ESTACIÓN AMBIENTAL- CAPTURA Y TRANSMISIÓN DE DATOS

SEBASTIAN VELASQUEZ QUINTERO

Proyecto de Grado

Asesor
Ing. Oscar Cardona Morales

UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA TELEMÁTICA
MANIZALES
2015

ESTACIÓN AMBIENTAL - CAPTURA Y TRANSMISIÓN DE DATOS

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 5

1. Planteamiento del Problema 6

2. Justificación 7

3. Objetivos 8

4. Marco Teórico 9

4.1. Hardware 9

4.1.1. Análisis de Sensores 9
4.1.2. Análisis del Controlador 15
4.1.3. Análisis de Tecnología de Transmisión 18
4.1.4. Recepción y Almacenamiento 20
4.1.5. Análisis de Requerimientos Energéticos 22
4.1.6. Descripción de equipos a emplear. 24

4.2. Software 36

4.2.1. Comandos AT 36
4.2.2. Arduino IDE 37
4.2.3. Sistema Operativo 40
4.2.4. Servidor Web 41
4.2.5. Base de Datos 41
4.2.6. Lenguaje de Programación 42

5. Metodología 43

5.1. Plan de Compras 43
5.2. Sketch Sensores 46
5.3. Sketch General 53

5.4. Configuración Raspbian 63
5.5. Configuración Apache Web Server 64
5.6. Configuración MySQL DB 65
5.7. Aplicación Final – PHP 67
5.8. Conexión de Equipos 69

6. Resultados 72

7. Recomendaciones 73

8. Conclusiones 74

9. Cronograma 75

10. Referencias 76

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y las comunicaciones se han constituido como una herramienta fundamental para el desarrollo de la sociedad además de que han potenciado enormemente otras ramas del conocimiento humano.

El presente documento pretende exponer las consideraciones que se han debido realizar para el desarrollo de una estación de telemetría y la metodología que se ha llevado a cabo para el desarrollo del equipo tecnológico teniendo en cuenta diversos aspectos como los conocimientos teóricos de las variables que se pretenden cuantificar, como también de los diversos equipos tecnológicos que se han empleado para dar solución al planteamiento realizado.

Más allá del concepto tecnológico del proyecto realizado, se expone también una serie de pasos y procedimientos que permitan evidenciar el modo de materializar una idea y representar mediante el uso de la tecnología fenómenos de nuestra cotidianidad, que, aunque en principio se muestran como actividades complejas, a través de la relación que puede establecerse entre diversas áreas del conocimiento humano, nos llevan a acercarnos a un tratamiento más adecuado del tema o del fenómeno en sí.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aire es esencial para los seres vivos, sin embargo este se encuentra constituido por diversos elementos que dependiendo de diversos factores pueden aumentar o disminuir su concentración, teniendo esto como resultado el deterioro en la calidad del mismo y las subsecuentes consecuencias en los seres vivos que dependen de él.

Es por esto que en la actualidad es un tema a considerar y la concienciación del mismo no se limita a los profesionales del sector ambiental dado que al día de hoy es una responsabilidad global velar por su cuidado y todos los sectores de la sociedad deben procurar porque sus actividades y costumbres tengan el menor impacto posible contra el mismo.

Sin embargo aun para los profesionales correspondientes al sector ambiental es difícil en muchas ocasiones determinar la calidad del aire que respiramos y de ese modo poder actuar en consecuencia.

Es en este punto crucial donde entra la tecnología y en base a los principios teóricos que respaldan el tema, desarrolla dispositivos que permitan captar con precisión, determinadas variables para su posterior estudio por parte de otras áreas profesionales.

Dado que la Universidad Católica de Manizales desea realizar un proyecto correspondiente al tema expuesto a través de su grupo de investigación GIDTA, requiere de equipos que permitan la medición de las concentraciones de ciertos elementos presentes en el aire, sin embargo, acceder a estos equipos es difícil debido a ciertos factores como el hecho de si inexistencia en el mercado nacional, son equipos de un alto costo y las soluciones comerciales existentes carecen de flexibilidad debido a que cada equipo es diseñado para un propósito general impidiendo así que sea adaptado a una solución particular.

2. JUSTIFICACIÓN

El proyecto se justifica en la necesidad del Grupo de Investigación en Desarrollos Tecnológicos y Ambientales GIDTA de la Universidad Católica de Manizales, el cual requiere de un sistema tecnológico portátil que permita determinar la concentración de ciertos elementos que componen el aire en determinadas zonas geográficas de la ciudad de Manizales.

Con el fin de desarrollar sus investigaciones, el grupo GIDTA requiere un sistema modular que pueda ser adaptado y modificado en base de las necesidades y requerimientos del proyecto, y permita la motorización de las respectivas variables además de la transmisión remota de los datos para su posterior análisis.

Finalmente se destaca la no disponibilidad de equipos comerciales de este tipo en el mercado nacional y las ventajas económicas que representa el desarrollo de una solución particular en base a los requerimientos del proyecto realizado por el grupo de investigación, frente a posible soluciones comerciales de propósito general existentes en el mercado internacional.

3. OBJETIVOS

General

- Elaboración de un sistema móvil de captura y transmisión de datos que permita recolectar información a partir de sensores que evalúan constantemente determinados componentes presentes en el aire y realizar la transmisión de las variables a una estación de monitoreo central.

Específicos

- Análisis de requerimientos técnicos tanto de hardware y software para adquisición de equipos.
- Construcción física de la estación de captura y transmisión.
- Programación y configuración de equipos.
- Configuración de la estación central.
- Desarrollo de aplicación de acceso y consulta.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 HARDWARE

La presente sección presenta un análisis de las opciones tenidas en cuenta para la elaboración del proyecto en lo que respecta a los componentes tangibles.

4.1.1 Análisis de sensores

Se prevé que los sensores a usar en el proyecto contempla principalmente la medición de gases como dióxido de carbono, monóxido de carbono y Temperatura.

Consideraciones:
-Previa documentación en otros trabajos
-Precisión
-Una buena relación, costo-beneficio
-Facilidad de Implementación.

Tecnología de los sensores de CO2.
Los sensores de CO2 se construyen a partir de dispositivos denominados NDIR, “non dispersive infrared detector” (Sensor de infrarrojo no dispersivo, en español).

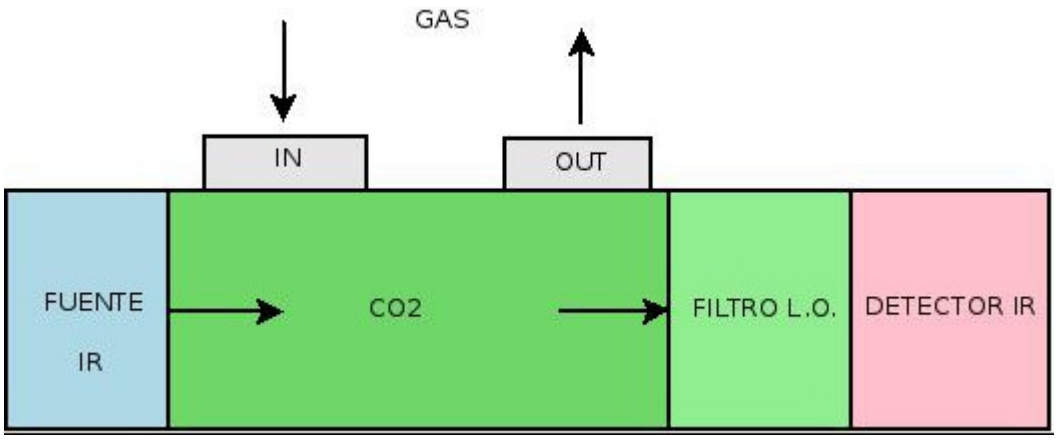
En el caso de gases como el dióxido de carbono, un dispositivo NDIR cuenta con los siguientes componentes:
-Una fuente de infrarrojo.
-Una cámara de muestra.
-Un filtro de longitud de onda
-Un detector de infrarrojo.

El principio de funcionamiento se basa en la capacidad que tienen ciertos gases, para absorber la radiación infrarroja en una determinada longitud de onda.

En base a lo anterior, el proceso comienza por la difusión de un gas en una cámara especial, en un extremo de la cámara se ubica una lámpara que emite radiación infrarroja, atravesando de este modo el gas, al final de la cámara se encuentra un filtro que solo permitirá que sea detectada la luz que viaja en la longitud de onda, en la cual, un gas, en este caso el CO2 está en la capacidad de absorber.

A medida que se aumente la concentración del gas, la absorción de la radiación infrarroja será mayor y la señal del receptor de radiación infrarroja se verá reducida.

Fuente de Referencia: [1]



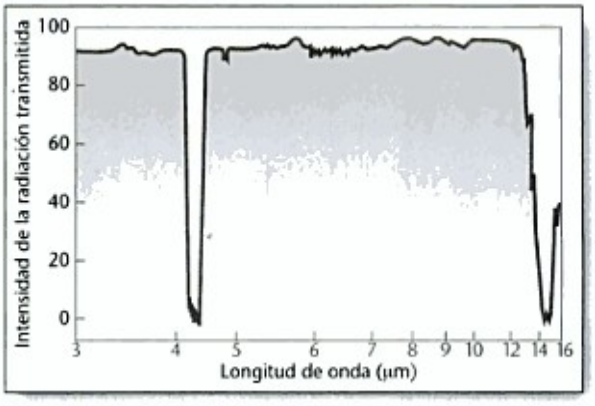


Figura 4.6 Espectro de absorción infrarroja del dióxido de carbono. (Fuente: A. T. Schwartz et al. 1994. *Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society*. American Chemical Society, Wm. C. Brown Communications Inc., Dubuque, IA.)

Fuente: [2] Quimica Ambiental, autor: Colin Baird, pag: 186.

Longitudes de onda en la que el co2 presenta absorción de luz infrarroja: 15 um y 4,26 um

Sensores de Dióxido de Carbono [CO2]

A continuación se detallan características de diversos sensores del mercado.

S100
Fabricante: ELT
Hoja de datos: http://eltsensor.co.kr/2012/kor/pdf/S-100/DS_S-100_Rev%202.8.pdf

AN100
Fabricante: Sensecube
Hoja de datos: http://www.sensecube.com/eng/product/pdf/kcd_an100_en_110602.pdf

K30
Fabricante: SenseAir
Hoja de datos: http://www.senseair.se/wp-content/uploads/2015/03/CO2-Engine-K30_PSP110-R7.pdf

T6615
Fabricante: GE Sensing.
Hoja de datos: http://www.ge-mcs.com/download/co2-flow/920-474C-LR.pdf

CM1101
Fabricante: Wuhan Cubic Optoelectronic Co., Ltd
Hoja de datos: www.gassensor.com.cn/fileDownload/fileDir/50b494e638de3.pdf

MHZ14
Fabricante: Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd
Hoja de datos: http://www.thaieasyelec.com/downloads/ESEN185/MH-Z14_CO2.pdf

Nota: Ninguno de los sensores de dióxido de carbono[co2] anteriormente mencionados, ni relacionados a medición de [co2], se encuentra disponible en el mercado nacional.

Tabla comparativa en base a las características básicas de cada sensor, descritas en sus respectivas hojas de datos.

SENSOR	DIMENSIÓN (largo x ancho x alto mm)	RANGO DE MEDIDA (ppm)	TIEMPO DE RESPUESTA (seg)	VOLTAJE DE OPERACIÓN (VDC)
S100	33 x 33 x13	0-2000	60	5
AN100	82 x 44 x 18	0-2000	40	8-14
K30	51 x 57 x 14	0-5000	20	4.5-14
T6615	57x35x15	0-2000	120	5
CM1101	62x17x14	0-2000	120	5
MHZ14	57.5x35x16	0-2000	90	5

Fuente de referencia: [3]

También se hace necesario indicar que los sensores anteriormente enunciados son sensores de difusión, ya que también existen sensores de muestreo, pero estos últimos no están indicados para espacios abiertos.

Fuente de referencia: [4]

Tecnología de los sensores de Monóxido de Carbono [CO]

Los sensores de monóxido de carbono en realidad son sensores de tipo electro-químico.

Un sensor electro-químico se compone básicamente de un electrodo de trabajo sumergido en un líquido electro-químico y un contra-electrodo.
El electrodo de trabajo se encuentra al interior de una membrana que permite que el gas entre pero no que el liquido electrolítico salga.
En el momento en que el gas alcanza el electrodo de trabajo se produce una reacción electro-química, en el caso de un sensor de CO la reacción producida es por oxidación.

Al producirse tal reacción, se produce a su vez, un flujo de electrones desde el electrodo de trabajo hasta el contra-electrodo a través de un circuito exterior.

La corriente producida es proporcional a la concentración del gas, entonces, así, los componentes de instrumentación ubicados en el circuito externo, amplifican esta señal y la clasifican de acuerdo a la calibración del instrumento.
Fuente de referencia: [5] y [6]

Sensores de Monóxido de Carbono [CO]

La mayoría de sensores de tipo electro-químico en el mercado pertenecen a la serie MQ, con respecto a los sensores de CO disponibles en el mercado, se encuentra el siguiente:

MQ-7
Fabricante: HANWEI ELECTRONICS CO ., LTD
Hoja de Datos: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf

Nota: Existen diversas adaptaciones comerciales del sensor MQ-7 en cuestión, con el fin, de facilitar su conexión a diversos proyectos, sin embargo, todas tienen un costo similar y permiten realizar la misma tarea.

Tabla de Características Básicas.

SENSOR	VOLTAJE DE OPERACIÓN (V)	RANGO DE MEDIDA (PPM)	VIDA ÚTIL (AÑOS)
MQ7	5	20-2000	5

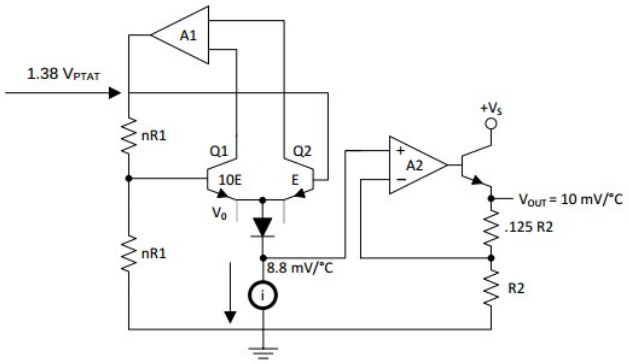
Tecnología de los sensores de Temperatura [C°]

Existen diversos tipos de dispositivos para obtener la temperatura del ambiente, sin embargo, dependiendo de la aplicación que se requiera, existen diversas soluciones que proporcionan determinada precisión y rango de lecturas.

Entre los dispositivos más conocidos se encuentran los termistores, los RTD, y los termopares, pero también existen diversas soluciones listas para su uso disponibles en circuitos integrados, que presentan un rango de lecturas bastante aceptable y un bajo costo.

Fuente de referencia: [7]

A continuación se presenta el diagrama funcional de un encapsulado LM35.



Fuente: Hoja de Datos LM35 [8]

Se puede evidenciar entonces, como a partir de elementos análogos es posible censar la temperatura ambiente y amplificarla proporcionalmente.

Sensores de Temperatura [C°]

LM35
Fabricante: Texas Instruments
Hoja de Datos: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf

NOTA: El sensor LM35 es un dispositivo de alta disponibilidad en el mercado nacional, además de ser el de menor costo y encontrarse calibrado directamente en grados C° lo que proporciona una enorme facilidad para que sea incorporado en cualquier proyecto.

Tabla de Características Básicas Sensor de Temperatura.

SENSOR	VOLTAJE DE OPERACIÓN (V)	RANGO DE LECTURAS (C°)	PRECISIÓN (C°)
LM35	4-30	-55 A 150	0.5

4.1.2 Análisis del controlador

El proyecto en cuestión debe incluir un componente que lleve a cabo todas las labores de cálculo y procesamiento, para lo cual se empleará un microcontrolador.

A continuación se presentan las opciones disponibles en el mercado nacional que cumplen con las siguientes consideraciones:

-Desempeño acorde a lo pretendido.
-Consumo
-Facilidad de Implementación
-Una buena relación, Costo-Beneficio.

Nota: Se consideran solamente plataformas disponibles en el mercado nacional debido a que presentan un excelente rendimiento, además de que la adquisición de otra plataforma no perteneciente al mercado nacional puede presentar un rendimiento muy similar y resulta de elevado costo debido al cambio de moneda y gastos de importación.

Plataformas de Desarrollo con Controlador y Microprocesador de 8 Bits

TARJETA	M. FLASH	SRAM	VENTAJAS	DETALLES

ARDUINO UNO [9]	32 KB	2 KB	Compatibilidad absoluta con todos los escudos de Comunicación, además de un bajo costo y excelentes prestaciones.	Plataforma de desarrollo con Microcontrolador y procesador de 8 bits
ARDUINO UNO SMD [10]	32 KB	2 KB	Las mismas ventajas del arduino UNO pero con un microcontrolador de montaje superficial, resistente a las vibraciones.	Plataforma de desarrollo con Microcontrolador y procesador de 8 bits
ARDUINO LEONARDO [11]	32 KB	2.5 KB	Igual a las anteriormente mencionadas solo que con otro microcontrolador que proporciona la ventaja de prescindir de la emulación serial presente en las otras placas	Plataforma de desarrollo con Microcontrolador y procesador de 8 bits
ARDUINO MEGA [12]	128 KB	8 KB	Placa de la familia arduino con gran número de puertos para aplicaciones que demanden muchos componentes.	Plataforma de desarrollo con Microcontrolador y procesador de 8 bits, requiere adaptador para escudo de comunicación.
WIRING [13]	64 KB	4 KB	Es una plataforma similar a Arduino con características similares de origen nacional que se desarrolla en la facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de los Andes en Colombia	Plataforma de desarrollo con Microcontrolador y procesador de 8 bits, requiere adaptador para escudo de comunicación.

Todas las plataformas de desarrollo anteriormente citadas poseen una velocidad de reloj de 16 Mhz.

Los datos han sido extraídos a partir de las respectivas hojas de datos cuyos enlaces pueden encontrarse consultando la sección de referencias con el respectivo código.

Computadores de Tarjeta reducida con microprocesador de 32 bits

TARJETA	M. FLASH	SRAM	V. RELOJ	VENTAJAS	DETALLES
Raspberry PI B+ [14]	SD	512 MB	700 MHZ	Computador de Tarjeta reducida, enfocado a soluciones de software	Computador de Tarjeta Reducida con procesador de 32 bits, implementación de escudo de comunicaciones mas compleja.
Intel Galileo [15]	SD	256 MB	400 MHZ	Computador de Tarjeta reducida, desarrollado en base a placas Arduino, igual que Raspberry pi, enfocado a soluciones de software	Computador de Tarjeta Reducida con procesador de 32 bits, implementación de escudo de comunicaciones mas compleja.
Arduino DUE [16]	512 KB	96 KB	84 MHZ	Arduino que implementa como microcontrolador un ARM, con las subsecuentes ventajas de procesamiento, que son superiores a las demás de la familia Arduino.	Computador de Tarjeta Reducida con procesador de 32 bits, requiere adaptador para escudo de comunicación.
Arduino YUN [17]	64 MB	16 MB	400 MHZ	Placa de la familia arduino que mezcla el microcontrolador presente en la tarjeta Leonardo y procesador Atheros, para brindar soluciones equiparables a	Computador de Tarjeta Reducida con procesador de 32 bits, requiere adaptador para escudo de comunicación.

				las posibles con plataformas como Raspberry y Galileo.	

Los datos han sido extraídos a partir de las respectivas hojas de datos cuyos enlaces pueden encontrarse consultando la sección de referencias con el respectivo código.

4.1.3 Análisis de tecnología de transmisión

Con el fin de comunicar las diferentes estaciones de medición a una estación central se disponen de diversas tecnologías que pueden implementarse para realizar esta labor.

A continuación se presentan diversos tipos de tecnología brindando una descripción de sus ventajas y desventajas, además de cualquier detalle particular que resulte relevante en la realización del proyecto.

Como consideraciones se tiene principalmente la compatibilidad del escudo de comunicaciones con los diversos microcontroladores que se han enunciado en el capítulo anterior y la facilidad y fiabilidad que la tecnología seleccionada pueda brindarle al proyecto con respecto a la transmisión y manipulación de los datos obtenidos.

Dispositivos de transmisión de Tecnología Bluetooth.

La tecnología Bluetooth es un protocolo regulado por el estándar 802.15.1 de la IEEE, el mismo, permite la comunicación inalámbrica de dispositivos de bajo consumo y corto alcance

Fuente de referencia: [18]

ESCUDO	DETALLES	PLACAS
Bluetooth HC05	Es necesario el diseño de un	Ninguna

[19]	circuito adicional para ser implementado en cualquier tarjeta	

Dispositivos de Transmisión de Tecnología ZIGBEE

Zigbee es el nombre de un conjunto de protocolos de comunicaciones regulado por el estándar 802.15.4 de la IEEE, como principales características de los dispositivos que emplean dicho protocolo es el amplio uso que cobran en áreas como la domótica, debido a su bajo consumo energético a causa de la baja tasa de envío de datos.

Fuente de referencia: [20]

ESCUDO	DETALLES	PLACAS
Shield Xbee [21]	Adaptable a wiring, raspberry y galileo Mediante módulo adicional Se hace necesario adquirir el módulo de forma independiente	Arduino UNO, Leonardo y Mega
Modulo RF 2.4GHz Zig-Bee TxRx Microchip [22]	Es necesario el diseño de un circuito adicional para ser implementado en cualquier tarjeta	Ninguna

Dispositivos de transmisión de tecnología GSM/GPRS

La tecnología GPRS(General Packet Radio Service) opera bajo la tecnología GSM(Global System for mobile Communications) y es la que permite el envío de paquetes de datos a través de la red móvil o celular.

Presenta como grandes ventajas una amplia cobertura y el respaldo de toda la infraestructura de comunicaciones móviles.

Fuente de referencia: [23]

ESCUDO	DETALLES	PLACAS
Arduino Shield GSM [24]	Escudo GSM/GPRS diseñado para placas Arduino, al estar soportado por una red celular ofrece un servicio muy	Arduino UNO, Leonardo y Mega. Adaptable a wiring, raspberry y galileo Mediante módulo adicional

	estable y fiable, además de proporcionar soluciones flexibles, soporte y opciones limitadas	
Shield SM5100B [25]	Escudo GSM/GPRS diseñado para placas Arduino, al estar soportado por una red celular ofrece un servicio muy estable y fiable.	Arduino UNO, Leonardo y Mega. Adaptable a wiring, raspberry y galileo Mediante módulo adicional
GPRS SHIELD V2 [26]	Escudo GSM/GPRS diseñado para placas Arduino, al estar soportado por una red celular ofrece un servicio muy estable y fiable, además de proporcionar soluciones flexibles, bajo consumo de energía, y fácil implementación en tarjetas controladoras, excelente soporte, implementa módem SIM900	Arduino UNO, Leonardo y Mega. Adaptable a wiring, raspberry y galileo Mediante módulo adicional
GPRS SHIELD M95 [27]	Escudo GSM/GPRS diseñado para placas Arduino, al estar soportado por una red celular ofrece un servicio muy estable y fiable, además de proporcionar soluciones flexibles	Arduino UNO, Leonardo y Mega. Adaptable a wiring, raspberry y galileo Mediante módulo adicional

Nota: Los dispositivos de transmisión basados en la tecnología GSM requieren un costo adicional por concepto de uso de la red celular.

Los datos de todas las tablas han sido extraídos a partir de las respectivas hojas de datos cuyos enlaces pueden encontrarse consultando la sección de referencias con el respectivo código.

Finalmente decir que la tecnología basada en sistemas WI-FI se descartó del análisis debido a su corto alcance y a que los requerimientos de hardware serían muy superiores a los de las alternativas presentadas.

4.1.4 Recepción y almacenamiento

Dependiendo de la tecnología que se seleccione para realizar la transmisión de los datos, se deberá seleccionar el modo más adecuado para unificar toda la información, almacenarla y tener un fácil acceso a la misma.
En base a los 3 tipos de tecnología de transmisión que se han propuesto en la sección anterior, se elabora el presente análisis.

Tecnología Bluetooth

En caso de emplear la tecnología Bluetooth sería necesario adecuar una estación central con una interfaz bluetooth para cada estación de captura y transmisión, sin embargo lo anterior representa un serio inconveniente dado que bluetooth es una tecnología de corto alcance y no permitirá una amplia extensión de las estaciones.
Para extraer y visualizar la información sería necesario disponer de un computador en la zona al que mediante un puerto serie, se le notifique desde la estación central, todos los datos que se están recopilando.
Lo anterior implicaría un mayor desarrollo en la programación del microcontrolador de la estación central.
Finalmente la información deberá recibir un tratamiento especial en el computador para presentarla de forma ordenada a los usuarios finales.

Tecnología ZigBee

De seleccionarse la tecnología ZigBee se cuenta con la principal ventaja de un bajo consumo y una topología en malla lo que disminuye los requerimientos físicos del proyecto al requerir menor número de interfaces de red.
Sin embargo continúa siendo fundamental la implementación de una estación central cercana a las demás, dado que la naturaleza de esta tecnología es muy similar a bluetooth, presenta un corto alcance.
También las velocidades de transmisión son muy inferiores frente a las que presenta un sistema bluetooth dado que los sistemas Zigbee están pensados para permanecer en reposo la mayor parte del tiempo.

Tecnología GSM/GPRS

La tecnología GPRS funcionando sobre redes GSM presenta 2 grandes ventajas frente a las anteriormente mencionadas Bluetooth y ZigBee, la primera es el gran alcance e independencia que esta tecnología brinda a cada estación, lo que permite que un alto número de equipos pueda ser distribuido en un área

geográfica amplia, la segunda ventaja es la estabilidad y cobertura de la red que emplea, lo que permite que las estaciones puedan ser instaladas de forma casi autónoma y sin requerir supervisión por parte de un operador.

Debido a lo anterior, de usarse este tipo de tecnología, la estación central estará constituida por un servidor web, que servirá tanto para almacenar la información, como para presentarla de modo ordenado y en tiempo real.

Si bien, esta implementación requiere una menor infraestructura, tiene como desventaja frente a las anteriores el hecho de que debe cancelar un valor por concepto de uso de la red móvil celular que es la que soporta el servicio y puede suceder de modo similar con el servidor web.

Cuadro Comparativo de Características Básicas

TECNOLOGÍA	RED	ALCANCE	TIPO DE ESTACIÓN CENTRAL	VELOCIDAD TX
BLUETOOTH	BANDA LIBRE	CORTO	ESTACIÓN CON MICROCONTROLADOR Y COMPUTADOR	BAJA
ZIGBEE	BANDA LIBRE	CORTO	ESTACIÓN CON MICROCONTROLADOR Y COMPUTADOR	BAJA
GSM/GPRS	BANDA PRIVADA	LARGO	SERVIDOR	ALTA

4.1.5 Análisis de requerimientos energéticos

Todas las tecnologías que se han expuesto bajo análisis en secciones anteriores se caracterizan por tener un bajo consumo energético, sin embargo debido al número de componentes y a los picos energéticos que estos pueden tener se deben usar baterías que proporcionen una alta autonomía teniendo como principal

consideración las condiciones de operación drásticas como el funcionamiento continuo por varias horas.
Se considerarán dos tipos de baterías disponibles en el mercado para aplicaciones de tamaño reducido y alta descarga, las de tecnología LI-ION y las LI-PO.

Baterías de LI-PO

Las baterías de tecnología LI-PO son usadas y conocidas en el ámbito de los vehículos a radio control, debido a su reducido peso, tamaño y alta descarga, lo que resulta ideal para alimentar proyectos en los cuales el espacio es reducido y los componentes demandan una alta intensidad.
Sin embargo son baterías de mayor costo y requieren de mayor cuidado, ya que de no ser este el apropiado, pueden quedar completamente inutilizables.
Comercialmente se encuentran disponibles con diversos voltajes e intensidades de corriente según se necesite.
Fuente de referencia: [28] y [29]

Baterías de LI-ION

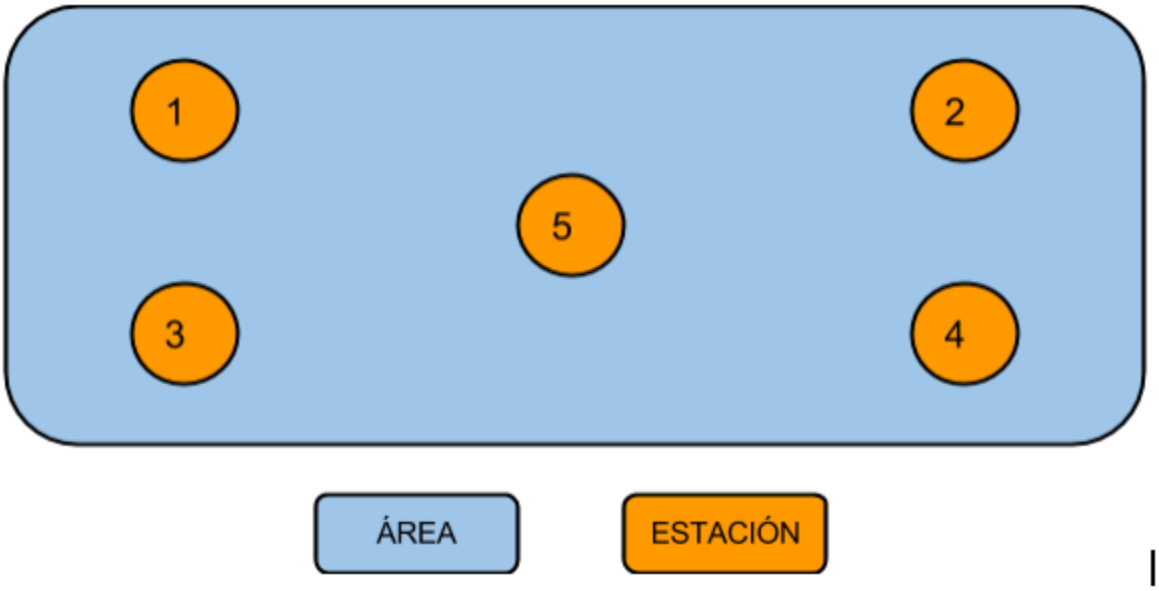
Presente en multitud de dispositivos la batería de LI-ION presenta diversas ventajas frente a otras tecnologías de baterías que se utilizan en dispositivos móviles, como celulares y cámaras, debido a su extendida vida útil y a que sus condiciones de operación son menos estrictas que para las baterías de LI-PO, lo cual hace que se continúen usando.
Presentan como principal desventaja frente a las baterías de LI-PO el hecho de que el volumen físico es mayor dependiendo de las características energéticas de la misma y que entrega menos energía, lo cual la limita para ciertas aplicaciones, principalmente las relacionadas con motores eléctricos.
fuente de referencia: [30]
Nota: Otro tipo de baterías comunes como NI-CD y NI-MH han sido descartadas del presente análisis debido a sus características.

Basado en el consumo energético(Obtenidos de las respectivas Hojas de datos) tanto de los sensores como de la tarjeta controladora y el escudo de comunicaciones se determina que cualquiera que sea la opción seleccionada

deberá proporcionar como mínimo una corriente eléctrica de 2.5 A y un voltaje de 11.1 V.

4.1.6 Descripción de equipos a emplear.

Basándose en la intención de los investigadores de usar 5 estaciones y realizar la distribución de las estaciones en un área geográfica del siguiente modo:



Se determino:

+Realizar la construcción de las estaciones empleando equipos disponibles en su mayoría, con excepción del sensor de CO2, en el mercado nacional, debido a conceptos relacionados a disponibilidad y costo de los mismos.

+Emplear plataformas de desarrollo de licencia libre tanto en lo que respecta a hardware como a software.

+El uso de sistemas Arduino como tarjeta controladora debido a sus prestaciones y alta compatibilidad con otros sistemas de desarrollo y escudos de hardware.

+El uso de GSM/GPRS como tecnología de comunicación debido a la flexibilidad que proporciona al proyecto en caso de que su implementación sea requerida en escenarios distintos al concebido actualmente.
También, el uso de la presente tecnología brinda facilidad en la implementación y una reducción considerable de requerimientos técnicos, que serían necesarios en caso de seleccionar otra tecnología, con lo que los costos también disminuyen considerablemente.

+El uso de baterías de Li-ion con cargadores resulta más que suficiente para el propósito de alimentar el sistema y resulta también más económico que usar baterías convencionales.

+La implementación de un sistema de energía autónoma, representa un aumento considerable de los costos y en base a las pretensiones actuales no se hace necesario su desarrollo.

+Como sensores a emplear para la medición de los distintos parámetros se determina en base al análisis que se realizó del respectivo tema, que lo más conveniente es emplear como sensores de Dióxido de Carbono[CO2], Monóxido de Carbono[CO] y temperatura [C], el sensor K30, el MQ7 y el LM35 respectivamente.

+En cuanto al tema de recepción y almacenamiento, al usar GSM/GPRS, se implementará un servidor que reciba, almacene y presente la información de modo ordenado, brindando accesibilidad a cualquier dispositivo desde cualquier lugar y en tiempo real.
El servidor estará compuesto por una tarjeta Raspberry PI 2 B+ y como sistema operativo se usará un sistema linux basado en Debian.

Por tanto:

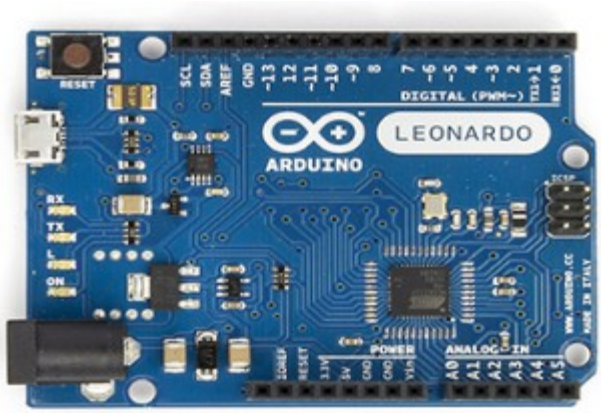
+Se elaborarán 5 estaciones móviles de monitorización y transmisión de datos, que reporten toda la información a un servidor central y que cuenten con comunicación inalámbrica a través del uso de una red móvil mediante tecnología GSM/GPRS

Tarjeta Controladora

Arduino Leonardo es una tarjeta de desarrollo de hardware abierto que permite crear diversos prototipos, posee un microcontrolador de 8 bits y 2.5 Kb de SRAM lo que le permite brindar soluciones a diversos proyectos y en especial aquellos que involucran el control de actuadores o diversos sensores.

La gran diferencia con la tarjeta más popular de Arduino, la UNO, esta en que el Arduino Leonardo usa un único chip, tanto para realizar las funciones, como para comunicarse con un computador por puerto serie.

A continuación se presenta una imagen de la tarjeta:



Es de notar que emplea un chip de tipo SMD(Surface Mount Device).

Características y Dimensiones

Microcontrolador	ATmega32u4
Voltaje de Operación	5v
Voltaje de Entrada	7-12 v
Límite de Voltaje	6-20 v
Pines Digital I/O	20
Canales PWM	7
Canales de Entrada Analogica	12
Corriente por Pin I/O	40 mA
Corriente para el pin de 3.3 V	50 mA
Flash Memory	32 KB
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad del Reloj	16 MHz
Largo	68.5 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	20 g

Ventajas para el Proyecto

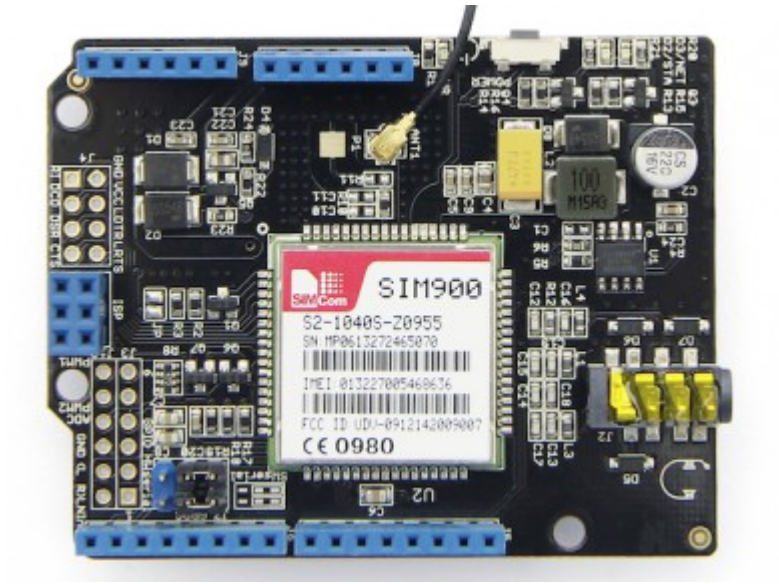
La tarjeta controladora Arduino Leonardo, proporciona flexibilidad al proyecto al permitir a futuro la adaptación de nuevos sensores a través de sus múltiples entradas analógicas, además ofrece alta prestaciones con un bajo costo económico y un bajo consumo energético.

La programación de la misma es bastante simple al contar con interfaz USB nativa, y prescindir así de un conversor USB a SERIE.

Fuente de referencia y datos: [31]

Escudo de Comunicación

El módulo GSM/GPRS Shield V2 es un módulo o escudo de comunicaciones que brinda conectividad a una red GSM con el fin de transmitir y recibir datos.
El Escudo en cuestión emplea como Módem un chip SIM900 que permite acceder a Internet, realizar llamadas o enviar mensajes de texto.



Características y Dimensiones.

Compatibilidad	Arduino UNO y similares.
Interfaz Seleccionable	UART - software serial
Bandas	850/900/1800/1900 MHz
Soporte de Comunicación	SIMCOM AT commands
Temperatura de Operación	-40 c a 85 c
Protocolos Soportados	TCP/UDP/FTP/HTTP/MMS
Certificación SIM900	CE, IC, FCC, ROHS, PTCRB, GCF, ICASA, REACH, AT&T
Dimensiones	68.50 mm x 53.34 mm
Alimentación	5v via 5V pin, 6.5~12v vía Vin pin

Ventajas para el proyecto

El uso del escudo de comunicaciones anteriormente descrito en el proyecto tiene diversas ventajas.

La primera de ella consiste en que el escudo obtiene su energía a partir de la tarjeta controladora lo que disminuye los requerimientos técnicos y facilita la conexión del mismo.
También emplea un módem bastante conocido en el mercado, con buen desempeño y de excelente calidad.
Finalmente la tarjeta presenta la opción de adaptar pines que van directamente conectados a las entradas del módem SIM900 con el fin de usar otras funciones, en el caso del proyecto será muy útil obtener acceso al pin RI que se encarga de notificar si existe una llamada entrante.

Acople con Arduino Leonardo

El escudo GSM/GPRS puede ser perfectamente adaptado a la placa Arduino Leonardo, no se hace necesario el uso de ningún escudo adaptador.

Fuente de referencia y de datos técnicos: [32]

Sensor de Monóxido de Carbono[CO]

El sensor MQ7 es un sensor electro-químico que puede detectar concentraciones de 20 a 2000 ppm de Monóxido de Carbono[CO].
El sensor MQ7 a utilizar ya viene instalado en una tarjeta que facilita su conexión e implementación en cualquier proyecto.
A continuación se presenta la imagen del sensor a utilizar:

Características y Dimensiones

Alimentación	5V
Interfaz	Análoga
Rango de Lectura	20-2000 ppm
Dimensiones	40 x 20 mm

Ventajas para el Proyecto

El sensor en cuestión tiene como gran ventaja su disponibilidad en el mercado nacional, además de ser un sensor de excelentes prestaciones considerando su bajo costo y la simplicidad de su funcionamiento y consumo energético lo hacen el sensor idóneo para el proyecto.

Conexión con Tarjeta Controladora

La conexión del sensor a la tarjeta controladora se realiza directamente, basta con alimentar el sensor mediante los pines de voltaje y conectar su pin de salida a una entrada analógica de la tarjeta controladora.

Fuente de referencia y características: [33]

Sensor de TEMPERATURA

El sensor de temperatura LM35 presenta un funcionamiento sencillo y una respuesta lineal que equivale a 10 mV por grado centígrado, es un sensor bastante sencillo, de bajo consumo y efectivo.

+Características y Dimensiones

Voltaje de Operación	4 - 30 V
Rango de Lectura	-55 a 150 C
Interfaz	Análoga
Dimensiones	4.30 x 4.30 mm

+Ventajas para el Proyecto

Debido a su simplicidad facilita en gran medida su implementación al proyecto, además de cumplir satisfactoriamente el objetivo de registrar la temperatura ambiente debido a su bajo margen de error.

Es un sensor de bajo costo, disponible en el mercado nacional, también cuenta con un bajo consumo energético y un excelente desempeño.

+Conexión con Tarjeta Controladora

De igual modo que como se realiza la conexión del sensor de monóxido de carbono, se emplea una conexión directa a una de las entradas análogas de la tarjeta controladora.

Fuente de referencia y características: [34]

Sensor de CO2

El K30 es un sensor de Dióxido de Carbono[CO2] que trabaja mediante la técnica de difusión lo que lo hace apto para ser empleado en espacios abiertos, además ya se encuentra calibrado y es posible obtener sus señales de salida tanto de modo analógico como digital.

También es un sensor que posee excelente documentación frente a las demás alternativas contempladas y ha sido empleado en proyectos similares como se ha descrito en el artículo que enlaza la referencia: **[3]**

Se presenta a continuación una imagen del sensor:

Características y Dimensiones

Voltaje de Operación	4.5-14
Consumo	40 mA
Rango de Lectura	0-5000 ppm
Tiempo de Respuesta	2 seg
Dimensiones	51 x 57 x 14 mm

Ventajas para el Proyecto

Es un sensor precedido por excelente documentación con respecto a su funcionamiento y los ámbitos en los que puede ser implementado, para lo anterior, su construcción proporciona diversas salidas según se requiera, también es de destacar su excelente precisión y tiempo de respuesta unidos a un bajo consumo energético.

Conexión con Tarjeta Controladora

A pesar de contar con diversas salidas, se empleará al igual que con los demás sensores, una conexión de tipo analógica, lo que implica el diseño de una curva de calibración manual y así la opción de obtener ajustes de precisión según se requiera.

Fuente de referencia y características: [35]

Sistema de Alimentación

Como se presente en el respectivo análisis referente a los requerimientos energéticos de la estación en si, las baterías de Li-ion se encuentran presentes en multitud de dispositivos, y cuentan con diversas características entre las cuales destaca una vida útil más larga frente a otras alternativas.

Se opta por emplear baterías de esta tecnología debido a que sus condiciones de operación son menos estrictas frente a las baterías LI-PO que podrían quedar inservibles sin mucha dificultad.

También se consideró que el volumen de la batería no es tan relevante y por tanto las baterías de Li-ion, aunque de mayor volumen, pueden cumplir con las especificaciones del proyecto.

Se resuelve finalmente adquirir baterías que brinden una autonomía considerable con el fin de brindar flexibilidad al proyecto y que el tema energético no constituya un limitante ni en la fase de diseño y construcción, ni en los requerimientos de operación que cada estación pueda enfrentar.

A continuación la batería en cuestión, incluye su respectivo cargador:

Características y dimensiones

Voltaje	12 V
Capacidad	6800 mAh
Dimensiones	12 x 5.5 x 1.5 cm

Ventajas para el proyecto

Fácil conexión y tamaño acorde al montaje de cada estación, se incluye el respectivo cargador lo cual facilita el proceso de recarga y reduce costo frente a las baterías de LI-PO las cuales deben emplear cargadores especiales y deben adquirirse de modo independiente.

Conexión con Tarjeta Controladora, Escudo y Sensores.

La batería se conectará a través del jack de alimentación de la tarjeta controladora, los demás dispositivos obtendrán la energía a través de la tarjeta controladora, por lo que se disminuyen considerablemente los requerimientos técnicos al implementar este tipo de batería en el proyecto.

Fuente de referencia y características: [36]

Estación Central

Debido a la tecnología de transmisión que se empleará, lo más conveniente para almacenar los datos provenientes de todas las estaciones de monitoreo, es un servidor web.

Este se implementa usando como hardware una Raspberry PI 2, aprovechando sus capacidades y denotando su bajo consumo energético.

A continuación se presenta una imagen de la placa:

+Características y Dimensiones

Voltaje de Operación	5V
Procesador	900 MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU
Memoria RAM	1 GB
Memoria Flash	SD
Dimensiones	85.60mm x 56mm x 21mm

Ventajas para el Proyecto.

La Raspberry PI 2 puede ejecutar cualquier distribución ARM de los sistemas GNU/Linux, prescindiendo así de la adquisición de licencias relacionadas a software de servidor y brindando un enfoque a plataformas de software libre con lo que se disminuyen los costos del proyecto.

Proporciona además un bajo consumo energético y la potencia suficiente para atender las estaciones contempladas junto a la posibilidad de extender este aspecto de ser necesario.
Finalmente, la utilización de un servidor Web, brinda en general, una gran solidez al proyecto al poder obtener los datos de las estaciones, de un modo independiente, y la organización y disponibilidad de toda la información obtenida, de igual manera, el acceso a la misma es posible en tiempo casi real.

A continuación fotografías con disipadores instalados, memoria sd instalada y con su respectivo case protector.

Fuente de referencia y características: [37]

4.2 SOFTWARE

La presente sección presenta un análisis de las opciones tenidas en cuenta para la elaboración del proyecto en lo que respecta a los componentes tangibles.

4.2.1 Comandos AT

Los comandos AT o llamados originalmente como comandos Hayes, se originaron con el fin de establecer una comunicación con los módem y controlar los procesos en los mismos mediante la pantalla.

La sigla AT por la cual son denominados procede originalmente de la palabra “atention” y permiten asignar, por decirlo de algún modo, una función o tarea específica al módem, ante lo cual se obtiene en tiempo real una respuesta que indica que la instrucción se ha llevado a cabo o se ha producido un error.
Se considera que los comandos AT son un estándar abierto, puesto que diversos dispositivos implementan su propio conjunto de comandos en base a las características del dispositivo.
Sin embargo la estructura general es la misma, todos comienzan por “AT” seguidos de la respectiva instrucción y el salto de línea, si bien existe un conjunto de instrucciones básicas, cada fabricante incorpora sus propias instrucciones en base a las características de cada dispositivo, pero siempre precedidas de “AT”.
Fuente de referencia: [38]

Relevancia en el Proyecto

Es importante mencionar la función que tienen los comandos AT puesto que en el proyecto se emplea un escudo de comunicaciones que contiene un Módem GSM, y para realizar la comunicación con el mismo, se hace imprescindible emplear ciertas instrucciones usando los comandos AT.
El módem en cuestión es el modelo SIM900, sus características como su respectivo instructivo de comandos AT se pueden encontrar en la respectiva referencia.
Referencia SIM900: [39]

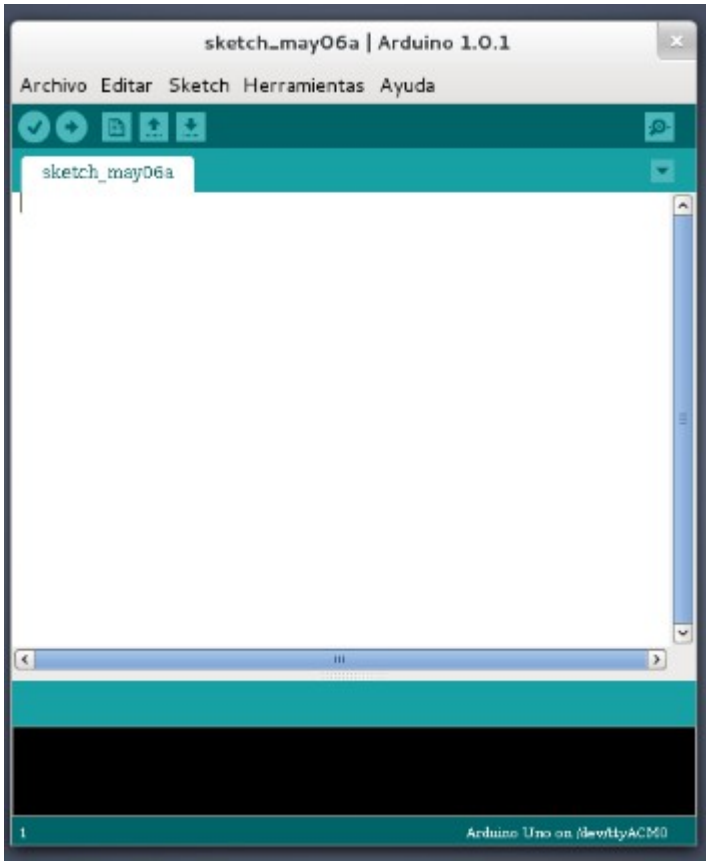
4.2.2 Arduino IDE

Arduino no solo hace referencia a una tarjeta de hardware, para programar dichas tarjetas se cuenta con un Entorno de Desarrollo.

Arduino usa un lenguaje de programación de alto nivel basado en otro existente que se denomina Processing y que resulta muy similar a C++.
El entorno de desarrollo presenta las herramientas necesarias para escribir los programas y que estos sean grabados en el microcontrolador presente en la tarjeta.

Todo el software oficial previsto para Arduino es de tipo OpenSource, por lo que puede emplearse sin necesidad del pago de licencias.

A continuación se presenta una captura de pantalla del IDE:



El software puede ser descargado gratuitamente de la página oficial de Arduino, del mismo modo, se puede encontrar todo su lenguaje de referencia, el acceso a dichos contenidos se puede encontrar en la sección de referencias.

Fuente de referencia y Software : [40]

Fuente Lenguaje: [41]

Relevancia en el Proyecto

Es posible escribir el código del proyecto empleando otros entornos de desarrollo y cargar el código en el microcontrolador usando otros métodos, principalmente programadores ISP, sin embargo, usar el entorno de desarrollo previsto para las

tarjetas Arduino resulta más simple y efectivo a la hora de realizar pruebas y realizar la configuración de todos los equipos.
Basta decir que empleando el Arduino IDE solo es necesario contar con un cable USB tipo A-B para comunicar el equipo con el software a la placa.

+Definición Sketch

Un Sketch en el contexto de Arduino es el nombre como se denomina a un programa, según lo define el sitio oficial, “es la unidad de código que puede ser cargada y ejecutada en una placa Arduino”

Fuente de referencia: [42]

Comunicación Tarjeta - Escudo

El último aspecto de software a considerar es la forma en la que la Tarjeta Controladora se comunicara con el Escudo de comunicaciones, el cual como ya se ha comentado previamente, es un Módem GSM.
Para comunicar ambos componentes se ha empleado la interfaz serie que se encuentra presente tanto en tarjeta controladora como en el escudo de comunicaciones.
También es posible emplear un puerto serial virtual en caso de que a futuro se requiera ampliar la funcionalidad de cada estación con algún otro componente que requiera de dicha interfaz.
A continuación se presenta la imagen del escudo de comunicaciones donde se detalla el componente selector de la interfaz serial:

4.2.3 Sistema Operativo

Como se determinó a partir del análisis de requerimientos técnicos, la estación central consistirá en la implementación de un servidor Web limitado a los propósitos del proyecto tanto a nivel de software como de hardware, pero con la flexibilidad necesaria para atender los requerimientos y modificaciones que el proyecto demande.

Raspbian es un sistema operativo de tipo GNU/Linux basado en Debian Wheezy 7.0 que ha sido optimizado para ser usado en la computadora de tarjeta reducida Raspberry Pi.

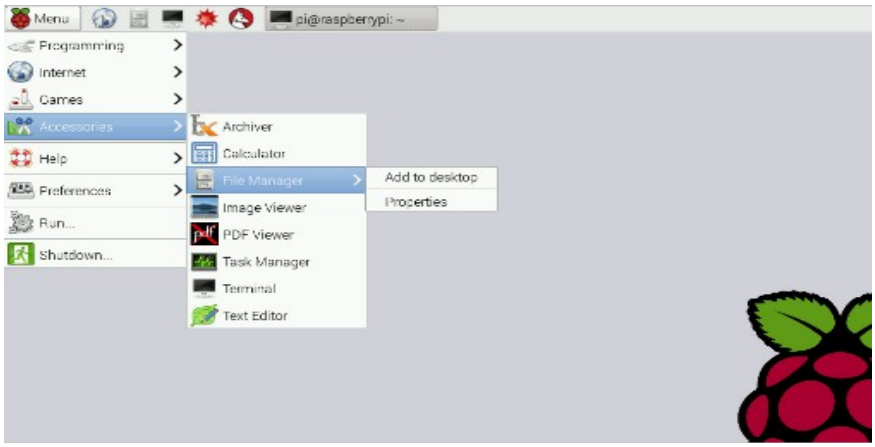
Es un sistema operativo de software libre y código abierto, por tanto puede ser usado sin necesidad de pagar por una licencia lo que representa una ventaja para el proyecto y hace que sea incluido como solución de sistema operativo para el servidor.

Al ser un sistema basado en Debian, resulta muy conveniente emplearlo para la implementación de un servidor web, ya que este se encuentra completamente optimizado para ejecutar tareas que demanden altas capacidades de procesamiento y aprovechando al máximo los recursos con los que cuente la máquina, lo que lo hace a su vez un sistema bastante liviano comparado a otro tipo de soluciones.

Comparte además, los repositorios oficiales del sistema Debian, por lo que hay gran cantidad de software disponible y cuenta también con el entorno de escritorio LXDE.

fuente de referencia: [43]

A continuación se presenta una captura de pantalla de la interfaz de escritorio de Raspbian:



4.2.4 Servidor Web

El software Apache será empleado como servidor Web. Este es un software de servidor HTTP que puede ser operado en diversas plataformas.

Se consolida como una de las soluciones más populares en su ámbito, lo anterior por contar con un excelente rendimiento y soporte brindado por la comunidad que lo desarrolla.

Es un software de licencia abierta, lo cual cumple con las pretensiones del proyecto, de ser una solución sólida, eficiente y de bajo costo.
Una de sus principales características es la extensión que se le puede dar a través de la incorporación de módulos, lo cual permite ajustar su configuración conforme a los requerimientos que cada proyecto necesite.

Finalmente hay que destacar su bajo consumo de recursos frente a otras opciones.
Fuente de referencia: [44]

4.2.5 Base de Datos

MySQL es otro de los componentes que hace parte de la solución “LAMP”, es precisamente el software encargado de la gestión de las bases de datos.

Es un software de licencia libre a pesar de estar patrocinado por una empresa privada.
Resalta gracias al manejo optimizado de recursos y su gran eficiencia, respaldada por una solidez igual a la de otras soluciones disponibles de mayor renombre.
Es usado como gestor de bases de datos de muchos sitios importantes en Internet entre los que destacan Wikipedia, Google, PayPal, Ebay, Cisco entre otros.
Fuente de referencia: [45]

4.2.6 Lenguaje de Programación

El componente final de la solución LAMP es el que corresponde al lenguaje de programación empleado para desarrollar las aplicaciones correspondientes al software del sistema de recepción.
Para este fin, se empleó el lenguaje de programación PHP, el cual se originó para desarrollar contenido web dinámico.
Como principales características, se destacan las capacidades que tiene para ser implementado en simultáneo con lenguaje HTML, su alto rendimiento, bajo consumo de recursos, flexibilidad y disponibilidad para cualquier sistema.
Al igual que el resto de software empleado hasta el momento para la realización del proyecto, el lenguaje de programación PHP es software de tipo libre.
Fuente de referencia: [46]

5. METODOLOGÍA

5.1 Plan de Compras

A continuación se relacionan los componentes necesarios y su respectivo valor a través de diferentes proveedores nacionales.
Con el presente análisis se pretende ilustrar un costo teórico del valor de los componentes que integran el proyecto.

Sensores

ITEM	TIENDA DE ROBÓTICA	DIDÁCTICAS ELECTRÓNICAS	ELECTRONILAB
Sensor MQ7	No Disponible	$28.000	No Disponible
Sensor LM35	No Disponible	$3.500	$2.600

Sensor CO2
El sensor de CO2 deberá importarse, y por tanto los costos del mismo dependen de diversos factores como los respectivos impuestos y las tarifas del importador.
El costo del sensor en dólares es de: $85.

Tarjetas Controladoras

ITEM	TIENDA DE ROBÓTICA	DIDÁCTICAS ELECTRÓNICAS	ELECTRONILAB
ARDUINO UNO	$63.000	$60.000	No Disponible
ARDUINO LEONARDO	$62.000	$62.000	No Disponible
ARDUINO UNO SMD	No Disponible	$58.000	No Disponible

Escudos de Comunicación

ITEM	TIENDA DE ROBÓTICA	DIDÁCTICAS ELECTRÓNICAS	ELECTRONILAB
Arduino Shield GSM	$270.000	No Disponible	No Disponible
Shield SM5100B	$250.000	No Disponible	No Disponible
GPRS SHIELD V2	No Disponible	$180.000	No Disponible
GPRS SHIELD M95	No Disponible	$120.000	No Disponible

Baterías de LI-ION

ITEM	TIENDA DE ROBÓTICA	DIDÁCTICAS ELECTRÓNICAS	ELECTRONILAB
Batería Li-ion de 12V recargable	No Disponible	$110.000	No Disponible
Batería Li-ion de 12V recargable todo en uno	No Disponible	$150.000	No Disponible
Batería Li-ion de 12V recargable	No Disponible	$70.000	No Disponible

Computador de Placa Reducida para Servidor.

ITEM	TIENDA DE ROBÓTICA	DIDÁCTICAS ELECTRÓNICAS	ELECTRONILAB
Raspberry PI 2	$175.000	$135.000	$139.500

Accesorios - Computador de Placa Reducida

ITEM	TIENDA DE ROBÓTICA	DIDÁCTICAS ELECTRÓNICAS	ELECTRONILAB	MYFIMPORT
CASE RBPII	$31.000	$22.000	$28.000	No Disponible
ADAPTADOR 2 AMP	$20.000	No Disponible	No Disponible	$14.000

SD-HC 8GB	$19.000	No Disponible	No Disponible	$13.000
CABLE M-USB	No Disponible	$5.300	$13.000	$12.000
DISIPADORES RBPII	No Disponible	$4.000	No Disponible	No Disponible

Plan de Compras.

Presentadas las comparativas entre los costos de los diversos componentes electrónicos se presenta la lista de compras a continuación.

ITEM	PRODUCTO	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	CONTACTO DISTRIBUIDOR
1	Arduino Leonardo + Headers	5	$62.000	$310.000	Didácticas Electrónicas Punto de venta: (57 4) 2931423 - Planta: (574) 5732173 - ventas@didacticaselectronicas.com - Medellin
2	GPRS Shield V2 + Antena (Solicitar soldadura de Headers)	5	$180.000	$900.000	
3	Bateria LI-ION 12 V + Cargador	5	$110.000	$550.000	
4	Case Raspberry PI	1	$22.000	$22.000	
5	Kit de Disipadores RBPII	1	$4.000	$4000	
6	Sensor Analogico de Temperatura LM35	5	$2.600	$13.000	
7	Raspberry PI 2 - 1G RAM	1	$135.000	$135.000	
8	MQ7	5	$28.000	$140.000	
9	Adaptador 5V - 2AMP	1	$14.000	$14.000	MyFimport.com - 8852528 - Manizales
10	Cable Micro-USB	1	$5.300	$5.300	
11	SD-HC 8 GB Clase 4	2	$13.000	$26.000	
12	K30	5	$204.000	$1.020.000	-

Los datos de contacto de los respectivos distribuidores se pueden encontrar en la sección de referencias: [47], [48], [49] y [50].

Los precios corresponden al mes de Marzo de 2015.

5.2 Sketch Sensores

El Sketch de los sensores tiene como principal propósito la calibración de los sensores y determinar cada cuanto debe ser leída su señal por parte del microcontrolador.

El objetivo final de la presente prueba es constatar el correcto funcionamiento de los sensores una vez se encuentren instalados.

En el caso del sensor de CO2, la prueba no ha sido posible debido a que aún no se cuenta con el dispositivo físico debido a los tiempos de entrega que maneja el proveedor, sin embargo, todo el código con respecto al mismo será escrito y los procedimientos de calibración detallados con el fin de que una vez se encuentre disponible solo baste con conectarlo, sus respectivas pruebas y ajuste de calibración quedarán a cargo del operador de la estación.

+Curva de Calibración

Debido a que los sensores empleados son de tipo análogo, se debe diseñar el código que permitirá leer e interpretar sus señales y para esto es necesario definir la ecuación que se implementara en la tarjeta controladora con el fin de realizar una adecuada calibración.

+Sensor Temperatura

Para obtener la temperatura a partir del sensor LM35 se debe considerar:

+El Voltaje de alimentación del sensor que para este caso es de 5 V.

+El número de bits del conversor análogo digital(ADC), el cual tiene una resolución de 10 bits para la tarjeta Arduino Leonardo, es decir, se tendrán 2^10=1024 niveles de cuantificación

+El valor proporcionado por el ADC a partir del voltaje entregado por el sensor
+La salida del sensor la cual es de 10mV por grado Celsius.

El principio de funcionamiento del ADC es clasificar los voltajes obtenidos que serán entre 0V y 5V, en una escala de 0 a 1023(Niveles de Cuantificación).

La resolución estará determinada por la relación:

Voltaje de Alimentación/Niveles de cuantificación.

La cual da un resultado aproximado de 4.89 mA y fue obtenida de 5/1024.
Posteriormente se deberá multiplicar por el valor obtenido a partir del voltaje entregado por el sensor.
Finalmente se debe multiplicar dicho valor por 100, con el fin de cumplir adecuadamente la escala de calibración del sensor.

Finalmente la fórmula queda:

Temp C = [5 x Lectura ADC x 100] / 1024

A continuación se presenta su implementación en el respectivo Sketch.

+Sensor de Monóxido de Carbono

Para obtener la señal del sensor de Monóxido de Carbono y realizar la respectiva calibración se hace necesario calcular lo que se denomina como curva de calibración.
Dicha curva se obtiene a partir de la ecuación de la recta:

$$(Y2-Y1)=m(X2-X1)$$

En donde:

Los valores de Y corresponden a la máxima y mínima lectura en la escala del sensor es decir 2000 ppm(partes por millón) y 20 ppm.
Los valores de X corresponden a la máxima y mínima lectura en la escala de voltaje, es decir, 5V y 1,4V.

A continuación se presenta el gráfico de la curva de calibración.

Finalmente se requiere implementar 2 fórmulas en el Sketch para realizar la representación de la señal.

La primera similar a la empleada con el sensor de temperatura pretende obtener el voltaje que es leído a través de la interfaz análoga de la tarjeta controladora.

V= 5 * Lectura / 1024

Donde:

5 corresponde al voltaje.
Lectura corresponde al valor entregado por el ADC
1024 corresponde a los niveles de cuantificación

La segunda fórmula está basada en la ecuación de la recta y hace posible obtener los valores de Y[ppm] para cada X[voltaje].

CO[ppm]= [V-1.4] * 1980 / 3.6

Donde:
V corresponde al valor obtenido de la fórmula anterior.
1.4 al valor mínimo de voltaje
Y la relación 1980/3.6 obtenida del despeje de la pendiente (Y2-Y1)/(X2-X1).

Debido a que puede no haber una concentración significativa de CO, se pueden obtener valores negativos debido a la curva de calibración, para solventar esto, si los valores obtenidos son negativos, es decir, están indicando que no hay detección de CO en el ambiente, estos no serán enviados.

A continuación se presenta su implementación en el respectivo Sketch:

```
mq7 §
//variable para lectura ADC
int apin=0;
//variable para calculo voltaje
float v=0;
//variable para calculo concentracion
float ppm=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Set serial baud rate to 9600 bps
}
void loop()
{
  //lectura ADC
  apin=analogRead(0);//Read Gas value from analog 0
  //lectura voltaje
  v= (5.0/1024)*apin;
  //calculo concentracion
  ppm=550.0*(v-1.4);

  //visualizacion
  if(ppm>0)
  {
    Serial.println(ppm);//Print the value to serial port
  }
  else
  {
    Serial.println("no hay concentracion significativa de CO");
  }
  delay(4000);
}
```

+Sensor Dióxido de Carbono

Para la calibración del sensor de Dióxido de Carbono [CO2] también es necesario realizar la respectiva curva de calibración debido a que se emplea una interfaz de tipo análogo.

Dicha curva también se obtiene a partir de la ecuación de la recta:

$$(Y2-Y1)=m(X2-X1)$$

En donde:

Los valores de Y corresponden a la máxima y mínima lectura en la escala del sensor es decir 2000 ppm(partes por millón) y 0 ppm.

Los valores de X corresponden a la máxima y mínima lectura en la escala de voltaje, es decir, 5V y 1V.

También es posible configurar el sensor usando una de las salidas alternativas que incorpora, sin embargo, se opta por emplear la salida que requiere una alimentación 5V ya que esta se puede obtener directamente a partir de la tarjeta controladora.

A continuación se presenta el gráfico de la curva de calibración:

De modo análogo, al igual que con el sensor de CO, se requiere implementar 2 fórmulas en el Sketch para realizar la representación de la señal.

La primera similar a la empleada con el sensor de temperatura pretende obtener el voltaje que es leído a través de la interfaz análoga de la tarjeta controladora.

V= 5 * Lectura / 1024

Donde:

5 corresponde al voltaje.
Lectura corresponde al valor entregado por el ADC
1024 corresponde a los niveles de cuantificación

La segunda fórmula está basada en la ecuación de la recta y hace posible obtener los valores de Y[ppm] para cada X[voltaje].

CO2[ppm]= [V-1] * 2000 / 4

Donde:

V corresponde al valor obtenido de la fórmula anterior.
1 al valor mínimo de voltaje
Y la relación 2000/4 obtenida del despeje de la pendiente (Y2-Y1)/(X2-X1).

Es necesario anotar como observación que la posible presencia de datos negativos en las lecturas, será producto de una falla en la alimentación del sensor o que el mismo se encuentre apagado.

A continuación se presenta una imagen de su implementación en el respectivo Sketch:

k30

```
//variable para lectura ADC
int apin=0;
//variable para calculo voltaje
float v=0;
//variable para calculo concentracion
float ppm=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Set serial baud rate to 9600 bps
}
void loop()
{
  //lectura ADC
  apin=analogRead(0);//Read Gas value from analog 0
  //lectura voltaje
  v= (5.0/1024)*apin;
  //calculo concentracion
  ppm=500.0*(v-1);

  //visualizacion
  if(ppm>0)
  {
    Serial.println(ppm);//Print the value to serial port
  }
  else
  {
    Serial.println("no hay concentracion significativa de CO2");
  }
  delay(4000);
}
```

5.3 Sketch General

El Sketch General agrupa todos los fragmentos de código que emplea el programa.

Los fragmentos del programa se denominaron “funciones” y cada una debe ocuparse de una tarea exclusiva, como la administración general del sistema, el encendido del escudo, la administración de los sensores, temporizar y comunicarse con la estación central.

+Encendido del Escudo

Para encender el escudo de comunicación GSM/GPRS se creará una función independiente que se use la función “digitalWrite” de Arduino y proporcione un pulso de 3 segundos al pin numero 9 representado por la variable pinActivarGPRS que se encuentra previamente definida en la función central.

A continuación se presenta la imagen de la función:

```
//Codigo para encender el modulo desde el arduino,
void activarModuloGPRS()
{
  digitalWrite(pinActivarGPRS, HIGH);
  delay(3000);
  digitalWrite(pinActivarGPRS, LOW);
}
```

+Configuración de modo HTTP.

En este punto los comandos AT previamente comentados cobran vital importancia para el proyecto, pues es a través de ellos que se envían las instrucciones al módem para realizar su configuración.

Debido a que se utilizara el módem para acceder a Internet a través de la red, GPRS es necesario indicarle que trabajara de ese modo.

Para ello se emplean los siguientes comandos, todos obtenidos del instructivo de comandos AT del módem SIM900.

COMANDO	FUNCION	VALOR DE CONFIGURACIÓN
ATE	El comando ATE elimina el eco del modem por lo que las instrucciones enviadas no serán mostradas nuevamente por el Modem	El valor se ha establecido en 0 [ATE0]
AT+SAPBR	Es el comando portador de la configuración para el uso de aplicaciones basadas en el protocolo de internet.	El valor indica que se enviaran parámetros de portador, que el estado del portador es conectado, la selección del tipo de conexión a internet y que esta será mediante GPRS [AT+SAPBR=3,1,Contype,GPRS]

	La estructura del comando puede recibir 4 parámetros.	El valor indica que se enviaran parámetros de portador, que el estado del portador es conectado, que se seleccionara el nombre del punto de acceso y que este sera internet.movistar.com.co [AT+SAPBR=3,1,APN,internet.movistar.com.co]
		El valor indica que se enviaran parámetros de portador, que el estado del portador es conectado, que se seleccionará el nombre de usuario y este es movistar [AT+SAPBR=3,1,USER,movistar]
		El valor indica que se enviaran parámetros de portador, que el estado del portador es conectado,que se seleccionara la clave de usuario y esta será movistar [AT+SAPBR=3,1,PWD,movistar]
		El valor indica que abre el portador y que el estado de este es conectado. [AT+SAPBR=1,1]
AT+HTTPINIT	Inicializa el servicio HTTP	No se requiere la asignación de un valor o parámetro.
AT+HTTPPARA	Envía el valor de los parámetros HTTP	Selecciona el portador del identificador del perfil [AT+HTTPPARA=CID,1]
		Selecciona el recurso al que se accedera en internet, en este caso será la dirección del servidor al que serán enviados los datos. [AT+HTTPPARA=URL,"RECURSO"]
AT+HTTPACTION	Selecciona el método por el cual serán enviados los datos	Se selecciona el 0 que corresponde al método GET. [AT+HTTPACTION=0]
AT+HTTPTERM	Finaliza el servicio HTTP	No se requiere la asignación de un valor o parámetro.
AT+SAPBR	Es el comando portador de la configuración para el uso de aplicaciones basadas en el protocolo de internet. Se emplea nuevamente para finalizar la conexión	El valor indica que se cierra el portador y que el estado de este es conectado [AT+SAPBR=0,1]

+Transmisión de los datos por HTTP

Para transmitir los datos, como se comentó previamente el modem utilizara el método GET del protocolo HTTP para transmitir los datos de la tarjeta controladora hasta el servidor Web.

Se selecciona debido a la simplicidad del mismo, pues basta con concatenar los datos obtenidos de los respectivos sensores al final de la URL que tiene como destino acceder al servidor.

Referencia métodos HTTP: [51]

Como se mencionó anteriormente en el apartado referente a la comunicación entre el escudo de comunicaciones y la tarjeta controladora, se utilizara comunicación serie, y para ello se emplean las funciones “Serial.println” y “Serial.print”.

A través de los argumentos que se transmiten en la función serán enviados todos los comandos AT detallados en la sección anterior.

Referencia funciones serial: [52] y [53]

+Temporizador Intervalo Lectura - Envío

Con el fin de evitar el uso de retardos(delays) en el código que puedan interferir con las actividades de captura de los sensores, se ha optado por implementar un sistema de transmisión cronometrado que se encargue de realizar la transmisión de los datos al servidor en determinado tiempo y que ha de ser establecido según criterios de los operadores en base a las condiciones de operación, esto previendo que no se presenten interrupciones en la ejecución de las instrucciones almacenadas en el microcontrolador.

El sistema se fundamenta en la función “millis()” del arduino la cual retorna el tiempo en mili segundos que el microcontrolador lleva ejecutando el programa.

Será necesario crear una variable que tenga la capacidad de almacenar el valor de la función “millis()” y para eso se debe almacenar dicho valor en una variable de tipo “unsigned long” que permite almacenar hasta 32 bits.

Será necesario también crear una nueva variable que funcionara a modo de contador y se irá incrementando en función de un patrón previamente establecido.

Finalmente ha de compararse la variable de contador, con la variable que almacena el valor actual retornado de la función “millis” y establecer un comparativo que determine que si ya ha pasado el tiempo establecido a través del patrón, los datos sean enviados.

Fuente de referencia: [54] y [55]

Tal cual se ha descrito anteriormente, para el Sketch, se han definido 3 variables:

“TiempoM” se encargará de almacenar el tiempo en mili segundos que el Microcontrolador lleva encendido.

“TiempoU” almacenará la unidad de tiempo que para este caso ha sido ajustada a 180000 mili segundos que corresponden a 3 minutos o 180 segundos.

“TiempoE” será la variable que almacene el tiempo en que se debe realizar el envío y será a ella a quien se le sumará la unidad de tiempo.

Se requiere emplear el tipo de dato “unsigned long” debido a que este puede representar hasta 4294967296 mili segundos lo que implica que las variables “TiempoM” y “TiempoE” podrán registrar el curso del tiempo por más de 1000 horas, ha de tenerse la precaución de no declarar demasiadas variables de tipo “unsigned long” ya que de este modo se podrían consumir todos los recursos de memoria presentes en el microcontrolador.

A continuación se presenta una imagen del sistema temporizador en un Sketch:

```
temporizador §
//Tiempo microcontrolador
unsigned long TiempoM;
//Unidad de Tiempo
int TiempoU;
//Unidad de Envio
unsigned long TiempoE;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  TiempoU=30000;
  TiempoE=30000;
}

void loop()
{
  TiempoM=millis();

  if(TiempoM>=TiempoE) //Valida que la condicion.
  {  //ejecucion de Acciones
     Serial.println("El tiempo se ha cumplido");
     Serial.println("Fijando Nuevo limite");
     Serial.println(TiempoE);
     TiempoE=TiempoE+TiempoU;   //genera el incremento en la variable TiempoE.
     //Nada sucedera hasta que TiempoM sea igual o mayor que TiempoE.
  }
}
```

+Sketch Finalizado (añadir anexo, CD-ROM)

El sketch Finalizado consta de las siguientes pestañas:

+Sistema

En el sistema se predefinen las variables que se emplearán, también se inicializa el puerto serie y se selecciona su velocidad de modulación, la cual es establecida en 19200 baudios.

A continuación se presentan las imágenes del Sketch en cuestión:

```
//Declaraciones

int pinActivarGPRS = 8;  // pin para activar el módulo GPRS
int led=13;              //LED de Referencia.


//variables del temporizador
unsigned long TiempoM;  //Tiempo microcontrolador
unsigned long TiempoU;              //Unidad de Tiempo
unsigned long TiempoE;  //Unidad de Envio

//variables de Temperatura
int apin=0;     //pin analogo numero 0
float c=0;      //variable para almacenar resultado

//variables de CO
int apinb=0;     //variable para lectura ADC
float v=0;       //variable para calculo voltaje
float ppm=0;  //variable para calculo concentracion

//variables de CO2

int apinc=0;     //variable para lectura ADC
float vb=0;       //variable para calculo voltaje
float ppmb=0;       //variable para calculo concentracion
```

```
void setup()
{
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(pinActivarGPRS, OUTPUT);
  delay(1000);

  //asigna valores del temporizador
  TiempoU=300000;
  TiempoE=300000;

  Serial1.begin(19200);  //velocidad de conexión con módulo GPRS SIM

  digitalWrite(led, HIGH);  //enciende el led que indica que el módulo esta funcionando
  activarModuloGPRS();  //Activacion modulo GPRS


}

void loop()
{
  lectura();

}
```

Cómo es posible apreciar, se hacen llamados a funciones que se encuentran en otras pestañas, es importante notar que la función “lectura” es la única presente en el ciclo de ejecución, lo cual indica que dicha función será la encargada de administrar y controlar a las demás.

+ActivarModulo

La pestaña “ActivarModulo” contiene el fragmento de código que se encarga de ejecutar la función que enciende el escudo de comunicaciones GSM.

A continuación se presenta la imagen del Sketch:

```
//Codigo para encender el modulo desde el arduino,
void activarModuloGPRS()
{
  digitalWrite(pinActivarGPRS, HIGH);
  delay(3000);
  digitalWrite(pinActivarGPRS, LOW);
  delay(20000);  //espera de 20 segundos mientras enciende el modulo
  Serial1.println("ATE0"); //desactiva el eco del modulo
  digitalWrite(led, LOW);  //apaga el led que indica que el modulo esta funcionando
  delay(500);

}
```

+CO

El Sketch Final para la medición de Monóxido de Carbono ha sido modificado con el fin de adaptarlo a todo el sistema de transmisión.

Se presenta a continuación:

```
void monoxido()
{
  apinb=analogRead(0);//Read Gas value from analog 0
  //lectura voltaje
  v= (5.0/1024)*apinb;
  //calculo concentracion
  float ppmt=550.0*(v-1.4);  //calculo inmediato

  if(ppmt>0) //valida que no se obtengan valores negativos(que indican que no hay deteccion.)
  {
     if(ppm==0)
     {
        ppm=ppmt;
     }
     else
     {
        ppm=(ppm+ppmt)/2;  //calculo promediado
     }
  }
  delay(1000);
}
```

+K30

De igual modo que con el sensor de Monóxido de Carbono, el Sketch correspondiente al sensor de Dióxido de Carbono ha sido modificado, reemplazando los nombres de las variables con el fin de adaptarlo del sistema:

A continuación se presenta el Sketch correspondiente finalizado:

```
void dioxido()
{
  //lectura ADC
  apinc=analogRead(4);//Read Gas value from analog 0
  //lectura voltaje
  vb= (5.0/1024)*apinc;
  //calculo concentracion
  float ppmbt=500.0*(vb-1);

   if(ppmbt>0) //valida que no se obtengan valores negativos(que indican que no hay detection.)
   {
     if(ppmb==0)
     {
        ppmb=ppmbt;
     }
     else
     {
        ppmb=(ppmb+ppmbt)/2;  //calculo promediado
     }
 }
 delay(1000);

}
```

+LM35

El Sketch correspondiente al sensor de temperatura ha sido reducido considerablemente a fin de obtener el registro actual de temperatura en el momento de la transmisión de los datos.

```
void temperatura()
{
   float lec=analogRead(apin);
   c= ((5.0*lec*100)/1024) ;

}
```

+Temporizador

Como se había detallado previamente en la sección correspondiente al Sketch general, el sistema requiere un código que se encargue de temporizar las lecturas por parte de los sensores, a fin de promediar los diversos valores obtenidos y a su vez, cronometrar de algún modo, el tiempo de transmisión.

Debido a lo anterior, la pestaña “Temporizador” contiene la función “Lectura” y su respectivo código se presenta a continuación:

```
//Leera la informacion de los sensores.
void lectura()
{
  //obtiene la medida de los sensores constantemente con el fin de promediarla
  monoxido();
  //dioxido();

  TiempoM=millis();

  if(TiempoM>=TiempoE)
  {
    digitalWrite(led, HIGH);  //enciende el led que indica que el modulo esta funcionando
    TiempoE=TiempoE+TiempoU;   //genera el incremento en la variable TiempoE.
    temperatura();             //se toma la temperatura actual
    http();                    //metodo que se encarga de enviar la informacion

    //reinicio de lecturas
    ppm=0;  //para CO
    //ppmb=0;          //para CO2
    digitalWrite(led, LOW);  //APAGA el led que indica que el modulo esta funcionando
  }


}
```

Cómo es posible apreciar, el código se encarga de comparar 2 variables que contienen el valor actual de mili segundos que el arduino lleva encendido con el valor de mili segundos que se requiere como referencia para enviar los datos.

Cuando dicha condición se cumple, se calcula la temperatura ambiente en ese instante mediante la función “temperatura()” y se procede a ejecutar la función “http” que será la encargada de enviar los datos a la estación central(Servidor).

La lectura de los sensores de Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono se efectúan constantemente con el fin de ir promediando la lectura y obtener valores más concretos.

La función “dioxido()” encargada de obtener las lecturas del sensor K30 de CO2 se encuentra deshabilitada de momento debido a que aún no se cuenta con el respectivo sensor.
Para habilitarla, solo hace falta retirar el comentario “//” de la respectiva línea.

+HTTP

Finalmente se cuenta con la pestaña “HTTP” que alberga la función “http()” y es la que se encarga de establecer la conexión con el servidor mediante el escudo de comunicaciones GSM/GPRS.

Para esto, es necesario emplear todos los comandos AT que se describieron en la sección anterior implementandolos de modo que puedan ser enviados usando una comunicación serie entre la tarjeta controladora y el escudo de comunicaciones.

A continuación se presenta el Sketch correspondiente a la pestaña “HTTP”:

```
//envia los comando AT necesarios paraestablecer la conexion con la red
//y accede a la direccion del servidor para depositar alli los datos.
void http()
{
    Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\",\"GPRS\"");
   delay(500);
    Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet.movistar.com.co\"");
    delay(500);
    Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"USER\",\"movistar\"");
    delay(500);
    Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\",\"movistar\"");
    delay(500);
    Serial1.println("AT+SAPBR=1,1");
    delay(15000);
    Serial1.println("AT+HTTPINIT");
    delay(500);
    Serial1.println("AT+HTTPPARA=\"CID\",1");
    delay(500);

    //envio de la informacion por GET.(fragmento sin CO2)
    Serial1.print("AT+HTTPPARA=\"URL\",\"http://181.139.16.93/registro.php?Temp=");
    Serial1.print(c);
    Serial1.print("&CO=");
    Serial1.print(ppm);
    Serial1.println("\"");

    //envio de la informacion por GET.(fragmento con CO2)
    //Serial1.print("AT+HTTPPARA=\"URL\",\"http://181.139.16.93/registro.php?Temp=");
    //Serial1.print(c);
    //Serial1.print("&CO=");
    //Serial1.print(ppm);
    //Serial1.print("&CO2=");
    //Serial1.print(ppmb);
    //Serial1.println("\"");

   delay(500);
   Serial1.println("AT+HTTPACTION=0");
   delay(1000);
   Serial1.println("AT+HTTPTERM");
   delay(500);
   Serial1.println("AT+SAPBR=0,1");
   delay(500);

}
```

Las líneas comentadas en el intermedio del código corresponden a la opción que debe habilitarse en caso de tener en cuenta la lectura del sensor de Dióxido de Carbono. Bastará con retirar el comentario (“//”) a las líneas bajo la referencia: ‘fragmento con CO2” y añadirlo a las líneas bajo la referencia “fragmento sin CO2”.

Se anexa en medio magnético el Código Finalizado.

5.4 Configuración Raspbian

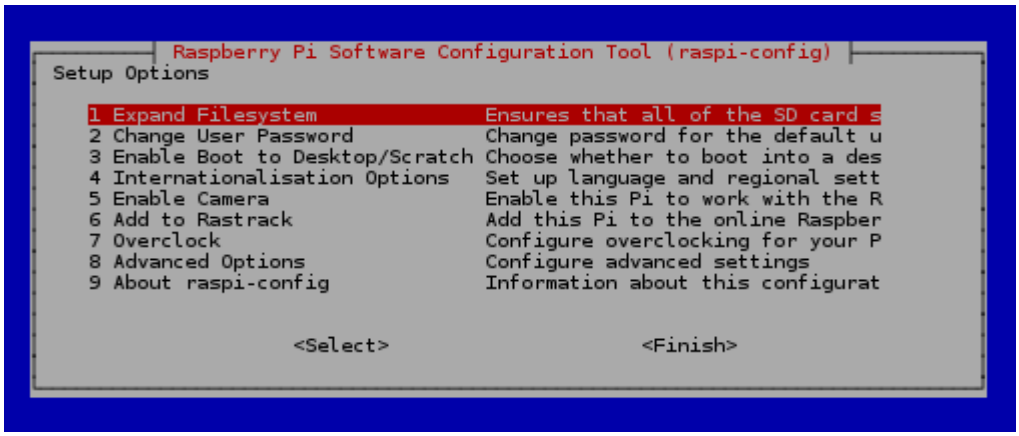
Para configurar el sistema operativo de la tarjeta Raspberry Pi, es necesario en primer lugar preparar la tarjeta SD con la imagen del sistema operativo.
El sistema operativo se obtiene a través de la página oficial de Raspberry PI.
Referencia Imagen Raspbian: [56]

Existen diversos procedimientos para grabar la imagen en la tarjeta SD, esto dependiendo del sistema operativo empleado, la opción más práctica tanto para Linux, como para Windows es emplear un software especializado para dicha labor, entre las principales alternativas se cuenta con “ImageWriter” y “Win32 Disk Imager” para cada sistema respectivamente.
Bastará con instalar el software, seleccionar el archivo de imagen y la unidad de destino para que el programa realice la tarea.
Referencia “ImageWriter”: [57]
Referencia “Win32 Disk Imager”: [58]

Para sistemas Linux también existe un método alternativo y consiste en emplear el siguiente comando:

“**$ sudo dd bs=1M if=[ubicación de la imagen] of=[ubicación de la SD]**”

Una vez se concluya con el proceso, se procederá a insertar la memoria SD en la respectiva ranura y luego se encenderá la tarjeta Raspberry Pi.
En el primer inicio del sistema, se ejecutará automáticamente el comando “raspi-config” lo que dará acceso a la siguiente ventana:
Desde allí es posible modificar diversas opciones como cambiar la contraseña, el lenguaje, el inicio con escritorio entre otros.



De momento la única configuración relevante que debe realizarse es expandir el sistema, es decir, se debe acceder a la primera opción “Expand Filesystem”

Con esto, el sistema operativo se encuentra configurado y completamente funcional.

Sólo resta proceder con la configuración del servidor web funcional, para lo cual se ha optado por una solución de tipo LAMP.

5.5 Configuración Apache Web Server

Para instalar Apache en la tarjeta Raspberry Pi, es necesario iniciar sesión en la misma, con los datos predeterminados:

User: pi

Pass: raspberry.

Esto puede realizarse teniendo la tarjeta conectada a los periféricos tradicionales o mediante el servicio “SSH”.

Para acceder usando este último, deberá usarse un entorno de terminal con un equipo conectado a la misma red, se emplea el siguiente comando:

ssh [Nombre de Usuario]@[dirección ip]

por ejemplo:

ssh pi@192.168.1.220

Una vez se tenga acceso se deben ejecutar los siguientes comandos con el fin de actualizar la lista de paquetes del sistema operativo.

sudo apt-get update

sudo apt-get upgrade

Luego solo bastará instalar el software de Apache con el siguiente comando:

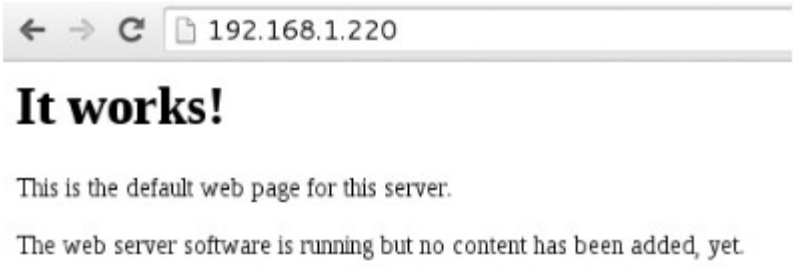
sudo apt-get install apache2 **php5 libapache2-mod-php5**

Para reiniciar el servicio web se emplea el comando:

sudo service apache2 restart

También se ha instalado de modo previo, el lenguaje de programación PHP y su respectivo módulo compatible con el software del servidor.

Con lo anterior, ya se tiene Apache instalado, para probarlo, basta con acceder al navegador de un equipo que se encuentre conectado a la misma red, a continuación se presenta una captura de pantalla de la acción antes mencionada:



5.6 Configuración MySQL DB

De igual modo al que se instaló el software de servidor web, se debe iniciar sesión en la Raspberry Pi a través del protocolo “SSH”.

Luego deberá ejecutarse el siguiente comando:

sudo apt-get install mysql-server mysql-client php5-mysql

Con lo anterior ya se tiene MySQL instalado, pero para facilitar su administración deberá instalarse también un administrador de bases de datos, para lo cual se ha optado por “PhpMyAdmin”, por esto también, se ha instalado de modo previo el módulo de php referente a la base de datos empleada, esto debido a que el software “PhpMyAdmin” se encuentra escrito en lenguaje PHP.

Su instalación se realiza mediante la ejecución del siguiente comando:

sudo apt-get install phpmyadmin

Posteriormente deberá configurarse como el administrador de bases de datos a través del archivo de configuración de apache, para esto es necesario acceder a dicho archivo en el modo de edición mediante el comando:

sudo nano /etc/apache2/apache2.conf

Y una vez en el, agregar las siguientes líneas:

Include /etc/phpmyadmin/apache.conf

Para reiniciar el servicio web se emplea el comando:

sudo service apache2 restart

Con esto todo lo referente a bases de datos se encontrara configurado y funcional.

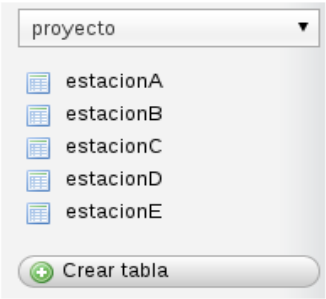
A continuación se presenta una imagen del servicio de administración de bases de datos, al cual se ha accedido mediante la dirección “[ip raspberry]/phpmyadmin/”:

+Creación BD y tablas.

Se creó una base de datos para el proyecto a la cual se le asignó el nombre de “proyecto”, también se creó un usuario especial para la administración de las bases de datos al cual se le otorgó el mismo y la contraseña: “ucm”.

Una vez creada la base de datos se procedió a crear las respectivas tablas que almacenarán la información obtenida a partir de cada estación.

A continuación se presenta una imagen obtenida del sistema, en la que se relaciona la respectiva base de datos y las tablas creadas a su interior:



La estructura de cada tabla es la misma para todas, consta de 6 campos, su configuración se describe en la siguiente imagen obtenida a partir del servidor.

	#	Columna	Tipo	Colejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra	Acción
	1	ID	int(11)			No	Ninguna	AUTO_INCREMENT	Cambiar Eliminar Más
	2	FECHA	date			No	Ninguna		Cambiar Eliminar Más
	3	HORA	time			No	Ninguna		Cambiar Eliminar Más
	4	TEMP	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No	Ninguna		Cambiar Eliminar Más
	5	CO	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No	Ninguna		Cambiar Eliminar Más
	6	CO2	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No	Ninguna		Cambiar Eliminar Más

5.7 Aplicación Final – PHP

+Aplicación recepción

La aplicación de recepción, se desarrollará en lenguaje PHP y será la encargada de recibir las 3 variables provenientes de las lecturas obtenidas a partir de los sensores.

A continuación se presenta una imagen con el código de recepción para una de las estaciones:

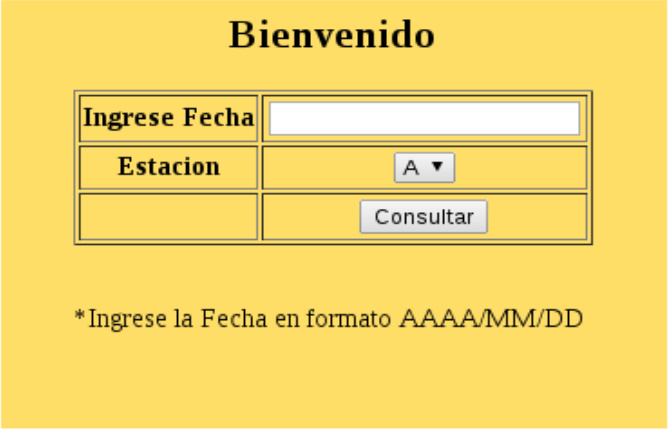
```
registro.php
1 <?php
2         date_default_timezone_set('America/Bogota');
3         $Temperatura= ($_GET['Temp']);
4         $Monoxido= ($_GET['CO']);
5         //$Dioxido= ($_GET['CO2']);
6         $Fecha= date('y:m:d');
7         $Hora= date('H:i');
8
9         //localhost/code/registro.php?temp=15&CO=15&
10
11        $conexion= mysqli_connect('localhost','proyecto','ucr','proyecto');
12
13        //$sql= 'insert into estacion4 values('', '.$Fecha.'','.$Hora.'','.$Temperatura.' , '.$Monoxido.'','.$Dioxido.')';
14        $sql= 'insert into estacion4 values('', '.$Fecha.'','.$Hora.'','.$Temperatura.' , '.$Monoxido.'','')';
15        $consulta= mysqli_query($conexion, $sql);
16
17 ?>
```

El código será copiado en el servidor mediante el comando “scp” accediendo desde la terminal de comandos de un equipo conectado a la misma red del servidor.

Para las demás estaciones el código modifica ligeramente su sentencia sql almacenada en la variable ”$sql” de modo que los datos sean insertados en su respectiva tabla, de igual modo el sketch implementado en la tarjeta controladora de cada estación deberá estar dirigido a su respectiva aplicación de recepción en el servidor.

+Aplicación de consulta

Se desarrolló una página web usando lenguaje HTML, esto permitirá dar un mayor orden a las consultas al permitir que estas se consulten por dia.
A continuación se presenta una imagen de la interfaz final:



A su vez, la interfaz presentada anteriormente dirigirá al usuario a una pagina web desarrollada en HTML y que se encargara de visualizar los resultados en cuestión, para el día que corresponda.

A continuación se presenta la imagen de los resultados obtenidos para determinada consulta:

Informe

Su informe ha sido generado satisfactoriamente:

Informe generado a las:	19:18
Ultima Lectura:	21:54:00
Temperatura:	26.37
CO:	0.00

1	2015-05-13	20:26:00	15	150
2	2015-05-13	21:09:00	31.74	0.00
3	2015-05-13	21:14:00	30.27	0.00
4	2015-05-13	21:19:00	30.76	0.00
5	2015-05-13	21:24:00	28.32	0.00
6	2015-05-13	21:29:00	19.53	0.00
7	2015-05-13	21:39:00	27.34	0.00
8	2015-05-13	21:44:00	30.76	0.00
9	2015-05-13	21:49:00	22.95	0.00
10	2015-05-13	21:54:00	26.37	0.00

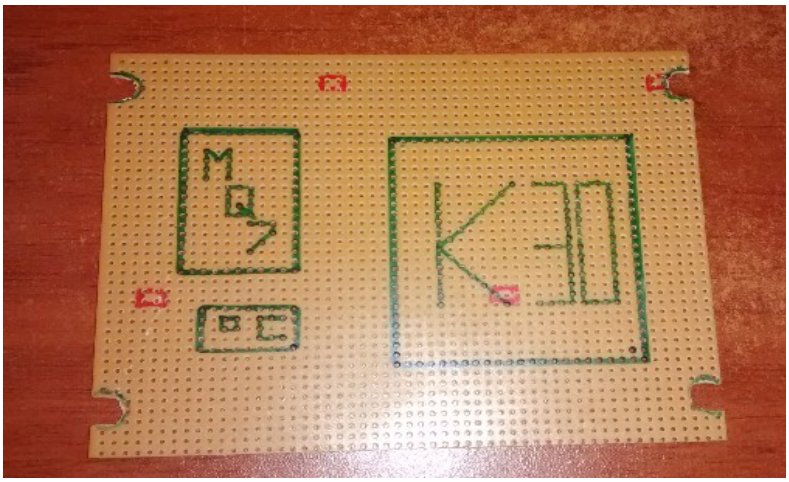
Pulse para Volver

Se anexa el aplicativo final en CD-ROM

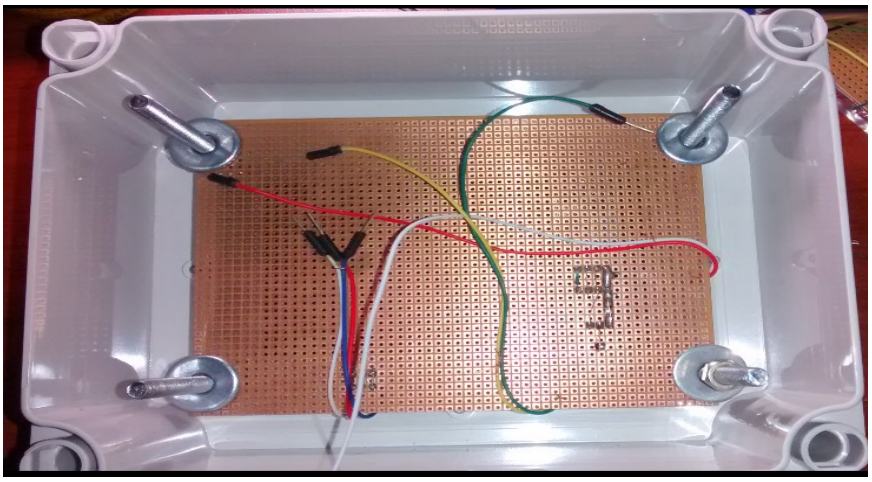
5.8 Conexión de Equipos

A continuación se presenta el proceso llevado a cabo para realizar la disposición final de los equipos.

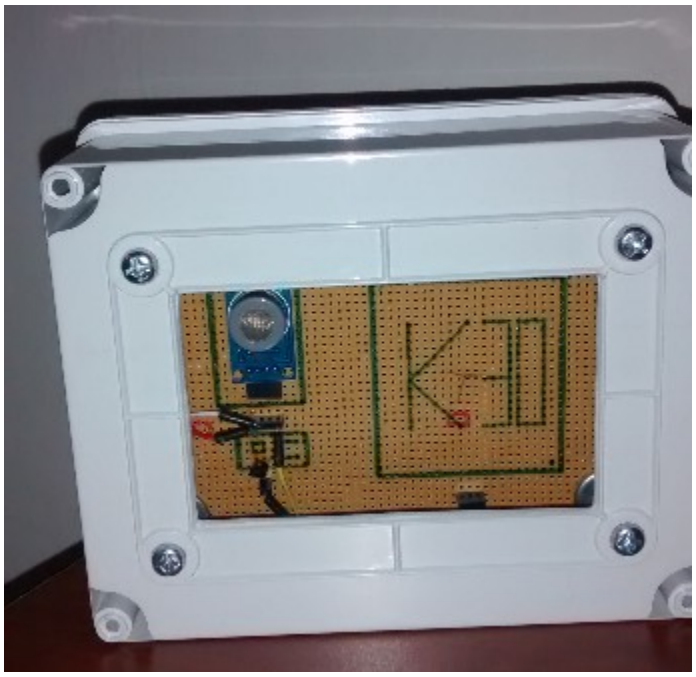
Los sensores y sus respectivas conexiones serán adaptados en una baquela universal.



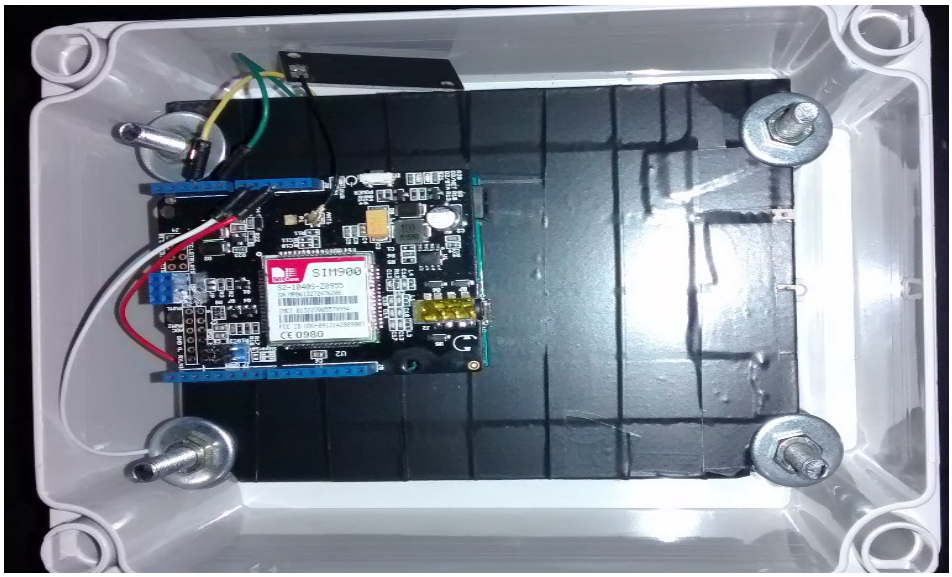
La baquela con las conexiones sera ubicada en una caja de distribución eléctrica que sera adaptada para contener todos los equipos y protegerlos de las condiciones ambientales.



A continuación se presenta una fotografiá de la parte inferior de la “estación de monitoreo y transmisión”



Mediante tornilleria se instalaran subdivisiones en la caja y en el ultimo de los niveles creados se ubicara la tarjeta controladora con el escudo de comunicaciones.



6. RESULTADOS

A lo largo del desarrollo del proyecto se fue dando cumplimiento a los objetivos que en un comienzo fueron planteados.

Se logro establecer los componentes que conformarían el proyecto y se analizo la ventaja de los mismos.

Se realizo la construcción física de la estación de captura y transmisión, configurando y programando los equipos de acuerdo a sus correspondientes hojas de datos.

Se realizaron diversas pruebas y la estación cumple con su objetivo general, capturar y transmitir datos remotamente.

Finalmente se estableció la comunicación con la estación central y se configuro el aplicativo final mediante el cual es posible tener acceso a los datos recolectados por la estación, es de anotar que la estación de captura y transmisión cuenta con la protección adecuada para ser usada en intemperie.

7. RECOMENDACIONES

Siempre que la estación de monitoreo se instale a la intemperie es necesario que esta se ubique completamente horizontal de modo que el aire pueda ingresar a los sensores dispuestos en la parte inferior.

La estación de monitoreo, ha sido diseñada de modo tal que permita expansión en sus funciones, considerando el caso de que se deseen instalar sensores adicionales para registrar otro tipo de variables, sin embargo aunque el consumo energético es mínimo, usar otro tipo de sensores podría requerir de refrigeración activa al interior de la caja donde se encuentran dispuestos los equipos.

A pesar de que los equipos han sido calibrados acorde a la documentación técnica de los mismos, se recomienda realizar periódicamente pruebas de calibración y afinación empleando variables de control a fin de determinar cualquier posible margen de error.

Finalmente, de ser constante su uso en intemperie se recomienda un mantenimiento periódico de los equipos con el objetivo de proteger sus componentes tangibles de la posible contaminación ambiental, y algún producto tipo limpia contactos, para prevenir la corrosión.

8. CONCLUSIONES

El análisis inicial para determinar la tecnología mas conveniente resulto fundamental ya que a partir de el se estructuro toda la arquitectura del proyecto tanto en lo referente a software como a hardware.

Debido a que se hace uso de una tarjeta controladora que posee entradas analógicas, se hace posible emplear sensores que cuentan con esta interfaz, lo cual trae como ventaja el menor coste de los mismos y la posibilidad de calibrarlos según las especificaciones del ambiente.

9. CRONOGRAMA

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ACTIVIDAD																
Planteamiento del Proyecto																
Análisis de Requerimientos																
Plan de Compras																
Desarrollo del Software para el Microcontrolador																
Configuración de Equipos – Estación de monitoreo																
Configuración del Servidor																
Desarrollo software de registro – Aplicativo Fina																
Pruebas																

10. REFERENCIAS

[#] Nombre – Identificación de la Información
Fuente de la información
Enlace – Ubicación de la información.

[1] Absorción Infrarroja.
Academia Online
http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=absorcion-infrarroja-proceso-ir

[2] Espectro de Absorción Infrarroja del CO2
Quimica Ambiental,
autor: Colin Baird, pag: 186.

[3] Comparison of the Characteristics of Small Commercial NDIR CO2 Sensor Models and Development of a Portable CO2 Measurement Device
Sensors Journal
http://www.mdpi.com/1424-8220/12/3/3641/htm

[4]Diffusion vs. Sampling Sensors: What's the Difference?
CO2Meter
http://www.co2meter.com/blogs/news/14814013-diffusion-vs-sampling-sensors-whats-the-difference

[5] Sensores Electroquímicos
Industrial Scientific
http://www.indsci.es/servicios/capacitacion/educacion-general-sobre-gas/sensor-electroquimico/

[6] Sensores Electroquímicos
Academia Online
http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=sensores-electroquimicos

[7] Sensor de Temperatura

Medirtemperatura.com

http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.php

[8] Hoja de datos LM35

Texas Instruments

http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf

[9] Arduino UNO

ARDUINO

http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno

[10] Arduino UNO SMD

ARDUINO

http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno

[11] Arduino Leonardo

ARDUINO

http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo

[12] Arduino Mega

ARDUINO

http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560

[13] Wiring

Wiring

http://wiring.org.co/hardware/

[14] Raspberry PI B+

RASPBERRY PI FOUNDATION

https://www.raspberrypi.org/products/model-b-plus/

[15] Intel Galileo
ARDUINO
http://www.arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileo

[16] Arduino DUE
ARDUINO
http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue

[17] Arduino YUN
ARDUINO
http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun

Análisis de Tecnologia de Transmision.

[18] IEEE 802.15 WPAN Task Group 1
IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee
http://www.ieee802.org/15/pub/TG1.html

[19] Bluetooth HC-05
Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd
http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf

[20] IEEE 802.15 WPAN™ Task Group 4 (TG4)
IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee
http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html

[21] Wireless SD Shield
ARDUINO
http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoWirelessShield

[22] Modulo RF 2.4GHz Zig-Bee TxRx

MICROCHIP

http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70329b.pdf

[23] GSM TECNHNOLOGY / GPRS

GSMA

http://www.gsma.com/aboutus/gsm-technology/gprs

[24] Arduino GSM Shield

ARDUINO - Modem: Quectel

http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield

[25] SM5100B

Spreadtrum Communications, Inc.

http://www.tiendaderobotica.com/download/SM5100B_Datasheet.pdf

[26] GPRS Shield V2.0

Seeed Studio- Modem: SIMCOM

http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS_Shield_V2.0

[27] Shield M95

Modem: Quectel

http://www.sigmaelectronica.net/manuals/M95%20ARD%201.1.pdf

[28] Understanding RC LiPo Batteries

RC Helicopter Fun

http://www.rchelicopterfun.com/rc-lipo-batteries.html

[29] Li-polymer Battery: Substance or Hype?

Battery University

http://batteryuniversity.com/learn/article/the_li_polymer_battery_substance_or_hype

[30] Lithium-based Batteries

Battery University

http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries

[31] Arduino Leonardo

ARDUINO

http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo

[32] GPRS SHIELD V2

Seeed Studio

http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS_Shield_V2.0

[33] Analog Carbon Monoxide Sensor (MQ7)

DF Robot

http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&filter_name=SEN0132&product_id=686#.UHBTEq6z6So

[34] LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

Texas Instruments

http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf

[35] K30 - CO2 Sensor

CO2 Meter

http://www.co2meter.com/products/k-30-co2-sensor-module

[36] 12V 6800MAH BATTERY

Shenzhen KaiXinDa Energy Technology Co., Ltd.

http://kaixinda.en.made-in-china.com/product/xXeEbOZDrzkc/China-Rechargeable-12V-6800mAh-Lithium-Polymer-Battery.html

[37] Raspberry PI 2 model B

Raspberry PI Foundation
https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/

[38] Los Comandos Hayes
Sistemas Telemáticos
autor: José Manuel Huidobro, Pág: 37, Tercera Edición.

[39] SIM900
SIMCom
http://wm.sim.com/producten.aspx?id=1019

[40] Arduino Software
Arduino
http://www.arduino.cc/en/Main/Software

[41] Language Reference
Arduino
http://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage

[42] Sketch
Arduino
http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Sketch

[43] Welcome to Raspbian
Raspbian
https://www.raspbian.org/

[44] HTTP Server Project
The Apache Software Foundation
https://httpd.apache.org/

[45] MySQL Community Edition

MySQL
http://www.mysql.com/products/community/

[46] PHP
PHP Hypertext Pre-processor
http://php.net/

[47] Tienda de Robótica
Ciudad: Bogotá
Teléfonos: (57) 300 560 6931 y 57(1) 3 10 1197
Pagina: http://tienda.tdrobotica.co/
Mail: ventas@tdrobotica.co

[48] Didácticas Electrónicas
Ciudad: Medellin
Teléfonos: (57 4) 2931423 y (574) 5732173
Pagina: http://www.didacticaselectronicas.com/
Mail: ventas@didacticaselectronicas.com

[49] Electronilab
Ciudad: Bogotá
Teléfonos: 301 245 6960
Página: http://electronilab.co/
Mail: ventas@electronilab.co

[50] MyFimport
Ciudad: Manizales
Teléfonos: 57 6 8852528
Página: http://myfimport.com.co/
Mail: http://myfimport.com.co/contacto/

[51] RFC - HTTP/1.1 Method Definitions

World Wide Web Consortium
http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616-sec9.html

[52] Serial - Print
Arduino
http://www.arduino.cc/en/Serial/Print

[53] Serial -Println
Arduino
http://www.arduino.cc/en/Serial/Println

[54] Data Types - Unsigned Long
Arduino
http://www.arduino.cc/en/Reference/UnsignedLong
[55] Time - Millis
Arduino
http://www.arduino.cc/en/Reference/Millis

[56] Downloads
Raspberry Pi Foundation
https://www.raspberrypi.org/downloads/

[57] ImageWriter
Apps Ubuntu
https://apps.ubuntu.com/cat/applications/precise/usb-imagewriter/

[58] Win32 Disk Imager
SourceForge
http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/