

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN-LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



Tesis para optar al título de “Ingeniería en Sistemas de Información”

Creación de una estación de monitoreo ambiental utilizando microcontrolador Arduino Yun y sensores electroquímicos para la realización de mediciones de monóxido de carbono, ozono y material particulado de 2.5 y 10 μm , presentes en el aire en la ciudad de León, con capacidad de enviar datos a través de una red para su posterior consulta en un sitio web especializado, durante el período noviembre 2017 - marzo 2018.

Elaborado por:

Br. Ana Maritza Rosales Morales 13-02690-0

Br. Alfonso Josué Delgado Fuentes 13-00548-0

Br. Henry Javier Canales Molina 13-03716-0

Tutor(es): MSC. Arnoldo Contreras

Asesor: Msc. Jorge Isaac Altamirano

“A la libertad por la Universidad”

Resumen

El aumento de población, las tolvaneras en verano, el aumento vehicular, así como el mal estado de la mayoría de estos son parte de las causas que influyen en el deterioro de la calidad del aire en la ciudad de León, sin embargo, hasta el día de hoy no se sabe con exactitud qué tan puro o no es el aire que se respira en la ciudad.

Es por eso que en el presente trabajo se describe una solución a dicha problemática mediante la creación de una estación de monitoreo ambiental haciendo uso de tecnologías de bajo costo, confiables y sobre todo adaptables. La información recolectada por dicha estación se guardará en una base de datos y posteriormente podrá ser mostrada a través de la web, de forma general a cualquier usuario que tenga acceso a internet, e información detallada a usuarios que tengan permiso para acceder a esta parte de la página web.

Abstract

The increment of population, the summer dust storms, the increased vehicular population and the poor condition of most of these vehicles are part of the causes that influence the deterioration of air quality in the city of León, however, until this day it is not known exactly how pure or not is the air that is breathed in the city.

That is why this document describes a solution to this problem through the creation of an environmental monitoring station using low-cost, reliable and above all, adaptable technologies. The information collected by this station will be stored in a database and subsequently it can be displayed through the web to any user who has access to the Internet, and detailed information to users who have permission to access to this section in the web page.

Contenido

Resumen	ii
Agradecimientos	ix
1. Introducción:	11
1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.2. Justificación	14
1.3. Antecedentes	15
1.4. Objetivo General	17
1.5. Objetivos específicos	17
2. Marco Teórico.....	18
2.1. Aire	18
2.2. Composición del aire	19
2.3. Algunos contaminantes del aire.....	20
2.3.1 Ciudades más contaminadas a nivel mundial.....	20
2.3.2 Principales componentes químicos contaminantes del aire.....	22
2.4. Norma Técnica de Calidad del Aire NTON 05 012-02	28
2.5. Área de Estudio Propuesta.....	29
2.6. Estaciones de monitoreo	29
2.7. Componentes de la estación de monitoreo.....	31
2.8. Requerimientos Hardware	32
2.8.1 Arduino Yun.....	32
2.8.2 DHT11	35
2.8.3 Sensor MQ7	37
2.8.4 Sensor MQ131	38

2.8.5	SDS011	40
2.9	Requerimientos Software.....	41
2.9.1	El Internet de las Cosas:	41
2.9.2	Atom como Entorno de Desarrollo:	42
2.9.3	Arduino IDE:	43
2.9.4	MVC como patrón de diseño:.....	44
2.9.5	PHP como Leguaje de Programación del lado del Servidor	45
2.9.6	JavaScript como Lenguaje de Programación del lado del Cliente	45
2.9.7	HTML5 como Lenguaje de Modelado:	46
2.9.8	Lenguaje C:	47
2.9.9	Sistema Gestor de Base de Datos MySQL Server:.....	47
2.9.10	Boostrap como Framework:	48
3	Marco metodológico	49
3.2	Diseño de la estación de monitoreo	49
3.2.1	Lista de materiales utilizados	49
3.2.2	Conexión física de los sensores	49
3.2.3	Librerías usadas y codificación para el manejo de los sensores.....	52
3.3	Diseño de la base de datos	57
3.3.1	Modelo conceptual	57
3.3.2	Modelado lógico.....	58
3.3.3	Modelo físico:.....	59
3.4	Desarrollo de Sitio Web.....	60
3.4.1	Requerimientos de la Aplicación WEB (Fase de Exploración – Historias de Usuario) 61	
3.4.2	Planificación del Desarrollo de la aplicación WEB.	61

3.4.3	Diseño y desarrollo de la aplicación WEB para la estación:	62
3.4.4	Fase puesta en Producción:	63
4	Resultados	64
5	Conclusiones	70
6	Recomendaciones	71
7	Bibliografía:	72
8	Anexos	75
8.1	Especificación de Requisitos Software ERS	75
8.1.1	Introducción	75
8.1.2	Propósito.....	75
8.2	Descripción General	77
8.2.1	Perspectiva del Producto	77
8.2.2	Funcionalidad del Producto.....	78
8.3	Requisitos Específicos	79
8.4	Diagrama de casos de uso.....	85
8.5	Casos de Uso Alto y Extendido	86
8.6	Diagrama de Secuencia.....	100
8.7	Interfaz de funciones de Aplicación	101
8.8	Códigos para manipular la interfaz	105
8.9	Código para conectar base de datos.	108
8.10	Resultados de las pruebas hechas a la Estación de monitoreo.....	109

Figura 1: “Tolvaneras” en León. Foto publicada por LA PRENSA 2017	13
Figura 2: “Tolvaneras” en León, Foto tomada el 14 febrero 2018 desde el edificio básico UNAN-León	13
Figura 3: Esmog sobre Nueva Delhi 2016 Roberto Scmidt/ Agence France-Presse	21
Figura 4: Molécula de monóxido de carbono	24
Figura 5: Formación del Ozono (O ₃)	25
Figura 6: Ozono en la atmósfera terrestre	26
Figura 7: Formación de ozono en las capas bajas de la atmósfera	27
Figura 8: Partes de Arduino YUN	32
Figura 9: Procesadores que posee Arduino YUN	33
Figura 10: LEDs de estado de Arduino YUN	34
Figura 11: Botones de reinicio de Arduino YUN	35
Figura 12: sensor DHT11 (Temperatura y humedad)	36
Figura 13: Circuito eléctrico de sensor DHT11	36
Figura 14: Sensor MQ-7	37
Figura 15: Circuito eléctrico de sensor MQ-7	38
Figura 16: Sensor MQ131	39
Figura 18: Circuito eléctrico de sensor MQ131	39
Figura 17: Sensor SDS011	40
Figura 18: Imagen conceptual de IOT	41
Figura 19: Logo de ATOM IDE	42
Figura 20: Entorno de ATOM	42
Figura 21: Inicio de Arduino IDE 1.8.3	43
Figura 22: Entorno de Arduino IDE	43
Figura 23: Imagen conceptual de MVC	44
Figura 24: Arquitectura de una aplicación con PHP	45

Figura 25: Arquitectura Java Script.....	46
Figura 26: Logo de HTML5	46
Figura 27: Proceso de compilación en lenguaje C	47
Figura 28: Logo de MySQL	48
Figura 29: Logo de Bootstrap.....	48
Figura 30: Caja de superficie.....	49
Figura 31: Conexión general de la estación de monitoreo	51
Figura 32: Captura de pantalla de las librerías y variables utilizadas	54
Figura 33: Captura de pantalla del método de envío de datos.....	54
Figura 34: Diagrama de flujo de programa en arduino	55
Figura 35: Topología de red de la Estación de monitoreo.....	56
Figura 36: Diagrama de modelo conceptual de la base de datos.....	57
Figura 37: Captura de pantalla del script de la base de datos.....	59
Figura 38: Diagrama EERR de la base de datos de la estación	60
Figura 39: Interconexión de sensores-arduino.....	64
Figura 40: Ubicación de la estación de monitoreo	65
Figura 41: Captura de pantalla de la base de datos en Phpmyadmin	66
Figura 42: Página principal sitio web	67
Figura 43: Gráficas mostradas a usuarios con permiso	68
Figura 44: Diagrama de funcionamiento Estación de monitoreo.....	69

Tabla 1: “Propiedades del aire”	18
Tabla 2: “Composición del aire”	19
Tabla 3: “Contaminación en ciudades del mundo”	21
Tabla 5: “Medidas permisivas por la NTON”	29
Tabla 6: “Características Arduino ATmega32u4”	33
Tabla 7: “Características Arduino AtherosAR9331”	33
Tabla 8: “Características DHT11”	36
Tabla 9: “Características MQ7”	37
Tabla 10: “Características MQ131”	38
Tabla 10: “Características SDS11”	41
Tabla 11: “Planificación del Desarrollo de la app WEB”	61

Agradecimientos

Primeramente, a Dios por darnos la sabiduría, salud y energía para poder llevar a cabo la realización de este trabajo.

A nuestros Padres, familiares que nos han apoyado emocional y económicamente, sin ellos hubiese sido imposible realizar esta labor.

A nuestros profesores por brindarnos la luz del conocimiento durante estos años, especialmente a nuestro tutor Msc. Arnoldo Contreras y a nuestro asesor Msc. Jorge Cisne Altamirano quienes han confiado en nosotros y apoyado en todo momento, a nuestro profesor Msc. Denis Espinoza, Msc. Miguel Bárcenas y Lic. Marvin Somarriba por asesorarnos, brindarnos información, consejos y guía en todo momento.

1. Introducción:

La contaminación ambiental es uno de los temas problemáticos más extendidos en los últimos años, esto es un problema que nos afecta a todos y con el paso del tiempo, si no tomamos conciencia, el problema será más dañino para las futuras generaciones.

En nuestro proyecto trabajaremos con el estado actual de la calidad del aire en la ciudad de León, haciendo uso de tecnologías de bajo costo, las cuales explicaremos en el desarrollo de esta investigación, esto nos dará las bases necesarias para conocer la situación real del aire en la ciudad y así brindar los datos necesarios a estudios independientes o instituciones las cuales puedan idear posibles soluciones para mejorar la calidad del aire o en caso de que existan daños irreversibles, plantear soluciones de estabilidad para evitar la continuidad de daño.

El desarrollo de nuestro trabajo consta de varias partes: información de los antecedentes relacionados con estudio de la calidad del aire, datos actuales, herramientas de trabajo y uso de estas en nuestra metodología de trabajo, soluciones y posibles medidas de mejora.

1.1. Planteamiento del problema

El departamento de León actualmente no cuenta con un sistema de monitoreo ambiental que controle la cantidad de los elementos contaminantes del aire, por lo cual, no se tiene un conocimiento con base, que afirme la situación real de la calidad del aire en la ciudad de León. De hecho, según algunos medios informativos como el diario La Prensa afirman: “*Aún no se conoce cuál es la calidad del aire que los nicaragüenses respiran, pero América Latina y el Caribe no escapan a la contaminación atmosférica, a la que solo el sector transporte aporta 506 millones de toneladas de Dióxido de Carbono (CO₂) al año.*” (Tórrez C. G., 2018)

La última vez que se realizó un estudio completamente dedicado a monitorear la calidad del aire de una ciudad se dio por finalizado y discontinuado en el año 2001 en la capital del país; este estudio que surge a partir del convenio de colaboración UNI-Swisscontact, al finalizar el estudio se dio como conclusión que: “*Los resultados del monitoreo de la calidad del aire, indican que existen contaminantes como: Ozono, PM₁₀¹ PTS² y Polvos cuyas concentraciones se encuentran por encima de los valores guías respectivos de la OMS, lo cual constituye un factor de riesgo para la salud de los habitantes de la capital. Las emisiones vehiculares constituyen la principal fuente de contaminación del aire en la capital del país.*” (Swisscontact, 1995), es de muy a tener en cuenta que esto sucedió en el año 2001 y utilizaron normativas internacionales realizadas por la EPA y OMS, actualmente Nicaragua tiene su propia normativa de calidad del aire, la NTON 05 012-01 o Norma Técnica Obligatorio Nicaragüense sobre la calidad del aire, esta normativa fue establecida en 2002 y hasta la fecha a pesar de estar establecida y vigente nunca se ha verificado que alguna ciudad de Nicaragua cumpla con la normas en ella establecida.

Es necesario tener información de este tema, ya que debemos tomar en cuenta de que existen varios factores que pueden alterar los componentes del aire como la expulsión de gases de parte de los vehículos o el incremento de partículas en verano debido a las tolvaneras ocasionadas principalmente por el cultivo de maní alrededor de la ciudad, lo que pone en riesgo el deterioro ambiental y la salud pública.

¹ Material particulado de 10 µm

² Partículas totales en suspensión

El ser humano aspira entre 450 a 500 ml de aire por aspiración que equivale aproximadamente a 5-8 litros de aire por minuto, lo que significa entre 11-15 veces por minuto el aire entra en nuestro cuerpo con cualquier tipo de partículas que en este se encuentren.



Figura 1: “Tolvaneras” en León. Foto publicada por LA PRENSA 2017

Sin embargo no tenemos la certeza de saber exactamente qué tipo de partículas están accediendo a nuestro cuerpo por medio de la respiración, considerando en este punto que más del 80% de las ciudades del mundo tienen niveles de contaminación por PM2.5 superando los límites que se establecen, mencionando también otros contaminantes principales del aire como el monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO, NO₂, NO_x), Dióxido de azufre (SO₂), los cuales son causantes de enfermedades en el cuerpo humano. (El Nuevo Diario, 2018).



Figura 2: “Tolvaneras” en León, Foto tomada el 14 febrero 2018 desde el edificio básico UNAN-León

1.2. Justificación

La ciudad de León no cuenta con una herramienta o una estación que realice mediciones o monitoree el aire continuamente, se sabe que, con el notorio aumento del parque vehicular, los cuales a simple vista se puede notar de que algunos no están en perfectas condiciones, así mismo las tolvaneras provocadas por los vientos alisios que levantan las partículas del suelo que ha sido utilizado para la agricultura desde los años 50's, afectan el aire de la ciudad. Por lógica se tiene conocimiento de que el aire está mucho más contaminado que en años anteriores, sin embargo, no se sabe que tan sucio está el aire y no todos saben el daño directo a la salud humana y al ambiente.

Por lo que como estudiantes de Ingeniería en Sistemas en conjunto con el departamento de química, habitantes de la ciudad de León, preocupados por el medio ambiente y con deseos de aplicar nuestros conocimientos en una herramienta que ayude a nuestra ciudad, nos enfocamos en diseñar una estación de monitoreo ambiental que medirá los niveles de concentración de los principales contaminantes del aire haciendo uso de sensores electroquímicos y herramientas TIC³, además esta información podrá ser mostrada a cualquier usuario que tenga acceso a internet, ya que se reenviarán a un sitio web diseñado y programado con fines informativos con niveles de concientización a la población.

Al realizar este proyecto conoceremos los niveles de concentración de contaminantes presentes en el aire, validando según la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 05-012-02 (Norma Técnica de calidad del aire) publicado en la gaceta n 211 el 6 de noviembre del 2002, conociendo así la calidad del aire que respiramos a diario.

Este es un tema importante en nuestra actualidad porque mediante la obtención de datos se conoce la situación actual de la calidad del aire, la cual servirá para tomas de medidas preventivas orientadas por nuestras autoridades de salud, autoridades edilicias, también se proporciona información a la población en general para que pueda tome precauciones.

³ Tecnologías de Información y Comunicación

1.3. Antecedentes

Estudio de la contaminación del aire urbano en una ciudad intermedia: El caso de Chillán (Chile - 2007). José Morales P

Pocos estudios se han llevado a cabo en ciudades intermedias latinoamericanas a fin de determinar sus niveles de contaminación atmosférica. A través de un análisis de la contaminación urbana de la ciudad de Chillán (Chile), el artículo demuestra que la atmósfera respirable en la ciudad de Chillán debe ser considerada como un problema de origen antropogénico durante otoño e invierno. Esto se explica mayormente debido al uso masivo de la madera como combustible para la calefacción residencial dentro de las áreas urbanas de la ciudad. Este abatimiento se puede alcanzar junto con regulaciones públicas del transporte y de la industria, tales como definir nuevas maneras de evitar tráfico vehicular a través del centro de la ciudad, y prohibiendo el uso de taxi-buses contaminantes que han sido retirados de circulación en Santiago. Sólo así se facilitará el desarrollo sustentable de ciudades latinoamericanas intermedias como Chillán, que no necesariamente deben repetir los graves problemas de contaminación de las grandes urbes.

Las concentraciones de material particulado respirable se determinaron con monitores IMPROVE equipados con cabezal Sierra Andersen modelo 246b para partículas menores a 10 μm , ubicado a 3 m de altura, según el estándar de la EPA. Se usaron filtros de teflón de 25 mm de diámetro y de fibra de vidrio de 47 mm. Se ubicaron seis monitores en la ciudad de Chillán, considerando para ello las fuentes fijas y móviles, así como el centro de la ciudad, y las industrias.

La concentración del PM₁₀ se determinó usando una microbalanza Cahn 31, pesando los filtros antes y después de cada monitoreo.

Contaminación del aire por material particulado en la ciudad universitaria de Perú (2011). Valderrama Romero, Andrés

La concentración de material particulado en el aire en la Universidad Nacional de San Marcos de LimaPerú, se determina empleando un nuevo método de muestreo pasivo para polvo sedimentable; los resultados se comparan con los Límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo la máxima

concentración de material particulado sedimentable (MPS) en el aire de $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes. En el monitoreo ambiental se ubicaron 23 puntos de medición, obteniéndose los resultados siguientes: La velocidad promedio del viento en la estación meteorológica ubicada en el DAIMF es de $3,25\text{ m/s}$, la dirección del viento es de $\text{N}20^\circ\text{E}$. El punto de mayor concentración se ubica en la loza deportiva de la Facultad de Química ($1.45\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes); en el comedor provisional de estudiantes, se obtuvo en promedio $0.86\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes, superior al LMP en 172%; en la Avenidas Venezuela y Colonial se encontró en promedio $1.45\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes y $0.8\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes; valores superiores al LMP en 290% y 160%, respectivamente

En el estudio se utiliza el método pasivo con frascos que contienen papel tipo filtro y se mide la contaminación del aire según la organización Mundial de la Salud (OMS), tomando como valores referenciales para Polvos Sedimentables (PS) o Polvo Atmosférico Sedimentable e: $0.5\text{ mg}/\text{cm}^2$ /mes o su equivalente $5\text{ Ton}/\text{km}^2$ /mes.

Contaminación del aire en la ciudad de Managua, Nicaragua (1995-2001)

El programa de monitoreo de la contaminación del aire surge a partir de la firma del convenio de colaboración UNI-Swisscontact en diciembre de 1995, con finalización de la primera etapa en diciembre de 1998.

El convenio contemplaba el establecimiento de una red de estaciones (7) para monitorear los siguientes contaminantes: Partículas menores de 10 micrómetros (PM10), Partículas Totales Suspendidas (PTS), Dióxido de nitrógeno (NO₂), Ozono (O₃), Polvos, Plomo atmosférico y Monóxido de carbono en la ciudad de Managua.

A partir de 1999 se firmó la segunda etapa del convenio de colaboración el cual finalizó en diciembre de 2001. La red de monitoreo se redujo de 7 a 6 estaciones.

Cabe mencionar que los datos recopilados en este informe se obtuvieron a través de métodos químicos tradicionales, como el uso de filtros y sensores industriales sin capacidad de envío de datos a través de la red.

1.4. Objetivo General

- Crear una estación de monitoreo ambiental utilizando microcontrolador Arduino Yun y sensores electroquímicos para la realización de mediciones de monóxido de carbono, ozono y material particulado de 2.5 y 10 micras presentes en el aire en la ciudad de León, con capacidad de enviar datos a través de una red para su posterior consulta en un sitio web especializado, durante el período noviembre 2017 - marzo 2018.

1.5. Objetivos específicos

- Diseñar una estación de monitoreo ambiental para la conexión de la red de sensores.
- Almacenar los datos obtenidos de los sensores en una base de datos haciendo uso de MySql como gestor de datos.
- Mostrar los datos generados por la estación de monitoreo mediante un sitio web.

2. Marco Teórico

2.1. Aire

El aire es un componente natural esencial para el desarrollo de la vida presente en todas partes. Desde la antigüedad grandes filósofos han explicado de acuerdo a sus ideas, por ejemplo: Empédocles afirmaba que el aire es uno de los cuatro elementos junto al agua, tierra y fuego, para Anaxímenes el aire era el principio de las cosas, al ser según él, un elemento infinito, indeterminado, eterno, móvil, del cual todo surge y al cual todo retorna, un elemento el cual al rarificarse se transforma en fuego, y cuando se condensa se convierte en viento, nubes, agua, tierra o piedras.

Así se define el aire como el resultado de la mezcla de gases que componen la atmósfera terrestre y que gracias a la fuerza de gravedad se encuentran sujetos al planeta tierra, este es un elemento fundamental y esencial para mantener segura la continuidad de la vida en el planeta.

Propiedades Físicas	<p>Tiene menor densidad que el agua</p> <p>Tiene menor peso que el agua.</p> <p>Tiene volumen indefinido</p> <p>No existe en el vacío</p> <p>Es incoloro e insípido.</p> <p>Es un buen aislante térmico y eléctrico.</p>
Propiedades Químicas	<p>Está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno (O₂), y el dióxido de carbono, los cuales son básicos para la vida.</p> <p>Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.</p>

Tabla 1: "Propiedades del aire"

2.2 Composición del aire

Dentro de la composición del aire se dividen en:

Componentes constantes: nitrógeno, oxígeno, y en menor cantidad gases como el dióxido de carbono, argón, neón, helio, hidrógeno, otros gases y vapor agua.

Componentes variantes: Demás gases y vapores característicos en un lugar determinado como el óxido de carbono que proviene en su mayoría de los escapes de los motores, o los óxidos de nitrógeno que proviene de las descargas eléctricas durante las tormentas.

La composición del aire puro es:

Componente		Concentración aproximada en volumen
Nitrógeno	N	78.03%
Oxígeno	O	20.99%
Dióxido de Carbono	CO ₂	0.03%
Argón	Ar	0.94%
Neón	Ne	0.00123%
Helio	He	0.0004%
Criptón	Kr	0.00005%
Xenón	Xe	0.000006%
Hidrógeno	H	0.01%
Metano	CH ₄	0.0002%
Óxido Nitroso	N ₂ O	0.00005%
Vapor de agua	H ₂ O	Variable
Ozono	O ₃	Variable
Partículas		Variable

Tabla 2: "Composición del aire"

2.3 Algunos contaminantes del aire

Una contaminación es cualquiera alteración de las condiciones naturales de un ambiente determinado.

La contaminación del aire es una mezcla de partículas sólidas y gases en el aire. Las emisiones de los automóviles, los compuestos químicos de las fábricas, el polvo, el polen y las esporas de moho pueden estar suspendidas como partículas. El ozono, un gas, es un componente fundamental de la contaminación del aire en las ciudades. Cuando el ozono forma la contaminación del aire también se denomina smog. (MedlinePlus, 2016)

Una de las **mayores causas de la contaminación del aire es el dióxido de carbono**, un gas de efecto invernadero. Este es el contaminante que causa gran parte del calentamiento de la Tierra. También, contribuyen el metano y los clorofluorocarbonos y todos los seres vivos que emitimos dióxido de carbono al respirar.

Este es uno de los más grandes problemas que enfrenta nuestra época, a nivel general se sabe que es causada por uso de combustibles fósiles como la gasolina y el gas natural, en los últimos años, el ser humano envió a la atmósfera una cantidad de dióxido de carbono suficiente para aumentar los niveles de éste por encima del promedio habitual.

2.3.1 Ciudades más contaminadas a nivel mundial

Las ciudades con el aire más contaminado pertenecen a países cuya economía está en vías de desarrollo o subdesarrollada. El país que tiene más presencia en este campo es India, y que tiene siete de las quince ciudades más contaminadas del mundo, cuyo lugar ha registrado un aumento de muertes prematuras provocadas por la contaminación en el aire entre 2000 y 2015 según un informe publicado por Health Effects Institute y el Institute of Health Metrics and Evaluation. (Health Effects Institute, 2017)

La principal causa de esto es el alto nivel de concentración de las partículas dañinas suspendidas en aire conocidas como PM2.5. Esto se atribuye principalmente a la rápida industrialización en la que se desarrolla y el crecimiento poblacional entre otros.

Las ciudades más contaminadas del mundo con la cantidad de partículas contaminantes detectadas (microgramo por metro cúbico):

Zabol,	Irán	217
Gwalior,	India	176
Allahabad,	India	170
Riyadh,	Arabia Saudí	156
Al Jubail,	Arabia Saudí	152
Patna,	India	149
Raipur,	India	144
Bamenda,	Camerún	132
Xingtai,	China	128
Baoding,	China	126
Delhi,	India	122
Ludhiana,	India	122
Damman,	Arabia Saudí	121
Shijiazhuang,	China	121
Kanpur,	India	115



Figura 3: Esmog sobre Nueva Delhi 2016 Roberto Scmidt/ Agence France-Presse

Tabla 3: "Contaminación en ciudades del mundo"

A pesar de que en la lista no se encuentra ningún país de América, se conoce que en México y Brasil⁶⁶ ha aumentado los niveles de contaminación, por otro lado, Estados Unidos y Europa ha trabajado en la reducción de contaminación por las normas ambientales en Estados

Unidos y acciones realizadas por la Comisión Europea según el reporte del sitio State of Global Air.⁴

El CAI o Clean Air Institute tiene una publicación con datos acerca de la calidad el aire en América Latina en 2013, en esta compara los diferentes estudios realizados en varios países de América Latina, entre ellos Nicaragua. Para hacer más hincapié en la problemática nos quedamos con la conclusión de publicación: *“La mala calidad del aire se constituye en una amenaza para la salud, el bienestar social y el desarrollo económico a nivel mundial y en la región de América Latina y el Caribe (ALC). Las altas concentraciones de contaminantes del aire tienen impacto en los ciudadanos al disminuir su calidad de vida y al causar muertes prematuras y enfermedad, así como al dañar ecosistemas; mientras que a su vez afectan directamente las economías nacionales de los países latinoamericanos y su desarrollo económico y social.”* (CAI, 2013)

Por último, nos referimos a la afirmación escrita en un reporte de la OCDE, en la que se estima que para el año 2050 se triplicaran las muertes causadas parcial y totalmente por la contaminación del aire, dando un grito de alarma para el control de la contaminación ambiental: *“Se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la causa ambiental principal de mortalidad prematura, por encima de aguas insalubres y falta de saneamiento”* con *“una proyección de que se duplique en el mundo el número de muertes prematuras derivadas de la exposición a material particulado, pasando de más de 1 millón hoy en día, a aproximadamente 3.6 millones al año en 2050.”* (OECD, 2012)

2.3.2 Principales componentes químicos contaminantes del aire

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un gas sin olor ni color, pero muy peligroso. Puede causar súbitamente una enfermedad y la muerte. El CO se encuentra en el humo de la combustión, como lo es el expulsado por automóviles y camiones, candelabros, estufas, fogones de gas y

⁴ <https://www.stateofglobalair.org/>

sistemas de calefacción. El CO proveniente de estos humos puede acumularse en lugares que no tienen una buena circulación de aire fresco. (MedlinePlus, 2016)

En una atmósfera no contaminada la concentración de monóxido de carbono es muy baja y estable (0,1 ppm = partes por millón).

Se ha demostrado que:

- El monóxido de carbono es uno de los causantes de cambios en la memoria, confusión mental y pérdida de memoria.
- La exposición a este puede causar somnolencia, alucinaciones, pérdida de conocimiento, hasta convulsiones.
- Respirar monóxido de carbono puede causar dolor de cabeza, desvanecimiento y mareos.
- Según Alber Parker: “La capacidad del monóxido de carbono (CO) para provocar la muerte radica en su elevada afinidad por la hemoglobina y en la estabilidad de la carboxihemoglobina, que evita el transporte de oxígeno por la sangre.” (Parker, 2001)
- El monóxido de carbono disminuye la cantidad de oxígeno disponible para las células, lo cual hace más difícil la función celular, produciendo hipoxia y envenenamiento celular.

Dentro de los efectos de toxicidad grave puede ser a corto-mediano plazo:

- Efectos neuropsiquiátricos ⁵ como estado vegetativo, parkinsonismo, anaxia, agnosia, estado amnésico, depresión, demencia, parálisis, ceguera cortical, neuropatía periférica e incontinencia.

A largo plazo:

- El monóxido de carbono puede afectar el corazón y causar daños al sistema nervioso.
- Riesgos sobre el feto durante el período de embarazo.

⁵ Trastorno mental

La exposición diaria a 34,4 mg/m³ (30 ppm) de monóxido de carbono es equivalente a fumar 20 cigarrillos al día. (Osborne, 2017)

Valor límite de la media de ocho horas máxima en un día para la protección de la salud humana es de 10 mg/m³.

Este componente químico se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera en ambientes de poco oxígeno. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas, también pueden producirlo si no están funcionando correctamente. Los vehículos parados con el motor encendido también lo despiden.

El aire interior generalmente puede contener cierta concentración de monóxido de carbono debido a que estos provienen de elementos que se encuentran generalmente en las viviendas como: chimeneas, calderas, calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas (que pueden producirlo si no están funcionando correctamente), con lo que se recomienda que se revise periódicamente el estado de estas instalaciones.

Las concentraciones de monóxido de carbono dentro de los vehículos son generalmente más altas que aquellas medidas en el aire exterior.

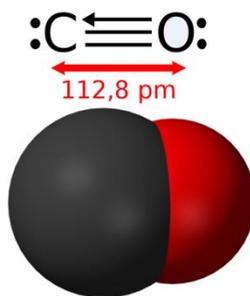


Figura 4: Molécula de monóxido de carbono

Ozono (O₃)

El ozono es un gas azulado compuesto por tres átomos de oxígeno (O₃), altamente oxidante debido a la inestabilidad de su estructura y tóxico a concentraciones elevadas. (La calidad del aire en Aragón, 2018)

Al hablar de ozono, debemos comprender dos situaciones: el ozono que está situado en la estratósfera (20km de altura) y el ozono ubicado en la tropósfera (hasta unos 10km sobre la superficie de la tierra).

En la estratósfera se encuentra una capa de ozono (también llamado ozono estratosférico), esta capa absorbe los rayos UV proveniente del sol, evitando que llegue a la superficie de la tierra, por lo que en este caso actúa de forma beneficiosa.

En cambio, el ozono encontrado en la tropósfera (también llamado ozono troposférico), puede encontrarse en concentraciones mayores a las normales, siendo así un contaminante atmosférico con efectos nocivos en el medio.

Emisiones	+	COV + NOx + Radiación solar	→	O₃
(naturales, tráfico, indústrias)		Contaminante primario		Contaminante secundario

Figura 5: Formación del Ozono (O₃)

Por lo que el ozono a nivel del suelo (que no debe confundirse con la capa de ozono en la atmósfera superior) es uno de los principales componentes de la niebla tóxica. Éste se forma por la reacción con la luz solar (fotoquímica) de contaminantes como los óxidos de nitrógeno (NOx) procedentes de las emisiones de vehículos o la industria y los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por los vehículos, los disolventes y la industria. Los niveles de ozono más elevados se registran durante los períodos de tiempo soleado. (Organización Mundial de la Salud, 2016)

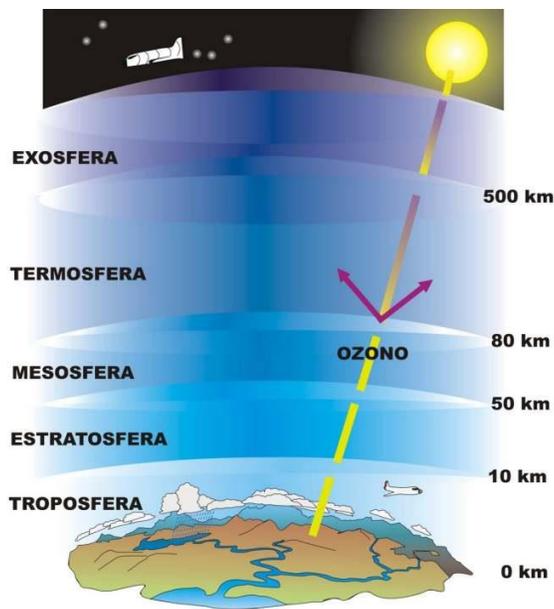


Figura 6: Ozono en la atmósfera terrestre

El ozono como gas tóxico a concentraciones elevadas puede tener efectos en la salud, principalmente afectando el aparato respiratorio e irritando las mucosas dependiendo también de la concentración, la ventilación durante la exposición, así como su duración

Según la OMS los primeros síntomas que se han detectado tras una exposición de este contaminante es:

- Falta de aire y dolor al aspirar profundamente.
- Tos e irritación en la garganta
- Inflamación y daño en las vías respiratorias
- Incremento de asma
- Pulmones susceptibles a infecciones.
- Empeora los casos de enfisema, bronquitis crónica y dolencias pulmonares.

Cabe mencionar que estos síntomas se observan en concentraciones de ozono alrededor de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en cuyo caso si los niveles de ozono superan este nivel se puede producir graves inflamaciones pulmonares, hiper-reactividad de las vías respiratorias, así como un grave deterioro de la actividad pulmonar.

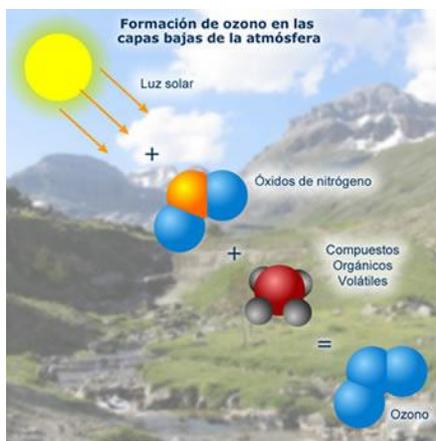


Figura 7: Formación de ozono en las capas bajas de la atmósfera

PM (Partículas)

Las partículas son un punto importante en nuestra investigación ya que las conclusiones hechas son en base a los resultados de las mediciones de estas partículas. Según la OMS cuando se mide la calidad del aire se expresa en la cantidad de partículas (PM10) por metro cúbico de aire, cuando se tienen instrumentos suficientemente sensibles también se notifican las partículas finas o PM 2.5. (Organización Mundial de la Salud, 2016)

Estas partículas tienen serios efectos en la salud, donde de manera general se puede decir que: las PM10 pueden penetrar hasta las vías respiratorias, las PM2.5 pueden penetrar hasta la zona de intercambio de gases de pulmón y las partículas ultra finas (menores de 100nm, pueden llegar a pasar por el torrente circulatorio).

Estas partículas son uno de los problemas de contaminación más peligrosos, la exposición continua a estas podría reducir la esperanza de vida entre varios meses y años.

PM10

Las PM10 se pueden definir como aquellas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). Se

caracterizan por poseer un pH básico debido a la combustión no controlada de materiales. (PRTR España, 2017)

PM2.5

Estas partículas son partículas sólidas como hollín, partículas de metal, cemento dispersas en la atmósfera, lo mismo que las PM10 solo que su diámetro corresponde de 0.1 μm hasta 2.5 μm . (Wikipedia, 2017)

Partículas Totales en Suspensión (PTS)

Las partículas en suspensión (total de partículas suspendidas: TPS) (o material particulado) consisten en acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos en la atmósfera ambiental, generada a partir de alguna actividad antropogénica (causada por “el hombre”) o natural. (Wikipedia, 2017)

Los contaminantes en partículas no son idénticos física y químicamente, sino más bien están constituidos por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. Algunos son mucho más nocivos para la salud, las propiedades y la visibilidad.

2.4 Norma Técnica de Calidad del Aire NTON 05 012-02

Nicaragua cuenta con un documento legal en el que se resalta la necesidad de la preservación de la calidad del aire dentro de límites para que no afecten la vida y desarrollo de los seres vivos.

La NTON 05 012-02 tiene por objeto establecer los límites máximos permisibles de inmisión de los principales contaminantes atmosféricos en el aire ambiente sobre el territorio nicaragüense; los métodos de monitoreo para la vigilancia del cumplimiento de la norma y los plazos de revisión para la actualización de los límites máximos permisibles establecidos a través de la misma y las demás disposiciones contenidas en la presente norma técnica; con el fin de proteger el ambiente y la salud de la población nicaragüense. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2002)

Contaminante	Límite máximo permisible	Período de medición
Partículas Totales de suspensión (PTS)	75/(n.a)	Anual1
	260/(n.a)	24 horas2
Material Particulado <= 10 µm (PM10)	50/(n.a)	Anual1
	150/(n.a)	24 horas2
Dióxido de Azufre (SO2)	80/(0.03)	Anual1
		24 horas2
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	100/(0.05)	Anual1
	400/(0.21)	1 hora2
Ozono (O3)	160(0.08)	8 horas2
	235/(0.12)	1 hora2
Monóxido de Carbono (CO)	10000/(9.0)	8 horas2
	40000(35.0)	1 hora2
Plomo (Pb)	0.5/(n.a)	Anual1
	1.5/(n.a)	Trimestral

Tabla 5: “Medidas permisivas por la NTON”

2.5 Área de Estudio Propuesta

Estudios de calidad del aire con estación de medición fija en la ciudad de León, la estación fija constaría de sensores capaces de medir concentraciones de gases contaminantes en unidades de ppb (partes por billón) con una sensibilidad de ± 0.01 . (Cisne Altamirano, 2016).

2.6 Estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo son básicamente una estructura diseñada y construida para albergar de forma segura la placa del Arduino y todos los componentes conectados a él, tanto los sensores de gases, partículas, humedad y temperatura, paneles solares para la autonomía energética y módulos GSM GPRS para la conexión a internet. Las estaciones estarán a una altura de por lo menos 15 metros.

El monitoreo de calidad de aire tiene dos características principales:

1. Los equipos requeridos tienen que tener un método de referencia de medición y por otro lado los tiempos de medición son continuos y de gran magnitud.
2. Las estaciones de monitoreo para la calidad de aire involucran cuatro elementos cruciales para su montaje:
 - Equipos e insumos de medición de acuerdo a regulaciones ambientales.
 - Sistema de transmisión de información inalámbrico.
 - Montaje e Instalación de infraestructura ya sea fija o móvil.
 - Sistema de calibración/auto calibración.

Una red de monitoreo de calidad del aire está diseñada para ser fija o móvil y medir concentraciones de compuestos químicos y material particulado, usualmente una estación de monitoreo de este tipo involucra toda la infraestructura para poder tener datos en tiempo real de los siguientes parámetros: (Esto es según lo de cada país, mencionar los que nosotros vamos hacer según la ley de Nicaragua)

- Concentración Hidrocarburos Totales (TH)
- Concentración de Ozono (O₃)
- Concentración de Monóxido de Carbono (CO)
- Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂)
- Concentración de Óxidos Nitrosos (NO_x)
- Concentración de Material particulado PM₁₀-PM_{2.5}

2.7 Componentes de la estación de monitoreo

2.7.1 Sensores

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. (Wikipedia, 2017)

2.7.2 Sensores de gas

Los sensores de gas son dispositivos que podemos conectar al Arduino y que sirven para detectar la presencia de componente químicos específicos en el aire, una familia de sensores muy conocida es la MQ. Hay muchos tipos de sensores de gases de esta familia, cada uno está especializado en detectar uno o más componentes químicos en particular: “La serie MQ de Sensores de gas usan un pequeño calentador interno junto a un sensor electro-químico. Ellos son sensibles para un rango de gases y son usados en sitios cerrados a temperatura de cuarto.” (Arduino, 2017).

Algunos sensores de gas organizados respecto al gas que miden son los siguientes:

- Sensor de Partículas PM
- Sensor de CO
- Sensor de SO₂.
- Sensor de O₃
- Sensor de NO₂
- Sensor de Pb
- Sensor de Partículas Totales en Suspensión PTS

2.8 Requerimientos Hardware

2.8.1 Arduino Yun

Yun es una placa Arduino basada en ATmega32u4 y Atheros AR9331 (por lo cual permite utilizar Linux, así como una versión especial para Arduino llamada Linino). Físicamente muy parecido a los modelos anteriores Leonardo y UNO.

Una de las cosas que hace más interesante el trabajar con la placa Yun es la facilidad y capacidad de conectarse a internet, ya sea por medio de Wifi o el puerto de red que trae adaptado a la placa. También trae un puerto USB el cual puede ser utilizado para conectar cámaras. Memorias flash y otros dispositivos para conectar con el procesador Atheros.

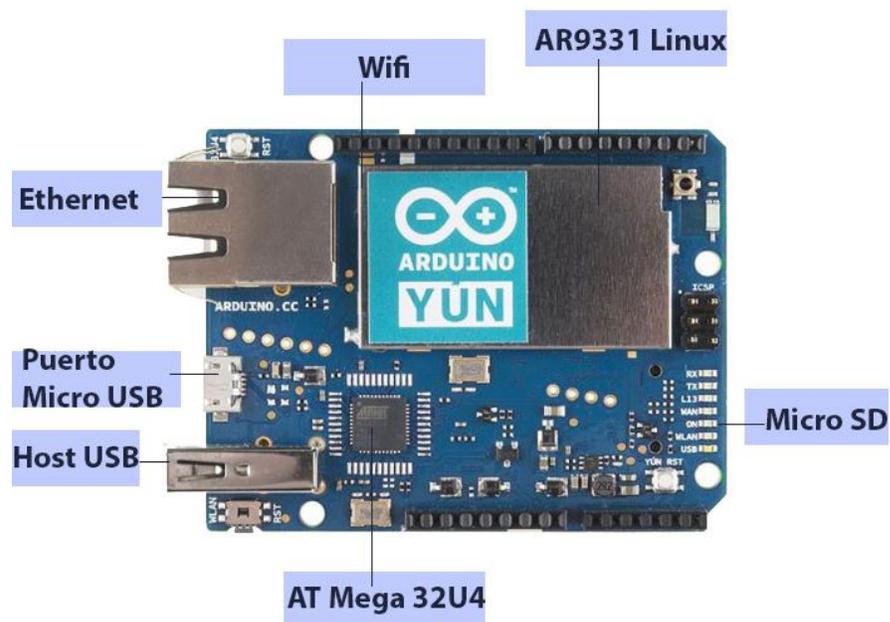


Figura 8: Partes de Arduino YUN

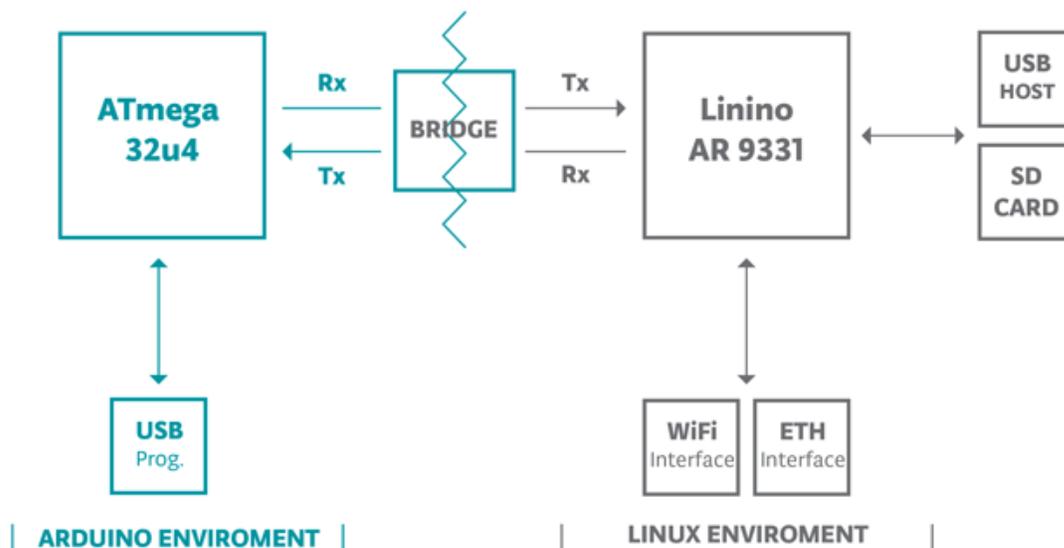


Figura 9: Procesadores que posee Arduino YUN

Microcontrolador Arduino (ATmega32u4)	
Voltaje de entrada	5V
Voltaje operativo	5V
Pines de E/S	20
Canales de modulación de ancho de pulso (PWM)	7
Canales de entrada analógica	12
Corriente DC en pines 5V	40mA
Corriente DC en pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	32 KB
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad del reloj (clock speed)	16 MHz

Tabla 6: "Características Arduino ATmega32u4"

Microprocesador Linux (Atheros AR9331)	
Voltaje operativo	3.3V
Arquitectura	MIPS @400MHz
Ethernet	IEEE 802.3 10/100Mb/s
Wifi	IEEE 802.11 b/g/n
USB Tipo A	2.0 Host/device
RAM	64 MB DDR2
Memoria Flash	16MB

Tabla 7: "Características Arduino AtherosAR9331"

En la memoria flash del microprocesador viene instalada una distribución de Linux llamada OpenWRT-Yun quien ocupa 9MB, si se requiere más espacio de hace uso de una memoria MicroSD.

Pines de entrada y salida:

TWI (two wire interfaces): 2 (Data line “SDA”) y 3 (Clock line “SCL”).

PWM 8 bits (pulse-width modulation): 3, 5, 6, 9, 10, 11 y 13

Comunicación serial: 0 (RX) y 1 (TX)

SPI (Serial Peripheral Interface): en los pines ICSP.

- **Estado del arduino según los LEDs que posee:**

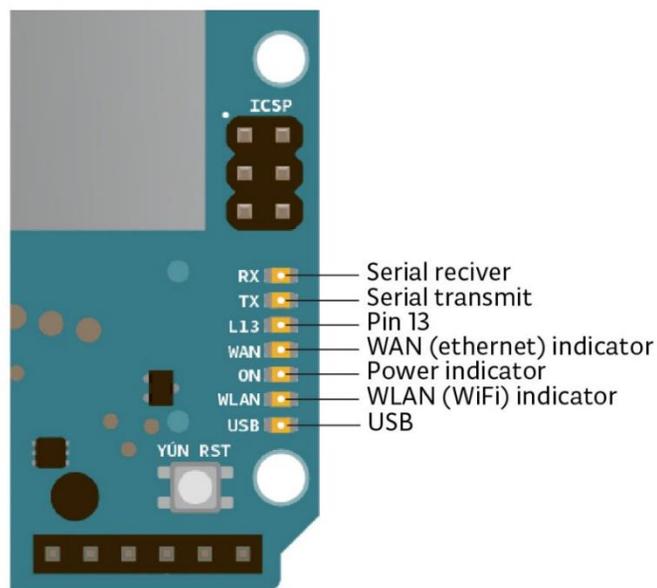


Figura 10: LEDs de estado de Arduino YUN

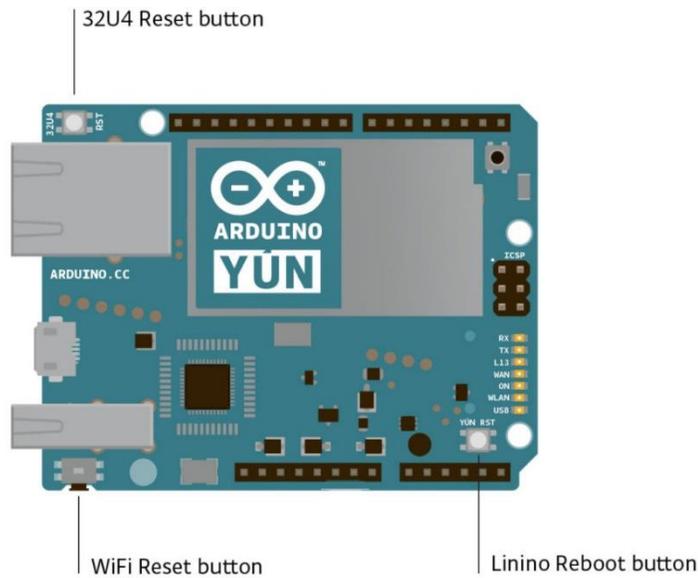


Figura 11: Botones de reinicio de Arduino YUN

2.8.2 DHT11

León es una ciudad conocida principalmente por su cultura y sus playas, pero también se conoce que tiene altas temperaturas incluso en algunos días de la época de invierno. Y aunque es obvio que la temperatura no pertenece a ningún componente químico contaminante es oportuno integrar en la estación un sensor que mida la temperatura y humedad relativa, para brindar información a la población o para complemento de estudios futuros en el que se necesite saber los cambios de temperatura y humedad en la ciudad en un determinado tiempo. Para esto se hizo uso del sensor DHT11.

Este es un sensor compuesto que contiene una señal digital calibrada que mide la humedad y temperatura. En el mercado la podemos encontrar el sensor individual, y con su inserción en una PCB. Nosotros optamos por usar la segunda.

Este sensor trae tres pines que son:

- VCC: alimentación
- DATA: transmisión de datos
- GND: conexión con tierra

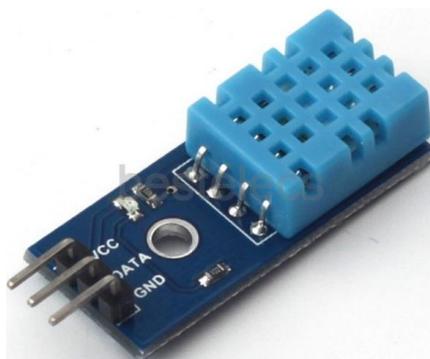


Figura 12: sensor DHT11 (Temperatura y humedad)

Características:

Modelo	DHT11
Alimentación	5V
Consumo	2.5 mA
Señal de salida	Digital

Temperatura	
Rango	De 0°C a 50°C
Precisión	A 2°C ± 2°C
Resolución	1°C (8-bit)

Humedad	
Rango	De 20°RH a 90°RH
Precisión	A 0°C y 50°C ± 5%RH
Resolución	1% RH

Tabla 8: "Características DHT11"

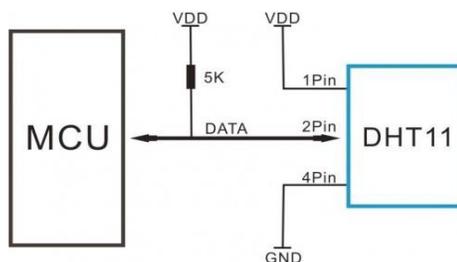


Figura 13: Circuito eléctrico de sensor DHT11

2.8.3 Sensor MQ7

Este es un sensor analógico y electroquímico, por lo general los sensores MQ poseen un calentador que incrementa la temperatura interna y que al reaccionar con gases (con el MQ7 el monóxido de carbono), provoca un cambio en el valor de la resistencia. El calentador dependiendo del modelo puede necesitar un voltaje entre 5 y 2 voltios, el sensor se comporta como una resistencia y necesita una resistencia de carga (R_L) para cerrar el circuito y con este hacer un divisor de tensión y poder leerlo desde un microcontrolador.

Generalmente los sensores MQ se encuentran en módulos, lo que nos simplifica la parte de conexiones y nos facilitan su uso, solo basta con alimentar el módulo y empezar a leer el sensor, estos módulos también tienen una salida digital la cual internamente trabaja con un comparador y con la ayuda de un potenciómetro podemos calibrar el umbral y así poder interpretar la salida digital como presencia o ausencia del gas.

Este sensor trae tres pines que son:

- VCC: alimentación
- DATA: transmisión de datos
- GND: conexión con tierra

Características:

Concentraciones	10~1000ppm
Alimentación	5V
Intensidad	140 mA

Tabla 9: "Características MQ7"



Figura 14: Sensor MQ-7

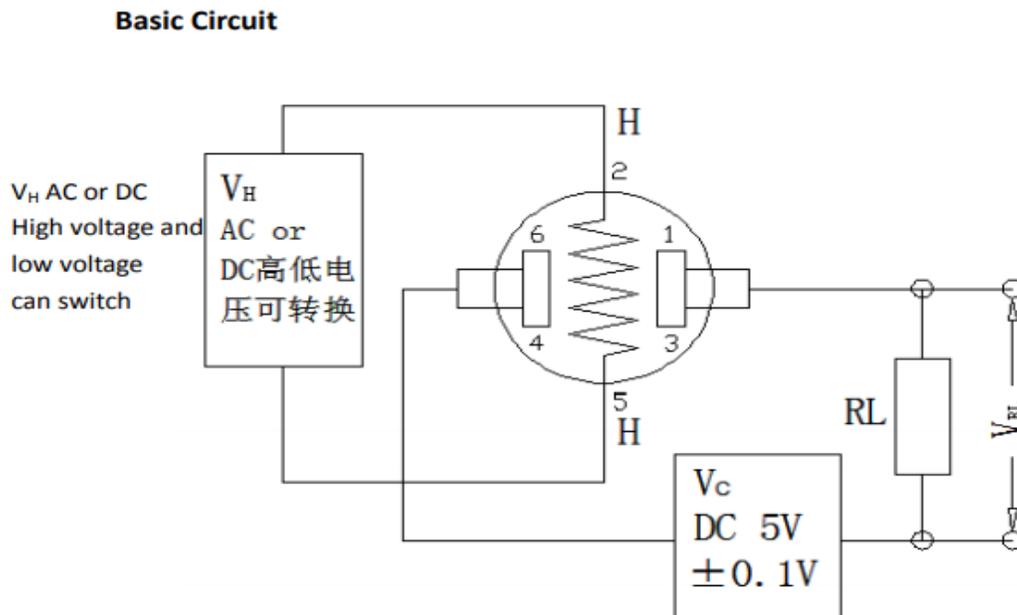


Figura 15: Circuito eléctrico de sensor MQ-7

2.8.4 Sensor MQ131

Al instante de que el sensor entra en contacto con gas ozono, la conductividad del sensor disminuye a medida que aumenta la concentración de gas. En este proceso se convierte el cambio de conductividad a la señal de salida correspondiente de la concentración de gas a través de un circuito simple.

Este sensor tiene una sensibilidad alta, así como también es sensible a los óxidos fuertes como Cl_2 , No_2 , entre otros.

Modelo	MQ131
Tipo de sensor	Semiconductor
Concentración	10-1000ppm de ozono
Alimentación	5V

Tabla 10: "Características MQ131"



Figura 16: Sensor MQ131

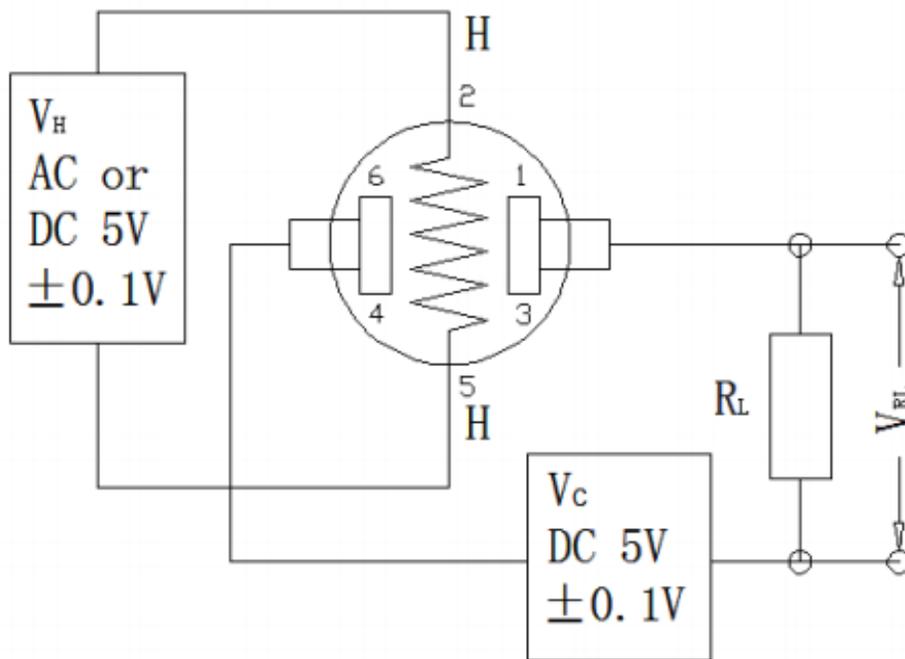


Figura 18: Circuito eléctrico de sensor MQ131

2.8.5 SDS011

Este sensor medirá la cantidad de material particulado 2.5, este usa la teoría de dispersión de láser, este sensor obtiene la concentración de partículas entre 0.3 a 10µm en el aire.

Este sensor posee una detección de láser estable, así mismo posee una fácil integración: salida UART (o salida IO, puede ser personalizado), trae un ventilador incorporado y tiene un tiempo de respuesta rápido.



Figura 17: Sensor SDS011

La calidad que brinda el diodo láser en este sensor es de alta calidad y su vida útil es hasta de 8000 horas, el sensor de forma predeterminada mide la frecuencia de vez por segundo. Sin embargo, si se usa el método de trabajo discontinuo se podría prolongar el servicio de vida como, por ejemplo, iniciar el sensor por 30 segundos por minuto.

Características

Modelo de producto	SDS011
Parámetros de medición	PM2.5, PM10
Rango	0.0-999.9µg/m ³
Voltaje	5V
Fuente de alimentación	>1W
Ondulación del voltaje de suministro	<20mV
Corriente	70mA±10mA
Corriente de reposo	<4 mA
Rango de temperatura	Entorno de almacenamiento De 20~60°C Entorno de trabajo -10~+50°C Ambiente de trabajo

Rango de humedad	Max 90% Ambiente de trabajo Max 70%
Presión de aire	86KPa~110KPa
Frecuencia de salida de datos en serie	1Hz
Resolución mínima de partícula	0.3 μm
Recuento de conteo	70%@0.3 μm 98%@0.5 μm
Error relativo	Maximum of $\pm 15\%$ and $\pm 10\mu\text{g}/\text{m}^3$
Certificaciones	CE/FCC/RoHS

Tabla 10: "Características SDS11"

2.9 Requerimientos Software

2.9.1 El Internet de las Cosas:

Internet de las cosas, Internet of Things o IoT por sus siglas en inglés, es un concepto un poco abstracto pero que ha estado ganando bastante popularidad en los últimos años. La idea que intenta representar queda bastante bien ilustrada por su nombre, cosas cotidianas que se conectan a Internet.

El Control ambiental es una de las áreas en las que está teniendo más éxito el Internet de las cosas, pues permite acceder desde prácticamente cualquier parte a información de sensores atmosféricos, meteorológicos, y sísmicos. (Hipertextual, 2018)



Figura 18: Imagen conceptual de IOT

2.9.2 Atom como Entorno de Desarrollo:

Atom es un editor de texto Open Source, multiplataforma desarrollado por GitHub⁶ que puede utilizarse como IDE para un sinfín de lenguaje de programación y cuyas competencias pueden ampliarse enormemente gracias al soporte continuado de la comunidad.

Incluye todas las características que se le pueden pedir a un editor de código como el resaltado de sintaxis, auto detección de lenguajes, sistema de autocompletado contextual, la posibilidad de utilizar varios paneles, organizar nuestro proyecto en carpetas, soporte para snippets y un potente buscador. Su mayor potencial, de todas formas, es la modularidad de su entorno a la hora de instalar paquetes que añadan más características si caben al entorno. Cabe decir que se incluye el sistema de control de versiones Git para publicar en la propia plataforma GitHub. (Atom, 2018)



Figura 19: Logo de ATOM IDE

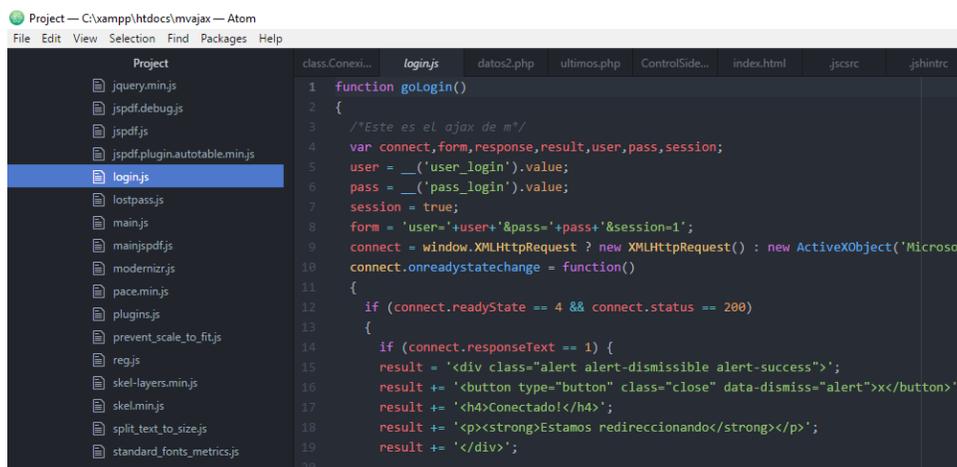


Figura 20: Entorno de ATOM

⁶ GitHub es una de las mayores comunidades de desarrollo de software que existen en Internet.

2.9.3 Arduino IDE:

El entorno de programación IDE para Arduino permite la programación de la tarjeta del micro controlador Arduino desde un ambiente gráfico agilizando el proceso de desarrollo de los programas.

El micro controlador Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing), pero que también se pueden usar otros como PYTHON, en el caso particular de este proyecto, se inicia

ejecutando el IDE oficial, luego seleccionamos la placa y el puerto de comunicación. (Modelación de un sistema automatizado para la administración del invernadero del campo agropecuario de la UNAN-León, 2015)



Figura 21: Inicio de Arduino IDE 1.8.3

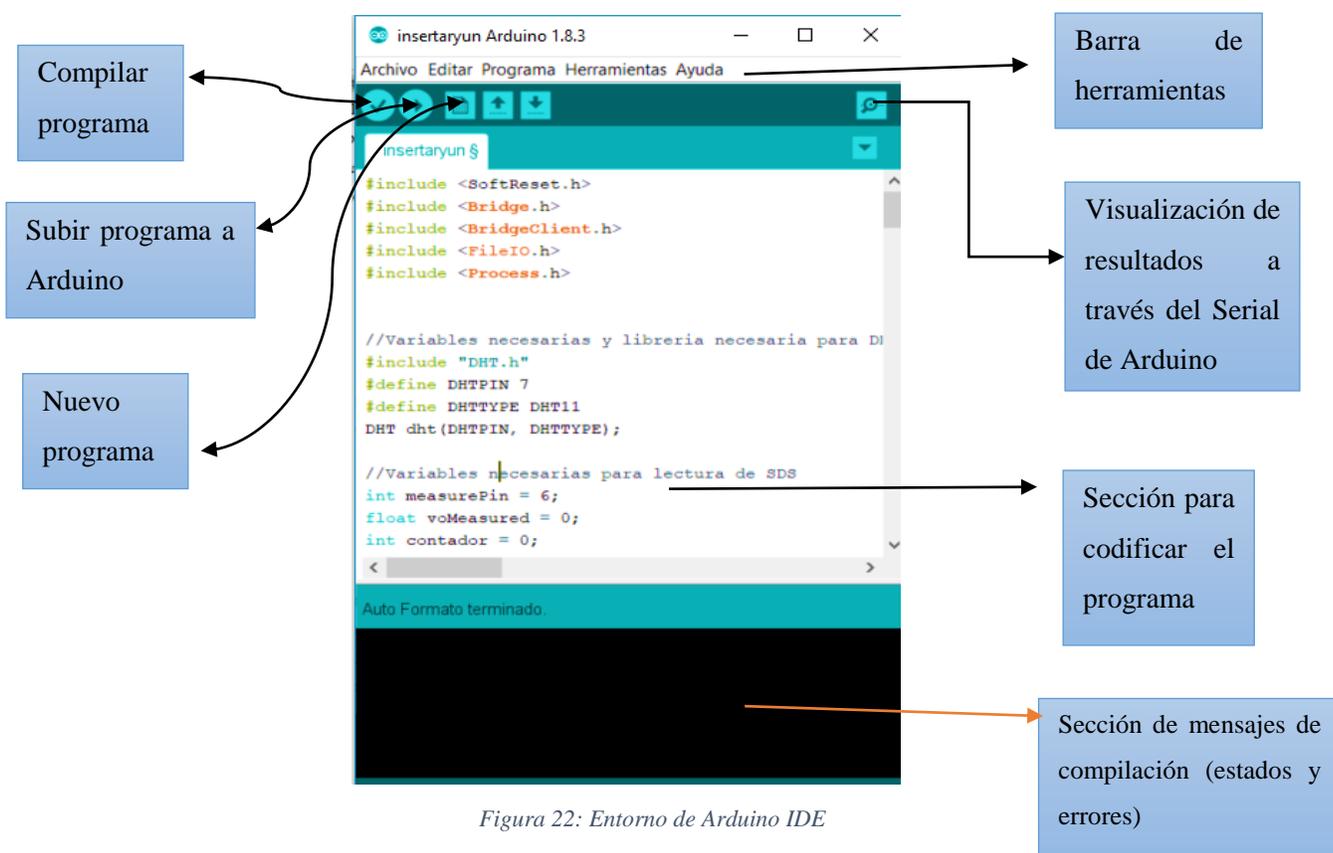


Figura 22: Entorno de Arduino IDE

2.9.4 MVC como patrón de diseño:

MVC es un patrón de diseño, una frase que suena muy bonita pero lo que realmente significa es algo bien simple, solución recurrente. En el mundo del software de vez en cuando una solución a un problema se hace popular y a partir de ese momento empieza a aparecer en libros y se le conoce como un patrón de diseño.

Entre los muchos patrones de diseños que existen hay uno que se ha hecho demasiado famoso en este último tiempo en el ámbito de la programación web, y se llama MVC que consiste en dividir la construcción de un sistema en 3 capas, que reciben los nombres de Modelo, Vista y Controlador. (Medium, s.f.)

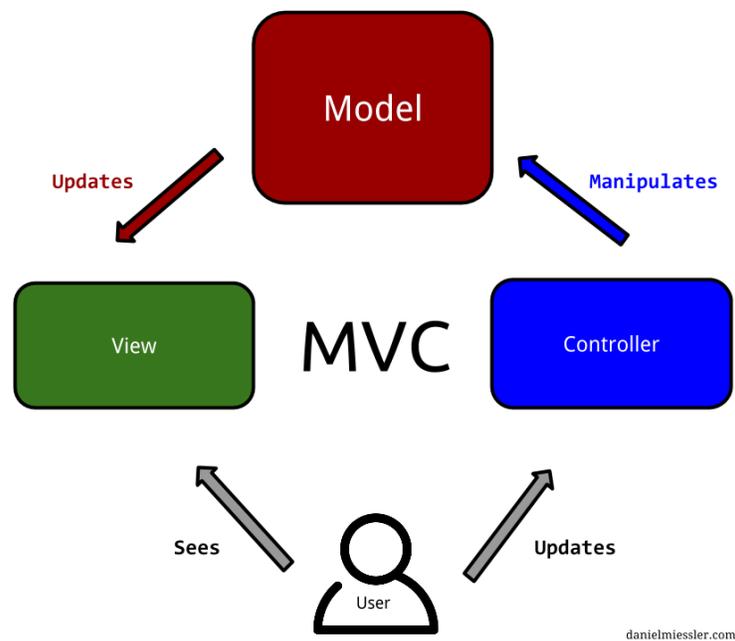


Figura 23: Imagen conceptual de MVC

2.9.5 PHP como Leguaje de Programación del lado del Servidor

PHP, acrónimo recursivo en inglés de PHP Hypertext Preprocessor (procesador de hipertexto), es un lenguaje de programación de propósito general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en un documento HTML en lugar, de llamar a un archivo externo que procese los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera el HTML resultante. (Wikipedia, 2018)

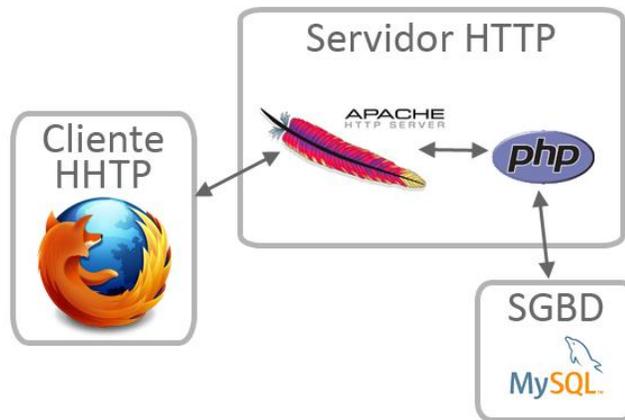


Figura 24: Arquitectura de una aplicación con PHP

2.9.6 JavaScript como Lenguaje de Programación del lado del Cliente

JavaScript (abreviado comúnmente JS) es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente (client-side), implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas aunque existe una forma de JavaScript del lado del servidor (Server-side JavaScript o SSJS).

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 el cual hemos usado en nuestra aplicación. JavaScript se interpreta en el agente de usuario al mismo tiempo que las sentencias van descargándose junto con el código HTML. (Wikipedia, 2018)

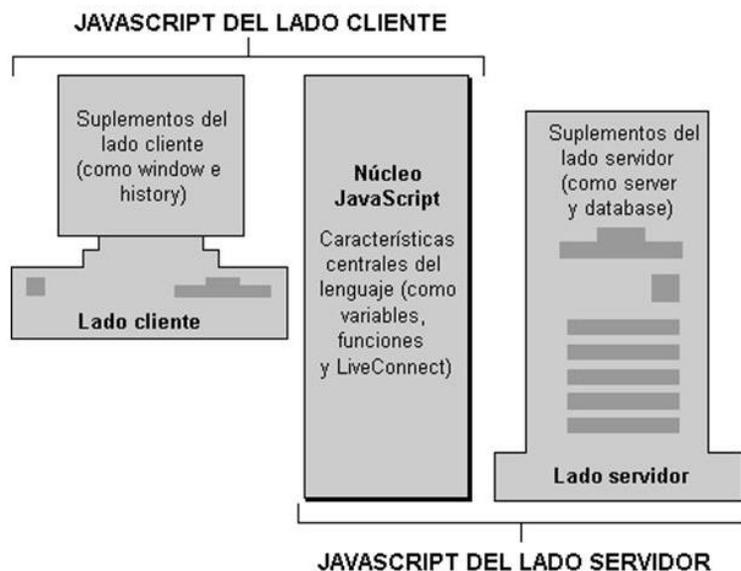


Figura 25: Arquitectura Java Script

2.9.7 HTML5 como Lenguaje de Modelado:

HTML5 es un lenguaje markup (de hecho, las siglas de HTML significan Hyper Text Markup Language) usado para estructurar y presentar el contenido para la web. Es uno de los aspectos fundamentales para el funcionamiento de los sitios, pero no es el primero. Es de hecho la quinta revisión del estándar que fue creado en 1990. (Wikipedia, 2018)



Figura 26: Logo de HTML5

2.9.8 Lenguaje C:

C es un lenguaje de programación de propósito general que ofrece economía sintáctica, control de flujo y estructuras sencillas y un buen conjunto de operadores. No es un lenguaje de muy alto nivel y más bien un lenguaje pequeño, sencillo y no está especializado en ningún tipo de aplicación. Esto lo hace un lenguaje potente, con un campo de aplicación ilimitado y, sobre todo, se aprende rápidamente. En poco tiempo, un programador puede utilizar la totalidad del lenguaje.

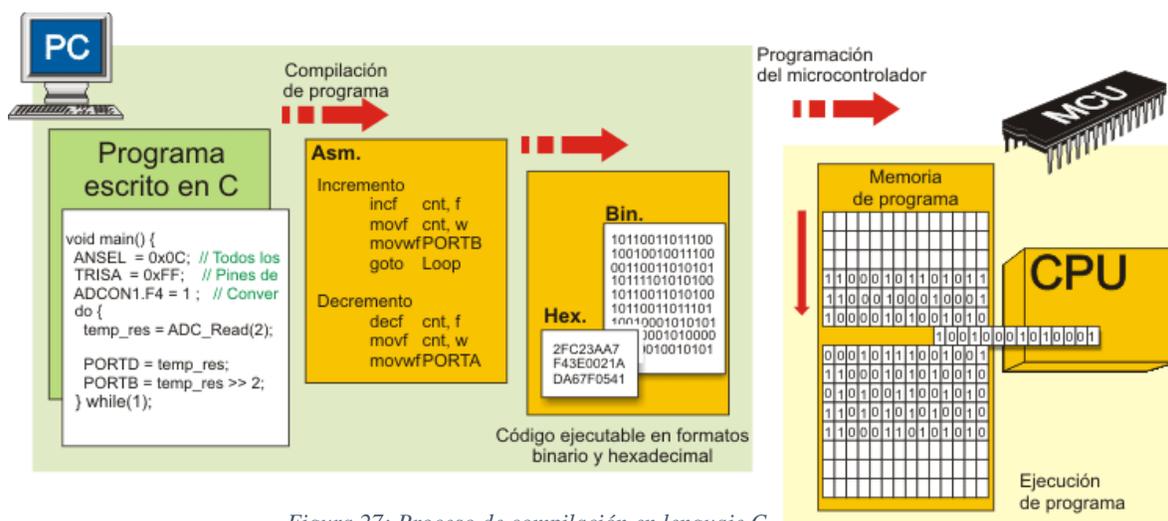


Figura 27: Proceso de compilación en lenguaje C

2.9.9 Sistema Gestor de Base de Datos MySQL Server:

Un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD, en inglés DBMS: DataBase Management System) es un sistema de información que permite la definición de bases de datos, así como la elección de las estructuras de datos necesarios para el almacenamiento y búsqueda de los datos, ya sea de forma interactiva o a través de un lenguaje de programación.

Los SGBD relacionales son una herramienta efectiva que permite a varios usuarios acceder a los datos al mismo tiempo. MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, fue creado por la empresa sueca MySQL AB, la cual tiene el copyright del código fuente del servidor SQL, así como también de la marca. MySQL es un software de código abierto, licenciado bajo la GPL (General Public License) de la GNU. (Ecured, 2017)



Figura 28: Logo de MySQL

2.9.10 Bootstrap como Framework:

Bootstrap es un framework desarrollado y liberado por Twitter que tiene como objetivo facilitar el diseño web. Permite crear de forma sencilla webs de diseño adaptable, es decir, que se ajusten a cualquier dispositivo y tamaño de pantalla y siempre se vean igual de bien. Es Open Source o código abierto, por lo que lo podemos usar de forma gratuita y sin restricciones. (Bootstrap, 2018)



Figura 29: Logo de Bootstrap

3 Marco metodológico

3.2 Diseño de la estación de monitoreo

3.2.1 Lista de materiales utilizados

- Caja de superficie de 28*13 cm
- Base de plywood de 25*10 cm
- 13 cables de cobre para la conexión a arduino y eléctrica
- Cable de alimentación usb type c
- Cable de red utp cat-5
- Distribuidor de energía
- Arduino Yun
- Sensor dht11
- Sensor Mq7
- Sensor Mq131
- Sensor SDS011
- Ventilador de pc
- Esponja
- Cinta aislante
- 10 Tornillos de 3 milímetros

3.2.2 Conexión física de los sensores

Para agrupar los sensores se hace uso de una caja plástica conocida en el mercado como caja de derivación o caja de superficie de 28*13 cm de tamaño. Debido a que la caja trae orificios laterales se facilita posicionar los sensores ya que está expuesta al exterior con la parte del PCB en el interior (excepto por el sensor de PM2.5/10 ya que está completamente en el interior).



Figura 30: Caja de superficie

Se colocó una base de plywood sobre la cual se colocó primero el Arduino, así mismo se hizo uso de un distribuidor de energía para la alimentación de los sensores. Con cables de conexión macho/hembra se soldó un solo cable para alimentación y otro para ground para interconectar los sensores, y con un tercer cable se realiza la conexión individual de cada sensor al Arduino.

Los sensores son resistentes a altas temperaturas, humedad y agua, pero para mayor seguridad en la parte externa se colocó un recubrimiento de plástico protector. El sensor SD011 necesita un tubo o manguera que sirva como escape de aire, se utilizó una pequeña manguerita de plástico para este fin. Por último, se instaló un ventilador el cual se atornilló en la “tapa” de la caja y se alimenta del distribuidor de energía igual que los sensores.

El microcontrolador YUN sirve como base de conexión para nuestros sensores e interfaz programable que tiene como propósito principal recoger los datos de los sensores para mandarlos al servidor en tiempo real, y que de esta forma estos datos sean almacenados, visualizados y comprobados en el sitio web, la placa arduino tiene conexión a la red mediante un cable ethernet.

Todos los sensores tienen un funcionamiento similar en la forma en que obtienen los datos, ya que casi todos son sensores electro químicos sensibles a ciertos gases, los cuales transforman esas reacciones en impulsos eléctricos, de esta forma estos impulsos al llegar al input de la placa Arduino pueden ser leídos de forma digital, el único que no sigue este modus operandi es el sensor de material particulado, el cual simplemente cuenta las partículas que pasan a través de su filtro.

De igual manera la conexión a la placa Arduino y eléctrica es muy similar, tal es el caso que decidimos usar una botonera como punto de distribución de voltaje (5 voltios) y polo a tierra provisto por las salidas del Arduino y concentrado en un solo punto para mejor distribución y orden, de esta manera, el tendido de alimentación es claramente identificable de los cables de datos que van conectados directamente a la placa según el puerto que corresponda. El sensor de material particulado tiene un cable especial que va conectado directamente a un puerto, a pesar de esto es posible hacer la conexión eléctrica y al Arduino introduciendo cables de cobre en los pines correspondientes, ya que el cable tiene entradas en donde se

espera una conexión singular pero que también puede ser trabajado con el método dicho anteriormente.

Además de los sensores de gases, material particulado y de temperatura, se hace uso de un ventilador que está constantemente trabajando para aminorar la temperatura de los componentes de la estación, este ventilador está conectado directamente a la botonera junto con los otros sensores y no tienen ninguna conexión con el Arduino YUN.

En el siguiente gráfico podemos apreciar con detalle la conexión física de la estación.

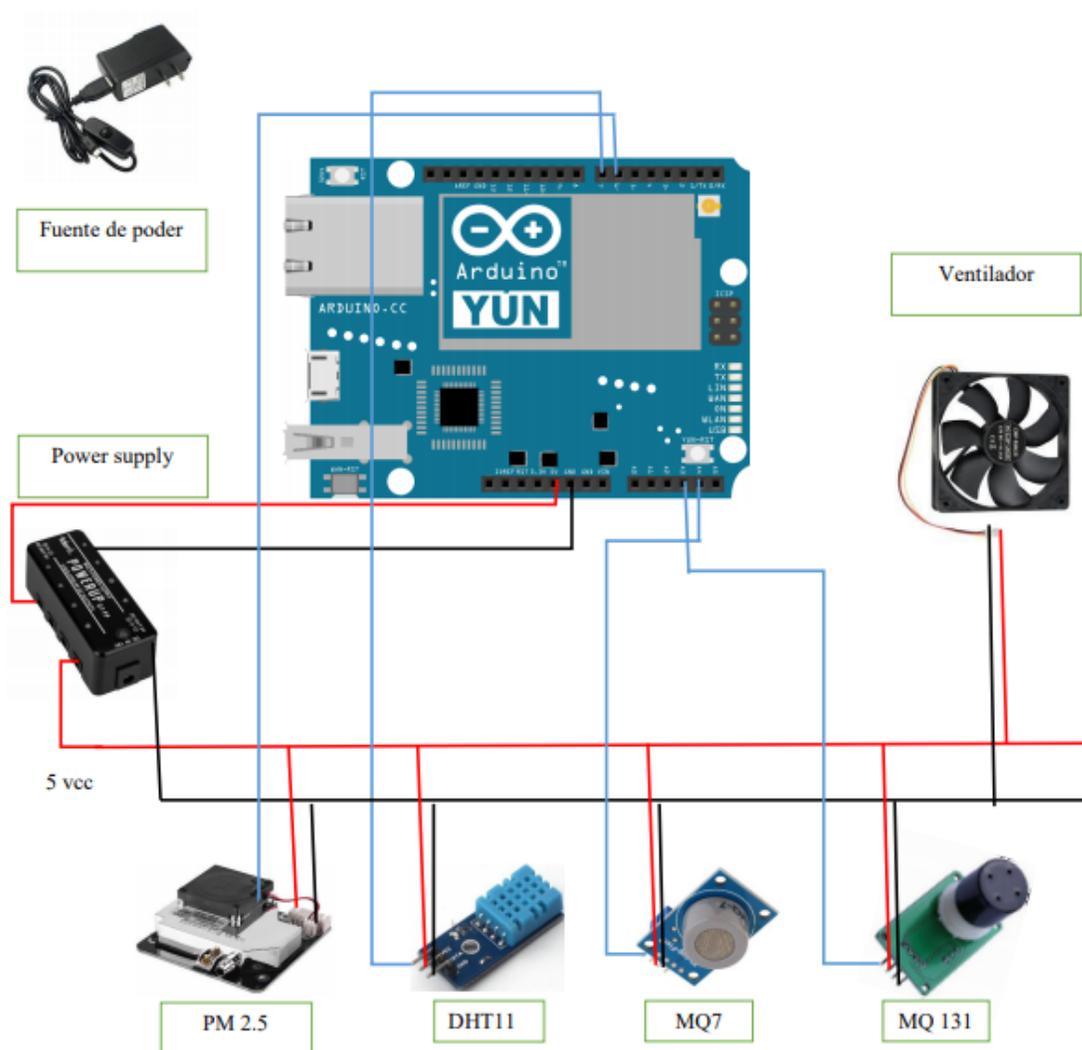


Figura 31: Conexión general de la estación de monitoreo

3.2.3 Librerías usadas y codificación para el manejo de los sensores

Para el funcionamiento de toda la estación es necesario el uso de librerías específicas que cumplen distintos roles en el código, por ejemplo, la librería “**dht.h**” controla las lecturas de temperatura y humedad del sensor Dht11, para el resto de sensores simplemente con una lectura análoga de su respectivo input (analogRead(input)) se puede saber el valor leído en ese momento, por lo que solo es necesario declarar una variable para guardar el valor e invocar AnalogRead() cada vez que se requiera.

Otra librería importante es “**bridge.h**” y todas sus derivadas como client y server, cabe recalcar que Bridge no es usada directamente pero si es necesario tenerla declarada para el uso de sus derivadas, esta librería permite ejecutar acciones en la parte de GNU/Linux del Arduino Yun cuando el Arduino desde el sketch lo requiera, es decir mediante una llamada a una función, esto permite hacer un http request en conjunto con **BridgeClient.h** para mandar datos al lado del servidor en forma de GET o POST en nuestro caso. **BridgeClient** es de uso principal en nuestro código ya que gracias a la función “connect” que contiene permite conectarse a la ip del servidor con el puerto que le indiquemos (normalmente 80 u 8080) para luego cuando se recolecten los datos leídos en los sensores, se envíen hacia el lado del servidor gracias a la función “println”, esta función, como es normalmente conocido en programación, imprime una cadena de caracteres, en este caso se imprime una URL con los datos en el lado del servidor y mediante un php especialmente codificado para este caso, estos datos son recibidos y almacenados en la base de datos.

Las dos últimas librerías usadas “**SoftReset.h**” y “**FileIO.h**”, estas dos librerías a pesar de tener funciones muy diferentes, comparten un objetivo en común que es el de proporcionar un mecanismo de tolerancia a errores básico. Con SoftReset es posible hacer un reinicio a nivel de software, esta librería realmente empaqueta la librería “**avr/wdt.h**” con una función de reinicio ya definida. El procesador ATmega32U4 de Arduino Yun trae algo llamado “watchdog timer” que es un disparador que puede ser activado periódicamente, este disparador es el que es usado en la librería para reiniciar el sketch, el reinicio es muy útil en casos donde el programa no responda por un periodo de tiempo, por ejemplo, cuando el

internet falle y no sea posible conectarse con el servidor después de cierto tiempo o se encuentre algún error inesperado imposible de prever.

La librería **FileIO**, la cual es otra parte de la librería Bridge, permite leer y escribir en la memoria SD montada en el Arduino YUN, es útil cuando se quiere llevar un registro de los errores que se dan en el sistema o cuando es requerido guardar las lecturas en forma de consultas para luego insertarlas a través del sitio web, este es el caso se ha aplicado en nuestro proyecto, cuando pase demasiado tiempo sin poder conectarse al servidor donde está alojada la base de datos, gracias a esta librería se guardarán los últimos datos leídos en forma de URL con el añadido de que lleva la hora del arduino (gracias a la librería “**Process.h**”), contrario a las URL generales normalmente, dato que es puesto como referencia, esta hora de arduino debe ser revisada manualmente y corregida en dependencia de la hora en que la estación dejó de mandar datos.

Para comprobar que los sensores están en pleno funcionamiento se lee cada uno de los sensores de la forma habitual y se compara el valor obtenido, si alguno de estos tiene un valor negativo o nulo se determina que tiene una lectura errónea y se procede a registrar el error en el archivo Log en la memoria SD, gracias a la librería **FileIO**, así mismo en el sitio web se enciende una alerta para notificar al administrador de este acontecimiento.

Por último y como un método más de seguridad, en el sketch junto con los datos de los sensores, se envía una contraseña en texto plano, la cual está cifrada con md5 en la base de datos (al igual que la contraseña de los usuarios), al llegar los datos enviados del Arduino al servidor, se cifra la contraseña en texto plano con las mismas características y requisitos que su contraparte almacenada en la base de datos, al momento de insertar los valores se comparan las cadenas cifradas entre sí para comprobar si son iguales, si es así, se insertan los datos, sino simplemente se ignoran.

En las siguientes capturas de pantalla se puede apreciar parte del código usado en el sketch.

```

EstacionMonitoreoPOST
#include <Bridge.h>
#include <BridgeClient.h>
#include <FileIO.h>
#include <SoftReset.h>
#include <Console.h>

//Variables necesarias y libreria necesaria para DHT
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 7
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

//Variables necesarias para lectura de SDS
int measurePin10 = 6;
float voMeasured10 = 0;
int measurePin2 = 0;
float voMeasured2 = 0;

//Variable generales
BridgeClient client;
int intentos = 0;

IPAddress server(165,98,36,6);

```

Figura 32: Captura de pantalla de las librerías y variables utilizadas

```

tacionMonitoreoPOST $
client.connect(server, 80);
Serial.println("connected");
Console.println("connected");
Serial.println(getTimeStamp());
String str = "&sensorDx="+m_carbono+"&sensorOz="+ozono+"&sensorI="+
t+"&sensorH="+h+"&sensorPm1="+String(voMeasured10)+
"&sensorPm="+String(voMeasured2)
+"&Id_estacion=1&clave=13037160"; //Cadena para enviar los datos
Serial.println(str);
Console.println(str);

client.println("POST /estacion/index.php?view=lecturas&mode=insert HTTP/1.1");
//Se usa esa URL par enviar los datos con metodo post y con el protocolo http 1.1
client.println("Host: 165.98.36.6"); //Ip del servidor
client.print("Content-length:");
client.println(str.length());
client.println("Connection: Close");
client.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded;");
client.println();
client.println(str);//Envío de datos al servidor
client.stop();
}

delay(300000);

```

Figura 33: Captura de pantalla del método de envío de datos

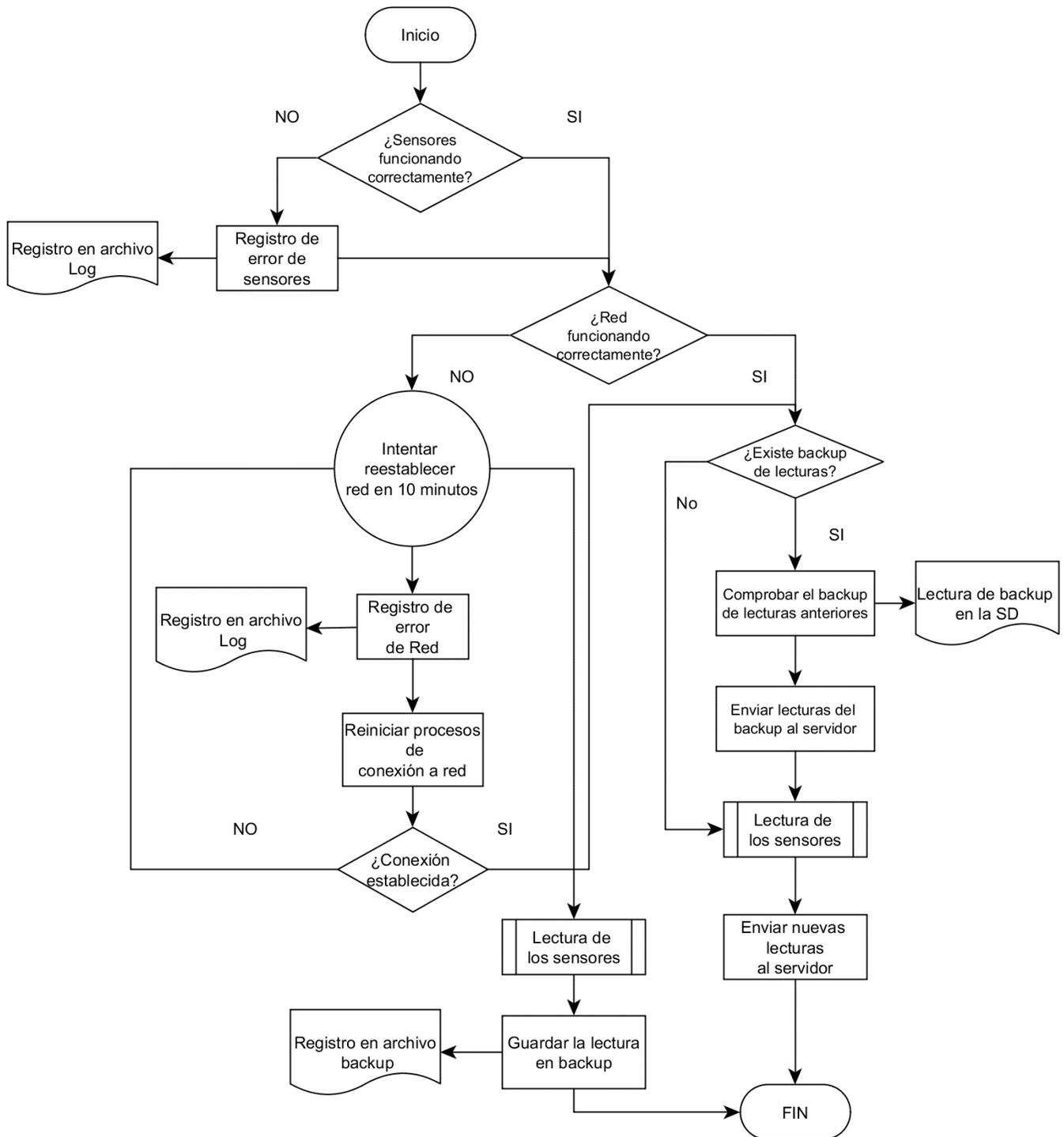


Figura 34: Diagrama de flujo de programa en arduino

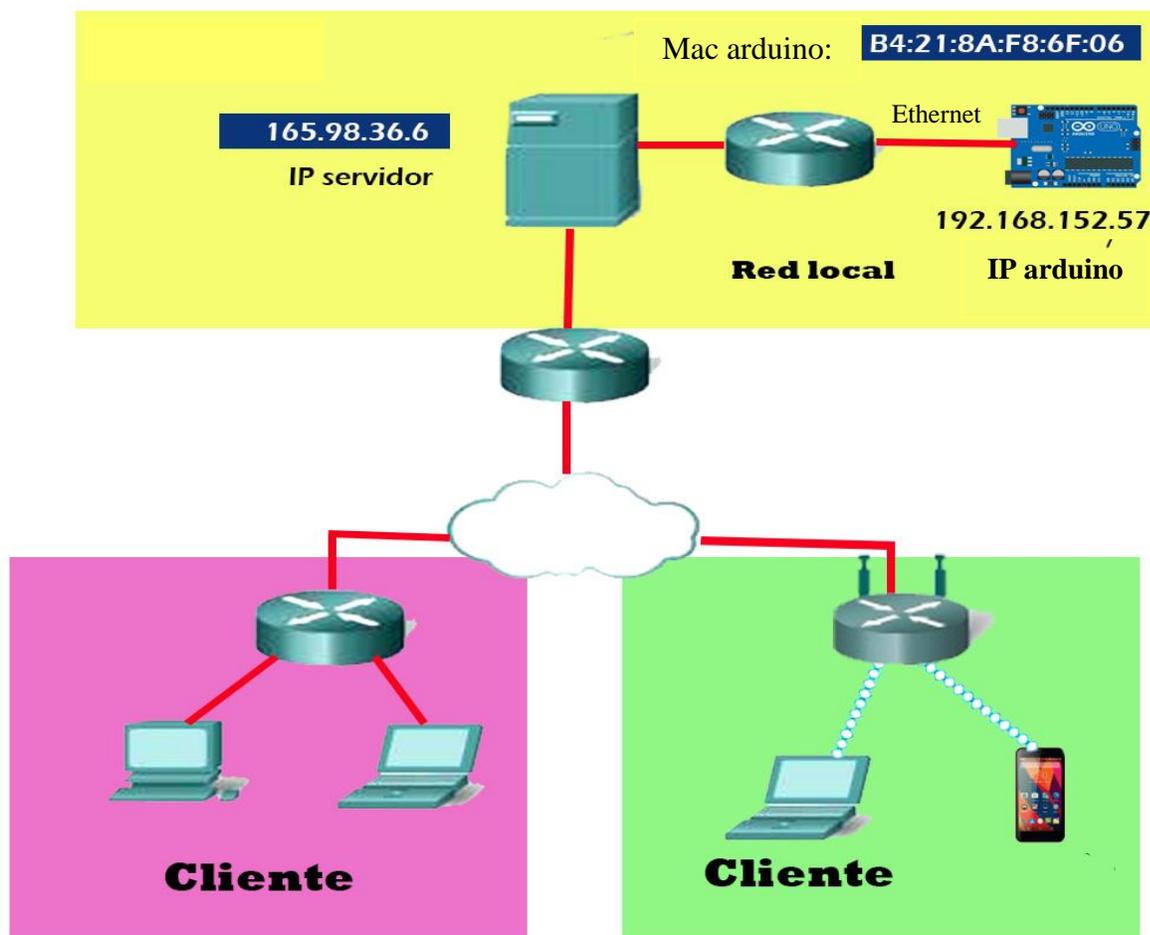


Figura 35: Topología de red de la Estación de monitoreo

3.3 Diseño de la base de datos

3.3.1 Modelo conceptual

El primer paso para la creación de la base de datos, fue el uso de un modelo conceptual por medio de la creación de un modelo entidad-relación. En este punto se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Se reciben datos para análisis solamente de parte de usuarios que tengan permiso de acceder a la parte administrativa del sitio web, de los cuales previamente se han guardado sus datos, cada uno tendrá su nombre de usuario y contraseña.
- Se reciben datos numéricos de cada sensor colocados en la estación, posteriormente se toman los datos de las lecturas para mostrarlo en el sitio web.

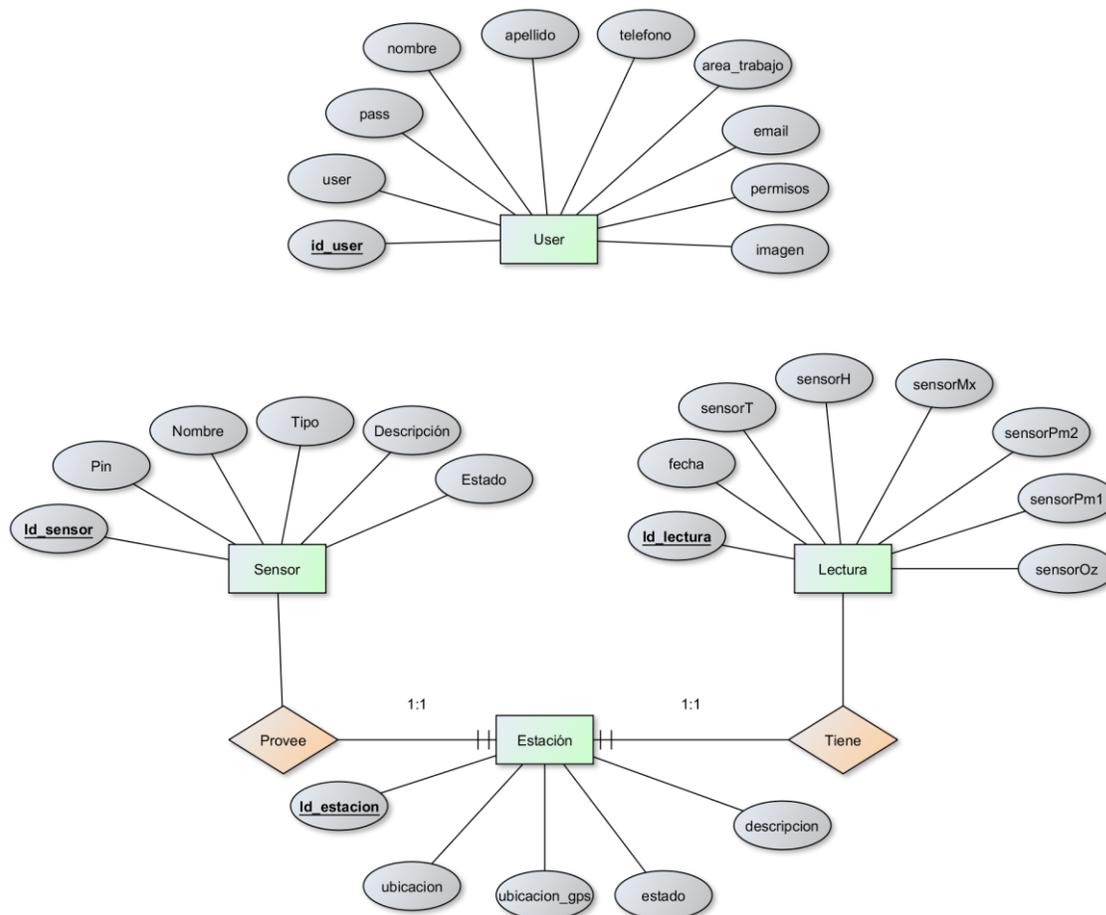


Figura 36: Diagrama de modelo conceptual de la base de datos

3.3.2 Modelado lógico

El modelo lógico describe los aspectos que se necesitan para la organización de la información que queremos guardar. Un modelo lógico contiene representaciones de entidades, atributos, relaciones y restricciones entre relaciones.

Este modelo surge a partir del modelo conceptual, donde las entidades se convierten en tablas, los atributos de las entidades se convierten en atributos de las tablas, dentro de los cuales se encuentra una llave primaria de la tabla.

Por lo tanto:

La tabla **user** tendrá un identificador (id), un campo **user** para guardar el nombre del usuario, **pass** guardará la contraseña del usuario, **imagen** para guardar el avatar de la persona, **nombre apellido teléfono y área_de_trabajo** guardarán los campos que tienen por nombre.

La tabla **sensor** aparte de su identificador tendrá un campo **nombre**, tipo que guardará la clasificación del sensor, **descripción** describirá qué contaminante mide, **estado** guardará si el sensor está funcionando o no, **pin** es el número en el que está conectado a la placa Arduino.

La tabla **estacion** tendrá un identificador, **estado** guardará si está funcionando o no, **ubicación, posición_gps, y descripción** guardarán los campos que tienen por nombre.

La tabla **lectura** tendrá su identificador, cada columna de sensor, ejemplo **sensorT**, tendrá el valor de lectura correspondiente a cada sensor, esto es imprescindible ya que así se reduce mucho el número de registros y la carga en la base de datos, dando como resultado un tiempo de búsqueda de registro mucho más rápido.

User (id(pk), user, pass, email, permisos, imagen, nombre, apellido, teléfono, área_de_trabajo)

Sensor (id_sensor(pk), nombre, tipo, descripción, estado, pin)

Estacion (id_estacion(pk), ubicación, posición_gps, descripción, estado)

Lectura (id_lectura(pk), fecha, sensorT, sensorH, sensorMx, sensorOz, sensorPm2, sensorPm1)

3.3.3 Modelo físico:

Para construir el modelo físico de la base de datos se hizo uso del gestor de base de datos Mysql server, con la herramienta MySQL Workbench para escribir el script.

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `estacion` (
  `Id_estacion` int(11) PRIMARY KEY NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `ubicacion` varchar(45) NOT NULL,
  `posicion_gps` varchar(45) NOT NULL,
  `descripcion` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `estado` varchar(45) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `sensor` (
  `Id_sensor` int(11) PRIMARY KEY NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `pin` int NOT NULL,
  `nombre` varchar(45) NOT NULL,
  `tipo` varchar(45) NOT NULL,
  `descripcion` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `estado` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `Id_estacion` int(11) NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `lectura` (
  `Id_lectura` int(11) PRIMARY KEY NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `fecha` timestamp NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `sensorT` float DEFAULT NULL,
  `sensorH` float DEFAULT NULL,
  `sensorDx` float DEFAULT NULL,
  `sensorPm` float DEFAULT NULL,
  `sensorPm1` float DEFAULT NULL,
  `sensorOz` float DEFAULT NULL,
  `Id_estacion` varchar(40) NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `users` (
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `user` varchar(45) NOT NULL,
  `pass` varchar(45) NOT NULL,
  `email` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `permisos` int(11) DEFAULT NULL,
  `imagen` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `nombre` varchar(45) NOT NULL,
  `apellido` varchar(45) NOT NULL,
  `telefono` varchar(10) NOT NULL,
  `area_trabajo` varchar(25) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

ALTER TABLE `sensor`
ADD CONSTRAINT `fk_estacion_sensor1` FOREIGN KEY (`Id_estacion`)
REFERENCES `estacion`(`Id_estacion`)
ON DELETE NO ACTION ON UPDATE NO ACTION;
ALTER TABLE `lectura`
ADD CONSTRAINT `fk_estacion_lectura1` FOREIGN KEY (`Id_estacion`)
REFERENCES `estacion`(`Id_estacion`)
ON DELETE NO ACTION ON UPDATE NO ACTION;
--

```

Figura 37: Captura de pantalla del script de la base de datos



Figura 38: Diagrama EERR de la base de datos de la estación

3.4 Desarrollo de Sitio Web

Para el desarrollo de la aplicación WEB que se encargará de la visualización estadística de los datos mediante funciones y consultas al servidor MySQL Server, generación de reportes sobre las lecturas históricas registradas en la base de datos de los diferentes sensores componen la red de sensores. la metodología que en conjunto con la aplicación del lenguaje JavaScript([6.2-Java como lenguaje de programación.](#)) y el patrón de programación Modelo Vista Controlador (MVC), dará como resultado una aplicación con características RIA (Aplicación de interface enriquecida) la que se ejecutará sobre una plataforma WEB como es el caso del servidor WEB Apache .

3.4.1 Requerimientos de la Aplicación WEB (Fase de Exploración – Historias de Usuario)

La Aplicación WEB debe contar con un mecanismo de autenticación para el usuario que desea ingresar al sistema y generar reportes visuales e impresos de las lecturas históricas sobre los sensores, Ver anexo ([Códigos para manipular la interfaz](#))

3.4.2 Planificación del Desarrollo de la aplicación WEB.

Una vez que contamos con las “historias de usuario” procedemos con la planificación la cual define el orden en que las historias serán desarrolladas, cada historia deberá contar con la prueba de aceptación correspondiente.

Iteración	Descripción	Historias de usuarios a desarrollar	Orden de desarrollo	Prueba de aceptación	Semana de desarrollo
I-0001	Control de acceso	Control de acceso de usuarios	1	P-001	Una semana
I-0002	Página pública	Diseño y funcionalidad de la página pública	1	P-002	Dos Semanas
I-0003	Página privada	Diseño y funcionalidad de la página privada	1	P-003	Cuatro Semanas

Tabla 11: “Planificación del Desarrollo de la app WEB”

3.4.3 Diseño y desarrollo de la aplicación WEB para la estación:

Para el desarrollo de la aplicación WEB se emplea el uso de la técnica de programación en capas y el patrón “Modelo Vista Controlador” (MVC), mediante la aplicación de estas técnicas se obtiene el esquema de la aplicación WEB, el cual se muestra a continuación.

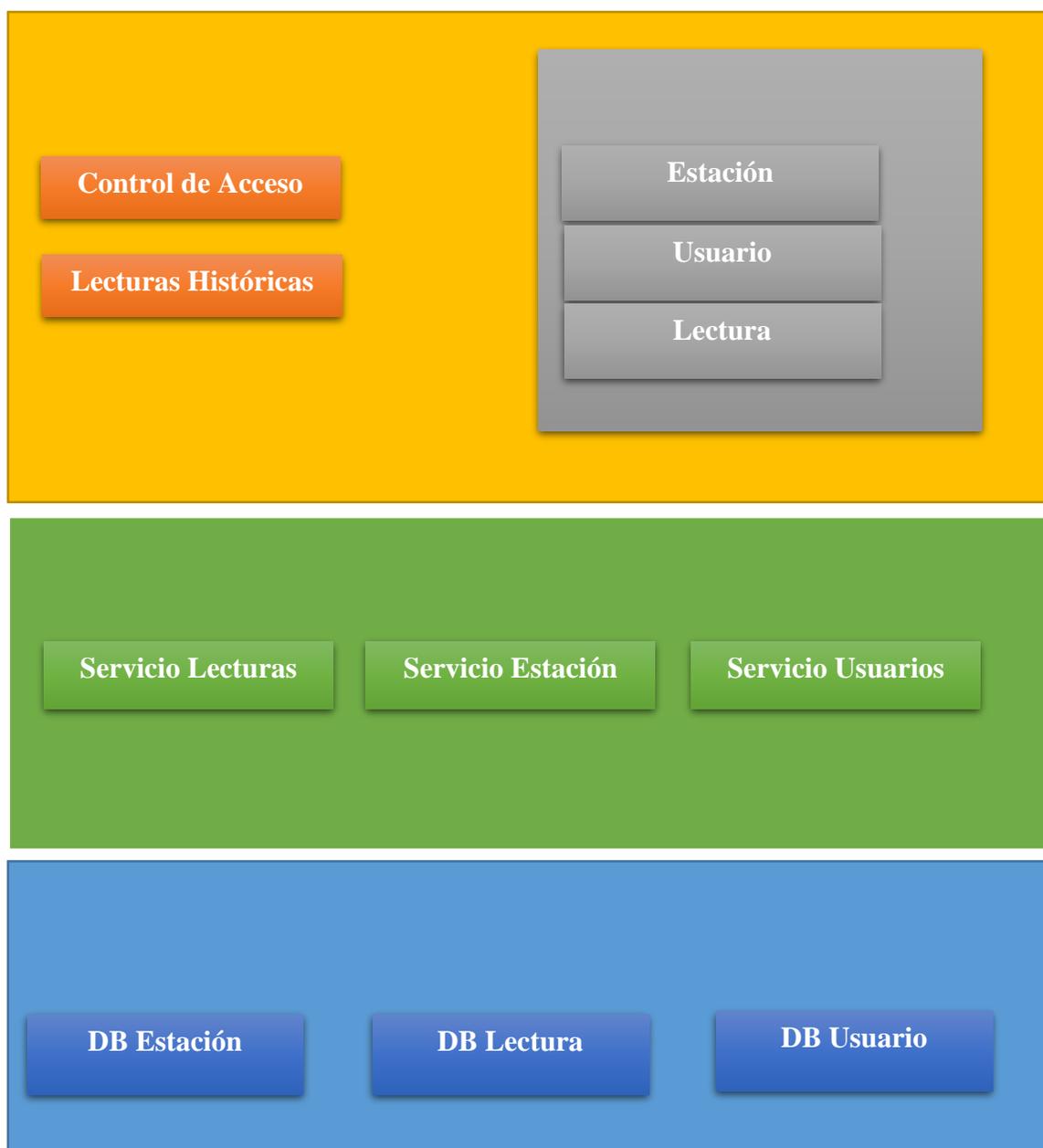


Tabla 12: “Diseño y desarrollo de la aplicación WEB”

3.4.4 Fase puesta en Producción:

Como parte del proceso de las pruebas de aceptación para el desarrollo de la aplicación WEB basadas en los resultados establecidos en conformidad con la fase de puesta en producción se obtuvieron los siguientes resultados en Resultados de las pruebas de aceptación.

4 Resultados

Como resultado de las conexiones físicas de los sensores con los demás elementos, se obtuvo una estación, la cual está ubicada en el edificio básico UNAN-León ya que según la NTON las muestras deben realizarse a más de 1.5mt sobre la superficie, la estación está sujeta con bridas y protegida de la lluvia con un material de hierro en la parte superior, la estación fue puesta en noviembre del 2017.

Se estableció una estación de monitoreo con los sensores dht11 (que mide la temperatura y humedad), sensor mq7 (mide el ozono), mq131 (que mide el monóxido de carbono), sensor sds011 (que cuenta el material particulado), todos estos sensores conectados al microcontrolador/microprocesador Arduino Yun mediante el uso de unas librerías y funciones propias de arduino o de librerías que son adaptadas a los sensores; los sensores en teoría tienen un tiempo de vida de aproximadamente dos años, estos sensores se han probado alrededor de 7 meses y siguen funcionando sin ningún problema.

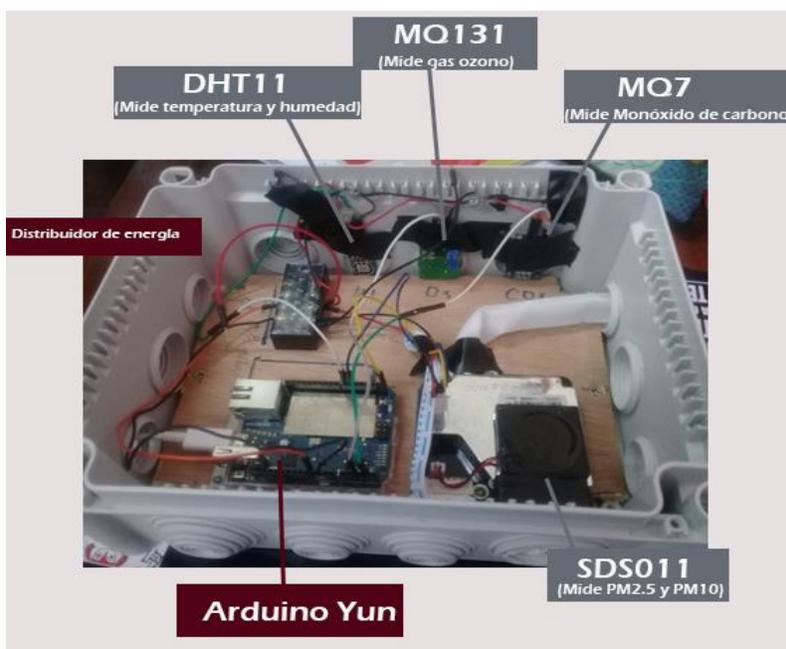


Figura 39: Interconexión de sensores-arduino



Figura 40: Ubicación de la estación de monitoreo

Se realizó la conexión a una base de datos con MySQL para ir recopilando y guardando datos que se obtuvieron de los sensores. Esta consta de 4 tablas como se miró anteriormente en la sección: [Diseño de la base de datos](#). Hasta del 31 de marzo de 2018 el tamaño total de la base de datos es de 2.3 mb, tiene un poco más de 30,000 registros, algunas fechas no tienen registro en la base de datos debido a las diferentes modificaciones hechas a lo largo de la creación de la estación de monitoreo.



Figura 41: Captura de pantalla de la base de datos en Phpmyadmin

Se desarrolló un sitio web con las herramientas HTML5, CSS3, lenguaje PHP, JavaScript, y el framework Bootstrap siguiendo el patrón de diseño MVC. Dicho sitio web puede ser accedido desde cualquier dispositivo (celular, computadora, tabletas) con conexión a internet mediante la dirección: <http://www.comp.unanleon.edu.ni/estacion/>. Este sitio web se desarrolló cumpliendo todas las especificaciones y requisitos explicados en anexos ([Especificación de requisitos](#)).

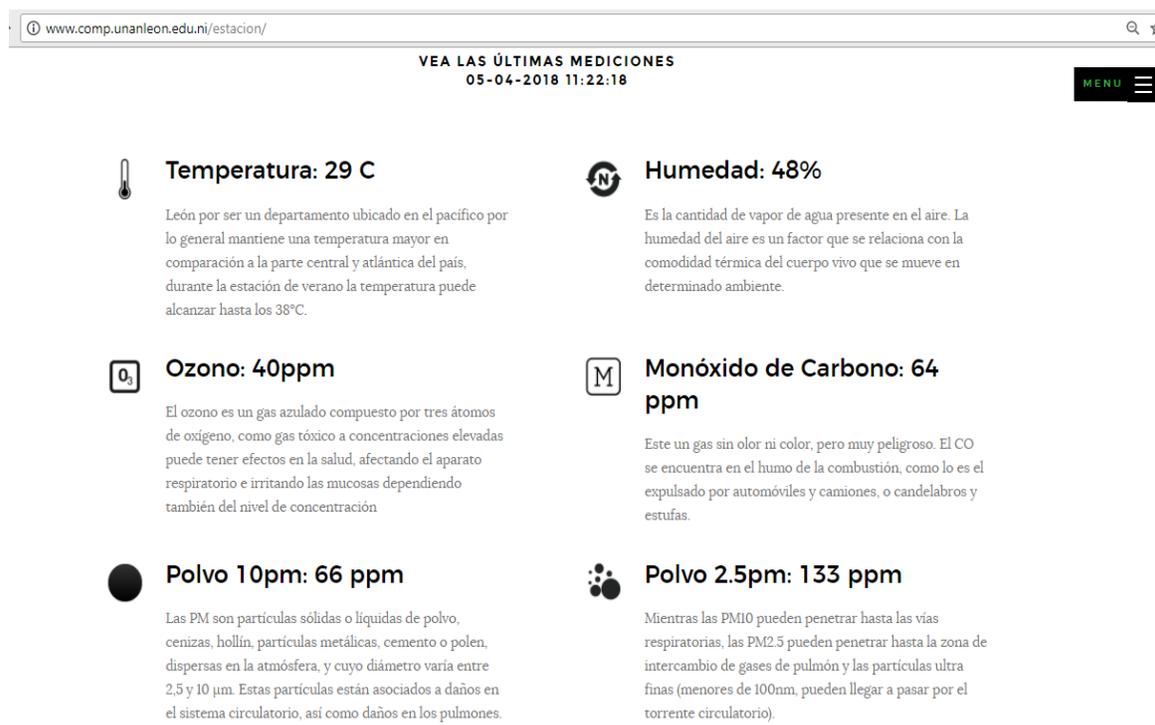


Figura 42: Página principal sitio web

El home del sitio web tiene como característica principal mostrar las ultimas lecturas de los sensores, explicando brevemente de que se trata cada componente y su valor máximo teórico permitida según la [NTON](#).

Sin embargo, algunos usuarios tienen permiso para acceder a datos más específicos de la estación, esto con el propósito de obtener una base de información para conocimiento científico o proyectos futuros. Cabe mencionar que, aunque un usuario tenga estos tipos de permiso no puede manipular los datos emitidos por los sensores.

Los usuarios con permiso pueden visualizar mediante gráficas o tablas las mediciones de los sensores en tiempos determinados, así como crear informes de datos en una fecha determinada o un rango de fechas con uno o varios sensores.

Con relación a seguridad de datos, para evitar que gente maliciosa altere alguna medición emitida por los sensores o altere datos de los usuarios, se hizo uso de métodos de cifrado md5 y envío de datos por método POST.

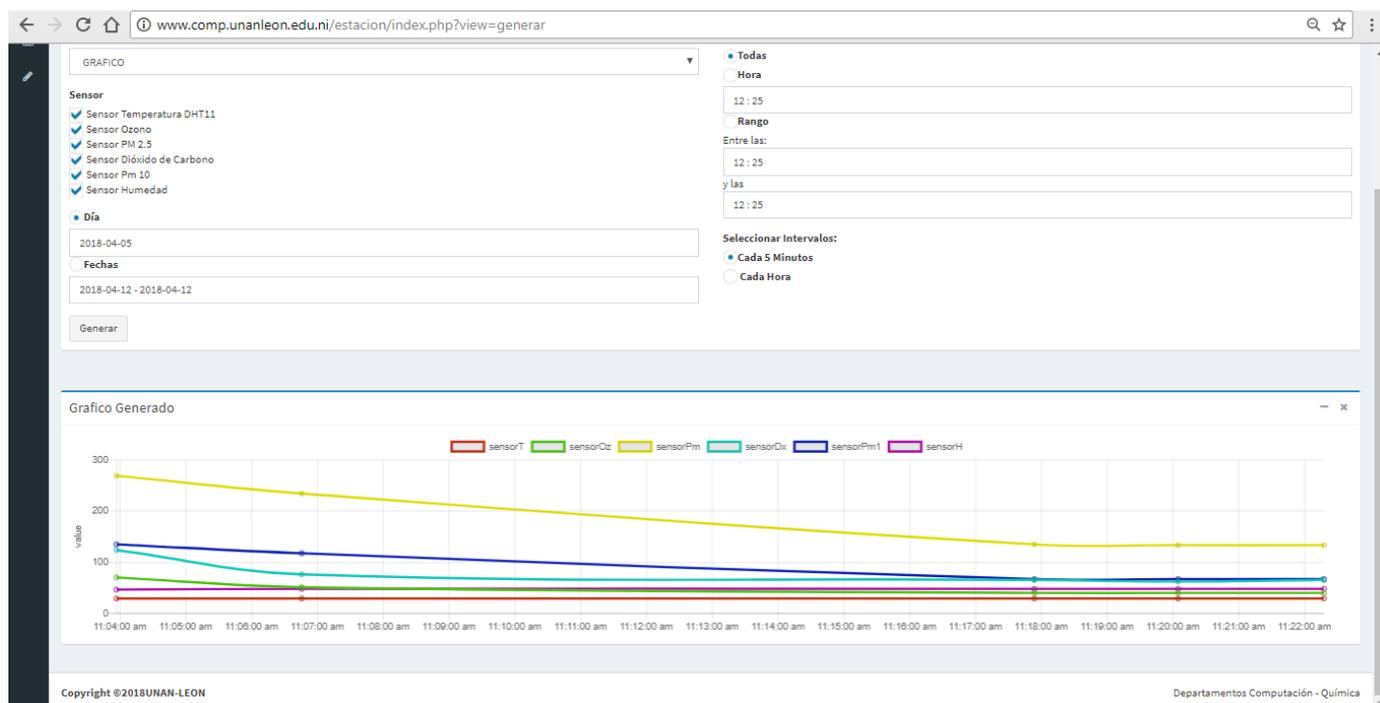


Figura 43: Gráficas mostradas a usuarios con permiso

En este trabajo se integró varios componentes software y hardware, dando como resultado un proyecto de alta importancia social por el hecho de que permitirá la realización de estudios de la calidad del aire que se respira en la ciudad de León, por organizaciones o individuos interesados en este tipo de análisis, los cuales antes no tenían una herramienta tan accesible y flexible como esta.

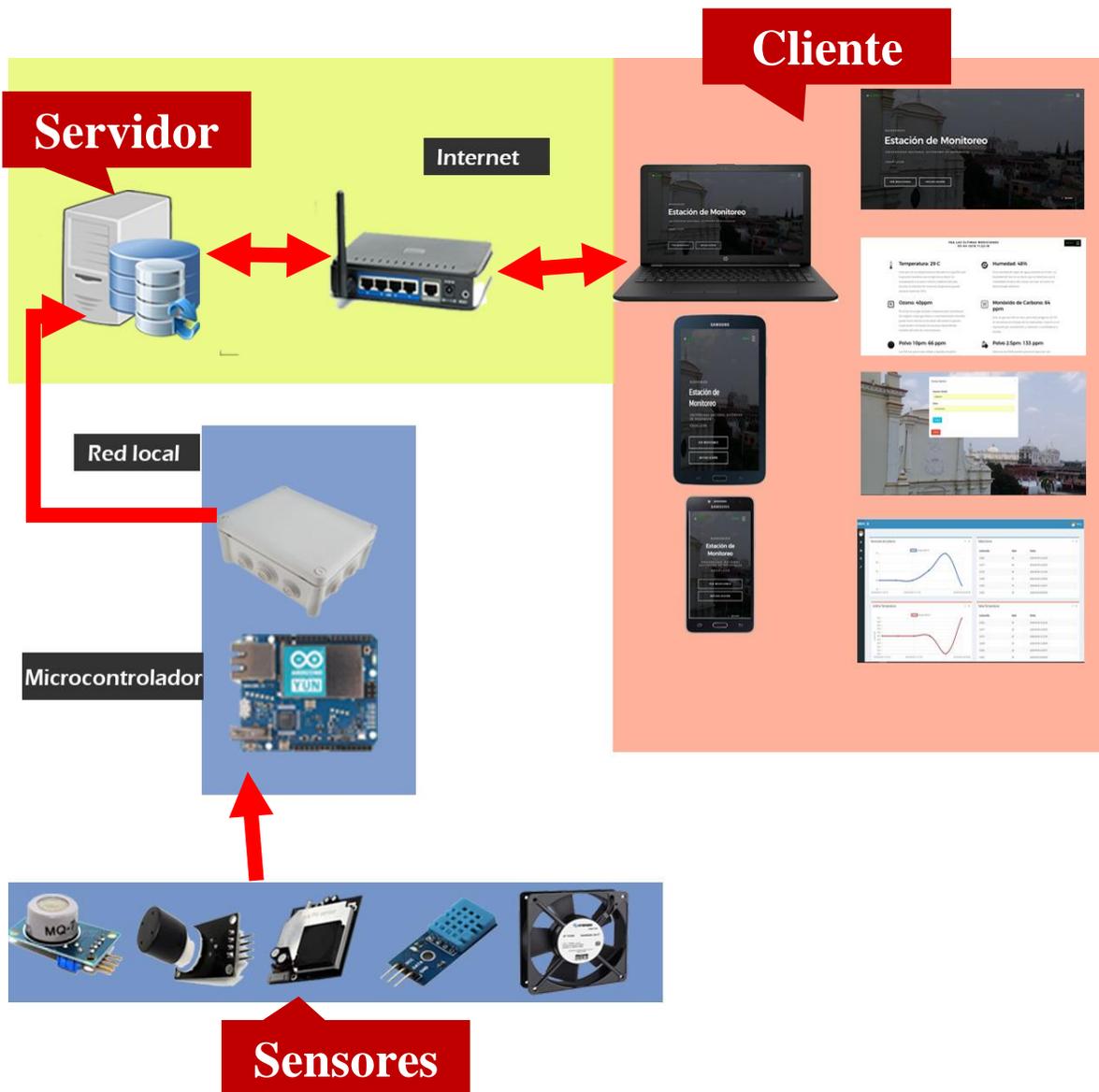


Figura 44: Diagrama de funcionamiento Estación de monitoreo

5 Conclusiones

Al finalizar este trabajo se comprueba que la construcción de la estación de monitoreo diseñada es factible durante el período noviembre 2017 - marzo 2018, esta estación representa un producto bastante accesible, ya que tiene la ventaja de que los sensores electroquímicos usados son de bajo costo en comparación a los usados en la mayoría de estudios. La estación es bastante flexible ya que tiene la capacidad, gracias al arduino Yun, de enviar los datos obtenidos a través de una red, lo que en conjunto con el uso de MySQL permite el almacenamiento de los datos en tiempo real y para completar todo esto, mediante herramientas de programación web se desarrolló un sitio web (<http://www.comp.unanleon.edu.ni/estacion>) alojado en los servidores de la UNAN-León, este sitio web es la fase final de lo propuesto en este trabajo y es la prueba que en conjunto con los demás elementos es posible crear una interfaz para que el usuario pueda consultar los datos recolectados por la estación de manera cómoda, sencilla y remota.

Con esto brindamos las herramientas informativas necesarias para un estudio profundo de contaminación del aire en la ciudad de León que verifique si se cumple con los estándares establecidos en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de la Calidad del Aire NTON 05 012-02 y haciendo posible que se propongan nuevas políticas medio ambientales dirigidas a la disminución de estos contaminantes.

Para finalizar es necesario poner sobre la mesa que este proyecto tiene un costo aproximado de 500\$ entre los materiales necesarios y la mano de obra puesta para el ensamblaje, lo que representa un producto mucho más accesible que los productos industriales que se pueden encontrar en el mercado, este precio no tiene incluido los costos del desarrollo de la página web ya que estos pueden variar mucho.

6 Recomendaciones

Para trabajos futuros:

- Implementar sensores detectores de plomo (Pb), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) u otros sensores que se necesiten en dependencia de los estándares establecidos por la norma que se quiera usar como guía.
- Al agregar más sensores a la estación de monitoreo usar una fuente de alimentación directa a los sensores y no desde el Arduino.
- Crear más estaciones de monitoreo para colocar en diferentes puntos de la ciudad, con lo cual obtendremos información de los lugares más afectados.
- Crear más secciones de información en el sitio web, ya que es importante que la población tenga conocimiento de los daños que ocasionan los componentes químicos presente en el aire a la salud.
- Diseñar un sitio web capaz de trabajar con múltiples estaciones de monitoreo o hardware del proyecto.
- Implementar el uso de paneles solares para mejorar la autonomía del hardware.
- Implementar el uso de resistores y baterías para la seguridad de la integridad de los componentes eléctricos, como extra a la seguridad y redundancia eléctrica externa.
- Implementar un sistema de alarmas automático con diferentes parámetros.
- Agregar tablas a la base de datos que contemplen datos externos de otros sistemas de monitoreo.
- Buscar alternativas a la conexión de red (por ejemplo, Wifi o usar internet Móvil como GSM, LTE).

7 Bibliografía:

(s.f.). Obtenido de <https://definicion.mx/dron/>

Alberto Orío Hernández, M. P. (2001-2012). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPAÑA: EVOLUCIÓN 2001-2012*.

Arduino. (2017). Obtenido de <http://playground.arduino.cc/Main/MQGasSensors>

Arnoldo Contreras, J. M. (2015). *Modelación de un sistema automatizado para la administración del invernadero del campo agropecuario de la UNAN-León*.

Atom. (2018). *Atom IDE*. Obtenido de <https://ide.atom.io/>

Bootstrap. (2018). Obtenido de <https://getbootstrap.com/>

CAI. (2013). Obtenido de <http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/cai-report-spanish.pdf>

Cisne Altamirano, J. I. (2016). *Propuesta Estudio Químico del Aire*. Leon: UNAN.

Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (2002). Norma Técnica de Calidad del Aire., (pág. 21).

Ecured. (6 de Abril de 2017). *Ecured*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Di%C3%B3xido_de_Nitr%C3%B3geno

El Nuevo Diario. (2018). *El Nuevo Diario*. Obtenido de <https://www.elnuevodiario.com.ni/internacionales/392532-oms-calidad-aire-es-desastrosa/>

Health Effects Institute. (2017). Obtenido de <https://www.healtheffects.org/system/files/AnnualReport2017.pdf>

Herrero, L. (28 de 02 de 2017). *Todo acerca de sensores*. Obtenido de <http://mundosensor.blogspot.com/2014/11/el-sensor-en-la-historia.html>

Hipertextual. (2018). *Hipertextual*. Obtenido de <https://hipertextual.com/archivo/2014/10/internet-cosas/>

- información, G. d. (25 de 04 de 2015). *CMI*. Obtenido de CMI:
<http://www.cimformacion.com/blog/aeronautica/que-es-un-dron-y-para-que-sirve/>
- La calidad del aire en Aragón*. (2018). Obtenido de
http://www.aragonaire.es/ozone.php?n_action=about
- La Fundación para la Salud Geoambiental. (2013). *Fundación para la Salud Geoambiental*.
Obtenido de <http://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2>
- LenguajeCProgramacion. (2018). Obtenido de
<https://sites.google.com/site/lenguajecprogramacion/ventajas-y-desventajas>
- MARN. (03 de 03 de 2014). *MARN*. Obtenido de MARN: <http://www.marn.gob.sv/indice-centroamericano-de-la-calidad-del-aire/>
- Medium. (s.f.). *Medium*. Obtenido de <https://medium.com/tecnologia-digital/que-es-mvc-a84cdc2ed088>
- MedlinePlus. (18 de Marzo de 2016). *MedlinePlus*. Obtenido de
<https://medlineplus.gov/spanish/carbonmonoxidepoisoning.html>
- OECD. (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. OECD Publishing.
- Organización Mundial de la Salud. (Septiembre de 2016). *World Health Organization*. Obtenido de
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Osborne, A. (18 de 07 de 2017). *muy fitness*. Obtenido de https://muyfitness.com/como-el-monoxido-de-carbono-afecta-al-cuerpo-humano_13143407/
- Parker, A. (2001). *Contaminación del aire por la industria*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- PRTR España. (2017). *PRTR España*. Obtenido de <http://www.prtr-es.es/Particulas-PM10,15673,11,2007.html>
- Rivera, M. (2015). *El muno de hoy*. México: México Suditorial.
- Swisscontact, U. . (1995). Obtenido de
<http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/2encuent/nicaragu.pdf>
- Tórrez, C. (2018). El aire que respira Nicaragua está más contaminado. *La Prensa*.

Tórrez, C. G. (10 de 1 de 2018). *La PRENSA*. Obtenido de <https://www.laprensa.com.ni/2018/01/10/nacionales/2358235-el-aire-que-se-respira-en-nicaragua-esta-mas-contaminado>

universo, V. a. (s.f.). *Ventanas al universo*. Obtenido de http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/pollution_sources.html&lang=sp

VALDERRAMA HUATUCO, R. J. (2013). *CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO UNIVERSIDAD-PERU*. PERU: PLD.

Wikipedia. (2017). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/>

Wikipedia. (2018). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/PHP>

8 Anexos

8.1 Especificación de Requisitos Software ERS

8.1.1 Introducción

En esta parte del documento se especificarán los requisitos de software que tiene como misión mostrar los resultados obtenidos a través de sensores expuestos al aire con el fin de determinar la calidad del aire mediante el conocimiento de la cantidad de partículas de dióxido de carbono, humo y polvo en zonas del departamento de León.

8.1.2 Propósito

- Especificar las principales funciones y características del software.
- Este documento va dirigido principalmente a las personas que necesiten realizar algún estudio relacionado con el aire. Ya que nosotros damos por sentadas las bases mediante la medición de partículas de CO₂, polvo y humo.

8.1.2.1 Alcance

Consistencia con definiciones similares de documentos de mayor nivel (ej. Descripción del sistema) que puedan existir.

8.1.2.2 Personal Involucrado

Nombre	Henry Javier Canales Molina
Rol	Miembro del equipo de desarrollo
Categoría profesional	Ingeniería en sistemas.
Responsabilidades	Desarrollo general del producto
Información de contacto	henry.javier7@gmail.com

Nombre	Alfonso Josué Delgado Hernández
Rol	Miembro del equipo de desarrollo
Categoría profesional	Ingeniería en sistemas.
Responsabilidades	Desarrollo general del producto
Información de contacto	alfonsodelgado@gmail.com

Nombre	Ana Maritza Rosales Morales
Rol	Miembro del equipo de desarrollo
Categoría profesional	Ingeniería en sistemas.
Responsabilidades	Desarrollo general del producto
Información de contacto	rosalesana652@gmail.com

8.1.2.3 Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

Para la manipulación del software es necesario tener en cuenta las definiciones:

Datos del sensor: Datos numéricos que nos darán las salidas de las lecturas de los sensores.

PM 2.5: Estas partículas son partículas sólidas como hollín, partículas de metal, cemento dispersas en la atmósfera, lo mismo que las PM10 solo que su diámetro corresponde de 0.1 μm hasta 2.5 μm .

PM 2.10: aquellas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).

8.1.2.4 Referencias

Título del Documento	Referencia
Standard IEEE 830 - 1998	IEEE

8.1.2.5 Resumen

Este documento consta de tres secciones. En la primera sección se realiza una introducción al mismo y se proporciona una visión general de la especificación de recursos del sistema.

En la segunda sección del documento se realiza una descripción general del sistema, con el fin de conocer las principales funciones que éste debe realizar, los datos asociados y los factores, restricciones, supuestos y dependencias que afectan al desarrollo, sin entrar en excesivos detalles.

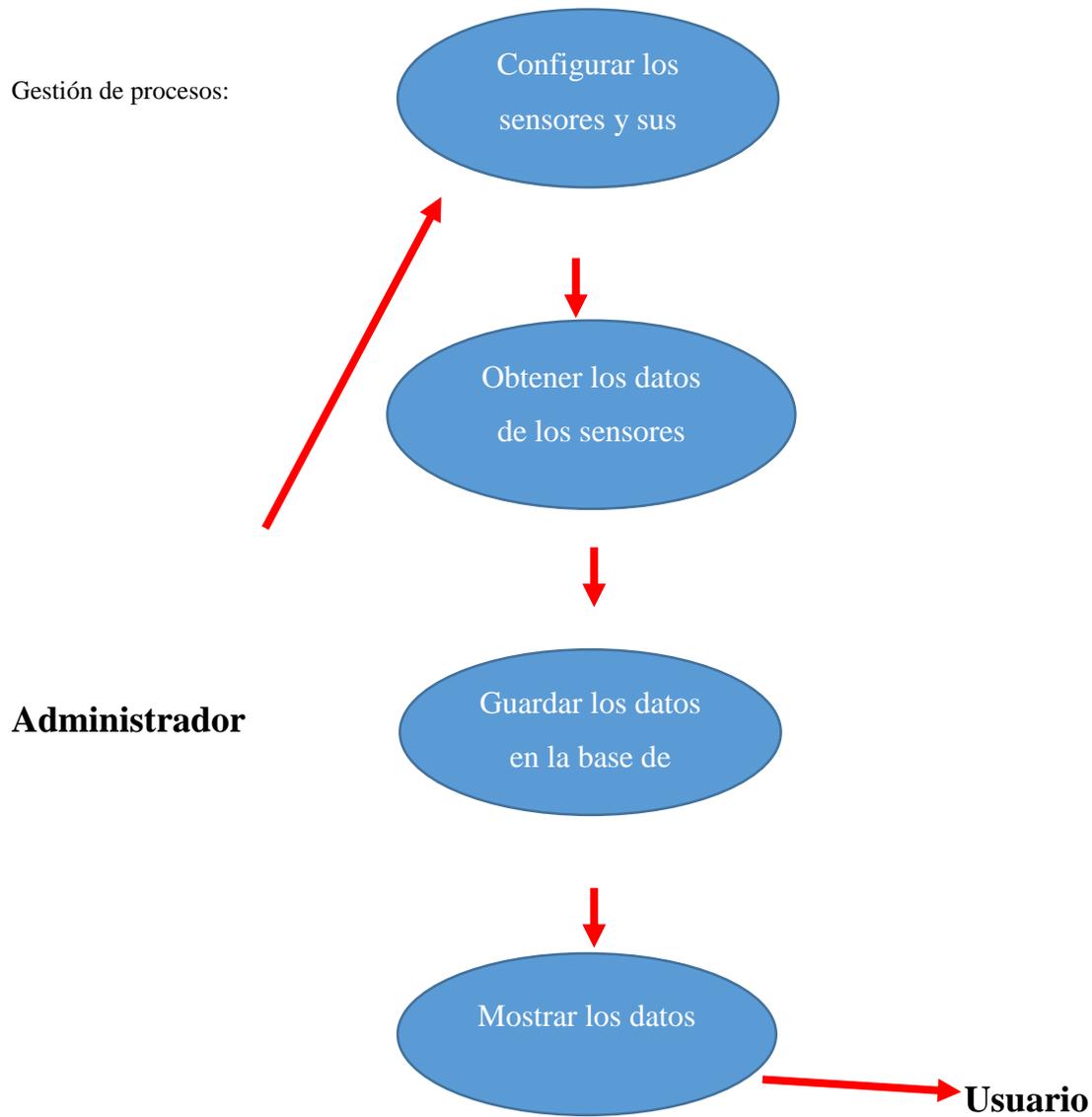
Por último, la tercera sección del documento es aquella en la que se definen detalladamente los requisitos que debe satisfacer el sistema.

8.2 Descripción General

8.2.1 Perspectiva del Producto

Nuestro sistema será un producto diseñado en un entorno web, con una interfaz sencilla y rápida de manejar y comprender, el cual muestra los datos obtenidos mediante el uso de sensores.

El software cumplirá las siguientes necesidades de información:



8.2.2 Funcionalidad del Producto

Los datos provienen de las salidas de los sensores, los cuales se guardarán en un servidor local, luego estos datos se copiarán en la base de datos y posteriormente se mostrará en la página web. El usuario no modificará ningún dato.

Características de los usuarios:

Los usuarios finales que podrán usar el software deben poseer conocimientos generales de los elementos del aire, así como la importancia de las mediciones de partículas al momento de determinar el punto de contaminación de este elemento.

Restricciones

- El sistema se diseñará en un modelo cliente-servidor.
- No hay posibilidades de cambios en los datos por medio del usuario final.
- Se usará lenguaje php y java. Con un entorno HTML y CSS3.

Evolución Previsible del Sistema

Hasta el momento se tiene especificado la visualización de los datos que nos darán los sensores en la página web. En el futuro se podría implementar más datos de sensores para una mejor comprensión del estado del aire, así como mejorar la visualización de los datos.

8.3 Requisitos Específicos

8.3.1 Requisitos Funcionales

Especificación.

Introducción.

Los datos son obtenidos por medio la interacción se sensores capaces de medir las partículas de dióxido de carbono, polvo y humo del aire en diferentes lugares del departamento de León.

Entradas.

No existen entradas de parte del usuario, ya que los datos solo los mostramos al momento de obtenerlos. Por lo tanto, tampoco el usuario puede manipular los datos o ingresar algún campo extra.

Datos proporcionados por el sistema:

Cantidad de partículas de dióxido de carbono.

Cantidad de partículas de humo.

Cantidad de partículas de polvo.

Proceso.

Se mostrarán por pantallas en campos de texto la cantidad de partículas obtenidas mediante la ejecución del proyecto. Existe una entrada de datos, pero cabe mencionar que en este caso no lo ingresa el usuario sino es obtenida de manera interna.

Salidas.

Al momento de mostrar de forma numérica el resultado proporcionado por los sensores, ya que está ingresado de antemano a la base de datos, se podrá obtener un reporte de dichos datos.

Tabla descriptiva del requisito

Número de requisito		1	
Nombre de requisito		Gestión de salida de datos	
Tipo		Requisito	
Prioridad del requisito	Alta/Esencial		
Descripción		Este requisito es potencialmente opcional ya que solo genera un reporte de los datos previamente mostrados.	

Gestión de ingreso de datos

Especificación.

Introducción.

El ingreso de datos depende en este caso de medios exteriores, como es el caso de los sensores.

Entradas.

Entradas internas de datos (no se ve por pantalla).

Proceso.

El usuario no introduce ningún dato, los datos se obtienen directamente de la conexión de los medios sensoriales.

Salidas.

Los datos previamente almacenados en la base de datos luego de la conexión de los medios sensoriales se mostrarán en pantalla. Sin derecho a modificación alguna.

Tabla descriptiva del requisito

Número de requisito		2	
Nombre de requisito		Funcionamiento de medios exteriores	
Tipo		Requisito	
Prioridad del requisito	Alta/Esencial		
Descripción		Este requisito es altamente esencial ya que depende de los medios exteriores la veracidad de los datos.	

Visualización de Datos**Especificación.****Introducción.**

La visualización de datos no es más que poner en pantalla los datos que se tienen en la base de datos.

Entradas.

No hay entradas directas, sola las que el sistema ya conoce, ya que es un sistema de visualización en cuál no se usarán datos nuevos.

Proceso.

El proceso de esta función será interno al software, los datos existentes serán procesados por sentencias de instrucciones a la base datos y mostrados. Estas tablas podrán ser enviadas por correo electrónico, impreso o exportado a formato pdf o Excel.

Salidas.

La única salida es la muestra de los datos numéricos de la cantidad total de partículas registradas.

Tabla descriptiva del requisito

Número de requisito		4	
Nombre de requisito		Visualización de datos	
Tipo		Requisito	
Prioridad del requisito		Media / deseado	
Descripción		Requisito de prioridad media ya que en realidad su función es muy simple, solo mostrar los datos.	

8.3.2 Requisitos Comunes de los Interfaces

Las entradas del software en general son muy sencillas al no poseer entradas de texto. Las salidas son básicamente información en pantalla luego de un proceso o una función (datos de sensores), otras salidas son la exportación de algunos resultados o la impresión de estos mismos en papel.

Interfaces de Usuario

La interfaz con el usuario consistirá en un conjunto de ventanas y campos de textos, sin necesidad de login o información extra por parte del usuario.

Interfaces de Hardware

No es requerido ningún equipo especial para poder utilizar el programa, basta con una terminal con las herramientas debidamente instaladas.

Interfaces de Software

El programa no interactúa con ningún software externo, tan solo con las bases de datos que guardan los datos necesarios para abastecer al programa.

Interfaces de Comunicación

Nuestras interfaces de comunicación consisten en sensores que se comunicará con nuestro servidor al momento de ejecutar las funciones del proyecto.

8.3.3 Requisitos no funcionales

Requisitos de rendimiento

Número de requisito		R1	
Nombre de requisito		Rendimiento de software	
Tipo		Requisito <input checked="" type="checkbox"/>	Restricción <input type="checkbox"/>
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="checkbox"/>	Media/Deseado <input type="checkbox"/>	Baja/ Opcional <input type="checkbox"/>
Descripción		Equipos con un procesador desde Intel i3 , preferiblemente con mínimo de memorias RAM de 2gb con el objetivo de no tener problemas de velocidad.	

Fiabilidad

Número de requisito		R2	
Nombre de requisito		Fuentes de energía secundarias	
Tipo		Requisito <input checked="" type="checkbox"/>	Restricción <input type="checkbox"/>
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="checkbox"/>	Media/Deseado <input type="checkbox"/>	Baja/ Opcional <input type="checkbox"/>
Descripción		Se necesita energía para el uso del software a través del equipo o pc, es necesario contar con plantas de energías secundarias que garanticen que el sistema no dejará de funcionar al fallar la fuente de energía primaria.	

Disponibilidad

Número de requisito		R3	
Nombre de requisito		Conexión	
Tipo		Requisito <input checked="" type="checkbox"/>	Restricción <input type="checkbox"/>
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input type="checkbox"/>	Media/Deseado <input checked="" type="checkbox"/>	Baja/ Opcional <input type="checkbox"/>
Descripción		Al momento de realizar la obtención de datos, y su proceso de envío al servidor y su posterior	

	envío a la base de datos se requiere de disponibilidad de servicio de red.
--	--

Mantenimiento

Número de requisito		R4	
Nombre de requisito		Mantenimiento del software	
Tipo		Requisito <input checked="" type="checkbox"/>	Restricción <input type="checkbox"/>
Prioridad del requisito	Alta/Eencial <input type="checkbox"/>	Media/Deseado <input checked="" type="checkbox"/>	Baja/ Opcional <input type="checkbox"/>
Descripción		Es importante que el software esté en constante actualización ya que puede existir una variación en los datos que los sensores proveen	

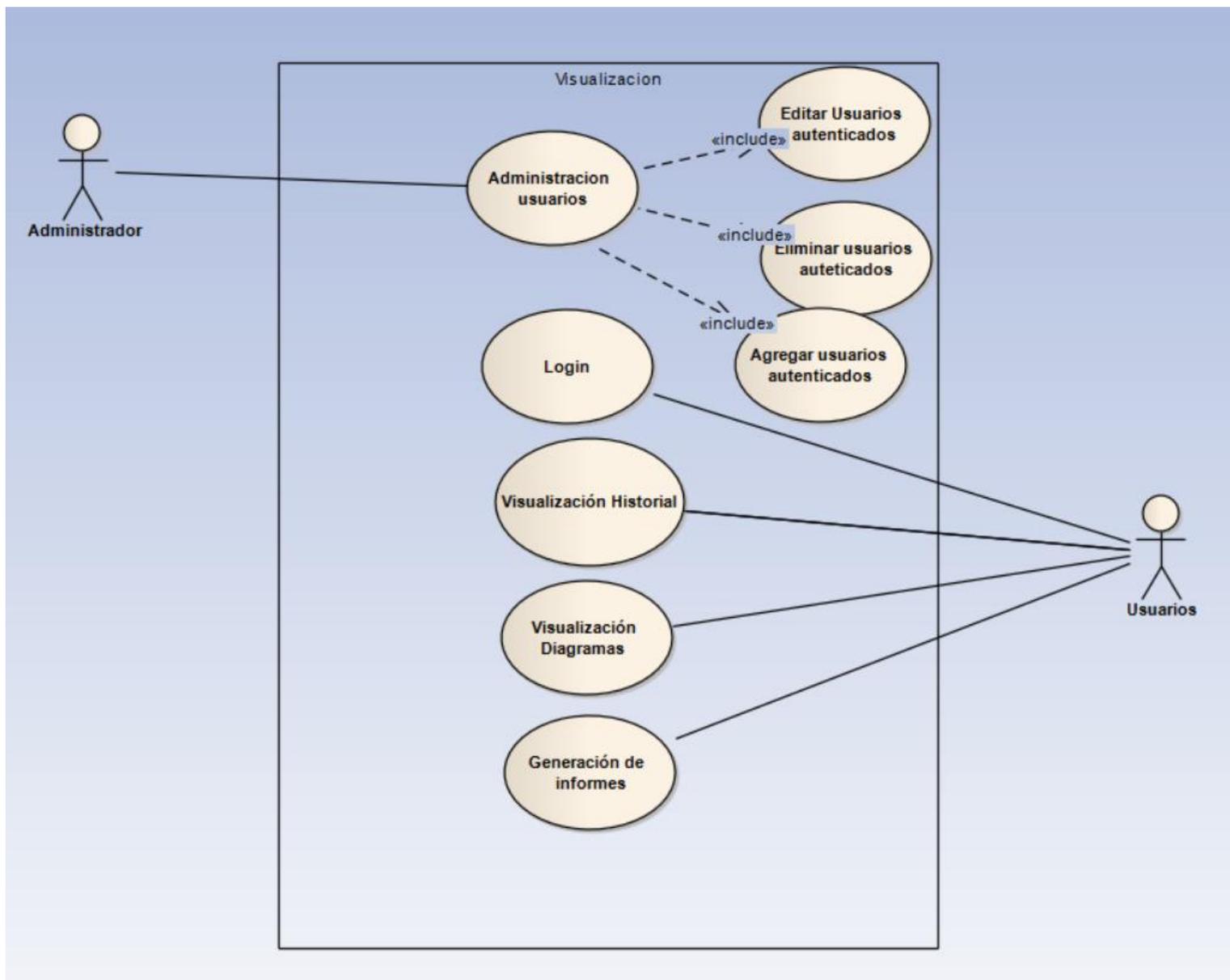
Portabilidad

Número de requisito		R5	
Nombre de requisito		Portabilidad del software	
Tipo		Requisito <input checked="" type="checkbox"/>	Restricción <input type="checkbox"/>
Prioridad del requisito	Alta/Eencial <input type="checkbox"/>	Media/Deseado <input type="checkbox"/>	Baja/ Opcional <input checked="" type="checkbox"/>
Descripción		No son parámetros complicados los que intervienen en la portabilidad del software, ya que al solo mostrar los datos que ya están en lo interno, basta con acceder a la página web.	

8.3.4 Otros requisitos

- Tener conocimientos de los elementos del aire, para así comprender los resultados que muestra la página web.
- Verificar las conexiones entre los sensores periódicamente para verificar el correcto funcionamiento de estos.

8.4 Diagrama de casos de uso



8.5 Casos de Uso Alto y Extendido

R01

Número de Caso/Nombre de Caso de Uso	01/Agregar usuario autenticado
Autor	Ana Maritza Rosales Morales
Fecha	13/julio/2017
Descripción	
El administrador puede añadir usuarios que tendrán autenticados.	
Actores: Administrador	
Pre-condiciones	
El administrador debe estar logueado en el sistema.	
Flujo Normal	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se requiere agregar un nuevo usuario que tenga acceso a la información detallada que se recopila de las estaciones de monitoreo. 2. El administrador pide los datos de los usuarios que requieren autenticación. 3. El administrador guarda los datos en la base de datos. 	
Flujo Alternativo 1	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario que pide ser autenticado no es apto para ser añadido 2. No se realiza el registro 	
Excepciones	
E1. Usuario y password incorrecto. Si esto sucede tres veces consecutivas la cuenta del usuario se bloquea por seguridad.	
Post-condiciones	
Nombre de usuario único	

R02

Número de Caso/Nombre de Caso de Uso	02/Editar usuario autenticado
Autor	Ana Maritza Rosales Morales
Fecha	13/julio/2017
Descripción	El administrador puede editar los datos de los usuarios que están registrados en la base de
Actores:	Administrador
Pre-condiciones	El administrador debe estar logueado en el sistema, se debe confirmar mediante la identificación que la autenticidad del usuario.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador pedirá los datos de usuario, y realizará las modificaciones necesarias. 2. El sistema guardará los datos en la base de datos. 3. Se actualizará la base de datos.
Flujo Alternativo 1	<ol style="list-style-type: none"> 3. El usuario ha olvidado su contraseña 4. No se edita
Excepciones	E1. Usuario y password incorrecto. Si esto sucede tres veces consecutivas la cuenta del usuario se bloquea por seguridad.
Post-condiciones	<p>Los datos del Usuario quedaran registrados en el sistema</p> <p>El nuevo Usuario será capaz de acceder al sistema</p>

R03

Número de Caso/Nombre de Caso de Uso	03/Eliminar usuario autenticado
Autor	Ana Maritza Rosales Morales
Fecha	13/julio/2017
Descripción	El administrador puede eliminarr los datos de los usuarios que están registrados en la base de
Actores:	Administrador
Pre-condiciones	El administrador debe estar logueado en el sistema, se debe confirmar mediante la identificación que la autenticidad del usuario.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 4. El administrador pedirá los datos de usuario, y eliminará al usuario necesario. 5. El sistema guardará los datos en la base de datos. 6. Se actualizará la base de datos.
Flujo Alternativo 1	<ol style="list-style-type: none"> 5. El usuario ha olvidado su contraseña 6. No se elimina
Excepciones	E1. Usuario y password incorrecto. Si esto sucede tres veces consecutivas la cuenta del usuario se bloquea por seguridad.
Post-condiciones	El usuario ya no puede acceder al sistema, a menos de que el administrador cree una nueva

R04

Número de Caso/Nombre de Caso de Uso	04/Login
Autor	Ana Maritza Rosales Morales
Fecha	13/julio/2017
Descripción	Los usuarios que se encuentren registrados en la base de datos, podrán acceder a la visualización detallada de los datos de la estación.
Actores:	usuarios autenticados
Pre-condiciones	Se requiere autenticarse mediante un nombre de usuario y una contraseña. Se debe estar registrado en la base de datos.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario accede al login de la aplicación 2. El usuario ingresa su nombre de usuario y contraseña 3. El sistema valida la información 4. Si la información es correcta, redirige a la página principal de la aplicación.
Flujo Alternativo 1	<ol style="list-style-type: none"> 3. Si la información es incorrecta, se mostrará una pantalla de error. 4. Se pedirá de nuevos los datos del usuario
Excepciones	E1. Usuario y password incorrecto. Si esto sucede tres veces consecutivas la cuenta del usuario se bloquea por seguridad.
Post-condiciones	El sistema guarda la visita del usuario.

R05

Número de Caso/Nombre de Caso de Uso	05/Visualización historial
Autor	Ana Maritza Rosales Morales
Fecha	13/julio/2017
Descripción	Los usuarios al acceder a la página web, podrán obtener una visualización de la evolución de los datos, es decir el historial.
Actores:	usuario autenticado, usuario no autenticado
Pre-condiciones	Se debe llevar un control de visitas de usuarios no autenticados y autenticados.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario en la página pulsa un botón para visualizar el historial. 2. El sistema verifica el tipo de usuario que realizó la acción. 3. El sistema verifica la fecha de inicio y fin que el usuario solicita observar. 4. Se muestra el historial de datos obtenidos de acuerdo al tipo de usuario.
Flujo Alternativo 1	<ol style="list-style-type: none"> 3. Si el usuario no ingreso la fecha de inicio se tomarán los valores de la última semana 4. Se muestra el historial
Post-condiciones	Se validará las entradas de fecha ingresadas por el usuario.

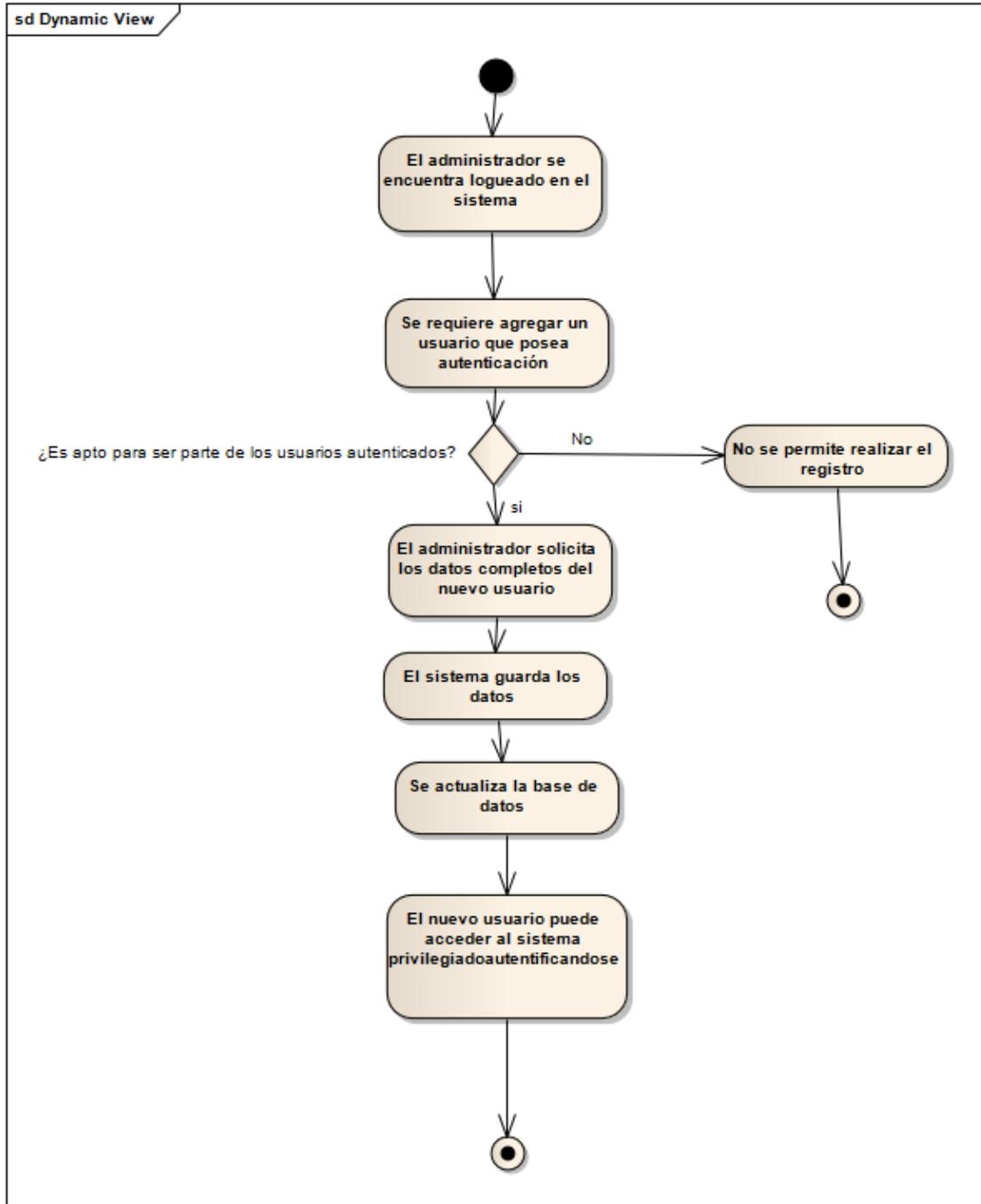
R06

Número de Caso/Nombre de Caso de Uso	06/Visualización de diagramas
Autor	Ana Maritza Rosales Morales
Fecha	13/julio/2017
Descripción	
Una de las acciones que el usuario podrá realizar, es visualizar diagramas para obtener una	
Actores: usuarios autenticados, usuarios no autenticados	
Pre-condiciones	
No es necesario tener una cuenta en el sistema para acceder a esta parte, sin embargo si un usuario autenticado quiere visualizar lo diagramas, a este se le mostrarán con mas detalles los resultados.	
Flujo Normal	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario en la página pulsa a un botón para visualizar los diagramas 2. El sistema verifica el tipo de usuario que realizó la acción. 3. El sistema verifica muestra los diagramas, clasificando en los resultados al tipo de usuario que realizó la acción. 	

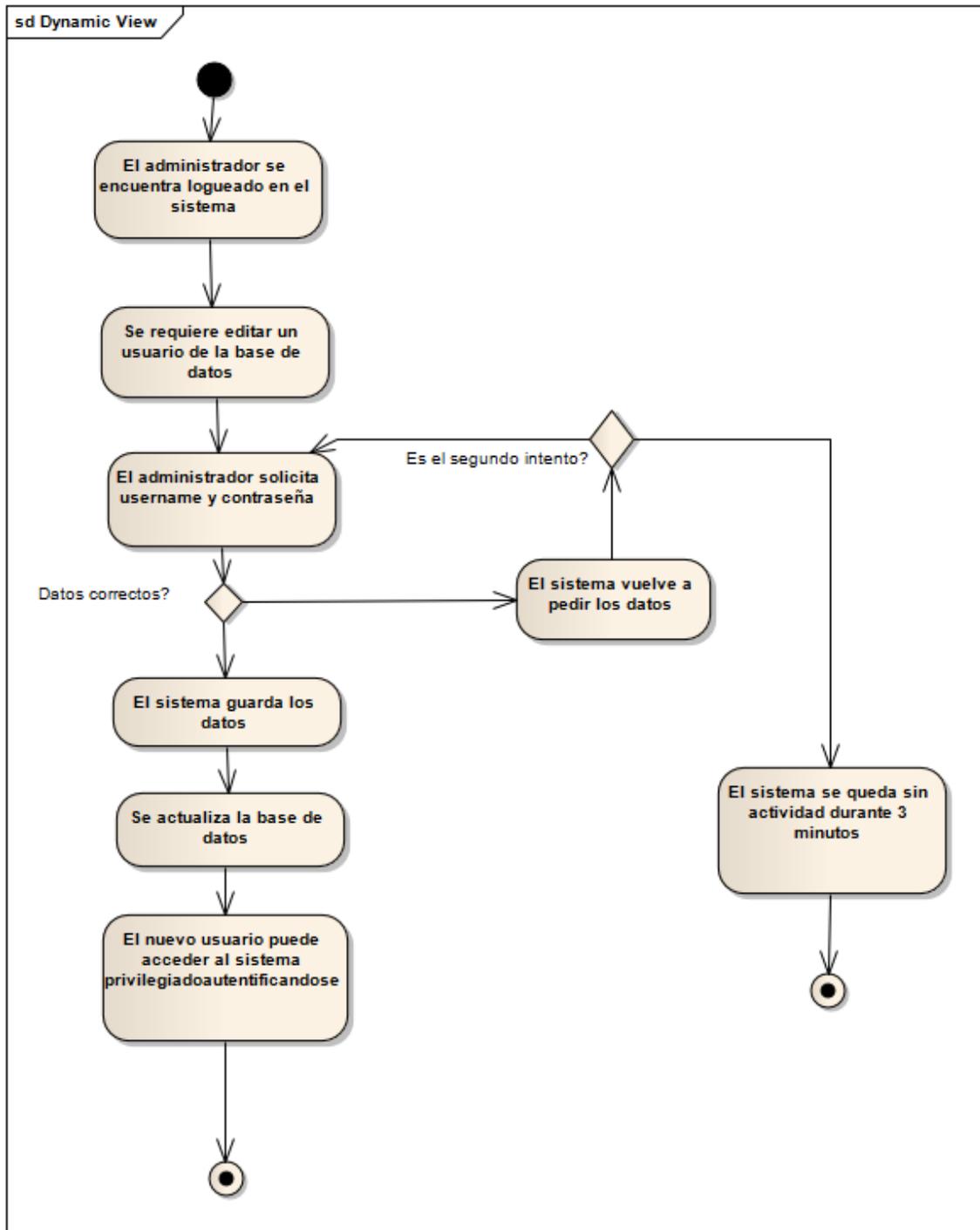
R07

Número de Caso/Nombre de Caso de Uso	07/ Generación de informes
Autor	Ana Maritza Rosales Morales
Fecha	13/julio/2017
Descripción	Los informes son una parte importante por lo que los usuarios autenticados pueden obtener un informe de los datos detallados mostrados en la página web.
Actores:	usuarios autenticados, usuarios no autenticados
Pre-condiciones	La generación de informes esta accesible solo a usuario autenticados.
Flujo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona el botón para generar Informes. 2. El programa pide el tipo de documento que desea el informe 3. El usuario lo descarga y listo.
Excepciones	E1. No se permite a ningún usuario editar los resultados obtenidos por los sensores.

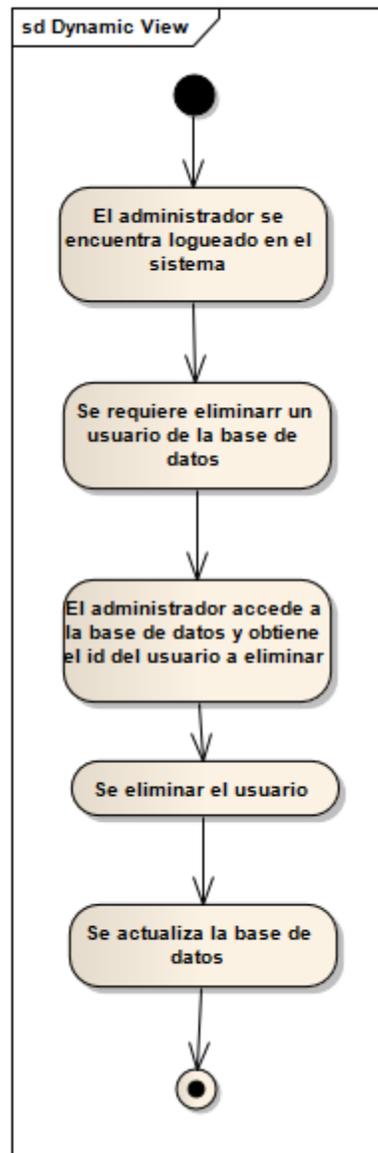
R01 Agregar usuario autenticado



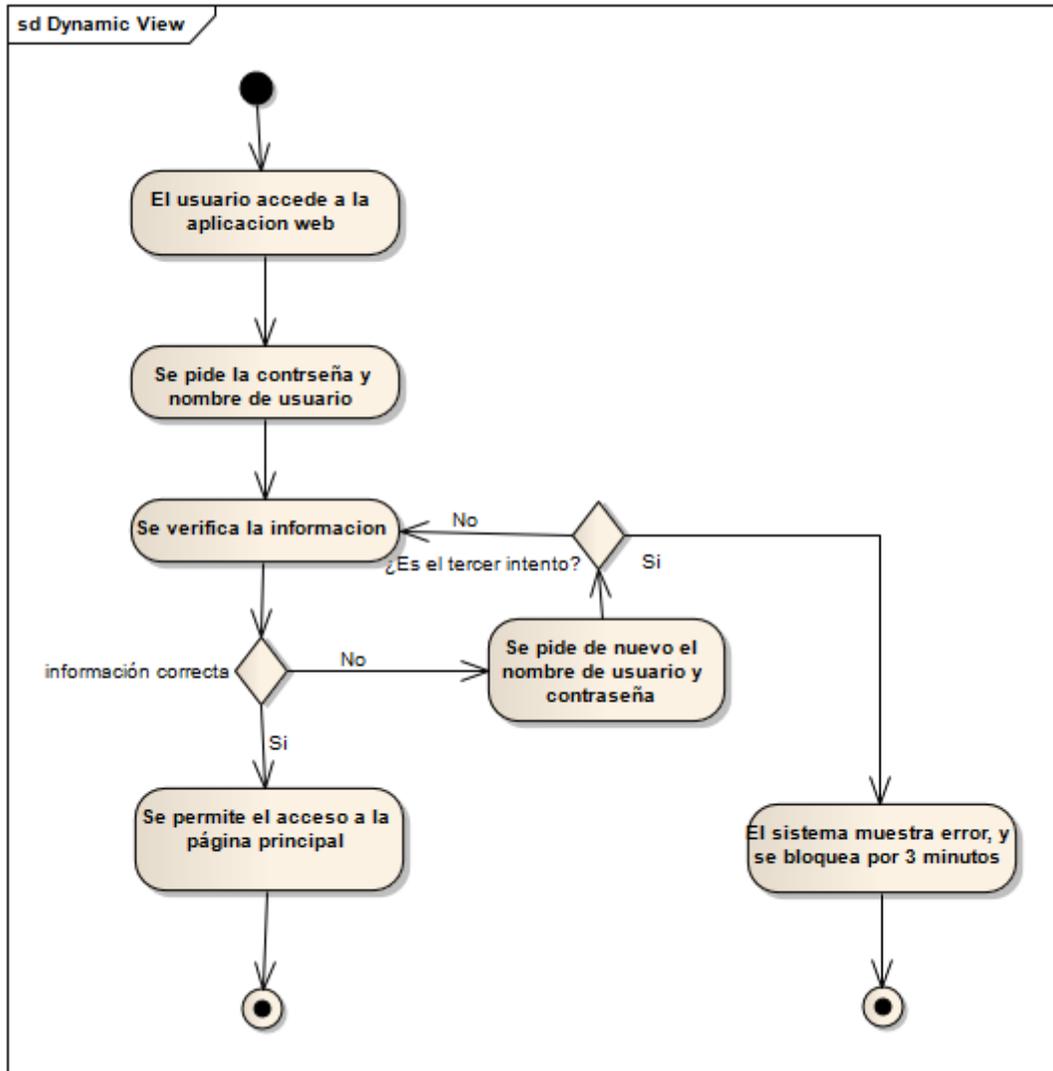
R02 Editar usuario autenticado



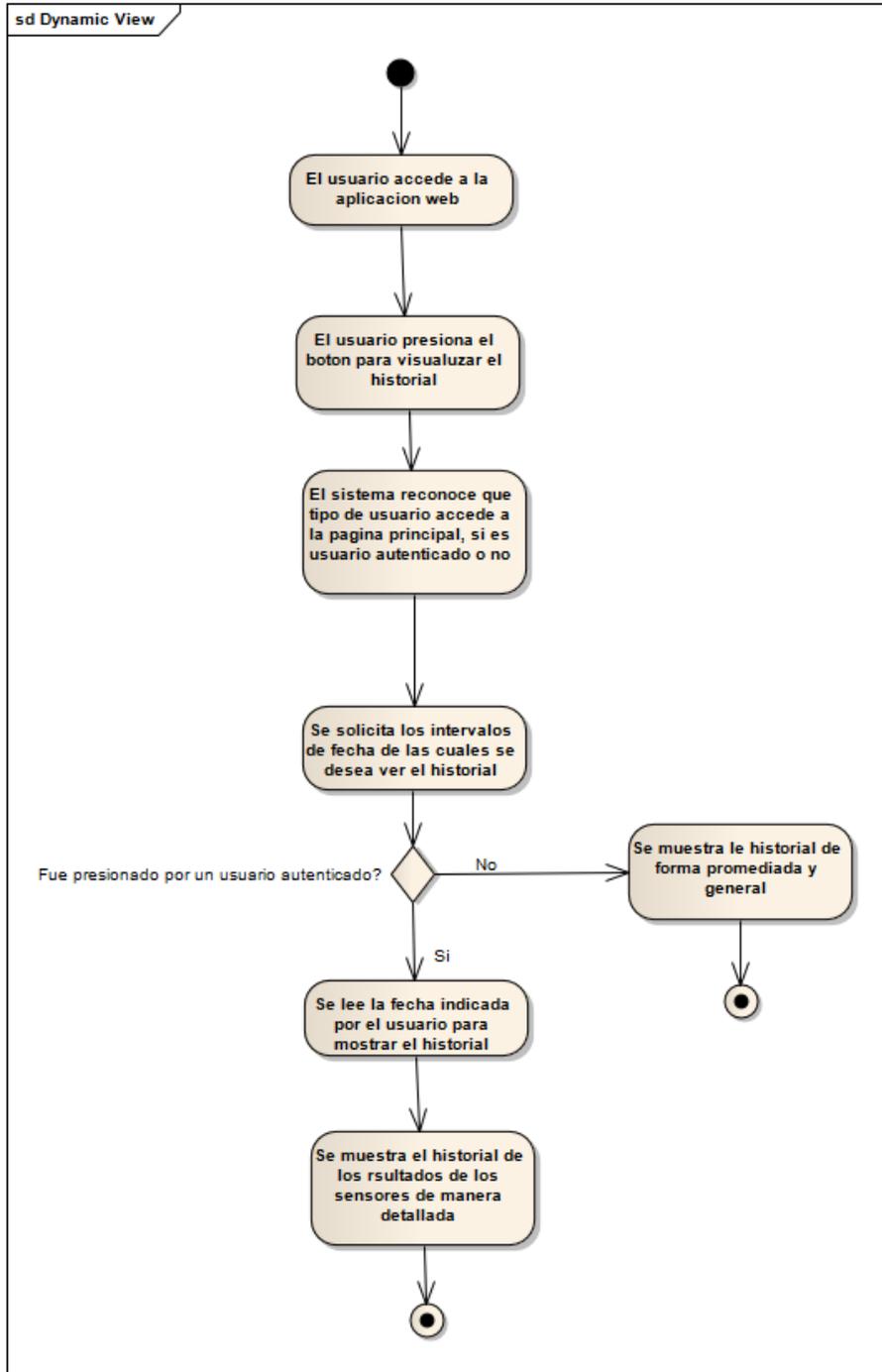
R3 Eliminar usuario autenticado



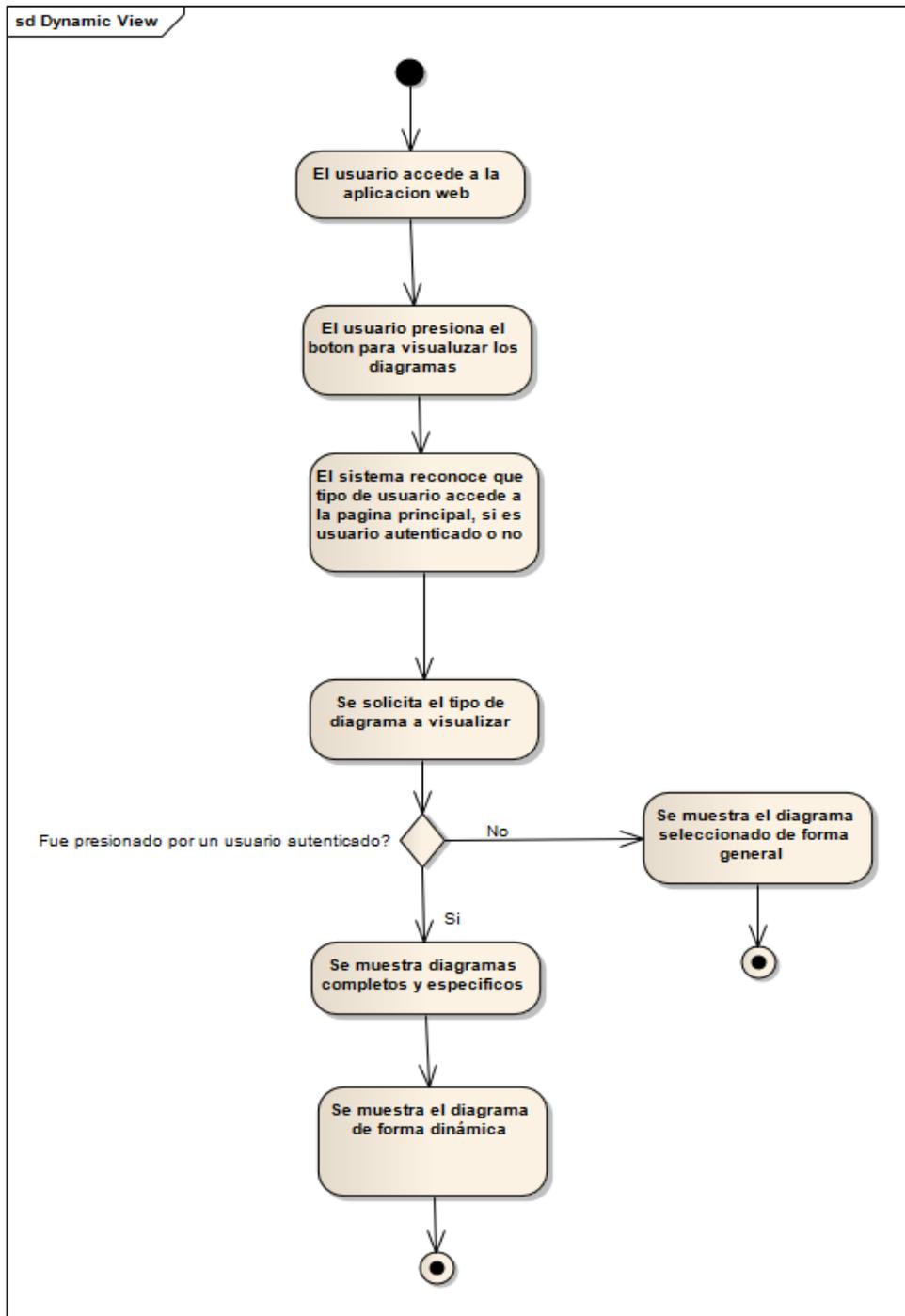
R04 Login



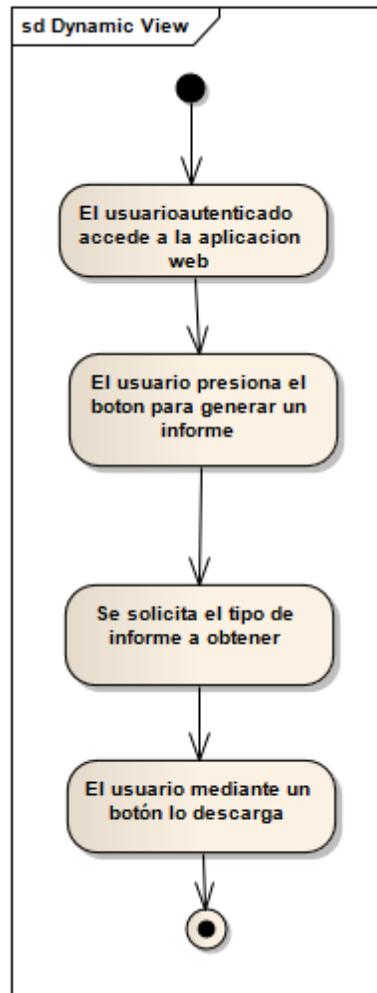
R05 Visualización historial



R06 Visualización de diagramas



R07 Generación de informes

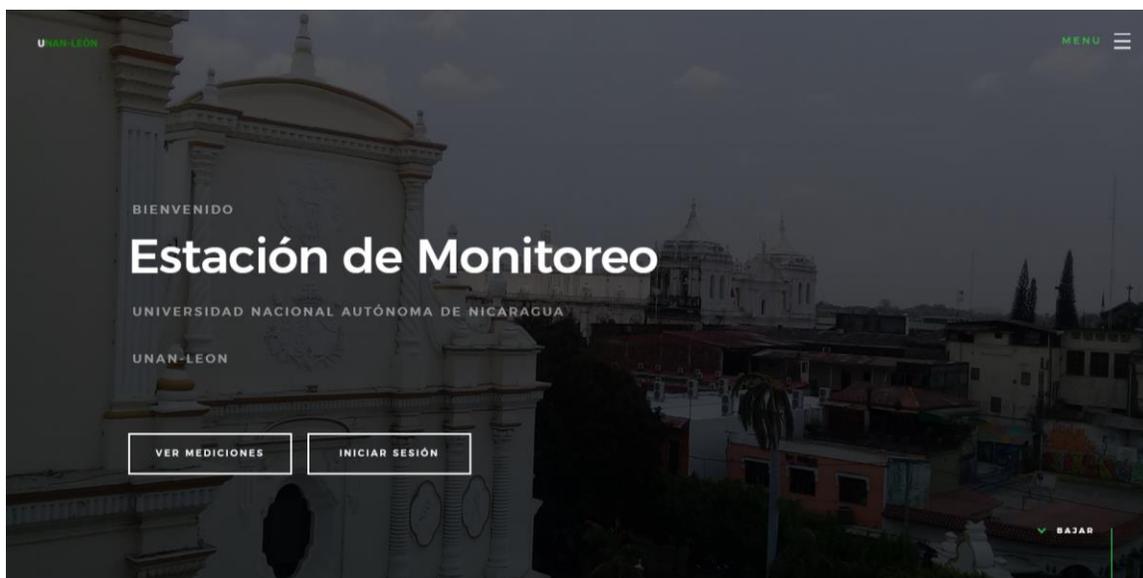


8.6 Diagrama de Secuencia

		Generar ideas	5 días	lun 13/03/17	vie 17/03/17		Alfonso Delgado; Ana Martiza;Henry
		Investigar acerca de las ideas	5 días	lun 20/03/17	vie 24/03/17	1	Alfonso Delgado; Ana Martiza;Henry
		Planteamiento del problema	5 días	lun 27/03/17	vie 31/03/17	2	Alfonso Delgado; Ana Martiza;Henry
		Investigar antecedentes e información	5 días	lun 03/04/17	vie 07/04/17	3	Alfonso Delgado; Ana Martiza; Henry Canales
		Planteamiento de los objetivos y	5 días	lun 10/04/17	vie 14/04/17	4	Alfonso Delgado; Ana Martiza;Henry
		Realización del protocolo	5 días	lun 17/04/17	vie 21/04/17	5	
		▸ Marco Teórico	147 días	lun 24/04/17	mar 14/11/17	6	
		▸ Definiciones	20 días	lun 24/04/17	vie 19/05/17		
		▸ Preparación	45 días	lun 22/05/17	vie 21/07/17	8	
		▸ Pruebas de campo	40 días	lun 24/07/17	vie 15/09/17	11	
		▸ Muestreo	42 días	lun 18/09/17	mar 14/11/17	15	
		▸ Finalización	30 días	mié 15/11/17	mar 26/12/17	7	

8.7 Interfaz de funciones de Aplicación

Pantalla Principal:



VEA LAS ÚLTIMAS MEDICIONES
05-04-2018 11:22:18

MENU



Temperatura: 29 C

León por ser un departamento ubicado en el pacifico por lo general mantiene una temperatura mayor en comparación a la parte central y atlántica del país, durante la estación de verano la temperatura puede alcanzar hasta los 38°C.



Humedad: 48%

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad del aire es un factor que se relaciona con la comodidad térmica del cuerpo vivo que se mueve en determinado ambiente.



Ozono: 40ppm

El ozono es un gas azulado compuesto por tres átomos de oxígeno, como gas tóxico a concentraciones elevadas puede tener efectos en la salud, afectando el aparato respiratorio e irritando las mucosas dependiendo también del nivel de concentración



Monóxido de Carbono: 64 ppm

Este un gas sin olor ni color, pero muy peligroso. El CO se encuentra en el humo de la combustión, como lo es el expulsado por automóviles y camiones, o candelabros y estufas.



Polvo 10pm: 66 ppm

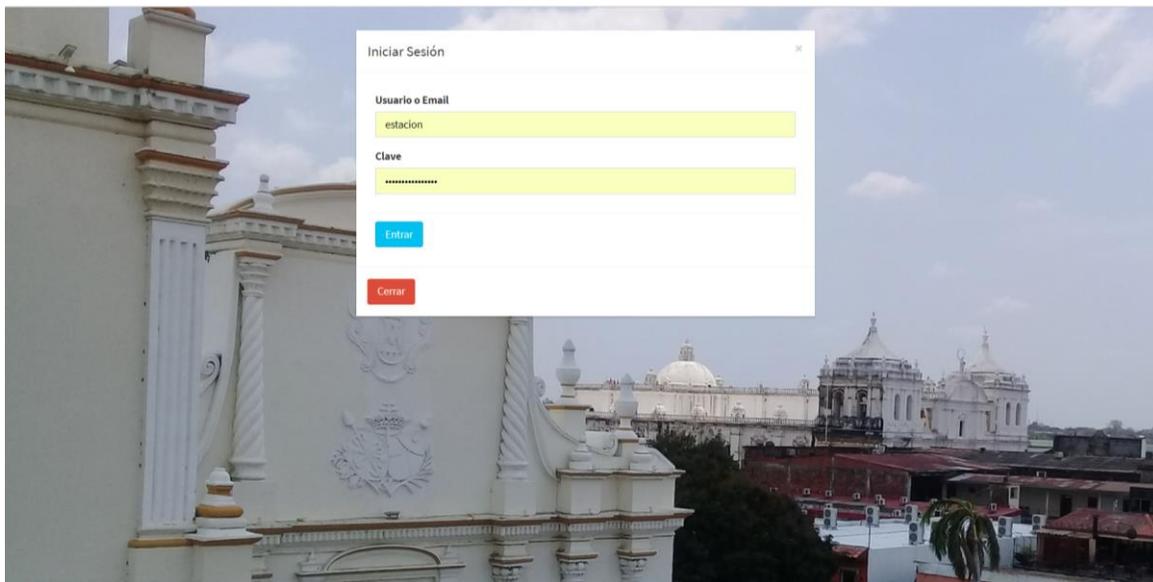
Las PM son partículas sólidas o líquidas de polvo,



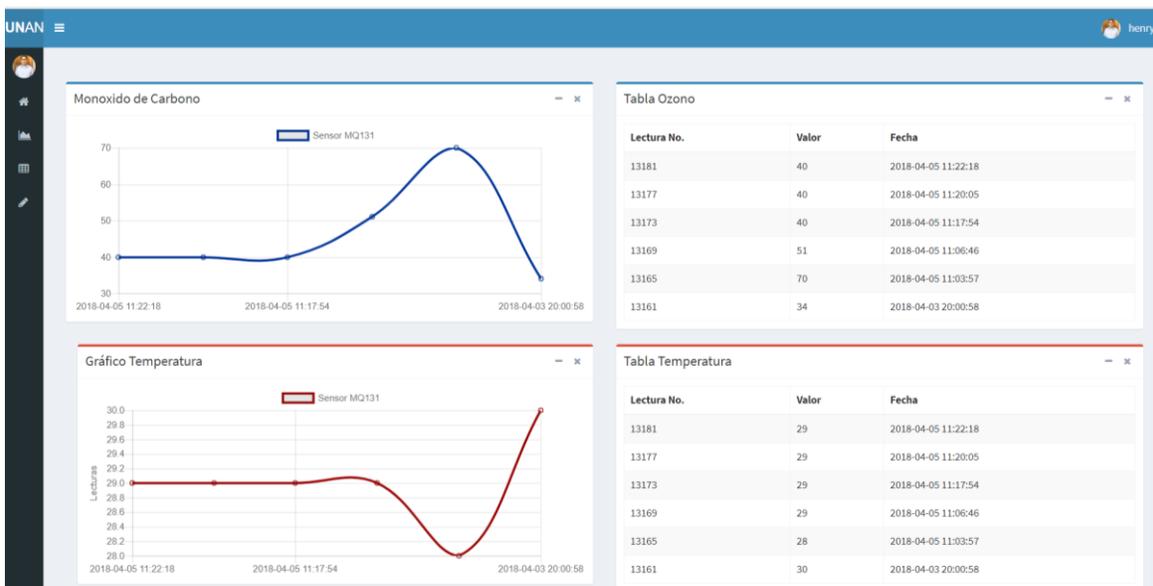
Polvo 2.5pm: 133 ppm

Mientras las PM10 pueden penetrar hasta las vías

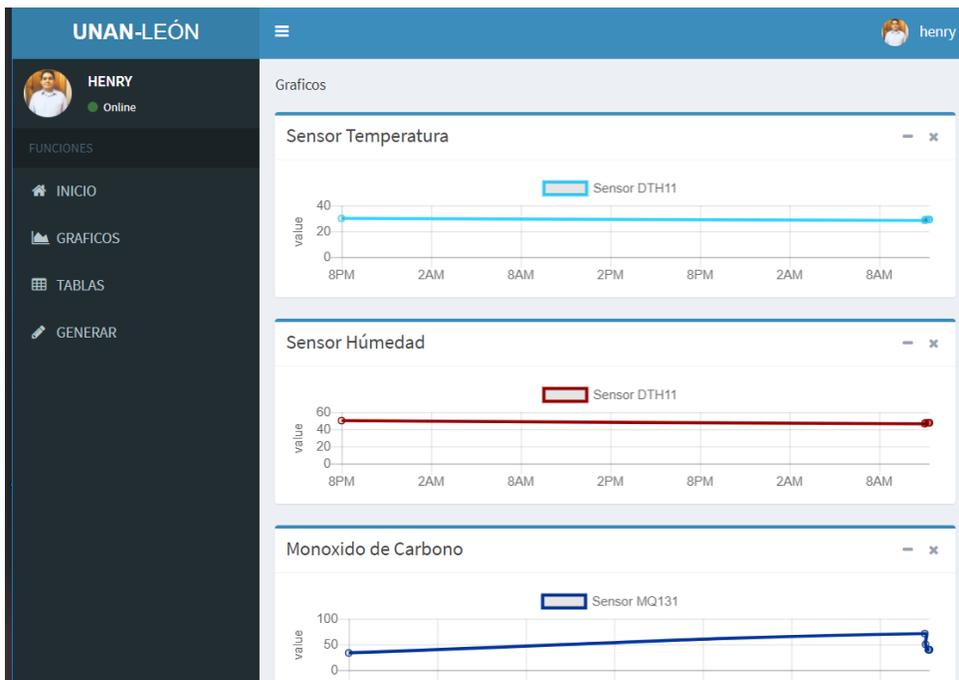
Login o ingreso:



Pantalla principal de la administración:



Gráficos de los sensores en tiempo real:



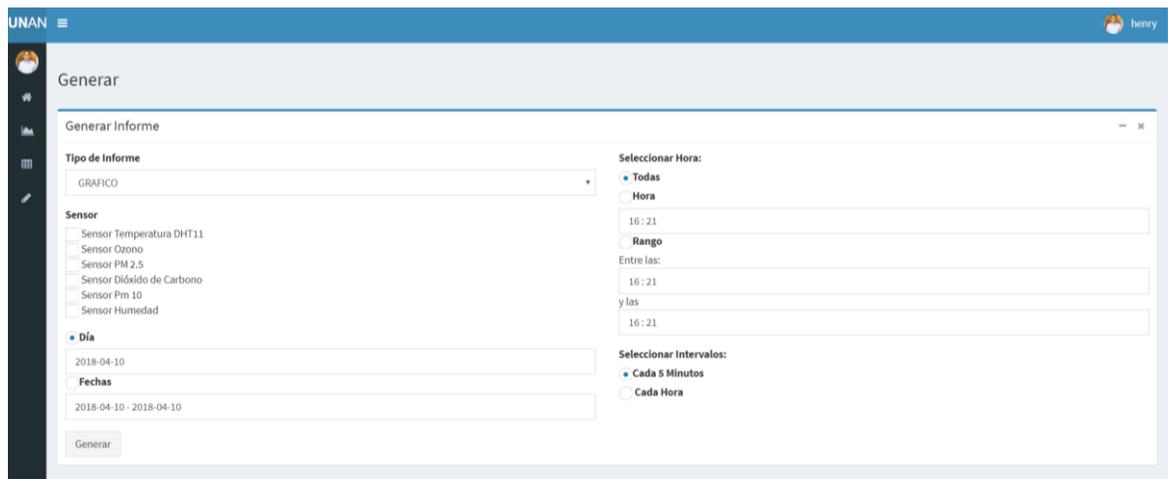
Tablas con datos de cada sensor en tiempo real:

The dashboard displays three data tables for real-time sensor data. The first table, 'Tabla Temperatura', is currently empty. The second table, 'Tabla Humedad', is also empty. The third table, 'Tabla CO2', contains the following data:

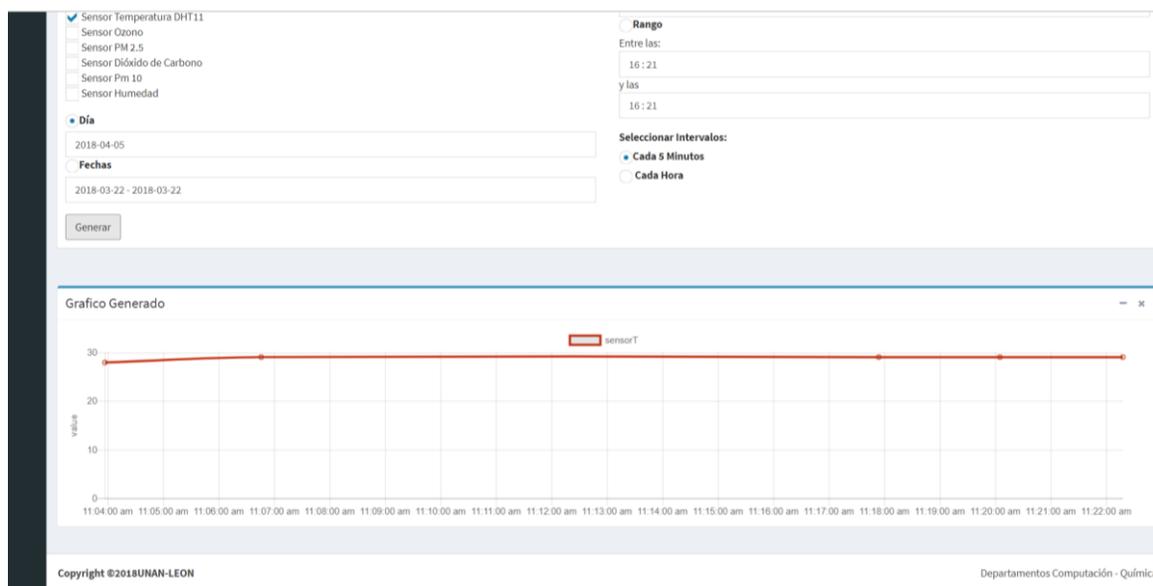
Lectura No.	Valor	Fecha
13181	64	2018-04-05 11:22:18
13177	62	2018-04-05 11:20:05
13173	65	2018-04-05 11:17:54
13169	76	2018-04-05 11:06:46
13165	123	2018-04-05 11:03:57
13161	76	2018-04-03 20:00:58

The fourth table, 'Tabla O3', is currently empty.

Generación de Informes:



Ejemplo de gráfico generado:



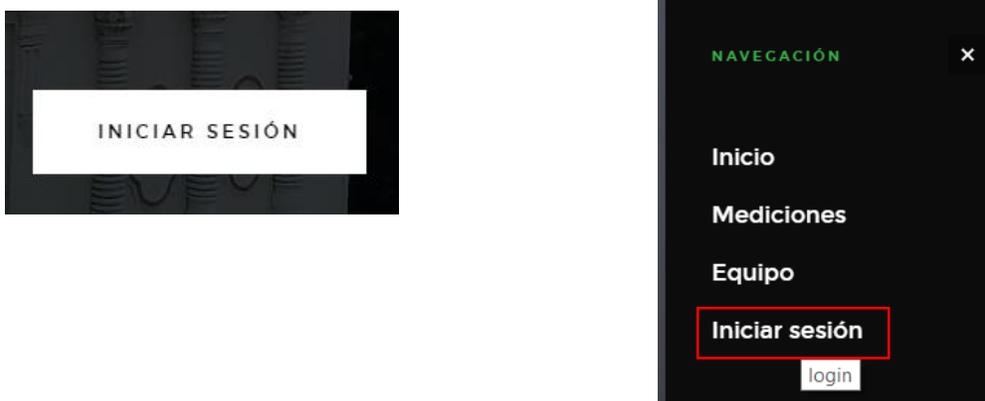
Ejemplo de informe generado:

download.pdf 1 / 1

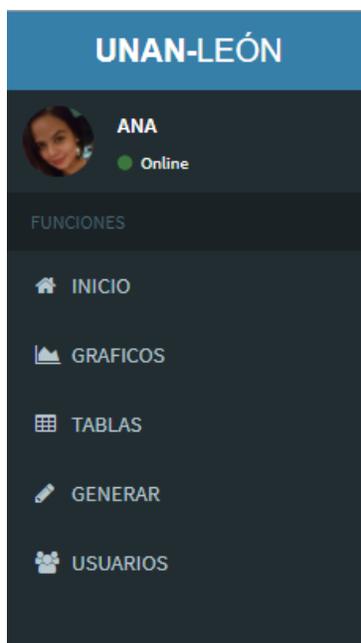
NUMERO	FECHA	sensorT
13181	2018-04-05 11:22:18	29
13177	2018-04-05 11:20:05	29
13173	2018-04-05 11:17:54	29
13169	2018-04-05 11:06:46	29
13165	2018-04-05 11:03:57	28

8.8 Códigos para manipular la interfaz

Para poder acceder a la parte administrativa y buscar datos, así como también, compararlos y revisarlos ese necesario iniciar sesión. Se puede iniciar sesión desde el botón de la página principal o el menú, las cuentas son creadas por un administrador del sistema.



En la parte administrativa podremos encontrar los recursos como gráficos y tablas de datos funcionando en tiempo real, también es posible generar reportes. Todo esto es accesible desde la barra de menú lateral.



Para hacer uso de la búsqueda de datos es necesario especificar el rango de fechas y el sensor del que se requiere los datos, si se requiere que varios sensores se muestren en una misma gráfica simplemente se seleccionan en los check box.

La generación de reportes es sencilla. Solo tiene que seleccionar el sensor del que le interesa la información, si lo quiere un día específico o un rango de fechas y si lo quiere en una hora o en un rango de horas.

Se soportan tres tipos de informe, en forma de gráfico, tabla y pdf.

Generar Informe

Tipo de Informe
GRAFICO

Sensor
 Sensor Temperatura DHT11
 Sensor Ozono
 Sensor PM 2.5
 Sensor Dióxido de Carbono
 Sensor Pm 10
 Sensor Humedad

Día
2018-04-05

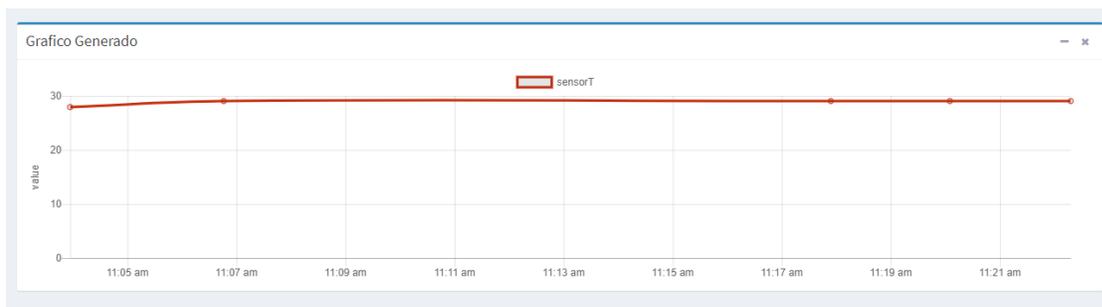
Fechas
2018-04-10 - 2018-04-10

Generar

Seleccionar Hora:
 Todas
 Hora
18:23

Rango
Entre las:
18:23
y las:
18:23

Seleccionar Intervalos:
 Cada 5 Minutos
 Cada Hora



Ejemplo de una búsqueda de datos en forma de gráficos con varios sensores.

Generar

Generar Informe

Tipo de Informe:

Sensor:

- Sensor Temperatura DHT11
- Sensor Ozono
- Sensor PM 2.5
- Sensor Dióxido de Carbono
- Sensor Pm 10
- Sensor Humedad

Selecciónar Hora:

Todas

Hora

18 : 23

Rango

Entre las: 18 : 23

y las: 18 : 23

Selecciónar Intervalos:

Cada 5 Minutos

Cada Hora

Fecha:

Fechas:



Ejemplo de pdf generado como reporte.

download (1).pdf 1 / 1

NUMERO	FECHA	sensorT	sensorOz	sensorDx
13181	2018-04-05 11:22:18	29	40	64
13177	2018-04-05 11:20:05	29	40	62
13173	2018-04-05 11:17:54	29	40	65
13169	2018-04-05 11:06:46	29	51	76
13165	2018-04-05 11:03:57	28	70	123

Algunos usuarios tienen permiso para agregar, editar o eliminar usuarios:

Id	UserName	Nombre	Email	Area	Acciones
1	adelgado	Alfonso Delgado	ajdfdelgado@gmail.com	PROGRAMACION	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
2	Henry	Henry Canales	henryjavier@gmail.com	DESARROLLO	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
3	Prof.Arnoldo		arnolcon@gmail.com		<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>

The screenshot shows a web form titled "EditarUsuario" with a blue header and a close button. The form contains several input fields:

- Usuario**: A text input field.
- Email**: A text input field with the placeholder text "Email".
- Nombre**: A text input field with the placeholder text "Nombre".
- Apellido**: A text input field with the placeholder text "Apellido".
- Imagen**: A file selection area with a button labeled "Seleccionar archivo" and the text "Ningún archivo seleccionado".
- Telefono**: A text input field with the placeholder text "ej.0000-0000".
- Área**: A text input field with the placeholder text "Area de Trabajo".
- Contraseña**: A text input field.

 At the bottom right of the form, there are two buttons: a green "Guardar" button and a red "Cancelar" button.

8.9 Código para conectar base de datos.

Para dar conexión general a la web usamos el archivo “class.Conexion.php” que contiene todas las funciones necesarias para el acceso a la base de datos. Los datos del servidor de BD proporcionados por el departamento de computación para el alojamiento de la base de datos están alojados en otro archivo llamado “datos.php”.

```

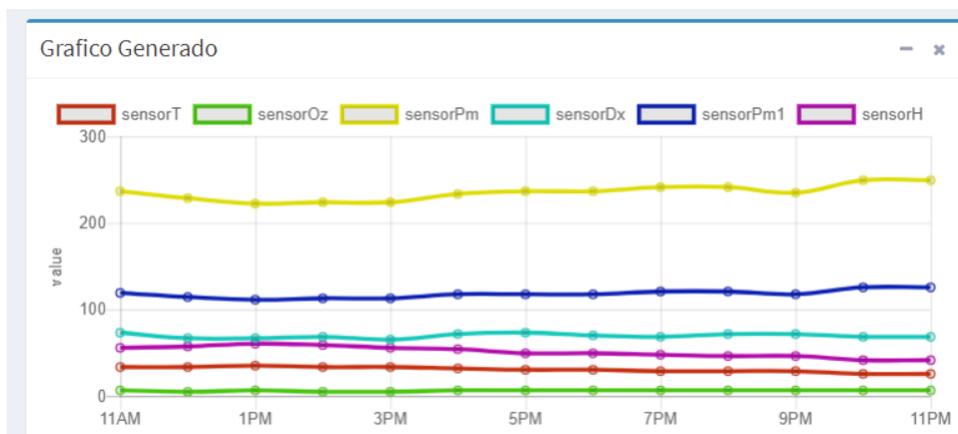
class.Conexion.php
1 <?php
2 class Conexion extends mysqli
3 {
4     public function __construct()
5     {
6         parent::__construct(DB_HOST,DB_USER,DB_PASS,DB_NAME);
7         $this->connect_errno ? die('Error en la conexion a la bse de datos') : null;
8         $this->set_charset("utf8");
9     }
10    public function rows($query){
11        return mysqli_num_rows($query);
12    }
13    public function liberar($query){
14        return mysqli_free_result($query);
15    }
16    public function recorrer($query){
17        return mysqli_fetch_array($query);
18    }
19 }
20
21 ?>
  
```

Cada vez que se ejecuta una consulta, ya sea para las tablas o los gráficos se utilizan distintos archivos, pero siempre una función que es ejecutada con la ayuda del controlador Mysqli.

8.10 Resultados de las pruebas hechas a la Estación de monitoreo

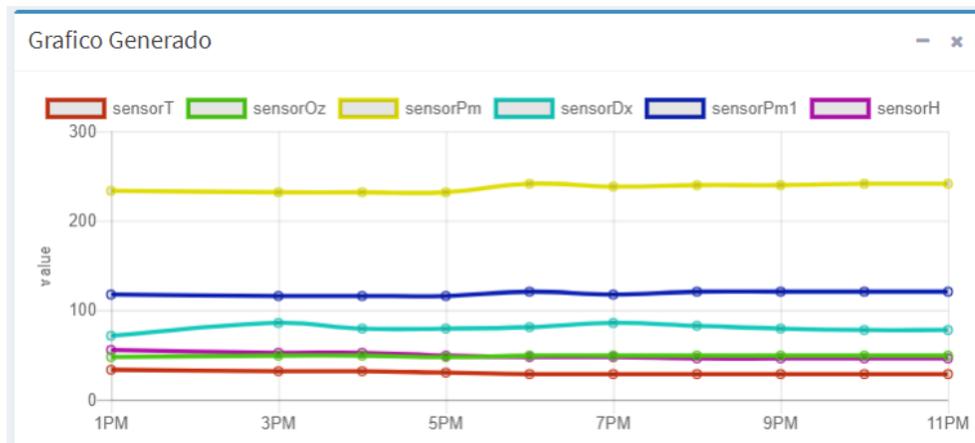
Para probar el correcto funcionamiento de la estación monitoreo, esta se acondicionó y conectó en distintas partes con distintos ambientes y así comprobar que las lecturas varían de lugar en lugar.

Al principio del proyecto la estación de monitoreo estaba ubicada en el laboratorio de hardware ubicado en el edificio CIDS. En la siguiente captura podemos comprobar las lecturas del día 7 de noviembre del 2017.

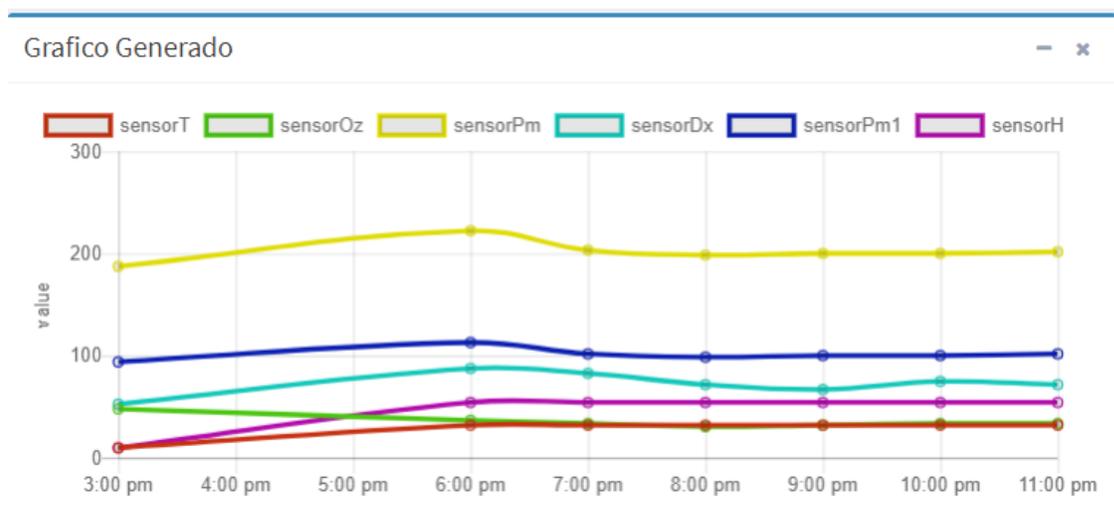


Según el gráfico el material particulado de 2.5 μm tiene un valor máximo de 250 y mínimo de 220 ppm, el material particulado de 10 μm tiene un valor promedio de 120 ppm, el monóxido de carbono presenta valores entre 65 y 70 ppm, el ozono tiene como valor promedio de 6, la temperatura y humedad tienen valores característicos del ambiente (arriba de 30°C y 40% de humedad relativa).

En meses posteriores se iniciaron las pruebas de campo en el cuarto piso del edificio “básico” de la UNAN-León, el siguiente gráfico muestra los datos obtenidos el día 15 de enero del 2018 y el día 12 de febrero de 2018 respectivamente.



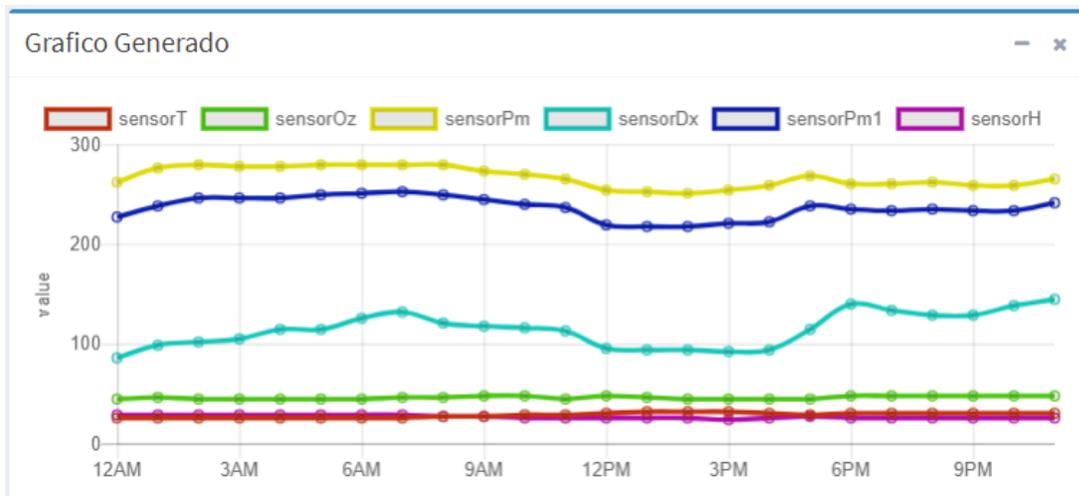
Según el gráfico el material particulado de 2.5 µm tiene un valor máximo de 240 y mínimo de 230 ppm, el material particulado de 10 µm tiene un valor promedio de 120 ppm, el monóxido de carbono presenta valores entre 80 y 85 ppm, el ozono tiene como valor promedio de 50, la temperatura y humedad tienen valores característicos del ambiente (arriba de C°30 y 40% de humedad relativa).



Según el gráfico el material particulado de 2.5 µm tiene un valor máximo de 226 y mínimo de 200 ppm, el material particulado de 10 µm tiene un valor promedio de 110 ppm, el monóxido de carbono presenta valores entre 70 y 96 ppm, el ozono tiene como valor

promedio de 57, la temperatura y humedad tienen valores característicos del ambiente (arriba de C°30 y 40% de humedad relativa).

Por último, para completar estas pruebas se ubicó la estación en una habitación completamente cerrada con acceso a aire acondicionado y solo con acceso a una persona supervisora a diferencia de los demás lugares. Estos son los resultados encontrados el día 14 de abril.



Según el gráfico el material particulado de 2.5 µm tiene un valor máximo de 270 y mínimo de 262 ppm, el material particulado de 10 µm tiene un valor promedio de 220 ppm, el monóxido de carbono presenta valores entre 85 y 140 ppm, el ozono tiene como valor promedio de 40, la temperatura tiene valores entre C°25 y C°31 y la humedad relativa tiene un valor promedio de 25%.

Al finalizar las pruebas podemos ver que los valores de los sensores varían de acuerdo al lugar y hora donde está ubicada, por ejemplo, el ozono tiene un valor mucho menor en el laboratorio de hardware que en los demás lugares y como el monóxido de carbono se dispara en lugares cerrada como es el caso del tercer lugar de prueba, en cuanto al material particulado, la temperatura y la humedad tienen valores muy parecidos entre los distintos lugares. Todas estas pruebas sirven como comprobación que los sensores y la estación como tal tiene un correcto funcionamiento.