



# UNIVERSIDAD DE COLIMA

Universidad de Colima

Facultad de Ingeniería Electromecánica

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Seminario de Investigación I

## **DIGITALIZACION DE POZOS DE AGUA POTABLE CON TECNOLOGIA SIGFOX**

Juan Pablo de Jesús Figueroa Jaramillo

Raúl Asael Díaz Virgen

Octubre 2020



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>7</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	7
1.2. Antecedentes .....	8
1.3. Resumen del Problema.....	9
1.4. Objetivos .....	10
1.5. Ideas Principales.....	11
1.6. Antecedentes del problema .....	12
1.7. Método propuesto.....	15
1.8. ¿Cómo se evalúa el método propuesto? .....	17
1.9. Marco Teórico .....	18
<b>2. Metodología</b>	<b>21</b>
2.1. Configuración del servidor de hosteo.....	21
2.1.1. XenServer .....	21
2.2. XenCenter .....	23
2.3. Creación de Front-End .....	23
2.3.1. Metodología SCRUM.....	23
2.3.2. HTML 5.0.....	24
2.3.3. CSS y Bootstrap 4.0 .....	25
2.3.4. JS y PWA en V8 engine .....	26
2.4. Creación de Backend.....	28
2.4.1. Tecnología Sigfox .....	28
2.4.2. Red Sigfox .....	30
2.4.3. Callbacks .....	31
2.4.4. SFXDuino.....	31
2.4.5. API con NodeJS .....	32
2.4.6. MySQL Server .....	33
2.4.7. Arquitectura de Base de datos (Modelado Lógico) .....	35
2.4.8. PHP 7.2.1 .....	36
2.5. Métodos y Herramientas de Trabajo .....	36
2.5.1. Red de Sensores.....	37
2.5.2. Comunicación de la red de sensores con Sigfox .....	40
2.5.3. Producción del Sistema de Gestión .....	42
2.5.4. Funcionamiento del Sistema de Gestión .....	43

<b>3. Conclusiones</b>	<b>45</b>
------------------------	-----------

<b>Bibliografía</b>	<b>47</b>
---------------------	-----------

# Índice de figuras

1.1. Esquema de Proyecto .....	16
2.1. Arquitectura de XenCenter.....	22
2.2. Cliente de XenServer .....	23
2.3. Método de comunicación de la tecnología Sigfox .....	30
2.4. Arquitectura de comunicación de la red sigfox.....	30
2.5. Esquema de uso de callbacks en Sigfox .....	32
2.6. Placa de SFX-Duino.....	33
2.7. Estructura del proyecto.....	34
2.8. Modelado de la base de datos con el modelo E-R.....	35
2.9. Representación de la corriente alterna.....	37
2.10. Circuito de fuente de alimentación.....	38
2.11. Ejemplo de Sistema trifásico.....	39
2.12. Esquema de componentes electrónicos .....	39
2.13. Esquema de comunicación con Sigfox.....	40
2.14. Ejemplo de equipos dados en alta en el backend .....	40
2.15. Información de nuestra placa de SigFox .....	41
2.16. Login del Sistema de Gestión.....	44
2.17. Representación de los pozos de agua dentro del sistema .....	44



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Planteamiento del problema

La IOT, que en sus siglas en inglés significa Internet of Things, ésta nueva tecnología que surgió entre el 2008 y 2009 según la empresa de Cisco, esto después de haber hecho un análisis donde relataba que eran más los dispositivos que estaban conectados en el internet que las personas. El Internet de las cosas se ha involucrado tanto en resolver problemas que vivimos cotidianamente y está presente en todos los ámbitos como lo son académicos, empresas o gobiernos. Esto, por su gran capacidad de reunir, analizar y distribuir datos que podemos convertir en información, conocimiento y en última instancia, sabiduría.

Esta nueva tecnología que ha ido evolucionando en los últimos años es una gran puerta para resolver esta problemática, que es lograr la digitalización de pozos de agua. Actualmente la organización a la que se realizará el sistema cuenta con un sistema de revisión muy anticuado, por lo que se tiene que enviar de manera presencial a un lectorista a checar los pozos de agua potable y esto implica un coste elevado de gasolina diariamente, además de contratación de personal innecesario, otro de los problemas que se pueden abordar, es la rapidez de la solución de la problemática puesto que para saber que un pozo está dañado o necesita de mantenimiento tarda un total de 3 o 5 días en ser detectado.

El agua es uno de los recursos de mayor demanda y más imprescindibles en la vida diaria de la sociedad, su correcta extracción, distribución, administración y regulación deben de ser precisos y de la mayor exigencia.

Es importante saber que el monitoreo de estos pozos y el mantenimiento de los mismos es vital, para que el agua potable llegue a las diferentes casas de la zona donde este se encuentra, por lo que es necesario resolver estos tipos de problemas de la manera más rápida posible, porque puede representar un coste mayor para la empresa y además de presentar problemas en la distribución del agua.

La importancia de monitorear y controlar estos parámetros es de vital importancia debido a que

la falla de una fase de voltaje puede ocasionar la mala operación de una bomba y surgir una posible falla. Una sobrecarga de voltaje puede quemar la bomba o ser síntoma de sobrepresión. Conocer el nivel del agua es importante para cortar o permitir el flujo de agua y por consecuencia, poder encender o apagar bombas, además de abrir o cerrar válvulas.

## 1.2. Antecedentes

La tecnología va evolucionando día con día y esto trae cambios realmente significativos, como lo es la tecnología IoT (El Internet de las Cosas, por sus siglas en español), dando la oportunidad al ser humano de resolver problemas que se presentan cotidianamente y que en algún momento se pueden evitar, esto se puede lograr si hubiera una manera de poder manipular y monitorear variables que nos ayudaran a entender la raíz de un problema o poder evitar cierto problema y aquí es donde entra la tecnología IoT, la cual tiene la capacidad por medio de transmisores vía satelital o antena, enviar o recibir datos en tiempo real.

El tema de esta tesis surge a raíz de una necesidad de poder lograr minimizar el mal uso del agua y poder cuidar el agua que pertenece a los mantos acuíferos la cual se extrae para abastecer con agua limpia y pura a poblaciones.

Como bien se sabe existen proyectos que han intentado solucionar esta problemática en el tema de la acuicultura, aunque la problemática surge en pozos de agua para el abastecimiento de una localidad. La tecnología usada es la misma pero con cambios para lograr una adaptación del sistema a las necesidades requeridas.

En esta tecnología que es IoT existen distintos hardware que son de vital utilidad para lograr los objetivos del internet de las cosas, los cuales los siguientes son los más populares en el mercado:

1. LoRa: es una tecnología de radiofrecuencia que permite comunicaciones de larga distancia (en el orden de magnitud de unos pocos kilómetros) con bajo consumo de electricidad. Incluso, el nombre LoRa proviene de Long Range, un acrónimo adecuado para su funcionamiento.

En términos de frecuencias de funcionamiento, esta tecnología utiliza frecuencias sub-gigaHertz (por debajo de 1 GHz), en bandas dedicadas según las regiones del planeta.

2. SigFox: sigfox es un operador de red francés fundado en 2009 que construye redes inalámbricas para conectar objetos de baja potencia como medidores de electricidad y relojes inteligentes, que necesitan estar continuamente encendidos y emitiendo pequeñas cantidades de datos.

Para mejorar una idea que ya fue pensada e implementada, trabajaremos con la tecnología SigFox que es la que cuenta con mejores beneficios tanto en hardware como en software propio de la placa para enviar, recibir y manipular datos a distancia y así tener las variables que ayudarán a prevenir futuros problemas con la extracción y distribución del agua por medio de la bomba.



## 1.3. Resumen del Problema

El tema de esta tesis se centrará en resolver una problemática de la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (Capdam), sobre la monitorización de sus pozos de agua potable, puesto que cuentan con un sistema muy arcaico, el cual se pretende usar tecnología de señal de comunicaciones para poder digitalizar los datos o variables que estos emiten para llevar un control en tiempo real y simultáneamente por varios departamentos de la misma institución.

En la actualidad del uso de la tecnología ha ayudado a llevar a cabo los procesos de la mejor forma para así ahorrar tiempo, recursos y esfuerzo humano, la digitalización viene de la mano de conceptos muy utilizados en la actualidad, la mayoría de empresas suelen estar ligadas a esta tecnología. A lo largo de esta tesis veremos todos los procesos y avances que se necesitan para llevar este tipo de productos o sitios que regularmente se utilizan dentro de las plantas de tratamiento o de las dependencias encargadas de darle tratamiento a la misma.

La Internet de las cosas es un tema emergente de importancia técnica, social y económica. En este momento se están combinando productos de consumo, bienes duraderos, automóviles y camiones, componentes industriales y de servicios públicos, sensores y otros objetos de uso cotidiano con conectividad a Internet y potentes capacidades de análisis de datos que prometen transformar el modo en que trabajamos, vivimos y jugamos. Las proyecciones del impacto de la IoT sobre Internet y la economía son impresionantes, hay quienes anticipan que en el año 2025 habrá hasta cien mil millones de dispositivos conectados a la IoT y que su impacto será de 11 billones de dólares.

Sin embargo, la Internet de las Cosas también plantea importantes desafíos que podrían dificultar la realización de sus potenciales beneficios. Noticias sobre ataques a dispositivos conectados a Internet, el temor a la vigilancia y las preocupaciones relacionadas con la privacidad ya han captado la atención del público. Los desafíos técnicos siguen allí, pero además están surgiendo nuevos desafíos de políticas, jurídicos y de desarrollo.

## 1.4. Objetivos

Los objetivos de esta tesis son muchos y tiene mucha escalabilidad para pensar en muchas otras cosas que se puede aplicar la IOT, lo cual se pretende de mejorar los sistemas que se encuentran monitoreados con los controladores iguales que se mantienen desde hace ya mucho tiempo:

1. Representar los valores y variables en tiempo real
2. Enviar alertas en caso de cambios de voltajes y fallas
3. Interpretación de mantenimientos preventivos
4. Análisis de datos y estadísticas

Con esto se pretende mejorar en gran escala los procesos que se tienen actualmente, con esto llevaremos de la mano lo que mucho se conoce como sistemas ERP, para la estructuración del diseño de esquemas de programación de sistemas.

En este caso se ofrece soluciones completas llave en mano para la automatización, control y monitoreo de pozos de agua; mediante la integración de tecnología y procesos de última generación así como de la correcta ingeniería. Nuestra solución ofrecerá ventajas sobre las soluciones tradicionales, pues brindan herramientas operativas tanto a los técnicos como a los administradores y gerentes de los organismos operadores de agua, de manera que todos tengan un panorama claro de la operación, administración y mantenimiento de los pozos.

## 1.5. Ideas Principales

Las ideas principales que quiere dar a entender el tesista o el investigador en ese tema sobre todo es la relación que tiene actualmente la tecnología con los procesos que se llevan a cabo de manera mecánica o que tiene que intervenir el uso de recurso humano (no tecnológico) para la realización o finalización de cualquier proceso ya sea industrial, de monitoreo o medición, etc.....

Donde destaca que el uso de la IOT es una solución factible para mejorar los problemas en el sistema que se tiene o que se pretende solucionar, ayudando así a tener un mejor control y manejo de los recursos, optimizando la mayor parte de trabajo a las y los involucrados dentro de cualquier empresa.

Internet de las cosas (IdC), algunas veces denominado Internet de los objetos", lo cambiará todo, incluso a nosotros mismos. Si bien, puede parecer una declaración arriesgada, pero hay que tener en cuenta el impacto que Internet ha tenido sobre la educación, la comunicación, las empresas, la ciencia, el gobierno y la humanidad. Claramente Internet es una de las creaciones más importantes y poderosas de toda la historia de la humanidad.

Ahora debemos tener en cuenta que IdC representa la próxima evolución de Internet, que será un enorme salto en su capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que podemos convertir en información, conocimiento y en última instancia, sabiduría. En este contexto, IdC se vuelve inmensamente importante. Ya están en marcha proyectos de IdC que prometen cerrar la brecha entre ricos y pobres, mejorar la distribución de los recursos del mundo para quienes más los necesitan y ayudarnos a comprender el planeta para que podamos ser más proactivos y menos reactivos. Aun así, son varias las barreras que amenazan con retrasar el desarrollo de IdC, como la transición a IPv6, el establecimiento de un conjunto de normas en común y el desarrollo de fuentes de energía para millones (incluso miles de millones) de sensores diminutos. (5)

## 1.6. Antecedentes del problema

En la actualidad existen muy pocos proyectos de esta índole, cabe destacar que son pozos perforados, la mayoría no son para el manejo de las aguas residuales pero tienen una similitud en los problemas que se presentan, por lo que a su vez la implementación de la IOT fue distinta en todos los casos, pero de manera eficaz y con buenos métodos de aplicación, los resultados fueron favorables para las personas a los alrededores de dichos pozos, por lo que es importante destacar que sus objetivos y resultados esperados resultaron ser precisos, quizás con la mínima capacidad o tendencia a algún error.

Pero los antecedentes de este problema son algunos que la empresa ha visto a lo largo del tiempo y con el paso de las generaciones anteriores, por ejemplo en mayo del 2019 al menos 4 comunidades cerca del pozo de agua en la localidad de Armería se quedaron sin agua durante 4 semanas por la ineficacia del sistema tradicional, se tuvo que ir a revisar de manera directa para poder detectar la fuga que estaba representada a profundidades de 80 mts.

Otro de los ejemplos que se puede señalar, es el caso de los accidentes que se ocasionaron en la ruta de la salada por la falta de información y comunicación entre el equipo técnico y la base central de donde se emiten las órdenes, las cuales fueron dadas de manera ineficiente, por lo que esto implicó una pérdida masiva de dinero innecesaria para la empresa.

Pero existen diferentes sectores de la economía que están optando por la IOT tales son como:

1. Salud: Las aplicaciones enmarcadas en salud utilizando IoT se centran en utilizar el poder de recoger información de forma masiva para mantener un estado de los pacientes en tiempo real, administrar la información de los pacientes y tener una visión general del sistema de salud. Este tipo de aplicaciones le agregan valor al sistema de salud, debido a que los médicos tendrán información veraz y cuando sea necesaria de sus pacientes tanto en los hospitales como en casa. Además ayuda a pacientes con problemas graves de salud a que se mantenga su estado actualizado y obtener ayuda oportuna en casos de emergencia.
2. Logística: En la logística, IoT tiene como factor que agrega valor el que se pueden automatizar procesos logísticos gracias a que se le pueden agregar partes tecnológicas a objetos cotidianos. En los procesos de la gestión de cadena de suministros, la logística tiene un rol importante. El utilizar sensores y dispositivos RFID para delegar ciertas funciones a los productos como tal, puede ayudar en la toma de decisiones de forma localizada, descentralizando la información y teniendo ahorros en los tiempos de respuesta. Existen otras áreas donde la logística utilizando IoT puede mejorar procesos. Como el transporte, la industria, inventario entre otros. Se podrán tener contacto en tiempo-real con los elementos dentro de la cadena de suministros. Un ejemplo es poder controlar todos los movimientos de un automóvil, la localización actual y otros datos para predecir su destino siguiente.
3. Industria: Las aplicaciones que se enmarcan en la industria es conocida como IIoT (debido a sus siglas en ingles Industrial IoT). Esta busca resolver problemas con respecto a seguridad,

optimización de procesos, ahorro de energía y análisis de grandes cantidades de datos, entre otros.

En IIoT uno de los elementos más importantes son las redes de sensores inalámbricos (WSN, por sus siglas en inglés). Uno de los casos particulares donde se ve su utilidad es en las terminales marítimas, donde las redes de sensores son utilizadas para intercambio y control de datos. Pudiendo realizar acciones como reducción de almacenamiento de contenedores, monitoreo en tiempo real del estado de carga con características especiales, o la seguridad. Manufactura es otro de los campos emergentes con el IIoT. Se están realizando trabajos en área de producción de poli estireno, reduciendo los tiempos de parada de planta. Intel y Mitsubishi crearon de un sistema de fábrica autónoma que utiliza IoT y análisis de grandes cantidades de datos, ahorrando tiempo y dinero.

4. Vestibles: Los dispositivos vestibles ya son una realidad. Sin embargo, la habilidad de obtener información del ambiente no es suficiente para cumplir con el propósito del IoT. Para aprovechar al máximo esto, deben ofrecer además la posibilidad de utilizar los datos censados para tomar decisiones que ayuden a las personas que los utilizan. Comercialmente se tienen una gran variedad de productos. Se prevé que esta industria tendrá un valor de 12 billones de dólares. Entre los más utilizados son los productos para ejercicio y salud. Entre las investigaciones sobre vestibles se destacan las relacionadas con el ámbito de la salud.
5. Seguridad industrial: Las aplicaciones de seguridad tratan de solucionar problemas como la vigilancia de espacios, localización de personas y recursos, mantenimiento de equipos e infraestructuras, sistemas automáticos de alarmas, entre otras. Un ejemplo es presentado en dónde se utiliza IoT para realizar la operación de una mina más segura. Para prevenir y reducir accidentes en las minas, se utilizan comunicaciones inalámbricas para mantener conectados la superficie con la cueva. Así las compañías podrán mantener localizados a los mineros y analizar datos críticos para mejorar medidas de seguridad.

6. **Agroindustria y Medio Ambiente:** En agroindustria la mayoría de las implementaciones tecnológicas que utilizan el concepto de IoT están ligadas al control y predicción para generar ahorro en utilización de recursos tanto humanos como de materiales. Un ejemplo es donde utilizan controles remotos para manejar eficientemente los niveles de agua. Esto ha reducido el tiempo de espera de granjeros, la intervención manual; incrementado la eficiencia de la operación. Esto hace que la irrigación sea un buen objetivo para el tipo de impacto que quiere generar el IoT.
  
7. **Gobierno:** En la categoría de gobierno, el CEA-IoT se refiere a todo lo relacionado a lo que se puede realizar a través de administraciones del estado para tener impacto socioeconómico a nivel general de una ciudad o del país. Este concepto es conocido como ciudades inteligentes (smart cities), siendo una de las líneas de trabajo que puede generar más impacto para el IoT. La IoT puede ayudar a diseñar ciudades inteligentes, realizando aplicaciones como monitoreo de la calidad del aire, descubrir rutas de emergencia, uso eficiente de la maya de luces, irrigación de jardines públicos, etc. Una de las áreas donde se encuentra un potencial grande para el IoT es en el transporte. Utilizando redes avanzadas de sensores, informaciones de terceros y otras metodologías de ayuda, se puede obtener control y administración de la red de transporte urbano de una ciudad. Pudiendo realizar trazados de emergencia, multas sin necesidad de parar al conductor, chequeo de violaciones a las leyes de tránsito, reducción de la contaminación vehicular, sistemas anti-robo, evasión de trancones, reporte de accidentes de tráfico, etc. Otro tipo de aplicaciones es utilizar redes de sensores para realizar mediciones y monitoreo del uso de agua, gas o luz para tomar decisiones en ahorros y cobros a los usuarios.

## 1.7. Método propuesto

En el caso de nuestra solución se va a emplear IOT en sistemas embebidos como son lo que se utilizan en los pozos de agua a monitorear, este sistema que vamos a diseñar se hará con la arquitectura MVC (Modelo Vista Controlador), con el cuál diseñaremos o implementaremos un micro controlador que este midiendo en tiempo real los datos estadísticos del pozo de agua creando un canal de comunicación el cual será empleado con la tecnología de Sigfox, que es una herramienta de comunicación de datos al igual que la LTE o 4G.

Una vez que nuestro controlador esté implementado en el pozo de agua y envíe los datos a través del canal de comunicación serán enviados a la nube de Sigfox donde estos datos quedarán interpretados en API la cuál se va a consumir desde nuestro front-end, que será desarrollado con tecnologías Web Dev de NodeJS utilizando el Framework Vue-JS como maquetado de estilo de nuestras vistas y modelado para el usuario.

La función del micro controlador es enviar una serie de pulsaciones la cuál va a verificar si el pozo evidentemente cuenta con una corriente de voltaje o si de lo contrario no se encuentra con una corriente y se necesita ser restaurada la misma, además de que con las serie de datos este pueda interpretarlos para poder decir si se debe de realizar un mantenimiento dentro del pozo de agua en el que se encuentra.

Existen muchas definiciones para el término arquitectura de software. Esto es debido a su naturaleza, dado que su formulación viene basada a partir de su práctica.

Bass define Arquitectura de Software como el conjunto de estructuras que describen un sistema y que ayuda a entender cómo este se comportará. Estas estructuras son elementos arquitectónicos (componentes y conectores), las relaciones entre ellos y sus propiedades importantes.

La arquitectura de software es un conjunto de representaciones. Cada una de estas muestra el sistema de la forma en que cada interesado pueda observar los aspectos que le interesan del proyecto. Para que de esta forma los aspectos de calidad del software puedan alcanzar los límites mínimos esperados.

Existen diseños arquitectónicos que por resolver el mismo problema muchas veces es que se vuel-

ven estándares. Estos se conocen como estilos arquitectónicos y sus definiciones particulares se conocen como patrones arquitectónicos. Estos dos términos han generado controversia a lo largo del estudio de arquitectura de software.

Éstos, algunos autores los tratan como uno sólo término. Un estilo arquitectónico define cómo se va a estructurar la arquitectura, definiendo el vocabulario de los componentes, conectores y el conjunto de restricciones y como pueden ser combinadas. Mientras que un patrón es una solución genérica preestablecida para realizar la estructuración de la arquitectura. En un patrón se especifica dependiendo de cómo van a ser estos componentes, conectores y restricciones.

Toda implementación de software sigue una arquitectura, así esta no sea conocida. Esto puede suceder por múltiples razones. Esto puede generar problemas dados que no se verifica que se cumplan los requerimientos de cada interesado o no se prevean errores puntuales, pudiéndose ver afectada de manera negativa la calidad del proyecto.

En el desarrollo de este proyecto busca una solución efectiva sin perjudicar el trabajo externo sino que simplemente ayude con la eficiencia del mismo, el método a usar es con ayuda de una placa SigFox la cual dicha marca pertenece a una red de antenas que busca contribuir con el desarrollo de la IOT, la placa SigFox se conecta a una nube de datos donde se alojan los datos que recoge la placa de los sensores conectados a ella y por medio de una API. Un ordenador receptor se conecta para que por medio de un Software que se desarrollara los datos sean visualizados y así poder monitorear el comportamiento del equipo de extractor de agua del pozo por medio de variables que recogerá la placa SigFox como en la imagen a continuación.

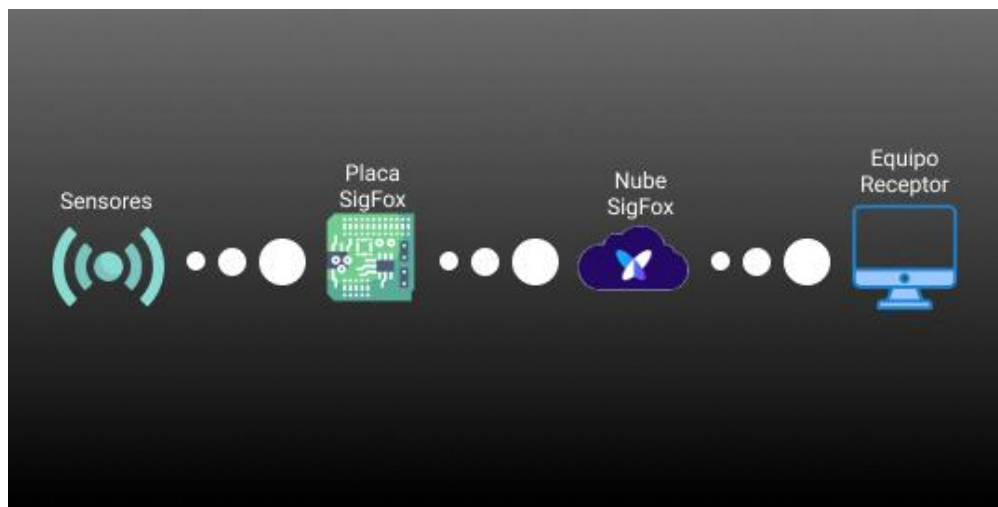


Figura 1.1: Esquema de Proyecto



## 1.8. ¿Cómo se evalúa el método propuesto?

Un software tiene muchas características que pueden afectar la calidad. Estas características deben seguir cierta naturaleza para que el sistema realice las tareas de la forma como los interesados quieren que se realicen. Estas características tienen que ser medidas de alguna forma, para saber en qué grado de satisfacción se están cumpliendo lo pactado por los interesados. La forma de medir las características es a través de los atributos de calidad. Los atributos de calidad son unidades medibles que sirven para identificar qué tan bien se satisfacen los requerimientos de calidad establecidos en las negociaciones con los interesados. Los requerimientos de atributos de calidad deben ser precisos y medibles. Y los especifican en diferentes partes.

1. Fuente de estímulo. Es alguna entidad (un humano, sistema o algún otro actor) que genera estímulo.
2. Estímulo. Es una condición que requiere respuesta cuando llega al sistema.
3. . Ambiente. El estímulo ocurre bajo ciertas circunstancias que definen un ambiente. El sistema puede estar sobrecargado o en operación normal, o en algún estado relevante.
4. Artefacto. Un artefacto es estimulado. Esto puede ser una colección de sistemas, todo el sistema, o partes de este.
5. Respuesta. Es la actividad que se lleva a cabo como resultado de la llegada de un estímulo.
6. . Medida de la respuesta. Cuando ocurre una respuesta, esta debe ser medible de alguna forma para que el requerimiento pueda ser probado.

## 1.9. Marco Teórico

Como hemos mencionado antes, IoT es un ambiente donde cosas actúan como usuarios de un sistema. Para poder tener una idea del poder que IoT tiene tenemos que ir a los años 80 donde se creó la disciplina de la computación ubicua. La definición de computación ubicua es un ambiente inteligente donde sensores, actuadores, displays y otros elementos computacionales están embebidos armónicamente en objetos de uso cotidiano conectados entre sí a través una red.

El primer uso del término fue por Gershenfeld. En su libro habla de cómo las cosas están llegando a tener menor tamaño pero siguen siendo funcionales llegando a afectar todos los aspectos de nuestra vida, como una cafetera que pueda aprender del hábito de las personas para éste saber qué clase de café quiere la persona por la hora en que lo pide y su estado de ánimo.

Para que el IoT funcione, se debe diferenciar bien cada módulo que interactúa en las soluciones de este tipo. Por lo general, existen cuatro módulos distintos. El primer módulo se refiere a la cosa como tal. Ésta puede tener dos funciones, censar o actuar y además debe tener una forma de comunicarse con otras cosas o dispositivos locales o inclusive a través de Internet. El segundo módulo es conocido como gateway. Éste se encarga de pre-procesar la información y enviarla a través de Internet al servidor central. El tercer módulo es el servidor central que se encarga de procesar y analizar la información y la preparará para su visualización. El último módulo es la capa de visualización donde por lo general son aplicaciones web que muestran información en tiempo real.

Las habilidades de censado, colección, transmisión y distribución de IoT con la forma en que se procesa la información tendríamos el conocimiento y sabiduría necesarios no solo para sobrevivir sino también para prosperar por siglos.

En IoT se busca que las cosas tengan poder computacional. Este poder computacional no tiene que ser muy potente, solamente lo suficiente para que realice las actividades queridas y no le agregue mucho valor económico. Basándose en eso, es solo una extensión del actual Internet y que en realidad debería llamarse Red de las cosas. El problema es que se ve todo a nivel de aplicación, como servicios basados en internet, dejando por fuera la complejidad ganada por sumarle, además del software, el hardware y los canales de comunicación que hace que se mejore las soluciones que no se podrían mejorar si solo tenemos internet. Se utiliza un concepto de drivers para explicar cómo IoT agrega valor a la Internet actual. Explica que existen siete drivers que se explicarán en los siguientes párrafos.

El primer driver es el sensor de proximidad manual, que se ve en las entradas de universidades y

para el transporte masivo. Esto le agrega valor a los negocios que quieren automatizar acciones cuando el sensor de proximidad pase por un detector. Estas acciones, en el caso del transporte público sería cobrar el pasaje de la persona que pasa la tarjeta.

El segundo driver es el sensor de proximidad automático, que es cuando la acción se ejecuta cuando dos objetos están dentro de un rango de distancia que es más corto que un límite. El tipo de aplicaciones que se pueden generar pueden ser actualización automática de inventario, pudiendo reducir costos, fallas en el proceso e incluso fraude.

El tercer driver es ejecutar acciones a partir de datos censados. Colocando ciertas reglas, un sistema puede tomar distintas acciones dependiendo del estado de las variables que afecten el sistema. Ejemplos de este tipo de driver son el sistema de riego automático, parrillas eléctricas que se ajusten para mantener los niveles de consumo de electricidad bajos, monitorear los signos vitales de un paciente que esté en un hospital o en su casa. Las soluciones presentarían una red de sensores capaz de obtener más información que la que un humano podría obtener, en un tiempo continuo. Con esto lograríamos obtener información que nos pueda dar nuevas pistas de cómo mejorar cada problema.

El cuarto driver es la seguridad automática de productos. Las cosas a asegurar podrían tener embebido un mini-computador que soporte alguna tecnología de seguridad. Ejemplos de este driver podría ser, encontrar una manera de verificar que la persona que esté abriendo un automóvil con una llave sea una persona autorizada para poder abrir el vehículo.

El quinto driver es la retroalimentación directa al usuario. Esto lo vemos actualmente con los dispositivos que tienen una luz encendida para decirle al usuario que está funcionando. Un uso muy bueno para este driver es que los objetos perdidos puedan avisar de alguna forma donde se encuentran.

El sexto driver es la retroalimentación extensiva al usuario. Ya sea utilizando el celular u otro dispositivo. Este dispositivo puede funcionar de enlace entre la aplicación y el sensor para sacar provecho, ya sea verificando la información o ejecutando alguna acción. El último driver es la retroalimentación para cambiar el pensamiento. Se utiliza para cambiar la

forma cómo las personas piensan, mostrándole al usuario cierta métrica para que éste pueda tomar acciones.

Por ejemplo, si se mantiene informado al usuario cuánta agua ha gastado, éste podrá ahorrar agua de modo que no tenga que pagar mucho dinero en el próximo recibo y de esa forma ayudar a su economía e incluso al medio ambiente. Otro ejemplo, es saber cómo responden las personas a los productos vendidos en las máquinas expendedoras, para que éstas sepan qué productos vender y cómo poder realizar las promociones.

Estos drivers cubren de manera general los aspectos que pueden cambiar nuestras vidas si le embebemos más aplicaciones IoT. No obstante, para que el IoT se masifique, primero tiene que probar que es necesario para la humanidad. Por lo tanto, las investigaciones y las inversiones que se realizan en IoT apuntan a ver cómo se puede ver afectada la economía, el tiempo y la salud de las personas y empresas.

# Capítulo 2

## Metodología

### 2.1. Configuración del servidor de hosteo

En esta sección vamos a explicar la configuración del servidor, al principio se nos había comentado que el servidor estaría hosteado dentro de un servidor web http en windows server 2008, por lo que se decidió en conjunto con la empresa que se tenía que buscar otra solución por lo cual después de una vasta investigación se llegó a la conclusión de que el servidor sería montado dentro de un sistema operativo basado en linux, llamado XenServer.

#### 2.1.1. XenServer

El hipervisor de Xen es una fina capa de software que emula la arquitectura de un computador permitiendo que varias máquinas virtuales se ejecuten de forma simultánea. En Xen las máquinas virtuales que se ejecutan sobre su hipervisor se las llama dominios. Existe un dominio especial llamado dominio 0 (o también dom0 o dominio privilegiado) que es responsable de controlar el hipervisor e iniciar y controlar el resto de máquinas virtuales. Al resto de máquinas virtuales se les llama domU (o también dominios de usuario. Se les llama así porque estos dominios no tienen privilegios en el sentido de que no pueden controlar ni el hipervisor ni otros dominios. Además los domU no tienen privilegios para acceder directamente al hardware, en cambio el dom0 sí.

El hipervisor se inicia con el cargador de arranque de la computadora. Una vez que el hipervisor está cargado, este inicia la ejecución de dom0. Una vez que el dom0 se ha iniciado, desde el dom0 se inician y controlan varios domU.

El hipervisor de Xen soporta dos formas de virtualizar: paravirtualización (PV) y la virtualización completa asistida por hardware (HVM), introducida en Xen 3.02:

1. Con la paravirtualización (PV) no se requieren dispositivos de hardware virtuales, se modifica el sistema operativo de la máquina virtual para que realice llamadas especiales al hipervisor

para poder acceder a los recursos como las CPU, el almacenamiento y los recursos de red. A las máquinas virtuales con este tipo de virtualización se le suele llamar huésped ligero ya que necesitan menos recursos que las otras. No todos los sistemas operativos sirven para paravirtualizar con Xen. Por ejemplo el kernel de Linux permite la virtualización usando paravirtops (pvops) desde la versión 2.6.24. Antes era necesario parchear linux para dar ese soporte (Xenlinux).

2. Con la virtualización completa asistida por hardware (HVM), el sistema operativo de la máquina virtual no es modificado. En Xen el hipervisor se apoya en las tecnologías Intel VT y AMD-V presentes en la mayor parte de computadoras actuales. En este caso el hipervisor creará un conjunto virtual completo de dispositivos de hardware (usa QEMU) para que la máquina virtual interprete que está en un computador x86. Esta emulación provoca más sobrecarga que las que usan para virtualización. Lo que provocan que se ejecuten más lentamente. Este tipo de virtualización es especialmente útil para sistemas operativos de los que no se tienen los fuentes y por tanto no se pueden modificar para realizar la para virtualización(Ej. sistemas operativos Microsoft Windows)

Para tener soluciones intermedias que no requieran tanta modificación del sistema operativo y tengan mejor rendimiento han aparecido distintas técnicas. Por ejemplo HVM con drivers PV, para virtualización sobre HVM (PHVM) y el más reciente modo PVH.

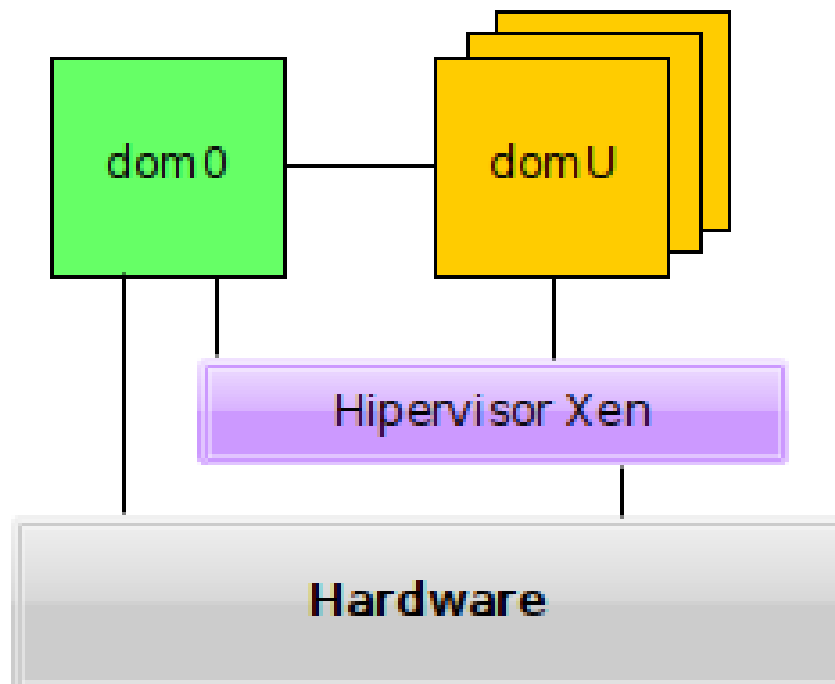


Figura 2.1: Arquitectura de XenCenter

## 2.2. XenCenter

Con XenCenter, puede administrar su entorno Citrix Hypervisor e implementar, administrar y supervisar máquinas virtuales desde su equipo de escritorio Windows. Consulte los temas de la tabla siguiente para comenzar.

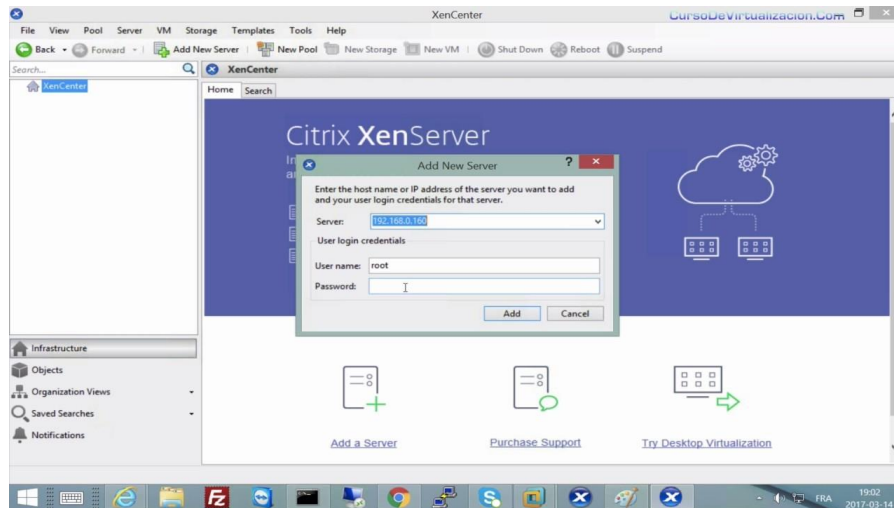


Figura 2.2: Cliente de XenServer

## 2.3. Creación de Front-End

La sección de la que vamos a hablar es sobre la elaboración de la parte del cliente de nuestra tesis, con la finalidad de ver punto con punto cómo es que ésta se desarrolla, como ya se había mencionado, el proyecto se realizará en una plataforma web totalmente responsiva a cualquier dispositivo tanto como celulares, tablets y equipos de escritorios o laptops.

Ésta herramienta se elaborará con las siguientes plataformas de desarrollo usando la metodología SCRUM para la planificación del proyecto, para la elaboración de la parte de la maquetación utilizaremos HTML 5.0 en conjunto con CSS con el framework Bootstrap 4.0 y para la interactividad y conversión a una PWA usaremos JS con el motor de V8 engine.

### 2.3.1. Metodología SCRUM

Scrum es un marco de trabajo que define un conjunto de prácticas y roles, y que puede tomarse como punto de partida para definir el proceso de desarrollo que se ejecutará durante un proyecto.

Los roles principales en Scrum son el Scrum Master, que procura facilitar la aplicación de Scrum y gestionar cambios, el Product Owner, que representa a los stakeholders (interesados externos o internos), y el Team (equipo) que ejecuta el desarrollo y demás elementos relacionados con él.

Durante cada sprint, un periodo entre una y cuatro semanas (la magnitud es definida por el equipo y debe ser lo más corta posible), el equipo crea un incremento de software potencialmente entregable (utilizable). El conjunto de características que forma parte de cada sprint viene del Product Backlog, que es un conjunto de requisitos de alto nivel priorizados que definen el trabajo a realizar (PBI, Product Backlog Item). Los elementos del Product Backlog que forman parte del sprint se determinan durante la reunión de Sprint Planning. Durante esta reunión, el Product Owner identifica los elementos del Product Backlog que quiere ver completados y los da a conocer al equipo. Entonces, el equipo conversa con el Product Owner buscando la claridad y magnitud adecuadas (Cumpliendo el INVEST) para luego determinar la cantidad de ese trabajo que puede comprometerse a completar durante el siguiente sprint.(16) Durante el sprint, nadie puede cambiar el Sprint Backlog, lo que significa que los requisitos están congelados durante el sprint.(19)

Scrum permite la creación de equipos auto organizados impulsando la co-localización de todos los miembros del equipo, y la comunicación verbal entre todos los miembros y disciplinas involucrados en el proyecto.

### 2.3.2. HTML 5.0

HTML 5 (HyperText Markup Language, versión 5) es la quinta revisión importante del lenguaje básico de la World Wide Web, HTML. HTML5 especifica dos variantes de sintaxis para HTML: una «clásica», HTML (text/html), conocida como HTML5, y una variante XHTML conocida como sintaxis XHTML 5 que deberá servirse con sintaxis XML (application/xhtml+xml).(7) Esta es la primera vez que HTML y XHTML se han desarrollado en paralelo. La versión definitiva de la quinta revisión del estándar se publicó en octubre de 2014.(14)

HTML5 establece una serie de nuevos elementos y atributos que reflejan el uso típico de los sitios web modernos. Algunos de ellos son técnicamente similares a las etiquetas <div> y <span>, pero tienen un significado semántico, como por ejemplo <nav> (bloque de navegación del sitio web) y <footer>.

HTML es uno de los lenguajes de marcado de hipertexto más utilizados en la actualidad ocupando la mayoría del mercado de la web en la actualidad, utilizaremos esta herramienta para representar los datos dentro de una página donde será consultada de manera simultánea y refrescada cada 5 segundos.



### 2.3.3. CSS y Bootstrap 4.0

CSS (siglas en inglés de Cascading Style Sheets), en español «Hojas de estilo en cascada», es un lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado.<sup>(12)</sup> Es muy usado para establecer el diseño visual de los documentos web, e interfaces de usuario escritas en HTML o XHTML; el lenguaje puede ser aplicado a cualquier documento XML, incluyendo XHTML, SVG, XUL, RSS, etcétera. Te puede ayudar a crear tu propio sitio web. Junto con HTML y JavaScript, CSS es una tecnología usada por muchos sitios web para crear páginas visualmente atractivas, interfaces de usuario para aplicaciones web y GUIs para muchas aplicaciones móviles (como Firefox OS).<sup>(17)</sup>

CSS está diseñado principalmente para marcar la separación del contenido del documento y la forma de presentación de este, características tales como las capas o layouts, los colores y las fuentes.<sup>(1)</sup> Esta separación busca mejorar la accesibilidad del documento, proveer más flexibilidad y control en la especificación de características prestacionales, permitir que varios documentos HTML compartan un mismo estilo usando una sola hoja de estilos separada en un archivo .css, y reducir la complejidad y la repetición de código en la estructura del documento.

La separación del formato y el contenido hace posible presentar el mismo documento marcado en diferentes estilos para diferentes métodos de renderizado, como en pantalla, en impresión, en voz (mediante un navegador de voz o un lector de pantalla, y dispositivos táctiles basados en el sistema Braille. También se puede mostrar una página web de manera diferente dependiendo del tamaño de la pantalla o tipo de dispositivo. Los lectores pueden especificar una hoja de estilos diferente, como una hoja de estilos CSS guardado en su computadora, para sobrescribir la hoja de estilos del diseñador.

La especificación CSS describe un esquema prioritario para determinar qué reglas de estilo se aplican si más de una regla coincide para un elemento en particular. Estas reglas son aplicadas con un sistema llamado de cascada, de modo que las prioridades son calculadas y asignadas a las reglas, así que los resultados son predecibles.

La especificación CSS es mantenida por el World Wide Web Consortium (W3C). El MIME type text/css está registrado para su uso por CSS descrito en el RFC 23185. El W3C proporciona una herramienta de validación de CSS gratuita para los documentos CSS.

Bootstrap es una biblioteca multiplataforma o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web. Contiene plantillas de diseño con tipografía, formularios, botones, cuadros, menús de navegación y otros elementos de diseño basado en HTML y CSS, así como extensiones de JavaScript adicionales. A diferencia de muchos frameworks web, solo se ocupa del desarrollo front-end.

Bootstrap es el segundo proyecto más destacado en GitHub<sup>1</sup> y es usado por la NASA y la MSNBC entre otras organizaciones.

Bootstrap tiene un soporte relativamente incompleto para HTML5 y CSS3, pero es compatible con la mayoría de los navegadores web. La información básica de compatibilidad de sitios web o aplicaciones está disponible para todos los dispositivos y navegadores. Existe un concepto de compatibilidad parcial que hace disponible la información básica de un sitio web para todos los dispositivos y navegadores. Por ejemplo, las propiedades introducidas en CSS3 para las esquinas redondeadas, gradientes y sombras son usadas por Bootstrap a pesar de la falta de soporte de navegadores antiguos. Esto extiende la funcionalidad de la herramienta, pero no es requerida para su uso.

Desde la versión 2.0 también soporta diseños web adaptables. Esto significa que el diseño gráfico de la página se ajusta dinámicamente, tomando en cuenta las características del dispositivo usado (Computadoras, tabletas, teléfonos móviles).

Bootstrap es modular y consiste esencialmente en una serie de hojas de estilo LESS que implementan la variedad de componentes de la herramienta. Una hoja de estilo llamada bootstrap.less incluye los componentes de las hojas de estilo. Los desarrolladores pueden adaptar el mismo archivo de Bootstrap, seleccionando los componentes que deseen usar en su proyecto.

Los ajustes son posibles en una medida limitada a través de una hoja de estilo de configuración central. Los cambios más profundos son posibles mediante las declaraciones LESS.

El uso del lenguaje de hojas de estilo LESS permite el uso de variables, funciones y operadores, selectores anidados, así como clases mixin.

Desde la versión 2.0, la configuración de Bootstrap también tiene una opción especial de "Personalizar."<sup>en</sup> la documentación. Por otra parte, los desarrolladores eligen en un formulario los componentes y ajustes deseados, y de ser necesario, los valores de varias opciones a sus necesidades. El paquete consecuentemente generado ya incluye la hoja de estilo CSS pre-compilada.

### **2.3.4. JS y PWA en V8 engine**

JavaScript (abreviado comúnmente JS) es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos,(International) basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico.

Se utiliza principalmente del lado del cliente, implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas (2) y JavaScript del lado del servidor (Server-side JavaScript o SSJS). Su uso en aplicaciones externas a la web, por ejemplo en documentos PDF, aplicaciones de escritorio (mayoritariamente widgets) es también significativo.

Desde 2012, todos los navegadores modernos soportan completamente ECMAScript 5.1, una versión de JavaScript. Los navegadores más antiguos soportan por lo menos ECMAScript 3. La

sexta edición se liberó en julio de 2015.(Network)

JavaScript se diseñó con una sintaxis similar a C [cita requerida], aunque adopta nombres y convenciones del lenguaje de programación Java. Sin embargo, Java y JavaScript tienen semánticas y propósitos diferentes.

Todos los navegadores modernos interpretan el código JavaScript integrado en las páginas web. Para interactuar con una página web se provee al lenguaje JavaScript de una implementación del Document Object Model (DOM).

Tradicionalmente se venía utilizando en páginas web HTML para realizar operaciones y únicamente en el marco de la aplicación cliente, sin acceso a funciones del servidor. Actualmente es ampliamente utilizado para enviar y recibir información del servidor junto con ayuda de otras tecnologías como AJAX. JavaScript se interpreta en el agente de usuario al mismo tiempo que las sentencias van descargándose junto con el código HTML.

Desde el lanzamiento en junio de 1997 del estándar ECMAScript 1, han existido las versiones 2, 3 y 5, que es la más usada actualmente (la 4 se abandonó). En junio de 2015 se cerró y publicó la versión ECMAScript 6.(4)

V8 es un motor de código abierto para JavaScript y WebAssembly, creado por Google, siendo su programador jefe Lars Bak.(10)

La primera versión del motor V8 fue lanzada el 2 de septiembre de 2008 al mismo tiempo que la primera versión del navegador Google Chrome.

Cabe destacar también que este motor no solo ha sido usado del lado del cliente, sino también del lado del servidor en Couchbase, MongoDB y Node.js.

Está escrito en C++ y es usado en Chromium, Microsoft Edge desde 2020 y Brave. También está integrado en el navegador de internet del sistema operativo Android 2.2 “Froyo”. Implementa ECMAScript como especifica ECMA-262 5.<sup>a</sup> edición y corre en Windows XP, Vista, Mac OS X 10.5 (Leopard) y Linux en procesadores IA-32 y ARM.

Chrome V8 puede funcionar de manera individual (standalone) o incorporada a cualquier aplicación C++.

Una aplicación web progresiva (PWA por sus siglas en inglés) es un tipo de software de aplicación que se entrega a través de la web, creado utilizando tecnologías web comunes como HTML, CSS y JavaScript. Está destinado a funcionar en cualquier plataforma que use un navegador compatible con los estándares. La funcionalidad incluye trabajar sin conexión, notificaciones push y acceso al hardware del dispositivo, lo que permite crear experiencias de usuario similares a las aplicaciones nativas en dispositivos móviles y de escritorio. Dado que una aplicación web progresiva es un tipo de página web o sitio web conocido como aplicación web, no hay ningún requisito para que los desarrolladores o usuarios instalen las aplicaciones web a través de sistemas de distri-

bución digital como Apple App Store o Google Play.

Si bien las aplicaciones web han estado disponibles para dispositivos móviles desde el principio, en general han sido más lentas, con menos funciones, y han sido utilizadas en menor medida que las aplicaciones nativas. Pero con la capacidad de trabajar sin conexión, que antes solo estaba disponible para aplicaciones nativas, los PWA que se ejecutan en dispositivos móviles pueden funcionar mucho más rápido y proporcionar más funciones, cerrando la brecha con las aplicaciones nativas, además de ser portátiles en plataformas de escritorio y móviles.

Los PWA no requieren agrupación o distribución por separado. La publicación de una aplicación web progresiva es como sería para cualquier otra página web. Los PWA funcionan en cualquier navegador, pero las características "similares a las aplicaciones", como ser independientes de la conectividad, instalarse en la pantalla de inicio y enviar mensajes, dependen de la compatibilidad del mismo. A partir de abril de 2018, esas características son compatibles en diversos grados con los navegadores Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox y Apple Safari, pero es posible que más navegadores admitan las funciones necesarias en el futuro. Varios negocios destacan mejoras significativas en una amplia variedad de indicadores clave de rendimiento después de la implementación de PWA, como un mayor tiempo dedicado a la página, conversiones o ingresos.

## **2.4. Creación de Backend**

En este apartado vamos a explicar la elaboración del backend se le conoce así porque es con lo que no interactúa el cliente, este apartado se encarga de enviar las peticiones al servidor y decirle a este como es que va a estructurar la información, en este caso vamos a explicar desde el diseño de la base de datos, la edificación de la API, la arquitectura de la programación y la programación de método de comunicación de datos que en nuestro caso será la tecnología Sigfox con un controlador que emite señales de una red de sensores para así recopilar datos dentro de una nube (IAAS).

### **2.4.1. Tecnología Sigfox**

Sigfox es un operador de red global y creador de la red 0G fundado en 2009 que implementa redes inalámbricas para conectar dispositivos de bajo consumo como pueden ser medidores eléctricos, centrales de alarmas o relojes inteligentes, que necesitan estar continuamente encendidos y enviando pequeñas cantidades de datos.(15)

Sigfox cuenta con su sede en Labège, cerca de Toulouse, Francia, y tiene más de 429 empleados. La marca también cuenta con oficinas en Madrid, Múnich, Boston, Dallas, San Francisco, Dubái, Singapur, São Paulo y Tokio.

Sigfox emplea la codificación de desplazamiento de fase binaria diferencial o PSK y la codificación de desplazamiento de frecuencia gaussiana que permite la comunicación usando una red de radio ISM (bandas de radio industriales, científicas y médicas) que usa 868MHz en Europa y 902MHz en los Estados Unidos. Utiliza una señal de gran alcance que atraviesa fácilmente objetos sólidos, llamada 'Banda Ultra Estrecha' y que requiere de muy poca energía, se denomina "Low Power Wide Area Network (LPWAN)". La red se basa en una red en estrella y requiere un operador móvil para gestionar el tráfico generado.(3) La señal también puede ser usada fácilmente para cubrir grandes áreas y alcanzar objetos bajo tierra.(9)

Sigfox ha creado vínculos con numerosas firmas de la industria LPWAN como Texas Instrument, Silicon Labs y ON Semiconductor. Las redes radio ISM soportan una comunicación bidireccional limitada. El estándar existente para las comunicaciones Sigfox soportan hasta 140 mensajes uplinks.<sup>al día</sup>, de los cuales cada uno de ellos tienen un "payload" de 12 Octet en un ratio de más de 100 bytes por segundo.

Sigfox: es una solución de conectividad celular mundial para el Internet of Things pensada para comunicaciones de baja velocidad que permite reducir los precios y el consumo de energía para los dispositivos conectados. La solución de conectividad SIGFOX se basa en una infraestructura de antenas y de estaciones de base totalmente independientes de las redes existentes.

Sigfox es una alternativa de amplio alcance, que en términos de alcance está entre Wi-Fi y la comunicación móvil. Utiliza bandas ISM, que se pueden utilizar sin necesidad de adquirir licencias. Sigfox responde a las necesidades de muchas aplicaciones M2M que funcionan con una batería pequeña y solo requieren niveles menores de transferencia de datos, allí donde WiFi se queda demasiado corto y la comunicación móvil es muy cara y consume demasiada energía.

Sigfox utiliza una tecnología llamada Ultra Narrow Band (UNB) diseñada para funcionar con bajas velocidades de transferencias de 10 a 1.000 bits por segundo.

SigFox se encuentra disponible a través de los principales proveedores de chips y módulos del mercado (entre otros; Silicon Labs, Texas Instrument, Intel, Telecom Design, o ETSI), ofreciéndoles soporte y facilidades para la integración de sus equipos en la red. SigFox, que busca la normalización de sus soluciones para la comunicación en el IoT, permite así la interoperabilidad entre equipos de distintos fabricantes. Además de este soporte, SigFox ofrece la posibilidad de certificar los dispositivos con la marca SigFox Ready. Este proceso pretende clasificar los dispositivos en función de la cobertura y el alcance radio al que pueden tener acceso, con categorías de 0 a 3; siendo la 0 la que mejor calidad radio ofrece, y la 3 la que da una calidad más baja.

Una vez fabricados y certificados los dispositivos, queda desarrollar aplicaciones para ellos, de manera que se podrían reemplazar soluciones existentes porque el uso de SigFox fuese más conveniente en diversos campos de estudio, o bien se podrían desarrollar aplicaciones completamente nuevas e innovadoras para su introducción en el mercado.

SIGFOX emplea un sistema de tipo celular que permite que los dispositivos remotos se conecten usando tecnología de banda ultraancha (UNB). Que se puede mostrar en la Figura 2.1.



Figura 2.3: Método de comunicación de la tecnología Sigfox

### 2.4.2. Red Sigfox

SIGFOX es muy simple: ni códigos, ni configuración, ni peering. Busca algo sencillo y que el usuario no tenga que estar insertando códigos, PINs o claves complejas, por ello se adapta tan bien al IoT.

En el caso de smartphones y tablets, actualmente no son compatibles con esta red, pero, al no tener licencia de uso, su inclusión sería realmente económica y sencilla.

Lo cierto es que la red SIGFOX, por el uso que hace de los datos, tiene más de inspiración en el telégrafo o en Twitter que en las redes de banda ancha.

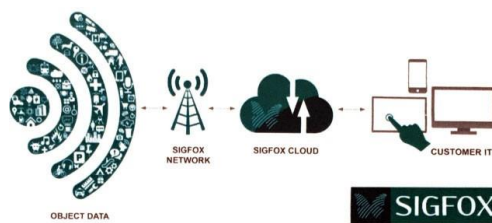


Figura 2.4: Arquitectura de comunicación de la red sigfox

El enlace de radio SIGFOX utiliza bandas de radio ISM sin licencia. Las frecuencias exactas pueden variar de acuerdo a las regulaciones nacionales, pero, en Europa, la banda de 868 MHz es la más utilizada mientras que en EE UU es la de 915 MHz. La densidad de las células en la red SIGFOX se basa en un rango promedio de unos 30-50km en las zonas rurales. En las zonas urbanas, donde hay más obstáculos y el ruido es mayor, la densidad podrá reducirse a entre 3 y 10 km. Las distancias pueden ser mucho mayores para los nodos al aire libre, donde SIGFOX ha conseguido alcances de más de 1.000 kilómetros, lo que la hace especialmente adecuada para zonas despobladas o lejanas.

SigFox para la comunicación, proporciona una infraestructura de telecomunicación ya construida e independiente de cualquier red existente, con un bajo ancho de banda, y mejor adaptado a la transmisión de mensajes pequeños frente a otras alternativas, como LoRa. El uso del backend de SigFox (<https://backend.sigfox.com/>) como punto final de la comunicación, que recibirá los datos enviados por el módem y los presentará a través de su página web. Estos mensajes se reenviarán, mediante callback, a servicios externos para la generación de estadísticas y alarmas en tiempo real, haciendo innecesario el gateway que se usa con LoRa.

### 2.4.3. Callbacks

Un callback se puede traducir como una llamada de vuelta, devolución de llamada o una retro-llamada. Es una de las configuraciones más importantes de un DEVICE TYPE ya que nos permite añadir, modificar o eliminar Callbacks. Los callbacks van asociados a los DEVICE TYPE y no a los DEVICES.

Sirve para enviar todos los datos que recibimos desde este DEVICE TYPE a otro sitio. El caso típico es poder llamar a alguna plataforma del IoT. Si por ejemplo queremos hacer una gráfica de las temperaturas, en el backend de SigFox no podemos hacer esto. Por eso existen las Callbacks para reenviar todos esos datos a una plataforma que permita gestionar esa información y dar un aspecto visual más atractivo.

Sigfox hace que sea fácil recoger los datos enviados por los dispositivos del servicio en la nube mediante el uso de callbacks. Las callbacks son un servicio que permite a Sigfox enviar un evento a un servidor externo después de recibir el evento. Por ejemplo, un dispositivo podría enviar un mensaje Sigfox al ocurrir un evento (una ventana abierta), es posible recibir una notificación una vez que se haya producido este evento. Esta sería la idea de usar un callback. El servidor Sigfox transmitirá el mensaje a través de una solicitud POST / GET a su propio servidor o enviar un correo electrónico. Además de definir su propio servidor y sus datos, Sigfox también le permite transferir sus datos con de forma simplificada como AWS IoT y Microsoft Azure.

### 2.4.4. SFXDuino

Esta placa es una combinación de la tecnología de arduino y la red de comunicación de Sigfox el cual funciona de la siguiente manera:

1. Cuenta con un Puerto microusb para programación desde el IDE de arduino y puede ser alimentado desde el USB.
2. Contiene un módulo UPLINK/DOWNLINK de WISOL Zona 2 y Zona 4 para comunicación Bidireccional.

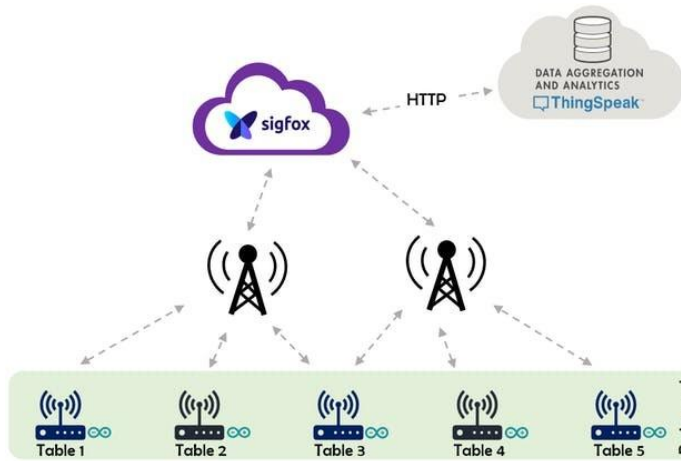


Figura 2.5: Esquema de uso de callbacks en Sigfox

3. Conectividad disponible por separado, 140 mensajes uplink / 4 mensajes downlink.

### 2.4.5. API con NodeJS

La interfaz de programación de aplicaciones, conocida también por la sigla API, en inglés, application programming interface, es un conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Son usadas generalmente en las bibliotecas de programación.

Una API representa la capacidad de comunicación entre componentes de software. Se trata del conjunto de llamadas a ciertas bibliotecas que ofrecen acceso a ciertos servicios desde los procesos y representa un método para conseguir abstracción en la programación, generalmente (aunque no necesariamente) entre los niveles o capas inferiores y los superiores del software. Uno de los principales propósitos de una API consiste en proporcionar un conjunto de funciones de uso general, por ejemplo, para dibujar ventanas o iconos en la pantalla. De esta forma, los programadores se benefician de las ventajas del API haciendo uso de su funcionalidad, evitándose el trabajo de programar todo desde el principio. Las API asimismo son abstractas: el software que proporciona una cierta API generalmente es llamado la implementación de esa API.

Node.js es un entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, de código abierto, para la capa del servidor (pero no limitándose a ello) basado en el lenguaje de programación JavaScript, asíncrono, con E/S de datos en una arquitectura orientada a eventos y basado en el motor V8 de Google. Fue creado con el enfoque de ser útil en la creación de programas de red altamente escalables, como por ejemplo, servidores web.(6) Fue creado por Ryan Dahl en 2009 y su evolución está apadrinada por la empresa Joyent, que además tiene contratado a Dahl en plantilla.(13)

Node.js es similar en su propósito a Twisted o Tornado de Python, Perl Object Environment de Perl, libevent o libev de C, EventMachine de Ruby, vibe.d de D y Java EE de Java existe Apache



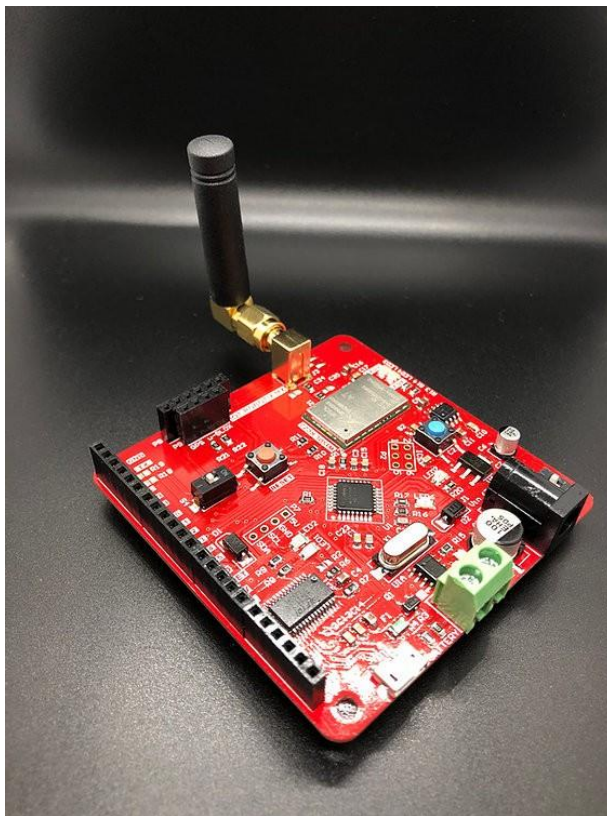


Figura 2.6: Placa de SFX-Duino

MINA, Netty, Akka, Vert.x, Grizzly o Xsocket. Al contrario que la mayoría del código JavaScript, no se ejecuta en un navegador, sino en el servidor. Node.js implementa algunas especificaciones de CommonJS.7, Node.js incluye un entorno REPL para depuración interactiva.

Una vez realizada nuestra API podremos consumir los datos que se están enviando en tiempo real del componente de Sigfox y hacer un callback desde las peticiones que hace por el lado del cliente. A continuación vamos a mostrar un esquema de la funcionalidad de nuestra aplicación en la Figura.

#### 2.4.6. MySQL Server

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado bajo licencia dual: Licencia pública general/Licencia comercial por Oracle Corporation y está considerada como la base de datos de código abierto más popular del mundo, y una de las más populares en general junto a Oracle y Microsoft SQL Server, todo para entornos de desarrollo web.

MySQL fue inicialmente desarrollado por MySQL AB (empresa fundada por David Axmark, Allan Larsson y Michael Widenius). MySQL AB fue adquirida por Sun Microsystems en 2008, y ésta a su vez fue comprada por Oracle Corporation en 2010, la cual ya era dueña desde 2005 de

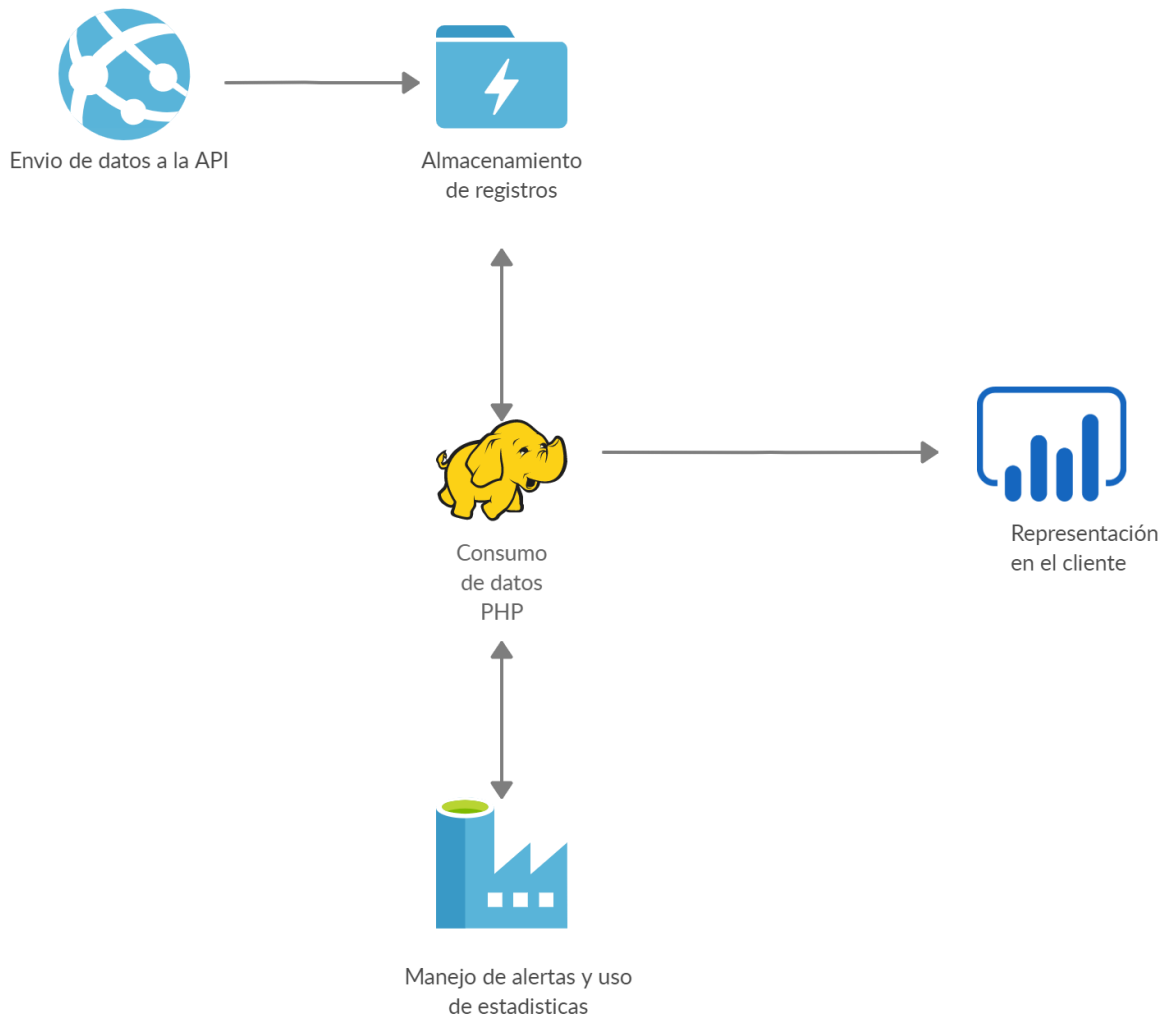


Figura 2.7: Estructura del proyecto

Innodb Oy, empresa finlandesa desarrolladora del motor InnoDB para MySQL.

Al contrario de proyectos como Apache, donde el software es desarrollado por una comunidad pública y los derechos de autor del código están en poder del autor individual, MySQL es patrocinado por una empresa privada, que posee el copyright de la mayor parte del código. Esto es lo que posibilita el esquema de doble licenciamiento anteriormente mencionado. La base de datos se distribuye en varias versiones, una Community, distribuida bajo la Licencia pública general de GNU, versión 2, y varias versiones Enterprise, para aquellas empresas que quieran incorporarlo en productos privativos. Las versiones Enterprise incluyen productos o servicios adicionales tales como herramientas de monitorización y asistencia técnica oficial. En 2009 se creó un fork denominado MariaDB por algunos desarrolladores (incluido algunos desarrolladores originales de MySQL) descontentos con el modelo de desarrollo y el hecho de que una misma empresa controle a la vez

los productos MySQL y Oracle Database.

Está desarrollado en su mayor parte en ANSI C y C++. Tradicionalmente se considera uno de los cuatro componentes de la pila de desarrollo LAMP y WAMP.

### 2.4.7. Arquitectura de Base de datos (Modelado Lógico)

El modelo de nuestra base de datos es algo simple puesto que solo existen dos entidades las cuales van a estar interactuando y cambiando sus valores conforme el tiempo que transcurre puesto que la información tiene que ser en tiempo real, manejamos dos entidades básicas: El pozo de agua y el administrador, de los cuales en el que se estará guardando los registros del cambio del voltaje son del pozo de agua, y del administrador los inicio de sesiones para tener un control del buen manejo de la herramienta.

Por lo que nos lleva a tener 3 tablas con las siguientes vistas que serán mostradas en la Figura 2.5.

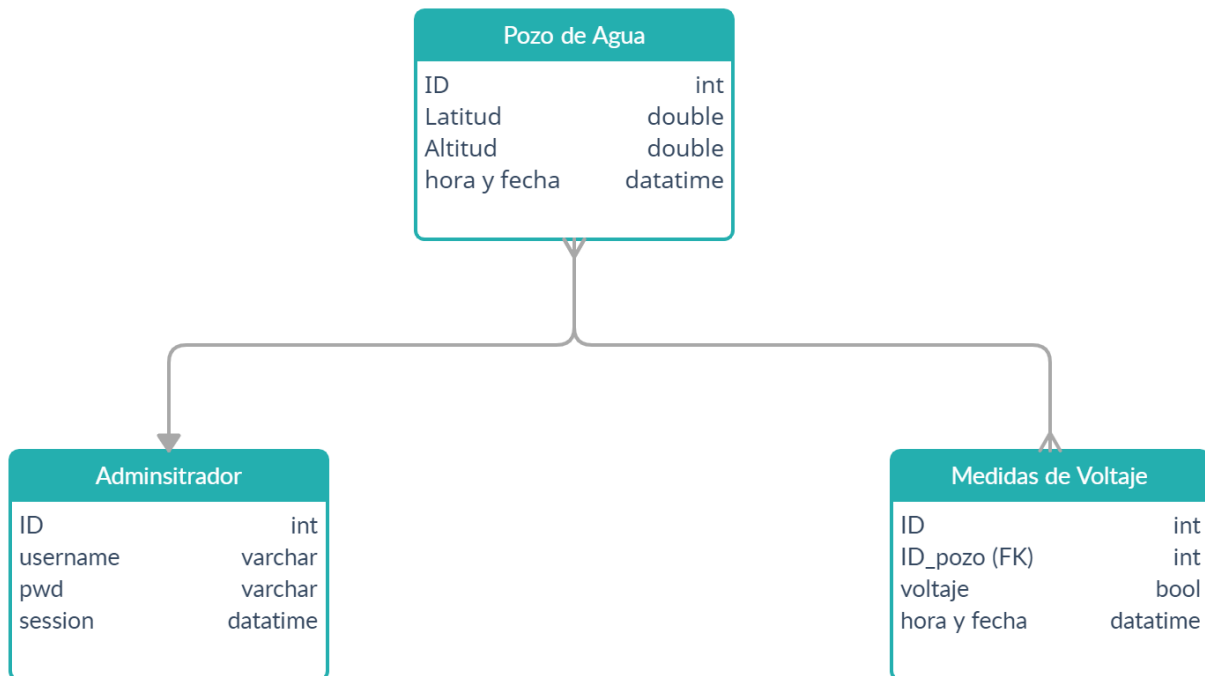


Figura 2.8: Modelado de la base de datos con el modelo E-R

### 2.4.8. PHP 7.2.1

PHP es un lenguaje de programación de uso general que se adapta especialmente al desarrollo web. Fue creado inicialmente por el programador danés-canadiense Rasmus Lerdorf en 1994. En la actualidad, la implementación de referencia de PHP es producida por The PHP Group. PHP originalmente significaba Personal Home Page (Página personal), pero ahora significa el inicialismo recursivo PHP: Hypertext Preprocessor.

El código PHP suele ser procesado en un servidor web por un intérprete PHP implementado como un módulo, un daemon o como un ejecutable de interfaz de entrada común (CGI). En un servidor web, el resultado del código PHP interpretado y ejecutado —que puede ser cualquier tipo de datos, como el HTML generado o datos de imágenes binarias— formaría la totalidad o parte de una respuesta HTTP. Existen diversos sistemas de plantillas, sistemas de gestión de contenidos y frameworks que pueden emplearse para organizar o facilitar la generación de esa respuesta. Por otra parte, PHP puede utilizarse para muchas tareas de programación fuera del contexto de la web, como aplicaciones gráficas autónomas y el control de drones. También se puede interpretar y ejecutar un código PHP cualquiera a través de una interfaz de línea de comandos (CLI).

El intérprete estándar de PHP, impulsado por Motor Zend, es un software libre publicado bajo Licencia PHP. PHP ha sido ampliamente portado y puede ser desplegado en la mayoría de los servidores web en casi todos los sistemas operativos y plataformas, de forma gratuita.

El lenguaje PHP evolucionó sin una especificación formal escrita o un estándar hasta 2014, con la implementación original actuando como el estándar de facto que otras implementaciones intentaban seguir. Desde 2014, se ha trabajado para crear una especificación formal de PHP.

## 2.5. Métodos y Herramientas de Trabajo

A continuación vamos a mostrar los diferentes métodos que vamos a implementar dentro de nuestro proyecto, comenzando desde la raíz del mismo donde comenzamos por los componentes electrónicos que compondrán nuestro sistema como las diferentes metodologías de desarrollo de proyectos de software (metodologías ágiles), hasta la configuración del espacio de trabajo y agregando como fue que comenzamos con la documentación y producción del mismo proyecto.

### 2.5.1. Red de Sensores

Para comenzar a digitalizar los pozos de agua vamos a necesitar una red de sensores que lo compondrán sensores de corriente alterna 5a monofase, representado en la figura 2.6, que miden la corriente eléctrica dentro de un circuito cerrado que alimentará de datos nuestra placa de sigfox la cuál enviará los datos que recabe a la nube para después ser consumidos por el servidor del cliente (Front-End).

Dicho sensor va a alimentar de información un circuito en el que vamos a utilizar 3 resistencias y un capacitor para comenzar a modular la señal analógica que viene del sensor de voltaje, el cuál dicha señal se puede interpretar de la siguiente forma ya que viene de la corriente alterna que CFE nos provee:

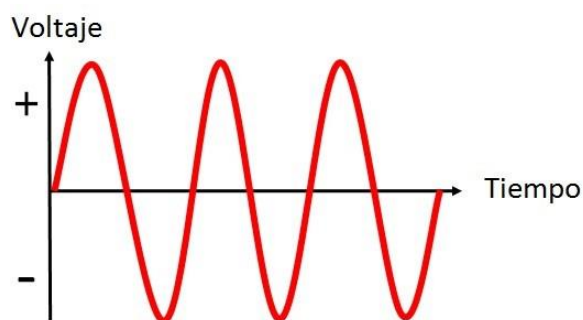


Figura 2.9: Representación de la corriente alterna

La problemática es que nuestro circuito tiene que dar un voltaje de 5 volts, por lo que tenemos que hacer un divisor de voltaje para poder subir la señal del dispositivo para poder dividirlo entre 2 para poder subir los niveles de voltaje como información, a continuación les presentamos los cálculos:

$$V_{Salida} = CorrienteEntrada * ResistenciaEntrada$$

En el caso de nosotros nuestro sensor solo nos recibe como máximo un total de 100A que el equivalente para la plaqueta de Sigfox es de 50mA, dentremos que hacer las conversiones de este cálculo y saber la medida de nuestra resistencia para que envíe los datos que sería de la siguiente forma:

$$Resistencia = 50mA/2.5v$$

Eso nos da un equivalente a una resistencia de 50ohm, el cual como salida nos dará los 2.5V que necesitamos para el pin analógico que va a enviar datos a nuestra nube de Sigfox, el cual los componentes electrónicos recibirán datos de la fuente que alimenta a los motores para bombear el agua. A continuación les mostraré la representación de la fuente de poder y de los circuitos que tiene la fuente de alimentación de las bombas:

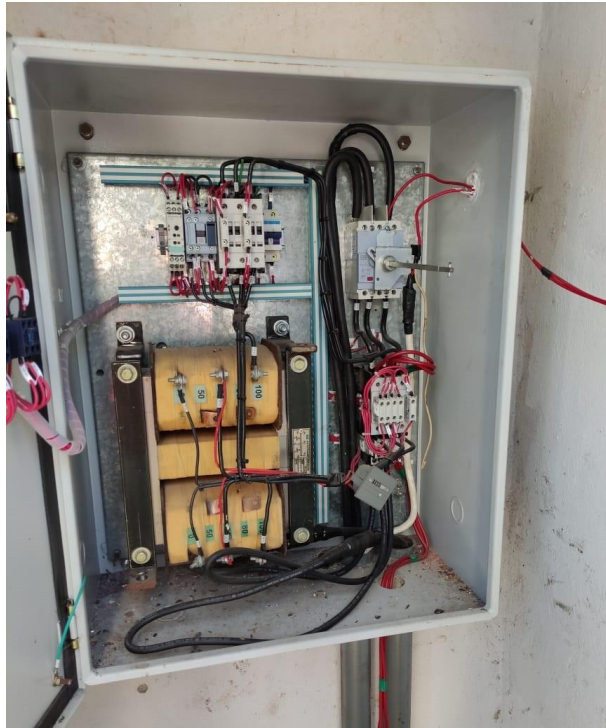


Figura 2.10: Circuito de fuente de alimentación

Como podemos apreciar en la imagen podemos ver que el componente es trifásico. En ingeniería eléctrica, un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente valor eficaz), que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120 eléctricos, y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

Un sistema trifásico de tensiones se dice que es equilibrado cuando sus corrientes tienen magnitudes iguales y están desfasadas simétricamente.

Cuando alguna de las condiciones anteriores no se cumple (corrientes diferentes o distintos desfases entre ellas), el sistema de tensiones está desequilibrado o más comúnmente llamado un sistema desbalanceado. Recibe el nombre de sistema de cargas desequilibradas, el conjunto de impedancias distintas que dan lugar a que por el receptor circulen corrientes de amplitudes diferentes o con diferencias de fase entre ellas distintas a 120, aunque las tensiones del sistema o de la línea sean equilibradas o balanceadas.

Este sistema alimenta a un motor de 50 caballos de fuerza, por lo que pico de corriente al encender el motor es de 50A, por lo que cumple con los requerimientos de nuestro sistema ya creado con el sensor de corriente de 100A, por lo que con esto garantizamos que nuestra placa de Sigfox no se quemará.

Tomando en cuenta esto comenzamos a diseñar el esquema de cómo van a quedar compactados

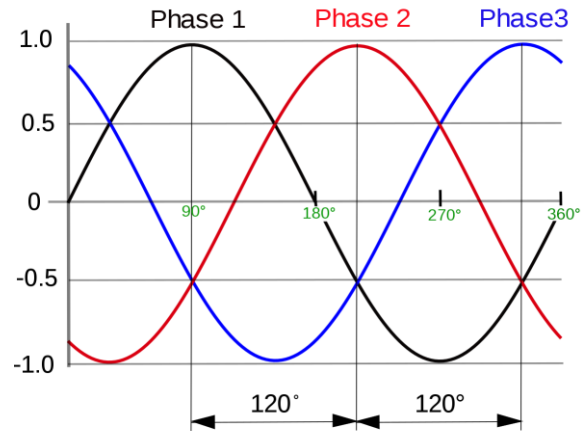


Figura 2.11: Ejemplo de Sistema trifásico

los componentes electrónico para ponerlos en sus respectivas fuentes de poder y comiencen con el envío de datos, a continuación vamos a mostrar el diseño del circuito que irá en el sistema trifásico:

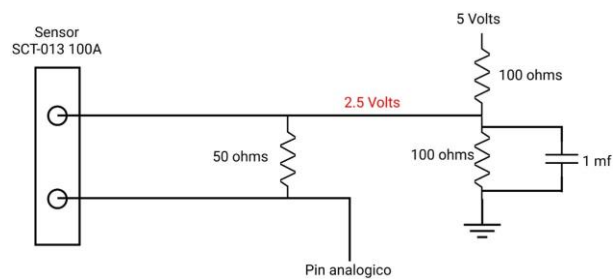


Figura 2.12: Esquema de componentes electrónicos

### 2.5.2. Comunicación de la red de sensores con Sigfox

Una vez recopilado los datos en el red de sensores pasamos a programar la placa de sigfox para que mediante los datos que llegaron localmente se envíen mediante la red de comunicación de la red SigFox que va a ser enviada a la nube a continuación vamos a representar la comunicación:

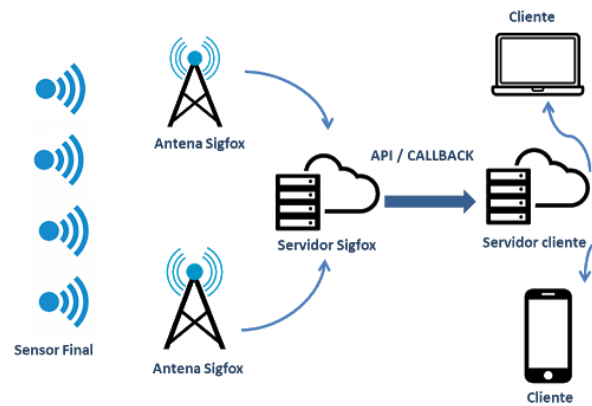


Figura 2.13: Esquema de comunicación con Sigfox

Esta información es proporcionada al panel de control de Sigfox que puedes encontrar en la siguiente URL: <https://backend.sigfox.com/>, donde para comenzar a mandar datos a esta plataforma para poder ser consumidos por nuestro frontend tienes que dar de alta tu dispositivo, este apartado lo encontrarás en el la parte superior en device, para saber qué equipo tenemos dados de alta se apreciará algo de la siguiente manera:

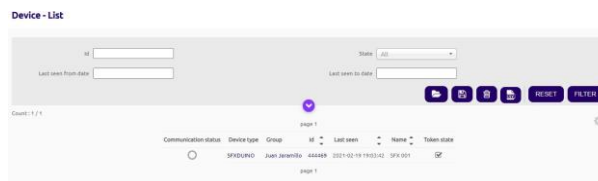


Figura 2.14: Ejemplo de equipos dados de alta en el backend

Para ver los datos que se han enviado a nuestro dispositivo escogemos el dispositivo a manipular y ahí podremos ver los registros que se han realizada, cabe destacar que cada 12 minutos la página se estará refrescando cambiando o sobrescribiendo lo datos que la placa le va proporcionando.



**Device 444469 - Information**



Name: SFX 001  
Protocol: V1  
Activable state: ☒ ⓘ  
Message modulo: 4096  
Last seen: 2021-02-19 19:03:42  
Product: certificate:  
Latitude: 0.000 (degrees)  
Longitude: 0.000 (degrees)  
Device type: SFXDUINO  
State: OK  
Link Quality Indicator:  ⓘ  
Communication status:   
Contract: iot\_robo\_31f4\_3b34  
Activation date: 2021-02-19 18:55:04  
Token validity: 2021-08-14  
Unsubscription date: N/A  
Subscription automatic renewal status: Not allowed  
Subscription automatic renewal: ☐ ⓘ  
Creation date: 2021-02-16 15:54:47  
Created by: Carlos Mayen  
Last edition date: 2021-02-16 15:54:47  
Last edited by: Carlos Mayen

Figura 2.15: Información de nuestra placa de SigFox

Aquí podremos apreciar información relevante acerca de la placa sobre todo la conectividad que va a ser demasiado importante para que nuestra placa transmita datos, este servicio es de paga por lo que para utilizar la red de comunicación de Sigfox sale alrededor de 350 pesos mexicanos, lo cual es uno de los servicios de menos precio y con buena demanda se ajusta a nuestro dilema de calidad-precio.

### 2.5.3. Producción del Sistema de Gestión

Existen infinidad de sensores pero se tiene que tener en cuenta la diferencia entre corriente directa y corriente alterna, en este caso se trabajara con corriente alterna y se requiere que el sensor pueda censar arriba aproximadamente 100 Amperes, uno de los sensores propuesto aqui es el que trabaja con el efecto HALL.

Los sensores magnéticos convierten señales magnéticas en señales eléctricas, para ser procesadas por circuitos electrónicos. En particular los sensores de efecto Hall se valen de dicho efecto para obtener una diferencia de potencial VH, que es directamente proporcional al campo magnético B que excita al sensor, y/o a la corriente I que circula por este.(18)

Como se mencionó anteriormente el proyecto será una PWA que será alojada dentro del dominio de la empresa a la que se le está elaborando el proyecto que en nuestro caso es la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (Capdam), por lo cual tendremos que configurar el espacio necesario para poder llevar nuestra aplicación a producción en nuestro caso usaremos un contenedor de docker con lo que cada cambio que hagamos en nuestro repositorio de github se verá reflejado en el dominio de producción de capdam.

Este sistema ERP va a tener un impacto económico puesto que se tendrá una mejor gestión de los recursos que se van a estar destinando para ciertos proyectos y la toma de decisiones, por lo que dicho sistema va a cubrir esos pequeños detalles con los que cuenta la empresa, los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés, enterprise resource planning) son los sistemas de información gerenciales que integran y manejan muchos de los negocios asociados con las operaciones de producción y de los aspectos de distribución de una compañía en la producción de bienes o servicios.

Los sistemas ERP son llamados ocasionalmente back office (trastienda) ya que indican que el cliente y el público general no tienen acceso a él; asimismo, es un sistema que trata directamente con los proveedores, no estableciendo una relación meramente de carácter administrativa con ellos (SRM). Posteriormente, el software ERP fue ocupando todos los espacios de la organización, absorbiendo las funciones del CRM. De hecho, las principales compañías productoras de CRM del mundo fueron absorbidas por empresas de software ERP en los últimos diez años.

Los ERP funcionaban ampliamente en las empresas. Entre sus módulos más comunes se encuentran el de manufactura o producción, almacenamiento, logística e información tecnológica, incluyen además la contabilidad, y suelen incluir un sistema de administración de recursos humanos, y herramientas de mercadotecnia y administración estratégica.

Los ERP de última generación tienden a implementar en sus circuitos abstracciones de la administración tales como MECAF (Método de Expresión de Circuitos Administrativos Formalizado) o FAN (Formalized Administrative Notation), los cuales brindan gran flexibilidad para describir diferentes circuitos usados en distintas empresas. Esto simplifica la regionalización y la adaptación

de los ERP a diferentes mercados verticales.

Los sistemas de planificación de recursos empresariales son sistemas de gestión de información que automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

Las aplicaciones ERP son sistemas de gestión global para la empresa. Se caracterizan por estar compuestos por diferentes módulos. Estas partes son de diferente uso, por ejemplo: producción, ventas, compras, logística, contabilidad (de varios tipos), gestión de proyectos, GIS, inventarios y control de almacenes, pedidos, nóminas, etc. Lo contrario sería como considerar un simple programa de facturación como un ERP por el simple hecho de que una empresa integre únicamente esa parte.

Los objetivos principales de los sistemas ERP son:

1. Optimización de los procesos empresariales.
2. Acceso a la información.
3. Posibilidad de compartir información entre todos los componentes de la organización.
4. Eliminación de datos y operaciones innecesarias de reingeniería.

Los beneficios que puede aportar una herramienta de ERP se resumen en la resolución de los problemas contables, mercantil o fiscal de la empresa. Asimismo, puede permitir un mayor control del inmovilizado en el inventario permanente, conciliación bancaria, liquidación de impuestos, etc.

Las soluciones ERP en ocasiones son complejas y difíciles de implantar debido a que necesitan un desarrollo personalizado para cada empresa partiendo de la configuración inicial de la aplicación, que es común. Las personalizaciones y desarrollos particulares para cada empresa requieren de un gran esfuerzo en tiempo, y por consiguiente en dinero, para modelar todos los procesos de negocio de la vida real en la aplicación.

Las metodologías de implantación de los ERP en la empresa no siempre son todo lo simples que se desearía, dado que entran en juego múltiples facetas.

#### **2.5.4. Funcionamiento del Sistema de Gestión**

Para comenzar a utilizar el sistema de Gestión en este caso es el SIGCAPDAM (Sistema Información Gráfica de Capdam), vamos a navegar a la URL: <https://sigcapdam.manzanillo.gob.mx/index.php>, el cual nos va a pedir que ingresemos nuestras credenciales, por cuestiones de seguridad no puedo compartir las credenciales dentro del documento pero les compartiremos algunas vistas preeliminares del sistema, a continuación mostramos el login del sistema:

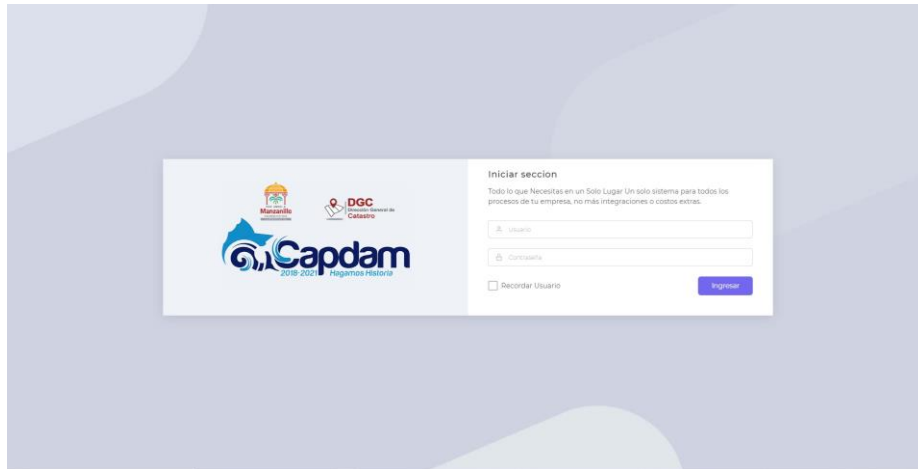


Figura 2.16: Login del Sistema de Gestión

Una vez ingresadas las credenciales vamos a entrar al panel de administración donde nos desplegará un mapa con todos los pozos de agua que se encuentran en manzanillo en la gestión de la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo, a lo largo del municipio y bello puerto de Manzanillo, Colima con algunas ubicaciones en el municipio de Armería, Colima, como se podrá apreciar en el mapa a continuación, cabe destacar que este proyecto se pretende aplicar en los pozos que se encuentran dentro de las delegaciones de Armería, con la premisa de que se escale a una producción donde todos los pozos de agua tengan el mismo sistema, pero como primera etapa se va a enfocar en los pozos de agua ubicados en Armería.

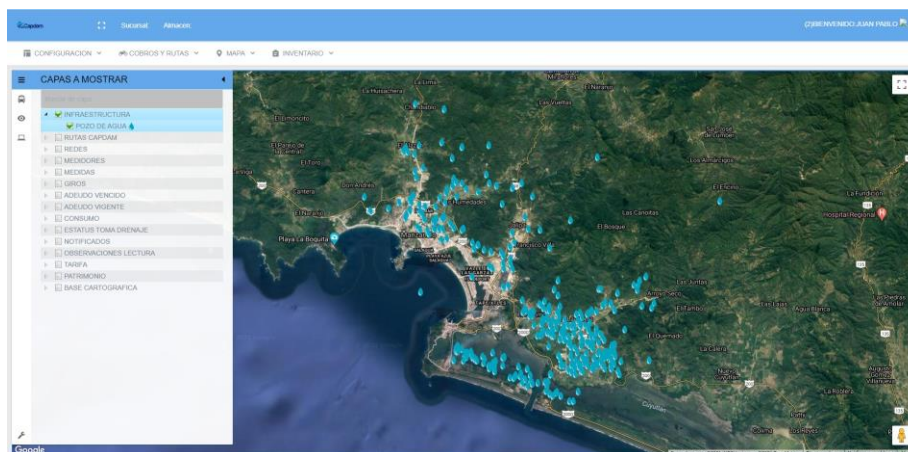


Figura 2.17: Representación de los pozos de agua dentro del sistema

# Capítulo 3

## Conclusiones

Este proyecto fue muy complejo de desarrollar por la premisa de que era dirigido a resolver un problema que enfrentaba la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo, por lo que se tuvo que entender el sistema actual que tenían además de hablar con los encargados y mejorar el sistema para poder entender donde radicaba el problema, sin embargo el trabajo en equipo y el buen entendimiento de las labores nos llevó a la creación de dicho proyecto, esto ayudará a futuras administraciones de Capdam, por lo que podemos decir con certeza que ya hemos dejado nuestro granito de arena ante un problema que se resolvió que ayudará en gran medida a la sociedad, creando un enfoque de innovación.

Este sistema tendrá muchas actualizaciones en un futuro pero ya hicimos los cimientos de lo que podría ser un buen sistema de gestión que ayude a la empresa a mejorar los recursos que destina y utiliza, además que esto tendría un impacto muy notable en el cuidado del medio ambiente cuidando así el consumo de energías innecesarios y consumo de energías fósiles como lo son la gasolina que dañan mucho a nuestro planeta.

Mi recomendación para el seguimiento de dicho proyecto es generar otro circuito capaz de darle la decisión a la bomba de encenderse o apagarse, además de que este mismo utilice inteligencia artificial para generar un mejor desempeño del bombeo de agua, para que esto mismo sea amigable con el medio ambiente, también sería bueno que el aparato en este caso lo el sensor que se pone dentro de la alimentación del pozo de agua se surta de energía como lo son la del sol, con el uso de un pequeño panel solar que alimente de manera continua al sensor. Y buscar la manera de que los empleados comiencen a generar reportes para así evitar que mucha gente pierda sus empleos.



# Bibliografía

- [1] Chevalier, T. (2016). *HTML CSS - W3C*. San Francisco.
- [2] Domínguez-Dorado, M. (2005). *Bases de datos en el cliente con JavaScript DB*. Madrid.
- [3] Dregvaite, Giedre; Damasevicius, R. (2016). Information and software technologies: 22nd international conference. *ICIST 2016*.
- [4] Eich, B. (2008). *ECMAScript Harmony*. San Francisco.
- [5] Evans, D. (2011). *Internet de las cosas, Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*. San Francisco.
- [6] Finley, K. (2011). Wait, what's node.js good for again? *ReadWrite*.
- [7] Hickson, I. (2009). *HTML 5*.
- [International] International, E. EcmaScript language specification.
- [9] Marcotte, E. (2010). Responsive web design. *Interaction Design*.
- [10] Minto, R. (2009). The genius behind google's browser. *The Financial Times*.
- [Network] Network, M. D. Javascript.
- [12] Network, M. D. (2016). *CSS developer guide*. San Francisco.
- [13] O'DELL, J. (2011). Why everyone is talking about node. *Masshable*.
- [14] OSNews (2014). *HTML 5 Finalized*. San Francisco.
- [15] Renault, E. (2014). Le shaker, une fabrique à start-up, s'installe au cœur de paris. *Le Figaro*.
- [16] Schwaber, K. (January 2004). *Agile Project Management with Scrum*. México.
- [17] Wesley, A. (2016). *Web-based Mobile Apps of the Future Using HTML 5, CSS and JavaScript*. San Francisco.
- [18] y Matias Valdes, L. P. (2012). Efecto hall. *Udelar.FI*.
- [19] Álvarez, A. (2017). *Métodos Ágiles, SCRUM*.