líneas, donde sobre el eje Y, se muestra la cantidad de kWh que fueron utilizados; y sobre el eje X se encuentran las horas del día a la que corresponde cada cantidad de kWh.

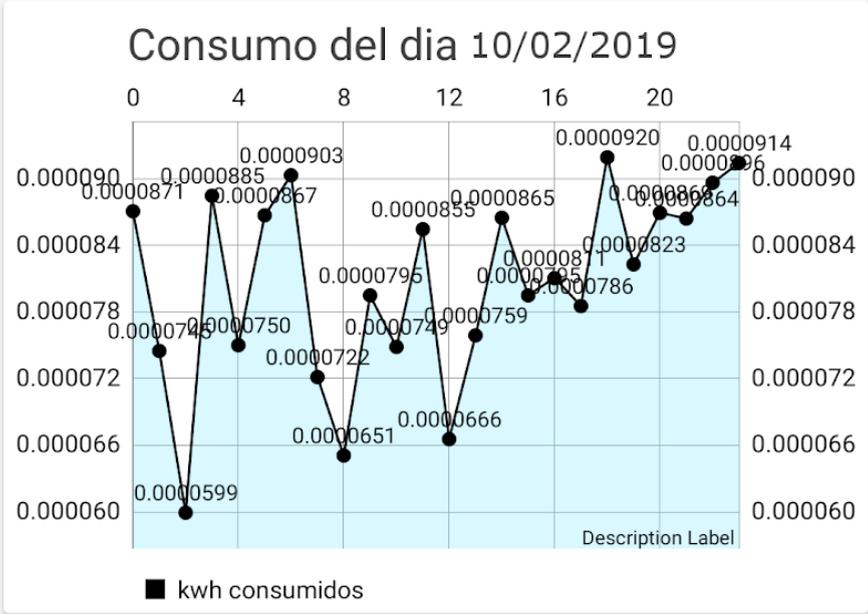


Fig 37. Gráfico que representa la curva de carga de un día.

#### IV.2.2.6. Estadísticas de las facturas de electricidad.

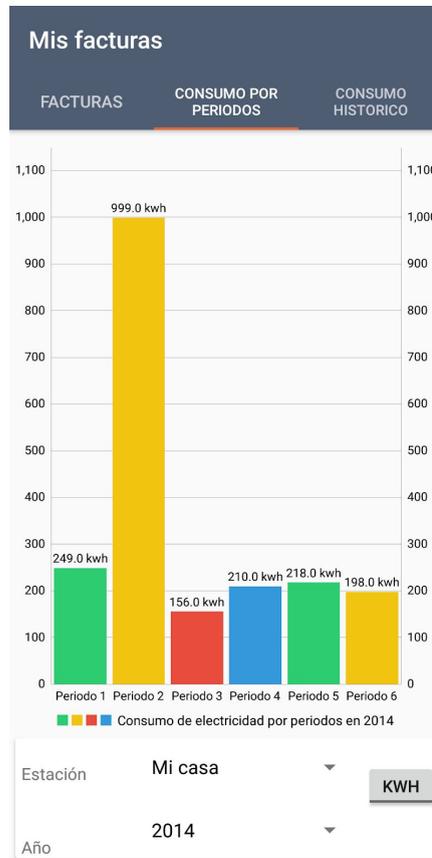


Fig 38. Gráfico del consumo por periodos en kWh.

Desde la sección de “Mis facturas”, se puede acceder, tanto al listado de estas, como a una pestaña de estadísticas. En esta última se encuentra un gráfico que muestra el consumo de energía que proviene de las boletas que llegan al domicilio donde se encuentra instalada la estación de medición.

Uno de los gráficos de esta interfaz es el de la *Fig 38*, que es de barras, donde cada una representa una factura, se muestra el consumo en kWh (kilowatts por hora). En el eje X se pueden ver los diferentes periodos del año, mientras que en el eje Y la escala de valores del consumo. Este gráfico se encuentra en la pestaña de “Consumo por periodos”.

La interfaz cuenta con varios filtros que nos van a permitir visualizar diferentes datos en el gráfico, la funcionalidad de estos se detalla a continuación.

- Filtro de estaciones: permite seleccionar una estación, para poder filtrar las facturas en función de la estación seleccionada. Por defecto se encuentra seleccionada la primera estación que aparezca en la lista.
- Filtro anual: este filtro nos da la posibilidad de seleccionar un año en particular para mostrarlo en el gráfico. Los valores que aparecen en esta lista, son generados a partir de la factura más antigua que se cargó en la aplicación. El valor por defecto del filtro es el año actual.
- También cuenta con un botón que nos permite cambiar la unidad que se está visualizando en el gráfico, nos permite verlo en kwh o en pesos (\$).

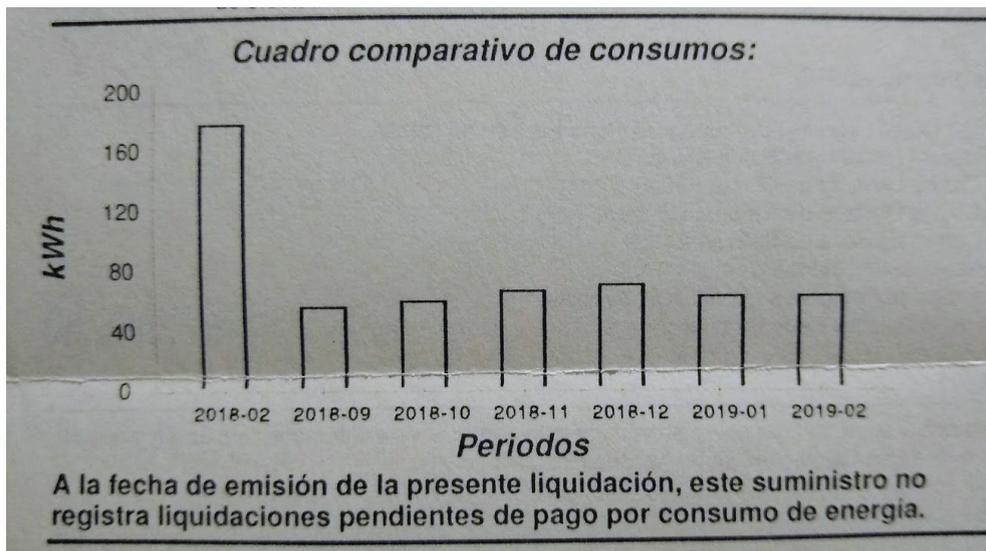


Fig 39. Cuadro comparativo de consumos, de una factura de la empresa EDES SA.

Esta interfaz surge en parte debido al cuadro comparativo de consumos que se incluye en las boletas de electricidad (Fig 39) de la mayoría de los proveedores. Expone sobre el eje X los diferentes periodos y en el eje Y la cantidad de kWh que fueron usados. La particularidad que posee, es que se compara el consumo del período actual (el primero de izquierda a derecha en la Fig 39) contra los cinco periodos anteriores y el con el mismo periodo del año anterior (el último de izquierda a derecha Fig 39).

Retomando con las funcionalidades de la aplicación, otra de las estadísticas a la que el usuario puede acceder es un gráfico de barras donde el consumo es ponderado anualmente.

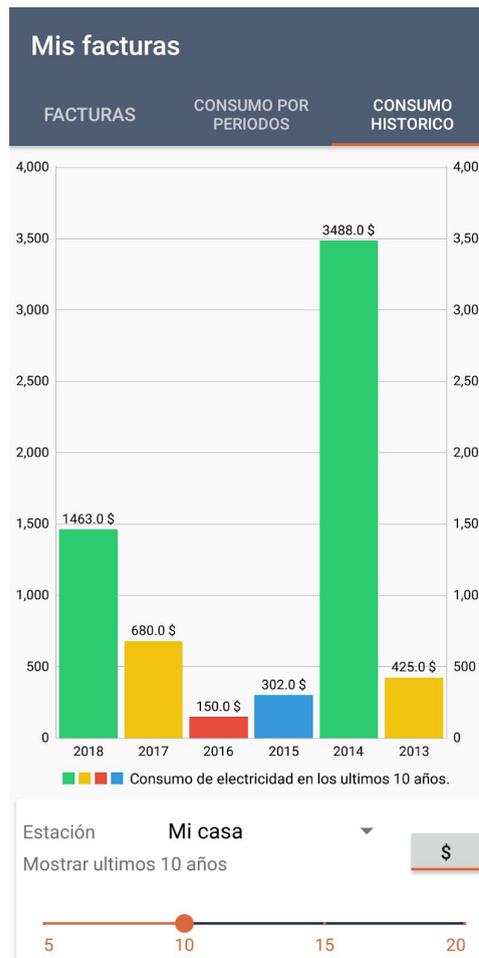


Fig 40. Gráfico del consumo anual basado en las boletas

Desde la sección de “Mis facturas” es posible navegar a la pestaña “Consumo histórico”, donde se observa el consumo anual basado en las boletas que fueron cargadas en el sistema. Al igual que el anterior, es un gráfico de barras, cada barra representa el consumo de un año en particular. En el eje X de la Fig 40 se pueden ver los diferentes años, mientras que en el eje Y se observa la energía que fue utilizada.

Posee algunos filtros que permiten limitar la cantidad de años que se muestran y seleccionar entre las diferentes estaciones del usuario.

- Filtro de estaciones: permite seleccionar una estación, para la cual se calculará el consumo que tuvo en cada año basándose en las facturas que se encuentran en el sistema. Por defecto se encuentra seleccionada la primera estación que aparezca en la lista.

- Filtro anual: permite limitar la cantidad de años que se van a mostrar en el gráfico. El valor por defecto del filtro es de cinco años.
- También cuenta con un botón que nos permite cambiar la unidad que se está visualizando en el gráfico, nos permite verlo en kWh o en pesos argentinos (\$).

#### IV.2.2.7. Notificaciones y alertas.

Esta funcionalidad, fue desarrollada con el fin de atraer la atención del usuario frente a diversos acontecimientos. De acuerdo con lo expuesto en capítulos anteriores uno de los problemas que poseen las diferentes soluciones que se evaluaron fue la pérdida de atención por parte de los usuarios.

Por tal motivo, es de gran importancia mantenerlo actualizado de lo que sucede con su monitor de electricidad; pero también hay que tomar conciencia de la cantidad de avisos que va a enviar la aplicación para evitar molestar al dueño del smartphone.

Por este motivo se implementaron las alertas de la aplicación. Estas fueron desarrolladas usando la tecnología de notificaciones *push*, esta tecnología se basa en que el servidor es capaz de enviar peticiones a diferentes dispositivos. Existe la posibilidad de que un grupo de dispositivos se suscriba a una temática, de esta forma las notificaciones son enviadas para todo el grupo de suscriptores. También es posible enviar una notificación a un dispositivo en particular.

Android, IOS, Blackberry y Windows Phone ya poseen incorporada este tipo de notificaciones, por lo que los sistemas operativos ya están preparados para recibirlas y mostrarlas de forma correcta.

Para que las notificaciones puedan llegar de nuestro servidor de datos a la aplicación, se utilizó el servicio de notificaciones provisto por Firebase. Para esto se incorporó en el servidor la librería correspondiente con dicha tecnología, que permite abstraerse de la implementación de los servicios de notificación, simplificando su configuración y uso.

En relación a la aplicación, se evaluaron cuál de los eventos deberían ser notificados. Los resultados de esta evaluación, nos condujeron a definir que las siguientes situaciones van a ser notificadas:

- Cuando una estación se encuentra experimentando problemas de conexión con internet. Es importante tener en cuenta esta situación, debido a que los datos pueden perderse. Mediante el aviso, es posible alertar al usuario para que revise el monitor en busca del problema.
- Desvío en los patrones de consumo. Disparar esta alerta depende de los datos obtenidos por el monitor en un determinado tiempo. Es necesario que este obtenga las mediciones de un periodo de dos semanas para poder establecer ciertos patrones de comportamiento y de esta manera alertar al usuario cuando los valores obtenidos de la estación de medición no encuadran en estos. Este tipo de alerta es útil para que el usuario pueda modificar alguno de sus hábitos en función de un uso más eficiente de la electricidad.

#### IV.2.3. Aplicación web.

La arquitectura definida, requiere de un punto desde donde se puedan realizar diferentes configuraciones. Esto es debido a que la aplicación móvil no posee un registro de usuarios abierto, sino que sólo los usuarios que forman parte del sistema pueden acceder. Por esto, es necesario contar con una plataforma web, que permita a los administradores de la aplicación gestionar usuarios y estaciones de monitoreo.

La solución se diagramó, tomando como parámetro un modelo de negocio donde no se plantea el software como servicio, sino que se centra en la venta de los monitores de electricidad con un valor agregado que lo aporta la aplicación móvil. De forma tal, que cuando un usuario adquiere un monitor de electricidad solicita que incorporen su medidor en la aplicación y además un usuario para poder acceder.

Para el desarrollo de la aplicación web, se decidió utilizar Angular versión 5. Un framework basado en JavaScript, que permite el desarrollo de aplicaciones de única página (*single page*) donde la página por única vez del servidor y luego solo se refrescan los contenidos de esta.

Angular, permite el uso de anotaciones en el código, inyección de dependencias, modularización de la aplicación e implementar código asíncrono mediante observables. El aspecto de modularización es un concepto muy fuerte para el framework, dado que brinda la posibilidad de dividir nuestra aplicación en módulos y solo cargar los que son necesarios a la hora de la ejecución, evitando solicitar archivos al servidor datos o archivos que luego no van a ser utilizados.

Otra característica, propia de JavaScript es que la ejecución del código es asíncrona. Para simplificar la tarea del desarrollo se utilizó la librería "RXJS", que es una introducción a la programación reactiva. Está basada en los flujos de datos y cómo propagar los cambios, para esto propone un objeto de tipo *observable* que encapsula el comportamiento asíncrono, evitando el desarrollo de código basado en *callbacks*.

Los observables, poseen un conjunto de operaciones que permiten, manipular los datos que los transitan, por ejemplo, se pueden filtrar el flujo de datos basado en una función que devuelva un tipo de dato booleano. También se pueden transformar los datos. O disparar nuevos observables basados en los resultados de alguna función.

Volviendo a la aplicación web desarrollada, se definieron e implementaron las siguientes funcionalidades:

Ingreso de usuarios, consta de una pantalla desde cual los usuarios pueden ingresar a la aplicación. Para esto deben completar los siguientes datos: nombre de usuario y contraseña. Y además deben contar los permisos correspondientes para poder acceder a la administración web. Todas las funcionalidades de la aplicación web requieren de una autorización previa.

También cuenta con una administración que permite la gestión de los usuarios de la aplicación. Donde los administradores pueden acceder para crear un nuevo usuario con la siguiente información: nombre, apellido, nombre de

usuario y correo electrónico. También puede indicar el rol que posee el nuevo usuario dentro de la plataforma. Los mismo son *usuario* y *administrador*.

Cada uno de los roles, cuenta con un conjunto de permisos asociados que le permiten acceder a ciertas funcionalidades. El rol *usuario* puede acceder a la aplicación móvil, consultar sus estaciones de monitoreo, ver el detalle de una estación, consultar las facturas de electricidad asociadas a una estación, crear y editar las boletas; y acceder a los reportes generados en base a las facturas ingresadas. El rol *administrador*, tiene asociadas las siguientes funcionalidades acceso a la aplicación web de administración, gestión de los usuarios y de estaciones de monitoreo.

Además, desde la administración de usuarios también es posible restablecer la contraseña de cualquiera de estos. Este proceso envía un correo electrónico al usuario en cuestión donde se le informa la nueva contraseña generada por el sistema. Y eliminar a un usuario del sistema, en este proceso también se elimina toda la información vinculada a este.

Cuenta con una administración de los periodos, estos son asignados a cada factura. Son útiles para determinar las fechas de inicio y fin de cada boleta emitida por la empresa responsable del suministro eléctrico. Cada periodo cuenta con los siguientes datos, un nombre, la fecha de inicio y la de fin. De ambas fechas sólo se obtiene el día y el mes ya que los períodos pueden ser los mismos para diferentes años.

Por último, se encuentra la gestión de las estaciones de monitoreo. Desde aquí, los administradores van a crear cada estación y asignarle la siguiente información: un nombre descriptivo (por ejemplo, Mi casa, Oficina, etc), una dirección que se compone de calle, número, provincia y país. Y además van a vincular una estación con alguno de los usuarios de la aplicación. Otras de las funcionalidades que se encuentran permiten eliminar una estación de monitoreo y de editar su información.

#### IV.2.4. Servidor de datos.

Todos los datos que son accedidos desde las distintas partes de la solución desarrollada se encuentran alojados en algún lugar. Con esta finalidad se desarrolló el servidor de datos, que tiene la responsabilidad de procesar toda la información enviada por los monitores de electricidad y brindar los servicios necesarios tanto para la aplicación móvil como para la web. Además, debe asegurar la integridad de esta mediante medidas de seguridad.

Se siguieron los lineamientos definidos para una arquitectura del estilo REST<sup>14</sup>. Los cuales plantean: el uso de mensajes HTTP sin estado, donde el contenido del mismo es suficiente para que el cliente o servidor lo puedan comprender de forma satisfactoria.

La definición de una interfaz genérica para las operaciones; HTTP define las siguientes GET, PUT, POST y DELETE. Que hace referencia a los métodos definidos para las operaciones CRUD(Crear, leer, actualizar y borrar). Por último, propone la utilización de hipermedios tanto para él envío de información como para indicar el estado de la misma. (Fielding, 2000)

El framework utilizado fue Spring Boot, que es una extensión de Spring. En principio detallaremos qué es Spring. Es un conjunto de infraestructuras que permite el desarrollo de aplicaciones JAVA. Cuenta con los siguientes módulos:

- Spring AOP.
- Spring MVC.
- Spring Security.
- Spring JDBC.
- Spring Test.
- Spring ORM.

Estos aportan soluciones que acortan los tiempos del desarrollo. Spring Boot también los incluye, pero se encuentra mucho más enfocado en el desarrollo del software. Simplificando las tareas de configuración del framework, lo que ayuda al desarrollador a invertir su tiempo en la implementación de código funcional.

---

<sup>14</sup> REST: Transferencia de estado representacional.

Para garantizar que la información del servidor no sea accedida por agentes externos al servidor de datos, este se protegió utilizando un sistema de autenticación basado en el estándar JSON web tokens definido por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (traducción de Internet Engineering Task Force, IETF). Quienes plantean el uso de tokens compactos y capaces de viajar en cada petición al servidor. El token está compuesto por una firma que solo el servidor de origen es capaz de generar, datos del usuario y los privilegios que posee.

El token creado por el servidor, debe ser incorporado en todas las solicitudes que realice un cliente. Esto se hace para poder verificar que el origen de la solicitud es confiable y además es uno de los usuarios del sistema. En el caso de que este no sea incluido, el servidor retorna un mensaje de error por falta de autenticación.

Los servicios que fueron desarrollados en el servidor son los siguientes:

Servicio de autenticación, el mismo se realiza por POST y requiere del nombre de usuario y su contraseña. En el caso de que esta sea correcta, el servidor devuelve el token de autenticación; de lo contrario un mensaje de error en el proceso de autenticado de un usuario.

Consulta del usuario de un token, este servicio permite al cliente poder acceder a toda la información de un usuario, debido a que en el token sólo se envían algunos datos como el nombre de usuario y el correo electrónico. Para utilizarlo, el cliente solo debe enviar el token al servidor y este le proveerá toda la información del usuario.

Alta, baja, modificación y consulta de usuarios; está funcionalidades solo están disponibles para los usuarios que posean los permisos de un administrador.

Alta, baja, modificación y consulta estaciones de monitoreo; estos servicios sólo están disponibles para los usuarios que posean los permisos de un administrador.

Servicio de consulta de las estaciones de monitoreo de un usuario, permite al usuario de la aplicación móvil acceder al listado de estaciones que posee junto al estado en el que esta se encuentra (conectada, desconectada o con problemas de conexión).

Consumo en tiempo real de una estación, este servicio permite acceder al consumo en tiempo real de una estación de medición.

Servicio de consultas de consumo, brinda la posibilidad de conocer el consumo de una estación de monitoreo en determinadas fechas. Requiere de los siguientes parámetros, el identificador de la estación, la fecha de inicio y la fecha de fin de la consulta y la unidad en la que se van a ponderar los valores. Que puede ser MES, DIA u HORA. En base a esto retorna el consumo para cada intervalo y dependiendo de la unidad de ponderación en los resultados se puede incluir, el mes y el año para el caso de MES, el día y el mes para el caso de DIA y el día y la hora para el caso de HORA.

También cuenta con los servicios de alta, baja, modificación y consulta de las facturas. La misma cuenta con la siguiente información, importe en pesos argentinos, cantidad de kWh consumidos, el año y el periodo al que pertenece (que ya se encuentran definidos en el sistema).

## **V. Verificación y análisis de los resultados.**

En el presente capítulo, se llevarán a cabo las pruebas correspondientes sobre la solución desarrollada y se expondrán los resultados obtenidos.

Estas consisten en poner en funcionamiento la solución, para obtener un conjunto de valores y compararlos contra instrumentos de medición donde se asume, en base a los certificados de calibración que poseen, que las mediciones son correctas. Con la finalidad de analizar la precisión del prototipo desarrollado.

Se llevarán a cabo pruebas sobre el servidor de datos que se encuentra en internet, para observar cómo responde frente a un volumen de demanda alto.

Y también se realizarán pruebas por un periodo de tiempo en una instalación doméstica, para analizar los valores obtenidos.

### **V.1. Pruebas en un entorno controlado.**

Tuvieron lugar dentro de las instalaciones del Laboratorio de Informática Aplicada de la UNRN<sup>15</sup>. Que cuentan con conexión a internet inalámbrica (WIFI) y cableada con un ancho de banda de 10mb. Para estas pruebas se construyó un circuito eléctrico donde se conectaron 2(dos) resistencias eléctricas que eran calentadores de agua eléctricos, cada uno con un consumo de 2000 watts. Además se acoplo un tester digital de corriente alterna para tener conocimiento de la potencia dentro del circuito.

---

<sup>15</sup> UNRN: Universidad Nacional de Río Negro.



Fig 41. Tester digital, modelo usado en las pruebas.



Fig 42. Calentador de agua electrico utilizado en las pruebas.

El objetivo de estas, fue poner en funcionamiento el prototipo desarrollado en un entorno aislado y monitoreado. De forma que se puedan realizar los ajustes correspondientes para reducir el error en las mediciones.

Condiciones generales de la prueba:

La aplicación móvil fue instalada en un smartphone Moto G6 con Android 8. El servidor de datos se montó en un servidor CRX con procesador Intel Xeon y 16

gb de memoria RAM este equipamiento pertenece al Laboratorio de Informática Aplicada de la Universidad Nacional de Río Negro, como contenedor del software responsable de brindar los servicios se utilizó un Apache Tomcat en su versión 7. El monitor de electricidad fue conectado a una red wifi, que como punto de acceso contaba con un Cisco modelo AIR-LAP1042N-A-K9.

Desarrollo de la prueba controlada:

La prueba se planificó para que tenga una duración total de 6(seis) horas, durante las cuales se monitoreo la potencia de la línea. En ese periodo se simularon las siguientes situaciones:

- Todos los electrodomésticos prendidos.
- Apagando y prendiendo algunos de forma intermitente.
- Todos los electrodomésticos apagados.

Cada una de las instancias tuvo una duración de una hora. Durante este proceso se tomó nota de los valores que mostraba el monitor y los del tester. Al finalizar las tres etapas de la prueba (sumaron un total de tres horas). Se analizaron los resultados, se identificaron las posibles causas de los errores en la precisión de cada medición y luego se realizaron los ajustes correspondientes

Luego se volvió a repetir cada etapa de la prueba que llevaron un tiempo total de otras 3(tres) horas. Al finalizar, se volvieron a analizar los resultados, donde se pudo observar que la precisión de las mediciones obtenidas por el monitor aumentó de forma significativa. A continuación, se muestran los resultados en un cuadro comparativo.

		Resultados de las mediciones		
		Monitor	Tester	Porcentaje de error
Primera etapa	Prueba intermitente	3524w	2680w	31%
	Prueba con consumo máximo	6048w	4360w	38%
	Prueba sin consumo	0.04w	0.03w	33%
Segunda etapa	Prueba intermitente	1581w	1740w	9%
	Prueba con consumo máximo	4162w	4529w	8%
	Prueba sin consumo máximo	0.0261w	0.03w	13%

La *primera etapa* hace referencia a las pruebas que fueron realizadas previas a los ajustes del monitor. En la *segunda etapa*, el factor de ajuste del monitor fue modificado para aumentar la precisión de las lecturas.

Como se puede observar, las mediciones previas a los ajustes mostraron diferencias considerables entre el monitor y el tester. En promedio, el porcentaje de error fue de un 34%. Este valor es superior al error esperado que se planteó en el capítulo IV, por esto fue necesario modificar el factor de ajuste del monitor con el objetivo de reducir el porcentaje de error. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el tester, se realizaron los ajustes correspondientes.

Luego se repitió la prueba, respetando las mismas variantes de consumo. Estos resultados se encuentran en la *segunda etapa*. Donde se observa una disminución notable en el porcentaje de error de las mediciones. En promedio, el error fue de un 10%, lo que indica que la precisión del monitor aumento.

Los valores que se muestran en la tabla anterior, fueron los promedios de la serie de valores obtenidos en cada instancia de la prueba. A lo largo de esta se registraron un total de 720 muestras que se pueden observar en anexo del presente trabajo (capítulo VI).

## V.2. Pruebas de rendimiento del servidor de datos.

Esta pieza de la solución es la encargada de la gestión de la información, es decir que múltiples estaciones y usuarios pueden estar consultando datos en simultáneo. Por esto es necesario realizar las pruebas de rendimiento para garantizar que el funcionamiento será correcto ante diferentes escenarios de demanda.

También cabe destacar que la arquitectura sobre la que se desarrolló la solución está preparada para soportar una demanda excesiva, pero los entornos donde esta se encuentra ejecutándose no están preparados para este tipo de situaciones. Por ejemplo, más de diez mil usuarios en simultáneo. Para eso es necesarios tomar algunos recaudos desde la faceta de infraestructura, pero eso no está contemplado en el presente trabajo.

Para llevar a cabo estas pruebas, se utilizó Jmeter una herramienta desarrollada por Apache. La misma permite desarrollar diferentes baterías de prueba y configurar cómo deben ejecutarse. Las funcionalidades que se van a poner a prueba son consideradas de carácter crítico e involucran a las siguientes: ingreso de usuarios (desde un dispositivo móvil) y la consulta del detalle de una estación (desde un dispositivo móvil).

Es importante, tener en cuenta que la herramienta utilizada para este tipo de pruebas, solo se ejecuta sobre una computadora de escritorio o notebook. Por esto fue necesario sumar un dispositivo móvil con conexión 4G para poder usarlo como un anclaje de red desde la computadora y de esta forma simular condiciones de conectividad de la aplicación móvil, generando un escenario similar real.

### Pruebas sobre el ingreso de usuarios.

Estas fueron realizadas usando la conexión 4G de un smartphone Moto G6. Se definieron dos pruebas, en las que se modificó el volumen de demanda. En el primer escenario planteado, se ejecutaron cien peticiones de ingreso en simultáneo.

**Reporte resumen**

Nombre: Reporte login

Comentarios

Escribir todos los datos a Archivo

Nombre de archivo  Navegar... Log/Mostrar sólo:  Escribir en Log  Sólo Errores  Éxitos  Configurar

Etiqueta	# Muestras	Media	Min	Máx	Desv. Estándar	% Error	Rendimiento	Kb/sec	Sent KB/sec	Media de Bytes
Login	100	6644	558	8946	1937,75	0,00%	11,1/sec	28,20	2,66	2607,0
Total	100	6644	558	8946	1937,75	0,00%	11,1/sec	28,20	2,66	2607,0

Fig 43. Resumen de los resultados de la prueba del ingreso con cien peticiones.

Para el volumen de peticiones planteado, el servidor respondió de forma satisfactoria, es decir que ninguna de las solicitudes fallo. Luego se volvió a ejecutar la prueba, pero en este caso con mil peticiones de ingreso ejecutándose en simultáneo.

**Reporte resumen**

Nombre: Reporte login

Comentarios

Escribir todos los datos a Archivo

Nombre de archivo  Navegar... Log/Mostrar sólo:  Escribir en Log  Sólo Errores  Éxitos  Configurar

Etiqueta	# Muestras	Media	Min	Máx	Desv. Estándar	% Error	Rendimiento	Kb/sec	Sent KB/sec	Media de Bytes
Login	1000	19497	2934	21185	3628,25	77,90%	45,4/sec	120,75	2,41	2722,3
Total	1000	19497	2934	21185	3628,25	77,90%	45,4/sec	120,75	2,41	2722,3

Fig 44. Resumen de los resultados de la prueba del ingreso con mil peticiones, usando el anclaje de red móvil.

La prueba tuvo una duración de 22 segundos. En el resumen obtenido desde la aplicación, muestra un porcentaje de error muy alto, del 77.9%. es decir que de las mil solicitudes fallaron 779. Lo que indica que existen problemas en el servidor de datos cuando se expone a una demanda algo elevada.

Con el fin de obtener mayor información sobre lo ocurrido con en la prueba anterior. Se procedió a repetirla, pero utilizando una conexión a internet cableada. De esta forma se puede descartar que los errores se localicen en el servidor, y que están situados en la conexión del anclaje de red.

**Reporte resumen**

Nombre: Reporte login

Comentarios

Escribir todos los datos a Archivo

Nombre de archivo  Navegar... Log/Mostrar sólo:  Escribir en Log  Sólo Errores  Éxitos  Configurar

Etiqueta	# Muestras	Media	Min	Máx	Desv. Estándar	% Error	Rendimiento	Kb/sec	Sent KB/sec	Media de Bytes
Login	1000	53136	3294	95373	27290,67	0,00%	10,4/sec	26,59	2,51	2607,0
Total	1000	53136	3294	95373	27290,67	0,00%	10,4/sec	26,59	2,51	2607,0

Fig 45. Resumen de los resultados de la prueba del ingreso con mil peticiones, utilizando una conexión ethernet.

La prueba ejecutada tuvo una extensión de 1 minuto y 45 segundos, Teniendo en cuenta los resultados obtenidos; donde el porcentaje de error es cero, pudimos arribar a la conclusión de que la falla observada en la prueba anterior (Fig 44) no reside en el servidor de datos, sino que se debía al anclaje de red realizado con un teléfono móvil. Ya que el ancho de banda que proporcionaba no era suficiente para canalizar la demanda establecida.

Pruebas sobre el detalle de una estación.

Esta prueba se llevó a cabo usando un anclaje de red 4G, creado mediante un smartphone Moto G6. Esta prueba se enfoca en consultar el detalle de una estación, pero para esto es necesario que el usuario se autentique con el servidor como paso previo a la consulta. En la primera prueba, se emuló una demanda de cien solicitudes en simultáneo.

Etiqueta	# Muestras	Media	Mín	Máx	Desv. Estándar	% Error	Rendimiento	Kb/sec	Sent KB/sec	Media de Bytes
Login	100	9072	5554	11345	1630,14	0,00%	8,4/sec	21,48	2,03	2607,0
Detalle de un...	100	2265	402	3672	822,03	0,00%	12,2/sec	8,46	29,41	712,0
Total	200	5668	402	11345	3639,90	0,00%	14,3/sec	23,25	19,06	1659,5

Fig 46. Resumen de los resultados de la prueba usando un anclaje de red 4G.

Se llevó a cabo usando la conexión a internet provista por el anclaje de red. Los resultados obtenidos, fueron satisfactorios; el porcentaje de error se mantuvo en cero. Lo que indica que una de las funcionalidades de aspecto crítico respondió de forma exitosa ante la demanda definida.

La prueba, se volvió a realizar pero en esta oportunidad con una demanda en simultáneo de 1000 solicitudes, pero mediante una conexión a internet cableada.

Etiqueta	# Muestras	Media	Mín	Máx	Desv. Estándar	% Error	Rendimiento	Kb/sec	Sent KB/sec	Media de Bytes
Login	1000	73182	2151	189024	52753,71	2,50%	5,3/sec	13,14	1,26	2556,5
Detalle de un...	1000	167982	14833	194542	31495,63	2,60%	3,5/sec	2,44	8,35	706,2
Total	2000	120582	2151	194542	64298,04	2,55%	7,0/sec	11,19	9,13	1631,3

Fig 47. Resumen de los resultados de la prueba usando una conexión ethernet.

En esta oportunidad, el porcentaje de error fue muy bajo. Solo veinticinco peticiones no fueron atendidas a tiempo por el servidor de datos. Aunque el valor es muy bajo, nos está indicando que existe algún tipo de error en el servidor.

Debido a esto, se realizaron las revisiones necesarias sobre el servidor de datos, donde se dio a conocer que el error no estaba en el software desarrollado. Sino que se encontraba en algunas configuraciones del Apache Tomcat. Las cuales fueron modificadas con la finalidad de evitar este tipo de errores.

### V.3. Prueba en una instalación hogareña.

Esta se puede catalogar como una prueba de integración, donde todas las partes de la solución fueron utilizadas, y fue realizada en un escenario afectado por diferentes factores.

Esta etapa tiene la finalidad de aportar un conjunto de datos que permitan analizar el consumo de electricidad en un hogar y detectar posibles fallas en el prototipo.

#### Condiciones generales de la prueba:

El monitor de electricidad fue instalado en una red eléctrica hogareña promedio donde el interruptor termomagnético es de 30 A. La misma pertenece a un departamento diseñado para ser habitado por una familia pequeña (tres/ cuatro integrantes). Las comodidades del inmueble son 2(dos) habitaciones, 2(dos) baños y una cocina con comedor incorporado. Los baños y las habitaciones cuentan con una luminaria por cada espacio, mientras que la cocina posee 4(cuatro) luminarias y se acoplan 2(dos) más que se encuentran en el exterior del recinto. Los electrodomésticos presentes en la vivienda son:

- Televisor LCD.
- Lavarropas automático.
- Heladera.
- Notebook.
- Licuadora.
- Microondas.

- Y algunos más que son enchufados de forma intermitente, como por ejemplo cargadores para celulares.

Casi todos son de clase A, es decir que en teoría deberían tener un consumo de energía eficiente. El domicilio usado para esta prueba, se encuentra ubicado en la ciudad de Carmen de Patagones, provincia de Buenos Aires. Donde la empresa encargada de proveer el suministro de electricidad es EDES S.A.

El sensor SCT 013 fue instalado en la caja de interruptores donde se encuentra el interruptor termomagnético, la misma se ubica en el interior de la vivienda y está aislada de los agentes externos (aire, agua y polvo) por una tapa de plástico; en el exterior de la caja, se acoplo el monitor de electricidad, fue necesario agregar un transformador de 6 volts al prototipo para que funcione de forma correcta.

La conexión a internet, se realizó de forma inalámbrica mediante un punto de acceso fabricado por la empresa Encore modelo ENHWI-G.

El servidor de datos, fue montado en un servidor CRX con procesador Intel Xeon y 16 gb de memoria RAM este equipamiento pertenece al Laboratorio de Informática Aplicada de la Universidad Nacional de Río Negro, como contenedor del software se utilizó un Apache Tomcat en su versión 7.

La aplicación móvil, fue instalada en dos dispositivos diferentes, uno es una Moto G6 con Android 8 y el otro un Moto G4 play con Android 7.

#### Incidencias previstas para la prueba:

Era de esperar que, durante el transcurso de esta prueba se presenten incidencias. Estas se pueden clasificar como internas y controlables; o desencadenadas por factores externos. Uno de los objetivos de esta etapa, fue comprobar si el monitor estaba preparado para afrontar las situaciones que detallaremos a continuación:

*Cortes del suministro eléctrico:* este escenario es el menos preocupante, debido a que no es necesario tomar mediciones durante el periodo de tiempo en el cual no hay electricidad en el domicilio. El desafío se encuentra, en que el monitor pueda iniciarse de forma correcta cuando la electricidad se reanude, de forma que retome con el proceso de censado.

*Cortes del servicio de internet:* Esta situación, es de carácter crítico, debido a que el monitor debe continuar con las mediciones aunque no pueda enviarlas al servidor de datos. El comportamiento esperado, es que almacene todas las mediciones tomadas y cuando pueda recuperar la conexión a internet, envíe todos los datos que obtuvo al servidor.

*Fallas en el módulo de conexión inalámbrica:* todos los componentes electrónicos están sujetos a pequeños defectos de fabricación, pero en el caso del módulo de conectividad ESP8266, además puede presentar algún problema con el software que posee embebido, esto puede afectar su funcionamiento. Otro factor que afecta al componente son las temperaturas elevadas. En el caso de que presente algún inconveniente el monitor debe realizar las mismas acciones que en un *corte de internet*.

*Condiciones climáticas:* a pesar de que el prototipo se encuentra instalado en el interior, puede verse afectado por algunos factores climáticos, como las temperaturas muy elevadas que son características del verano en la ciudad de Carmen de Patagones donde puede alcanzar una sensación térmica que supera los 40 (cuarenta) grados centígrados.

*Problemas con la fuente de alimentación externa:* debido a que es necesario utilizar un transformador de 6 volts para que el monitor funcione de forma correcta, se presenta la problemática de posibles fallas en el transformador como un cortocircuito o una subida en la tensión de la línea eléctrica que puede sobrecargarlo y quemarlo. En este caso, se espera que mediante la aplicación móvil, podamos ver que existen problemas de conexión en la estación de medición, gracias a esto tendremos conocimiento del incidente y se llevarán a cabo las revisiones necesarias para saber si existen problemas con el transformador u otro elemento.

#### Desarrollo de la prueba.

Tuvo una duración de 30(treinta días), la fecha de inicio fue el 11 de febrero del 2019 a las 00:00:00 y finalizó el 12 de marzo de 2019 a las 23:59:59. En este periodo se monitoreo el funcionamiento del prototipo utilizando solo la aplicación móvil. De forma que los incidentes ocurridos, fueron detectados por medio de esta.

En el periodo definido, se registraron 49452 (cincuenta y ocho mil cuatrocientas cincuenta y dos) mediciones. Los resultados se pueden en el siguiente gráfico de barras, donde sobre el eje X se muestran los días en formato día/mes (por ejemplo el 20 de febrero equivale al 20/2), y en el eje Y se muestran los kWh que fueron consumidos en cada día.



Fig 48. Consumo diario durante e la prueba.

Análisis de los resultados:

En principio, las pruebas se habían planificado para que tengan inicio el 10 de febrero del 2019. Pero debido a los inconvenientes que se presentaron en el transcurso de esa fecha, se decidió omitir los valores obtenidos y dar inicio a la prueba el día 11 de febrero.

Los problemas ocurridos estaban dentro de las incidencias contempladas. Se detectó por medio de la aplicación móvil, que el monitor no estaba conectado a internet. Por esto se procedió a corroborar la causa del problema, y se detectaron fallas en el módulo de conectividad ESP 8266. Para poder solucionarlas fue necesario realizar algunos ajustes en el punto de acceso de la red de internet y además reiniciar el prototipo.

El comportamiento esperado ante esta situación, era almacenar en el prototipo los datos hasta recuperar la conexión y luego enviarlos al servidor. Pero debido a que no se integró ninguna memoria externa en este, cuando este fue

reiniciado las mediciones se perdieron. En la fecha mencionada antes, solo quedaron registradas 120 (ciento veinte) mediciones.

En la fecha 21 de febrero, se observa un descenso importante en el consumo, debido a que ocurrió un corte en el suministro de electricidad que tuvo una duración de 7 horas. Que inició alrededor de las tres de la tarde y terminó a las diez de la noche aproximadamente. Cuando el servicio se restableció, el monitor fue capaz de iniciar y conectarse a la red WIFI sin problemas.

El día 16 de febrero, la aplicación indicó que el monitor estaba experimentando problemas de conectividad. Al revisarlo, nos percatamos de que el módulo ESP 8266 se estaba sobrecalentado debido a las altas temperaturas. En ese momento de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, la temperatura era de 39.7 grados centígrados. Para evitar que los aumentos de temperatura afecten al monitor, se realizaron ventilaciones en la carcasa que hasta ese momento era hermética. Y para no perder la información de ese día, solo se reinició el módulo ESP, que volvió a funcionar correctamente luego de que su temperatura descendió.

En líneas generales se observa un consumo que no llega a superar los cuatro kilowatts por hora y que promedio alcanza los 2.52 kWh. Para poder comparar los valores obtenidos, se estimó el consumo mensual de la vivienda.

Para realizar las estimaciones se utilizó una calculadora de consumo eléctrico mensual. Que se encuentra en el sitio web del gobierno nacional, en la sección del Ente Nacional Regulador de la Electricidad. Mediante esta, es posible ingresar diferentes electrodomésticos y un estimado de los días y la cantidad de horas que son usados en el mes. En base a los datos ingresados calcula la cantidad de kWh que se utilizan mensualmente.

Una vivienda con los electrodomésticos que se detallaron en las condiciones de la prueba, y de acuerdo al uso estimado de cada uno. Consume 83.9 kWh mensuales, partiendo de este valor calculamos que el consumo diario es de 2.8 kWh. Estos datos pueden diferir de la realidad, ya que fueron aportados por los habitantes de la residencia pero están basados en supuestos.

Cantidad de unidades	Electrodoméstico	¿Cuántas horas por día?	¿Cuántos días por semana?	Consumo mensual [en kWh]
4	Lámpara LED de 9 W	4 ▾	7 ▾	4.54
1	Microondas	1 ▾	3 ▾	8.64
1	Lavarropas automático 5 kg. c/ calent. agua	2 ▾	3 ▾	23.63
6	Lámpara LED de 11 W	4 ▾	7 ▾	8.32
1	Notebook	2 ▾	7 ▾	1.39
1	Heladera con freezer	12 ▾	7 ▾	34.02
1	Televisor LED 32" a 50"	1 ▾	7 ▾	2.83
2	Cargador de celular genérico	3 ▾	4 ▾	0.54
<b>TOTAL:</b>				<b>83.90</b>

Fig 49. Consumo mensual estimado del domicilio donde se llevó a cabo la prueba. Este gráfico fue generado en [www.argentina.gob.ar/enre/calculadora\\_de\\_consumo\\_electrico](http://www.argentina.gob.ar/enre/calculadora_de_consumo_electrico).

El valor promedio diario que se obtuvo en base a los datos aportados por el monitor es 2.52 kilowatts por hora, comparado con el valor estimado tiene una precisión del 89.6%. Que era de esperarse de acuerdo a lo planteado en el capítulo anterior.

El consumo que se acumuló a lo largo de los días monitoreados, fue de 74.24 kilowatts por hora. En comparación con la factura de electricidad del periodo noviembre-diciembre del 2018 que indica un consumo de 70 kWh y la de diciembre-enero del 2019, cuyo consumo es de 63 kWh del domicilio donde se realizaron las pruebas. Nos encontramos con que el valor obtenido por el monitor de electricidad, se encuentra dentro de lo esperado.

Debido a que las pruebas no se realizaron en las fechas de inicio y fin del periodo facturado por la empresa EDES SA, los datos no se pueden comparar directamente. pero son útiles para tomarlos como referencia.

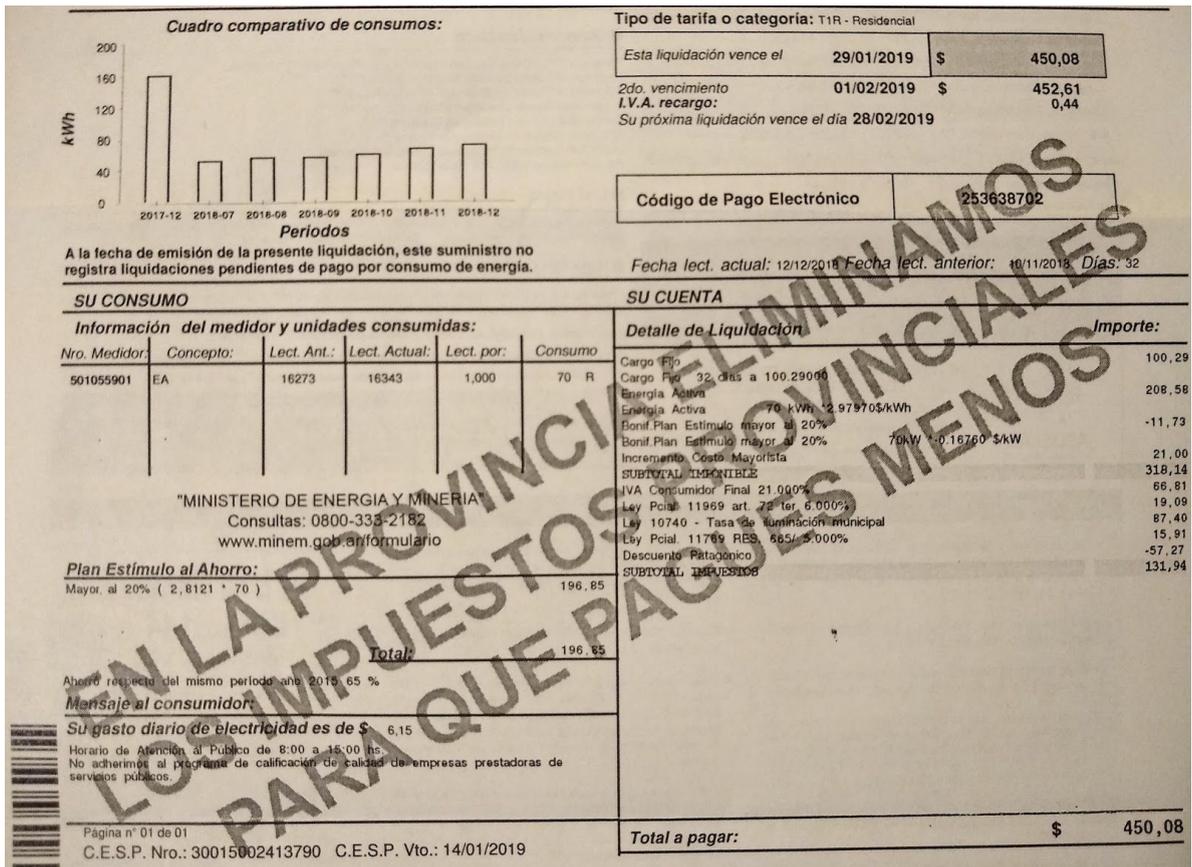


Fig 50. Boleta de electricidad de la empresa EDES SA, desde el 10/11/2018 hasta el 12/12/2018.

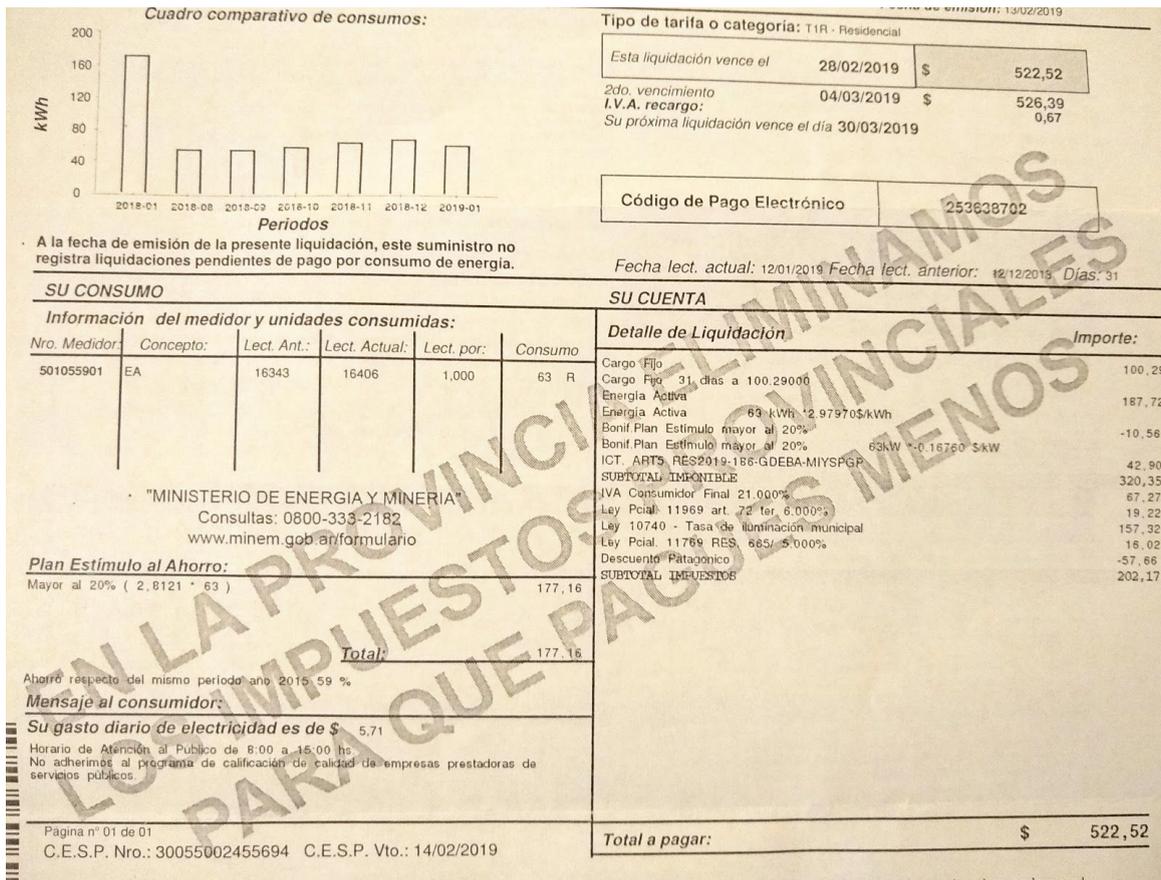


Fig 51. Boleta de electricidad de la empresa EDES SA, desde el 12/12/2018 hasta el 12/01/2019.

Partiendo de los kilowatts por hora acumulados durante la prueba, se realizaron los cálculos correspondientes para obtener el valor en pesos del periodo registrado. Para esto es necesario tener en cuenta cargos y descuentos aplicados sobre el energía facturada, los mismos se detallarán a continuación y provienen del cuadro tarifario de la empresa, este se encuentra vigente desde el 23 de septiembre del 2018. Los valores se encuentran encuadrados en la tarifa residencial T1 (T1 - Residencial).

- Cargo variable, si el consumo no supera los 100 kWh, se aplica un monto fijo de \$100.29 y el valor del kWh es de \$2.9797.
- Bonificación, debido al Plan Estímulo al Ahorro del gobierno nacional, para el ahorro de energía. Que aplica un descuento dependiendo si el consumo es 10%, 20% o mayor al 20% respecto al mismo periodo del año anterior. En nuestro caso se aplica el mayor al 20%, que equivale a 5% de la energía facturada.

- Incremento costo mayorista, que es un monto fijo de \$21.
- IVA consumidor final, representa el 21% del subtotal.
- Ley provincial 11929 art 70, aplica un recargo del 6% del subtotal.
- Ley 12740 - Tasa de iluminación municipal, que equivale a \$87.40 fijos.
- Ley provincial 11789 res 665, la misma aplica un recargo del 5% del subtotal.
- Descuento patagónico, que es una bonificación del 18% del subtotal.

Aplicando todos los puntos mencionados, sobre los kWh obtenidos por el monitor. Fue posible obtener un valor que es equivalente a lo que factura la empresa proveedora del servicio.

Kilowatts por hora consumidos durante la prueba	74.25
Precio del kWh	2.9797
Detalle de la factura	Montos
Cargo fijo <100kWh	\$ 100.29
Energía activa	\$ 221.24
Plan estímulo - Ahorro > al 20%	\$ -11.06
Incremento al costo mayorista	\$ 21
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 331.46</b>
IVA Consumidor final 21%	\$ 69.61
Ley Provincial 11969 art 72 - 6%	\$ 19.89
Ley Provincial 10740 - Tasa de iluminación municipal	\$ 87.40
Ley Provincial 11789 RES 665 - 5%	\$ 16.57
Descuento patagónico	\$ -59.66
<b>SUBTOTAL IMPUESTOS</b>	<b>\$ 133.80</b>
<b>TOTAL A PAGAR</b>	<b>\$ 465.27</b>

El valor en pesos argentinos se puede observar en la tabla anterior. Y se encuentra dentro de los montos que usualmente son abonados en el domicilio.

Partiendo de los resultados obtenidos, es posible determinar que las pruebas en las instalaciones de una residencia doméstica fueron desarrolladas de forma correcta. El prototipo superó la mayoría de las incidencias que estaban previstas y las mediciones recolectadas mostraron una precisión que ronda el

90%. Que es aceptable debido al error esperado que se planteó en el capítulo anterior.

Debido al carácter experimental del trabajo, se tomó la decisión de no continuar con el proceso de calibración del prototipo. Sino que desviar los esfuerzos en el desarrollo de la arquitectura de software que respaldan la solución. Pero es posible definir como una futura línea a seguir un proceso de re trabajo sobre el prototipo, pensando en suplantar o agregar componentes de hardware diferentes y el mejorar el algoritmo de censado tomando como referencia los consejos del experto en el área de la electricidad.

## VI. Conclusiones

En función de lo expuesto a largo de este trabajo, pudimos observar que el consumo de electricidad posee un impacto de gran importancia para el medio ambiente. En Argentina, el 43% (CAMMESA, 2017) de la electricidad utilizada se localiza en el sector residencial. Por ende, la solución definida fue destinada a dicho sector, ya que resulta primordial instalar hábitos y conductas que promuevan un uso eficiente de la energía eléctrica.

El uso de tecnologías con las que mantenemos un contacto diario como los teléfonos inteligentes, resultó ser una forma útil de poner a disposición de las personas información. Fue el motivo por el cual desarrollamos una aplicación móvil para el sistema operativo Android, que en la actualidad ocupa el 86% del mercado.

Uno de los desafíos en el campo de los monitores de electricidad se encuentra en cómo mantener la atención de sus dueños. En otras palabras, aunque el producto provea la información correcta y útil, si las personas no prestan atención al monitor es casi imposible que puedan percatarse de que están utilizando los recursos de forma errónea. Debido a esto, se investigó y profundizó en conceptos de usabilidad en las aplicaciones móviles, de forma tal que la aplicación en cuestión resultara fácil de utilizar y además suministrara la información de forma atractiva para el usuario.

En cuanto al internet de las cosas, fue uno de los pilares más fuertes a la hora definir cuestiones arquitectónicas para la solución. Impulsó el uso de un dispositivo capaz de conectarse a una red de internet. Que además cuenta con cierta autosuficiencia, siendo capaz de ejecutar acciones ante determinados eventos, como una caída del suministro eléctrico o del servicio de internet. El dispositivo fue desarrollado usando software y hardware libre por lo que el costo de implementación resultó muy bajo.

El proceso de desarrollo de la solución fue llevado a cabo mediante una metodología de desarrollo ágil, la cual permitió enfocarse en cuestiones netas del desarrollo de software. La documentación generada no es extensa pero aporta la información necesaria para la implementación.

Los procesos definidos por la metodología fueron llevados a cabo y documentados correctamente; los tiempos definidos en las iteraciones se pudieron concretar correctamente. Esto se debió a que tenían una duración de un mes y solo se incluyeron dos historias de usuario en cada una, lo que denota iteraciones con poca carga de requerimientos para el tiempo de duración planteado.

Respecto a la solución desarrollada, cumplió con las expectativas esperadas. Los puntos más críticos fueron implementados siguiendo las buenas prácticas en cuestiones de codificación y se realizaron las pruebas necesarias para asegurar que su funcionamiento fuera el correcto.

El experto del área electrónica, aportó sus conocimientos para el diseño y montaje de los circuitos necesarios para conectar el sensor no invasivo al monitor, en la definición de las fórmulas utilizadas para transformar los valores obtenidos del sensor y, además, participó en el diseño del algoritmo de muestreo, siendo, al mismo tiempo, el responsable de aclarar conceptos relacionados a la energía eléctrica.

En base a los resultados que se obtuvieron de las diferentes pruebas detalladas en el capítulo V (*Verificación y análisis de los resultados*), se arribó a la conclusión de que cada una de las partes de la solución (monitor de electricidad, servidor de datos, aplicación web y la aplicación móvil) respondió como se esperaba a los escenarios definidos en cada una de las pruebas. Fueron verificados aspectos de rendimiento frente a demandas elevadas y el desempeño del monitor en la vida diaria.

Como se mencionó anteriormente, resultaba de suma importancia para el desarrollo de esta solución lograr mantener la atención del usuario sobre la información brindada. Esto se logró a través de las diferentes notificaciones enviadas a la aplicación móvil.

Si bien la solución desarrollada alcanza los objetivos propuestos, sería de gran utilidad realizar una evaluación con diferentes usuarios, que se encuentren ajenos al dominio de la problemática, con el objetivo de recoger diferentes opiniones sobre la aplicación y diferentes puntos de vista sobre las interfaces gráficas, funcionalidades e información.

## **VII. Líneas futuras de trabajo.**

En este capítulo, se van a exponer lineamientos sobre los cuales es posible continuar con el desarrollo de la solución e investigar tecnologías para contribuir a mejorarla. Los mismos surgieron de los procesos de desarrollo llevados a cabo y de las dificultades que se presentaron durante estos.

### **VII.1. Mejoras sobre la estación de medición.**

El prototipo desarrollado cumplió con su función de forma satisfactoria. Sin embargo, existen varios aspectos que pueden someterse a un proceso de mejora. Con el fin de obtener una solución que aporte datos con mayor precisión y con un nivel de usabilidad mucho más elevado, estos aspectos serán detallados en los siguientes párrafos.

Es primordial, reemplazar el sensor de corriente eléctrica por otro modelo que garantice una precisión mayor en las mediciones. De forma que los datos enviados sean de mejor calidad.

Otro factor que se debe considerar, es obtener la tensión de la línea con un sensor adicional, debido a que actualmente esta se encuentra definida como un valor constante. Incorporar otro sensor en el prototipo, significa una reducción notable en el porcentaje de error de cada valor.

A fines de incrementar la usabilidad del prototipo, una acción a ejecutar se trata de incluir una pequeña pantalla en su caja. En este se podrían mostrar los siguientes datos: potencia actual de la línea, kWh consumidos desde su instalación y estado de la conexión wifi. Con la finalidad de poder aportar información al usuario para que pueda verificar el estado en el que se encuentra el monitor y al mismo tiempo visualizar el consumo eléctrico prescindiendo de la aplicación móvil.

Durante las pruebas llevadas a cabo, se detectó que una de las problemáticas más frecuentes del prototipo reside en la conectividad a internet. El módulo ESP8266 que se incorporó, experimentaba fallas que llevaban a la pérdida de conexión. Estas sucedían de forma totalmente aleatoria y no se pudieron establecer los motivos de este problema. Uno de los posibles disparadores, se

centraba en problemas en el software embebido del módulo, pero no se pudo fundamentar que esto sea verdadero. Por ende, se propone el reemplazo de este módulo, por otro. Una de las alternativas que se analizaron fue un shield que posee el módulo wifi integrado y se acopla de forma muy sencilla al Arduino.

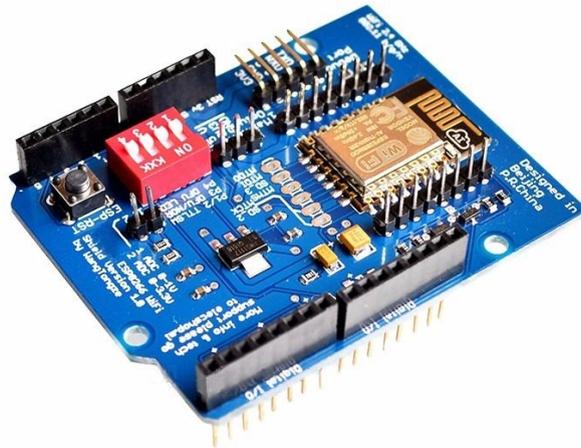


Fig 52. Shield ESP 8266 para Arduino Uno R3.

Este shield, cuenta con un chipset con mayor potencia que el módulo en el prototipo. La antena que posee integrada tiene un grado de alcance muy amplio y además se encuentra blindado para evitar interferencias de otras señales.

## VII.2. Tecnologías alternativas para informar el consumo en tiempo real.

La funcionalidad desarrollada no utiliza ningún protocolo en especial para el envío del consumo en tiempo real a la aplicación móvil. Sino que lo hace mediante HTTP ejecutando una petición cada un determinado tiempo.

Este proceso es necesario que sea suplantado por otro más eficiente, para esto es factible el uso de alguna de las siguientes tecnologías MQTT, Spring Webflux, websocket, Spring Reactor o NodeJS.

Uno de las alternativas que se evaluó fue MQTT. Es un protocolo cliente/servidor para el intercambio de mensajes. Está basado en patrón arquitectónico publicador-suscriptor, donde un cliente puede ocupar cualquier de los dos roles. Es ideal para IoT debido a que ocupa muy poco ancho de banda y

funciona sobre TCP/IP, además los clientes no requieren de gran potencia de procesamiento para enviar o recibir información, esto resulta muy importante dado que los dispositivos que poseen software empujado generalmente tienen un rango de recursos muy acotado.

### VII.3. Aplicación multiplataforma.

La aplicación móvil se encuentra desarrollada para teléfonos que posean el sistema operativo Android, que es el predominante en el mercado. No obstante, existe un gran número de usuarios que poseen smartphones con IOS y Blackberry. Estos son posibles usuarios de la aplicación, pero se encuentran limitados debido a que esta no es compatible con sus teléfonos.

Por esta razón uno de los lineamientos a futuro, es el desarrollo de una aplicación que sea compatible en los diferentes sistemas operativos. Que impacta directamente en la rentabilidad de la solución en una posible salida al mercado. En el caso de que este escenario sea real, es válido invertir tiempo y recursos para llevar a cabo el nuevo desarrollo.

Existen varias alternativas que pueden ser utilizadas en una futura implementación. La mayoría se basa en el concepto de desarrollar en un único lenguaje tanto la lógica del negocio como las interfaces. Luego generar una versión para cada sistema operativo en particular.

Algunas de las soluciones que se encuentran disponibles y permiten el desarrollo para múltiples plataformas son Apache Cordova, PhoneGap, Flutter, Ionic, React Native, NativeScript, Jsonette, ManifoldJS, etc.

Cada una de estas opciones posee diferentes características en cuanto al lenguaje de desarrollo y los patrones de diseño a seguir. Algunas son totalmente gratis y otras ofrecen un mínimo de herramientas gratis, el resto (que por lo general son las útiles) tienen un costo. Otra de las grandes diferencias se encuentra en el código que generan, debido a que en algunos casos lo que se implementa se vuelca a un navegador web embebido dentro una aplicación como Apache Cordova. Aunque otras de las alternativas son capaces de generar código nativo para cada sistema operativo como es el caso de React Native.

Cualquiera de las tecnologías que se seleccione para comenzar el desarrollo es viable, el factor de elección se encuentra en la performance esperada de la aplicación y en los conocimientos previos del equipo de desarrollo.

#### VII.4. Análisis de los datos

En un escenario de uso masivo de la solución, resulta muy útil disponer de funcionalidades que permitan realizar un análisis en mayor profundidad de los datos obtenidos. Con el fin de poder caracterizar individuos en función de su comportamiento frente al consumo eléctrico.

Aplicando minería de datos sobre la información, sería posible generar reportes analíticos con datos relevantes, definir las variaciones de consumos dependiendo de los sectores geográficos, establecer franjas horarias de consumo, etc.

## VIII. Anexos.

### VIII.1. Resultados de la prueba controlada, previa al ajuste del monitor.

Prueba con consumo intermitente			Prueba con consumo maximo			Prueba sin consumo		
Listado de mediciones			Listado de mediciones			Listado de mediciones		
Nº	Monitor	Tester digital	Nº	Monitor	Tester digital	Nº	Monitor	Tester digital
1	3048,53	2304,24	1	4881,05	4159,43	1	0,04	0,01
2	4074,25	2616,25	2	7423,57	4121,17	2	0,06	0,06
3	3694,78	3242,88	3	5447,57	4154,05	3	0,03	0,06
4	3290,90	3140,59	4	6449,45	4676,33	4	0,08	0,02
5	3756,64	2943,72	5	5547,44	4148,50	5	0,00	0,02
6	4046,50	3042,19	6	7086,48	4651,46	6	0,03	0,02
7	3578,24	2336,38	7	7564,53	4111,81	7	0,04	0,01
8	4035,29	2812,03	8	7074,01	4451,11	8	0,03	0,06
9	3542,05	2194,49	9	4127,39	4225,95	9	0,08	0,00
10	4247,97	2768,97	10	4791,05	4192,53	10	0,05	0,01
11	3642,52	2697,44	11	7318,16	4158,97	11	0,00	0,02
12	2766,83	2830,42	12	7652,30	4622,91	12	0,01	0,05
13	3047,06	2906,34	13	5692,30	4175,31	13	0,01	0,02
14	2734,26	2885,63	14	7519,79	4186,06	14	0,08	0,02
15	3398,93	2706,24	15	5347,08	4114,67	15	0,05	0,04
16	4093,64	2954,02	16	4559,42	4089,05	16	0,06	0,00
17	3066,56	2869,66	17	4160,14	4071,34	17	0,07	0,01
18	4344,50	2466,70	18	7333,65	4480,77	18	0,04	0,02
19	3436,30	2509,71	19	7090,63	4100,17	19	0,07	0,05
20	3440,77	2806,44	20	6888,25	4354,97	20	0,04	0,00
21	3333,41	2441,46	21	6399,69	4352,92	21	0,04	0,00
22	4086,30	2870,60	22	6440,90	4315,84	22	0,02	0,03
23	2986,68	2199,19	23	4938,10	4160,71	23	0,04	0,02
24	3176,92	3027,61	24	7396,09	4415,63	24	0,06	0,02
25	3081,70	2930,91	25	4809,94	4205,25	25	0,06	0,05
26	3545,71	2258,29	26	4246,00	4285,35	26	0,07	0,04
27	2933,55	2191,62	27	7282,84	4112,80	27	0,05	0,03
28	3062,74	2840,13	28	4388,67	4218,48	28	0,06	0,03
29	2850,47	2499,05	29	6878,05	4394,87	29	0,01	0,00
30	3855,73	3166,65	30	6208,25	4300,34	30	0,08	0,03
31	2740,21	2288,35	31	4100,36	4667,30	31	0,06	0,01
32	3276,24	2349,66	32	5311,65	4551,24	32	0,05	0,01
33	3047,40	3090,88	33	6409,97	4356,83	33	0,03	0,02
34	3832,36	2976,53	34	7527,54	4338,35	34	0,02	0,00
35	3177,59	2560,12	35	7408,44	4500,54	35	0,08	0,04
36	2778,54	2831,87	36	4037,96	4093,19	36	0,07	0,05
37	4455,80	2221,19	37	5876,33	4103,82	37	0,01	0,04
38	4204,88	2962,14	38	5960,21	4732,86	38	0,03	0,05
39	3653,86	2932,14	39	6170,69	4507,89	39	0,02	0,05
40	3966,46	2691,70	40	5758,80	4189,20	40	0,00	0,02
41	2982,00	3244,76	41	6705,42	4577,93	41	0,02	0,06
42	3696,55	2472,19	42	6880,97	4358,43	42	0,06	0,04
43	3135,52	2766,04	43	5076,83	4164,99	43	0,06	0,03
44	4215,02	2279,97	44	4977,81	4133,34	44	0,03	0,01
45	2827,51	2465,24	45	7437,43	4487,59	45	0,01	0,05
46	3683,99	3136,53	46	6501,71	4265,69	46	0,00	0,03
47	4201,09	2321,79	47	7673,37	4052,56	47	0,04	0,05
48	3240,35	2608,75	48	5315,92	4451,03	48	0,08	0,02
49	2872,39	2335,90	49	6388,29	4123,32	49	0,06	0,02

50	3209,64	2936,25	50	6753,13	4456,09	50	0,01	0,02
51	4334,03	2920,26	51	6174,36	4293,80	51	0,05	0,05
52	3647,37	3083,81	52	4967,01	4291,12	52	0,03	0,05
53	3745,30	2604,57	53	6340,35	4316,14	53	0,00	0,03
54	4438,42	2789,69	54	4258,44	4323,47	54	0,05	0,03
55	2820,08	2491,77	55	6381,97	4198,35	55	0,01	0,00
56	2820,76	3219,02	56	6766,53	4547,23	56	0,02	0,01
57	2965,65	2855,78	57	5039,70	4249,37	57	0,01	0,03
58	4133,73	2915,53	58	5633,83	4623,18	58	0,07	0,02
59	2987,66	2759,22	59	7021,85	4492,72	59	0,02	0,01
60	3453,38	2726,52	60	7472,75	4474,32	60	0,05	0,02
61	4052,89	2308,10	61	7089,73	4052,56	61	0,05	0,01
62	2775,40	2695,84	62	7623,74	4326,35	62	0,06	0,05
63	3613,41	2845,10	63	5598,37	4485,71	63	0,01	0,03
64	3769,10	3195,76	64	5583,01	4720,54	64	0,01	0,03
65	2913,73	2608,98	65	4608,28	4157,04	65	0,01	0,05
66	2923,98	2706,77	66	4493,64	4719,92	66	0,03	0,05
67	2917,75	3198,20	67	5555,48	4721,70	67	0,05	0,05
68	3473,02	2758,88	68	6227,50	4194,32	68	0,01	0,04
69	3457,52	2527,86	69	4458,74	4146,37	69	0,07	0,06
70	3850,45	3124,07	70	4425,03	4651,29	70	0,08	0,01
71	3894,36	2207,90	71	7657,57	4632,23	71	0,04	0,00
72	4420,78	3173,13	72	4867,29	4197,24	72	0,06	0,01
73	3819,62	3075,36	73	7090,10	4560,29	73	0,03	0,05
74	4054,41	2357,48	74	6880,73	4226,03	74	0,01	0,03
75	4067,08	2637,59	75	7459,86	4344,70	75	0,01	0,04
76	4036,98	2880,69	76	6989,35	4444,02	76	0,03	0,02
77	3931,22	2554,25	77	5652,75	4351,11	77	0,03	0,06
78	3488,63	2195,95	78	6807,58	4421,84	78	0,08	0,03
79	3489,64	2569,85	79	6552,47	4568,15	79	0,07	0,03
80	3959,47	3063,95	80	7672,01	4503,71	80	0,03	0,04
81	3582,97	2264,48	81	7607,59	4535,25	81	0,07	0,05
82	3857,92	2756,41	82	4110,76	4692,63	82	0,02	0,04
83	3352,94	2201,68	83	6247,14	4537,98	83	0,04	0,03
84	4158,63	2684,27	84	7694,89	4531,81	84	0,05	0,04
85	3035,84	2554,37	85	7669,50	4189,93	85	0,01	0,01
86	2818,03	2217,88	86	4043,82	4489,11	86	0,04	0,00
87	2926,47	2471,77	87	5190,99	4216,49	87	0,05	0,01
88	3644,39	2637,52	88	6443,31	4347,63	88	0,05	0,00
89	2859,79	2265,98	89	4652,81	4380,38	89	0,03	0,02
90	3450,39	2316,02	90	5818,35	4144,25	90	0,02	0,03
91	3180,77	3025,40	91	4714,96	4560,80	91	0,02	0,06
92	3150,61	2716,56	92	6685,27	4585,50	92	0,08	0,05
93	4369,60	2700,63	93	4864,86	4412,89	93	0,04	0,05
94	3215,30	3238,41	94	6338,86	4140,13	94	0,08	0,03
95	4103,36	2541,83	95	4692,14	4617,46	95	0,04	0,06
96	3755,34	2262,50	96	6516,17	4504,25	96	0,06	0,05
97	4185,41	2333,62	97	6255,49	4170,20	97	0,03	0,04
98	2976,77	2670,09	98	4633,76	4464,09	98	0,00	0,03
99	3272,20	2322,37	99	7196,73	4217,80	99	0,01	0,04
100	3279,30	3223,84	100	5045,70	4558,33	100	0,01	0,04
101	4257,50	2493,22	101	4344,02	4380,51	101	0,08	0,04
102	3442,86	2823,82	102	5926,42	4521,09	102	0,03	0,00

103	3104,87	2600,23
104	3202,69	2186,12
105	3693,43	2253,76
106	4428,66	2694,92
107	4099,15	2961,86
108	3817,79	2428,79
109	4185,03	3069,84
110	2827,34	2371,94
111	4026,17	2745,87
112	3296,12	3086,61
113	4148,02	2454,38
114	2913,31	2259,76
115	3789,83	2405,77
116	3574,24	2818,85
117	3107,57	2234,53
118	3327,17	2692,11
119	2943,54	2764,68
120	3865,70	2863,54

103	4693,03	4535,12
104	5826,97	4628,25
105	7615,53	4237,31
106	4693,59	4746,87
107	4742,20	4324,90
108	5427,30	4379,92
109	4748,34	4044,57
110	6174,33	4441,15
111	7668,24	4082,24
112	6146,35	4561,33
113	6673,06	4491,03
114	7287,71	4180,05
115	7341,25	4278,45
116	6376,89	4615,73
117	5923,24	4296,56
118	6862,06	4419,91
119	5596,66	4284,60
120	6704,09	4097,72

103	0,01	0,02
104	0,00	0,04
105	0,07	0,00
106	0,03	0,04
107	0,07	0,05
108	0,05	0,02
109	0,00	0,03
110	0,04	0,03
111	0,03	0,04
112	0,07	0,03
113	0,05	0,01
114	0,02	0,03
115	0,07	0,05
116	0,08	0,03
117	0,04	0,03
118	0,08	0,04
119	0,01	0,01
120	0,03	0,04

VIII.2. Resultados de la prueba controlada, posterior al ajuste del monitor.

Prueba con consumo intermitente		
Listado de mediciones		
N°	Monitor	Tester digital
1	683,67	468,75
2	2945,32	1162,17
3	1182,39	2559,98
4	1664,46	3047,64
5	1332,54	2359,29
6	1479,25	2705,69
7	352,27	1723,11
8	2262,37	1001,47
9	1174,23	3163,24
10	2738,34	2647,37
11	302,37	1670,27
12	1117,41	2845,90
13	1482,46	2708,61
14	955,03	268,39
15	1140,52	1549,16
16	2612,71	1249,54
17	2249,39	1843,43
18	1100,67	864,09
19	981,83	2232,98
20	2734,24	2158,54
21	850,14	1203,20
22	2207,77	1811,76
23	2275,76	2662,52
24	2998,65	2589,54
25	988,86	652,26
26	2173,39	2996,03
27	277,87	221,79
28	1566,62	2812,68
29	2669,62	2746,75
30	2762,02	1304,82
31	2373,34	1700,35
32	699,59	2322,06
33	529,52	333,73
34	1343,60	2535,74
35	1106,56	1035,84
36	492,25	724,10
37	885,54	2018,57
38	381,13	3044,83
39	1496,17	2032,92
40	2627,74	981,55
41	1068,48	124,33
42	955,61	2473,50
43	1421,60	1067,19
44	2228,44	654,67
45	2558,69	1645,62
46	568,86	324,06
47	2769,61	2251,51
48	907,42	1138,07
49	1433,63	1448,62
50	1980,98	2801,15
51	649,34	1369,41
52	1262,13	582,24
53	1301,29	132,49

Prueba con consumo maximo		
Listado de mediciones		
N°	Monitor	Tester digital
1	4360,32	4432,25
2	4085,65	4684,12
3	3932,68	4633,63
4	4184,86	4551,04
5	4033,02	4567,39
6	4015,64	4356,25
7	4108,93	4348,01
8	3858,56	4410,50
9	4209,50	4478,73
10	4444,34	4618,59
11	4384,79	4399,30
12	4026,34	4634,47
13	3939,31	4391,18
14	4394,12	4598,31
15	3846,60	4602,49
16	4182,37	4693,70
17	4226,16	4446,44
18	4272,86	4320,40
19	4177,23	4680,35
20	4196,93	4467,93
21	3998,42	4356,99
22	4022,74	4660,32
23	4320,87	4572,68
24	4346,66	4500,81
25	4194,84	4426,51
26	4459,58	4633,06
27	4244,87	4585,58
28	4455,99	4443,25
29	4076,69	4660,28
30	4418,22	4578,41
31	4369,38	4693,84
32	4259,31	4533,10
33	4209,31	4552,76
34	4312,11	4604,70
35	3937,02	4355,48
36	4234,94	4548,25
37	4079,14	4689,43
38	4428,68	4659,96
39	3824,60	4606,90
40	4195,31	4451,86
41	4253,18	4555,77
42	4424,18	4502,17
43	3846,04	4485,97
44	4235,82	4536,21
45	4330,11	4699,75
46	4123,86	4598,72
47	4064,26	4409,24
48	4268,52	4591,62
49	3780,40	4371,53
50	4160,57	4700,87
51	4121,52	4572,37
52	4255,39	4362,46
53	4407,30	4604,21

Prueba sin consumo		
Listado de mediciones		
N°	Monitor	Tester digital
1	0,02	0,03
2	0,03	0,02
3	0,03	0,04
4	0,03	0,03
5	0,02	0,02
6	0,02	0,03
7	0,02	0,04
8	0,02	0,04
9	0,03	0,04
10	0,03	0,04
11	0,02	0,03
12	0,03	0,04
13	0,03	0,03
14	0,03	0,02
15	0,03	0,03
16	0,02	0,04
17	0,03	0,04
18	0,03	0,03
19	0,03	0,03
20	0,03	0,02
21	0,02	0,03
22	0,03	0,02
23	0,02	0,03
24	0,03	0,03
25	0,03	0,03
26	0,02	0,03
27	0,04	0,03
28	0,04	0,02
29	0,03	0,03
30	0,02	0,04
31	0,02	0,03
32	0,02	0,03
33	0,03	0,03
34	0,03	0,02
35	0,02	0,02
36	0,02	0,02
37	0,03	0,03
38	0,03	0,04
39	0,02	0,03
40	0,02	0,03
41	0,03	0,04
42	0,02	0,02
43	0,03	0,03
44	0,03	0,04
45	0,03	0,03
46	0,02	0,02
47	0,02	0,03
48	0,02	0,03
49	0,02	0,03
50	0,03	0,04
51	0,02	0,04
52	0,03	0,03
53	0,02	0,04

54	3040,66	2467,34
55	2948,41	1498,71
56	859,18	234,84
57	1818,83	2815,46
58	1344,20	1691,30
59	670,91	1282,19
60	2966,15	2168,83
61	1340,76	2302,36
62	1988,61	1725,55
63	2789,63	1886,40
64	1208,85	346,80
65	497,77	569,11
66	916,54	1207,03
67	1480,61	677,72
68	1055,86	1221,95
69	2516,03	2952,11
70	2481,76	2792,49
71	2432,73	2081,94
72	882,76	1066,57
73	1965,85	1009,78
74	884,17	1089,01
75	1721,15	2582,39
76	1337,85	2428,80
77	1954,79	3255,59
78	1465,47	911,16
79	913,26	2055,15
80	1256,51	841,07
81	1046,37	2566,24
82	1066,72	892,30
83	2541,69	693,19
84	1267,41	1076,04
85	401,78	946,74
86	2501,20	1071,29
87	965,54	1421,54
88	1728,35	116,97
89	514,15	2309,76
90	1958,79	1488,04
91	994,73	2588,84
92	1306,40	1973,19
93	1970,48	613,97
94	2746,40	1376,21
95	1716,87	424,96
96	1387,58	3161,05
97	2997,50	2270,35
98	2264,79	3227,09
99	1320,89	1810,07
100	2071,05	1656,14
101	2951,05	133,94
102	782,60	2615,29
103	1951,13	2830,35
104	1951,99	2719,63
105	2530,46	2786,17
106	2333,46	3207,13
107	361,31	2641,92
108	1436,31	2623,94
109	652,78	2703,96
110	796,95	2863,65

54	3826,28	4469,25
55	3938,82	4699,76
56	4438,08	4547,11
57	4383,86	4406,24
58	4253,94	4569,40
59	4206,97	4597,56
60	4300,11	4602,21
61	4034,41	4357,22
62	4460,77	4485,52
63	4425,69	4320,82
64	4294,99	4423,51
65	3866,57	4420,56
66	4363,65	4332,12
67	4026,36	4621,03
68	4405,21	4656,56
69	4466,23	4537,63
70	3899,04	4534,84
71	3969,42	4702,12
72	4439,09	4566,99
73	3848,07	4472,76
74	4212,29	4530,24
75	4392,91	4312,45
76	4207,96	4614,85
77	4389,07	4583,23
78	3950,65	4344,77
79	4121,20	4572,86
80	4307,44	4513,26
81	4163,61	4634,87
82	3792,63	4519,15
83	4265,55	4367,18
84	3815,77	4513,05
85	4039,46	4628,79
86	4130,50	4658,84
87	4352,88	4531,67
88	3958,16	4508,85
89	4378,64	4603,19
90	4065,21	4666,30
91	4212,45	4452,86
92	3965,27	4651,98
93	4334,74	4465,58
94	3842,03	4370,37
95	3969,14	4689,27
96	3861,42	4432,66
97	4178,85	4385,57
98	4324,88	4494,92
99	3913,05	4455,94
100	4145,12	4690,92
101	4321,81	4707,41
102	4314,06	4518,58
103	4205,88	4667,10
104	3791,12	4522,49
105	4307,02	4409,64
106	3890,74	4387,94
107	3921,06	4320,39
108	4152,93	4621,48
109	4285,53	4380,72
110	3868,31	4606,71

54	0,04	0,04
55	0,03	0,03
56	0,03	0,04
57	0,02	0,02
58	0,02	0,03
59	0,02	0,03
60	0,03	0,03
61	0,03	0,04
62	0,02	0,03
63	0,02	0,02
64	0,03	0,03
65	0,04	0,04
66	0,02	0,03
67	0,02	0,04
68	0,02	0,03
69	0,02	0,04
70	0,03	0,04
71	0,02	0,02
72	0,03	0,02
73	0,03	0,02
74	0,03	0,03
75	0,02	0,02
76	0,03	0,03
77	0,03	0,03
78	0,02	0,02
79	0,02	0,04
80	0,03	0,02
81	0,03	0,03
82	0,03	0,03
83	0,02	0,03
84	0,02	0,04
85	0,02	0,03
86	0,03	0,03
87	0,02	0,03
88	0,03	0,03
89	0,02	0,03
90	0,02	0,04
91	0,03	0,03
92	0,03	0,04
93	0,03	0,03
94	0,02	0,02
95	0,03	0,04
96	0,02	0,03
97	0,03	0,03
98	0,03	0,03
99	0,02	0,02
100	0,02	0,03
101	0,03	0,03
102	0,03	0,03
103	0,02	0,03
104	0,02	0,03
105	0,02	0,02
106	0,02	0,02
107	0,03	0,03
108	0,02	0,03
109	0,03	0,02
110	0,02	0,03

111	2033,29	190,40
112	2295,84	2056,83
113	1222,54	2095,53
114	2880,40	2692,83
115	1997,30	492,91
116	1819,21	3065,21
117	659,71	2475,47
118	1655,92	499,89
119	738,05	2230,36
120	858,02	1055,40

111	4320,87	4508,23
112	4428,96	4483,64
113	4424,20	4370,55
114	3890,78	4312,27
115	4111,01	4667,28
116	4103,41	4637,25
117	4092,86	4610,59
118	4299,60	4675,01
119	3959,69	4444,63
120	4071,70	4691,09

111	0,03	0,03
112	0,03	0,02
113	0,02	0,03
114	0,02	0,04
115	0,02	0,04
116	0,02	0,02
117	0,02	0,02
118	0,03	0,02
119	0,03	0,04
120	0,03	0,02

## IX. Referencias bibliográficas.

- Andrew Banks, Ed Briggs, Ken Borgendale y Rahul Gupta. (2019, marzo). MQTT versión 5.0 Oasis Standard. Disponible en: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html> [2019, abril].
- App Brain. Google Play Stats. Disponible en: <https://www.appbrain.com/stats/stats-index> [2017, octubre].
- Auth0. (2017, diciembre). Android SDK. [en línea]. Disponible en: <https://developer.android.com> [2015, enero].
- Auth0. JWT, introduction. [en línea]. Disponible en: <http://jwt.io/introduction/> [2017, septiembre].
- CAMMESA. (2017). Informe anual 2017. Disponible en: <http://ageera.com.ar/wp-content/uploads/2018/09/informe-anual-CAMMESA-2017.pdf> [2019, enero].
- Dave Evans. (2011, abril) Internet de las cosas como la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group.
- Fundelec. (2016). Datos globales por provincia. Disponible en: [https://drive.google.com/file/d/0BziaQPBJ\\_sB-eVZkMjBRSmRySTg/view](https://drive.google.com/file/d/0BziaQPBJ_sB-eVZkMjBRSmRySTg/view) [2019, enero].
- Google. Angular Official Site. [en línea]. Disponible en: <https://angular.io/> [2019, enero].
- Idrovo y Orellana. (2016, agosto). Diseño e implementación de un medidor de energía electrónico para vivienda, con orientación a la prevención de consumo y ahorro energético. Universidad Politécnica Salesiana.
- Kent Beck, Mike Beedle, Arie van Bennekum, Alistair Cockburn,+ Ward Cunningham, Martin Fowler, James Grenning, Jim Highsmith, Andrew Hunt, Ron Jeffries, Jon Kern, Brian Marick, Robert C. Martin, Steve Mellor, Ken Schwaber, Jeff Sutherland y Dave Thomas.(2001, noviembre) Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software. Utah. [en línea]. Disponible en: <http://agilemanifesto.org/history.html> [2018, diciembre].
- Kniberg, H. (2007). Scrum and xp from the trenches: How we do scrum. Lugar de publicación no identificado. C4Media.

- Kniberg H y Skarin M.(2010). Kanban and Scrum - making the most of both. C4Media.
- Niklas Heuveldop. (2017, junio). Ericsson Mobility Report. Ericsson.
- Mario Simonovich. Datos: producción y consumo de energía en el país. (2010). Disponible en: <http://www.mdzol.com/nota/657645-el-mapa-del-consumo-de-la-energia-en-argentina/> [2017, noviembre].
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e innovación Productiva de la Nación. (2017,octubre). Se conocieron los ganadores de INNOVAR 2017 . Disponible en: <http://www.mincyt.gob.ar/noticias/se-conocieron-los-ganadores-de-innovar-2017-13204> [2018, mayo].
- Moon Tech Labs.(2017). Apple Vs Android – A comparative study 2017. Disponible en: <https://www.moontechnolabs.com/apple-vs-android-comparative-study-2017/> [2018, mayo].
- Mountain Goat Software. Scrum. [en línea]. Disponible en: <http://www.mountangoatsoftware.com/agile/scrum> [2017, octubre].
- Open Energy Monitor. Sitio Oficial. Disponible en: <https://openenergymonitor.org/> [2018, mayo].
- Red Hat. (2000). Red Hat Enterprise Linux 4: Manual de seguridad. [en línea]. Disponible en: <http://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-sg-es-4/s1-wstation-pass.html> [2018, abril].
- Roy Fielding. (2000). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Universidad de California, Irvine. Disponible en: [https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding\\_dissertation.pdf](https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf) [2018, diciembre].
- Sergio Salimbeni Gandino. (noviembre, 2017). “Internet de las cosas” (IoT – Internet of Things) y su impacto en el ahorro de energía en la Argentina. Universidad del Salvador. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/320851784> [2018, mayo].

- Spring. Spring Boot. Disponible en: <https://projects.spring.io/spring-boot/> [2017, septiembre].
- Spring. WebSocket Support. Disponible en: <https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/html/websocket.html> [2017, septiembre].
- Strack, Suárez, Jacob, Branda y Murcia. (2012). El impacto del uso masivo de lámparas de bajo consumo. Conicet.
- Wabee. Sitio oficial. Disponible en: <http://wabee.com.ar/> [2018, mayo].
- Zamora y Sánchez Vivero. (2008, agosto). Curvas de demanda de energía eléctrica en el sector doméstico de dos regiones de México.