

ESTACIÓN DE MONITOREO PARA CULTIVOS, USANDO RED GSM,
INTERNET Y MICROCONTROLADORES DE 32 BITS

JUAN CARLOS VARGAS LOMBANA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SOGAMOSO
2015

ESTACIÓN DE MONITOREO PARA CULTIVOS, USANDO RED GSM,
INTERNET Y MICROCONTROLADORES DE 32 BITS

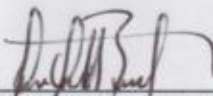
JUAN CARLOS VARGAS LOMBANA

Trabajo de grado en modalidad
MONOGRAFIA

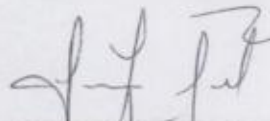
Ing. Julián Moreno Rubio
Director del Proyecto

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SOGAMOSO
2015

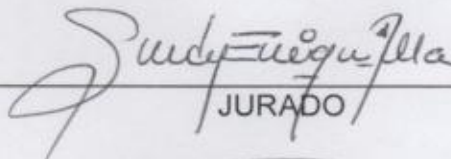
NOTA DE ACEPTACIÓN



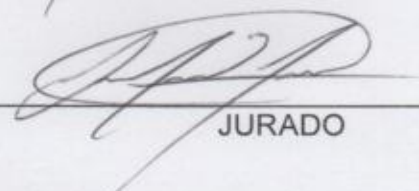
DIRECTOR DE ESCUELA



DIRECTOR DEL PROYECTO



JURADO



JURADO

Sogamoso, Marzo de 2015

Juan Carlos Vargas Lombana

A mis padres, hermanos y mi novia quienes me dieron todo su apoyo, consejos y motivación para conseguir mis propósitos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios quien es el motor espiritual de mi vida, a mis padres los cuales brindaron todo su apoyo moral, espiritual y económico, a mis hermanos y a mi novia quienes siempre han creído en mí, a mis amigos, familiares, compañeros y profesores que siempre han estado presentes en mi desarrollo.

El autor de este libro quiere expresar sus agradecimientos a todas esas personas sin las cuales de una u otra forma no hubiera sido posible el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Julián Moreno Rubio director de la tesis el cual me presto su colaboración y tutoría en todo momento.

Al ingeniero Nelson Barrera por su colaboración en consultas sobre programación, dispositivos móviles y adecuación de sensores.

A María Helena Vargas Berdugo la cual siempre ha estado presente motivándome y apoyándome para la culminación del proyecto.

A mis compañeros Julián Avella Pesca, Carlos Hernán Amaya, Francy Julieth Pineda, Geidy Pedraza y Sandra Milena Sáenz quienes siempre me motivaron y estuvieron al tanto del desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCION	1
1.1 JUSTIFICACION	2
1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	5
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 ANTECEDENTES	7
2. DESCRIPCION DEL SISTEMA	12
2.1 BLOQUE DE ADQUISICIÓN DE DATOS	12
2.2 BLOQUE DE ACTUADORES	13
2.3 BLOQUE DE LA UNIDAD DE CONTROL	13
2.4 BLOQUE DE COMUNICACIÓN GSM Y BLUETOOTH	13
2.5 BLOQUE ENCARGADO DEL MANEJO DE POTENCIA	13
3. CONSTRUCCION Y PARTES DE LA ESTACION DE MONITOREO	15
3.1 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	15
3.1.1 Sensores de luz	16
3.1.2 Sensores de humedad relativa	19
3.1.3 Sensores de temperatura	21
3.2 ACTUADORES	25
3.2.1 Actuadores para el control de humedad	25
3.2.2 Actuadores para el control de luz	25
3.2.3 Actuadores para el control de temperatura	26
3.3 UNIDAD DE CONTROL	27
3.4 SISTEMA DE COMUNICACION	34
3.4.1 Comunicación entre la central y el módulo Bluetooth	35
3.4.2 Comunicación entre el módulo Bluetooth y dispositivos inteligentes	37
3.5 SISTEMA DE POTENCIA	38
3.5.1 Acondicionamiento DC	39
3.5.2 Acondicionamiento AC para cargas resistivas	40
3.5.3 Acondicionamiento AC para cargas inductivas	41
4. APLICACIÓN Y PLATAFORMA ANDROID	44
4.1 INTERFAZ GRÁFICA	46
4.1.1 Tabhost 1	47
4.1.2 Tabhost 2,3 y 4	49
4.1.3 Tabhost 5	50
4.2 COMUNICACIÓN BLUETOOTH	51
4.3 TRANSFERENCIA DE DATOS BLUETOOTH	52
4.4 TRANSFERENCIA DE DATOS A LA RED	54
5. PLATAFORMA EN INTERNET	57
5.1 BASE DE DATOS EN LA WEB	59
5.2 PAGINA WEB	62
5.2.1 Página de inicio	63

5.2.2 Pagina para la visualización de sensores y actuadores	64
5.2.3 Pagina de tablas	65
6 FINALIZACION DE TRABAJO DE GRADO	
6.1 CONCLUSIONES	66
6.2 LOGROS ALCANZADOS	66
6.3 TRABAJOS FUTUROS	67
6.4 RECOMENDACIONES	67
6.5 COSTOS DEL PROYECTO	68
7. REFERENCIAS	69

LISTA DE TABLAS

Valores de frecuencia representativos del sensor HS1101	Pág. 20
Valores asignados a cada sensor	53
Costos del proyecto	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Diagrama de funcionamiento de la estación de monitoreo	12
Diagrama de funcionamiento de la estación	14
Cajas contenedoras del sistema	15
Sensor LX1972IBC y espectro de luz que maneja	17
Conexión recomendada por el fabricante para el sensor LX1972IBC	17
Sensor HS1101	20
Diseño del circuito recomendado para usar el HS1101	20
Sensor de temperatura DS18S20	22
Aplicación de pulso de reinicio para dispositivos con protocolo 1-wire	23
Aplicación de 1 lógico con protocolo 1-wire	24
Aplicación de 0 lógico con protocolo 1-wire	24
Montaje utilizado para los actuadores de humedad	25
Módulos utilizados para los actuadores de luz	26
Montaje utilizado para los actuadores controladores de la temperatura.	26
presentación física de los microcontroladores de 32 bits	28
Plataforma de desarrollo MPLABX C32	29
Placa para la unidad de control del sistema de monitoreo	29
Descripción del proceso de lectura de los sensores de humedad.	30
Descripción del proceso de lectura de los sensores de luz.	31
Descripción del proceso de lectura de los sensores de temperatura.	32
Proceso de transmisión de datos con el módulo Bluetooth.	33
Diseño del circuito necesario para reiniciar el microcontrolador	34
Relación entre los diferentes sistemas del proyecto.	35
Módulo Bluetooth Bolutek BLK-BC04	36
Módulo Bluetooth con circuito acondicionador	36
Fuente Waterproof 1220C	39
Circuito empleado para accionar las lámparas leds	40
Circuito empleado para accionar el sistema de control de humedad	41
Relé BOSCH utilizado para manejar los actuadores de temperatura	41
Circuito empleado para accionar el sistema de temperatura	42
Placa para el sistema de potencia	42
Invernadero utilizado para las pruebas de la estación de monitoreo	43
Kit de desarrollo de java para celulares	45
Plataforma de desarrollo Basic4android	46
Resolución en pixeles de las pantallas de algunos dispositivos Android	47
TabHost 1 de la aplicación para dispositivos inteligentes	48
Logo de la aplicación, conexión y desconexión del módulo Bluetooth	48
TabHost de inicio en estado de emergencia	49
TabHost 2,3 y 4	49
TabHost 5	50
Descripción del proceso utilizado para la comunicación Bluetooth.	51
Valores asignados a cada sensor	53

Descripción del proceso de transmisión de datos Bluetooth al dispositivo	54
Descripción del proceso de transmisión de datos del dispositivo a internet.	56
Página principal de Byetosht	58
Ingreso a la base de datos de Byethost	59
Descripción del proceso de validación de un dato en la base de datos	60
Mapa de cobertura internet y móvil en Colombia 2013	61
Página de inicio en el servidor web	63
Pestañas para gestionar el proyecto vía web	64
Tabla de estado en la plataforma web	65
Pestaña de tablas	65

LISTA DE ECUACIONES

3.1 Corriente registrada en el sensor LX1972IBC	pág. 18
3.2 Capacitancia entregada por el sensor HS1101	20
3.3 Frecuencia entregada por el LM555	21
3.4 Humedad relativa leída por el sensor HS1101	21

1 INTRODUCCION

La agricultura en Colombia es y ha sido un sector estratégico en la economía nacional, por lo tanto es necesario reflexionar sobre la importancia que esta tiene para la región; actualmente la actividad agropecuaria se encuentra tecnológicamente rezagada¹, los campos se están quedando solos debido a que cada vez es menos lucrativo trabajar en ellos. Es necesario mejorar las técnicas que emplean los campesinos de la región para la producción de alimentos², facilitar el trabajo de los agricultores y realizar un monitoreo en tiempo real de las variables climáticas que influyen en el crecimiento de los cultivos con el fin de aumentar su producción. El calentamiento global está provocando una serie de cambios en el clima, que afectan directamente la producción en los cultivos, y ocasionan pérdidas económicas para los agricultores de la región³.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente el presente trabajo de grado está enfocado en el diseño, construcción y programación de una estación de monitoreo para cultivos, la cual utiliza para su comunicación la red GSM (sistema global para las comunicaciones móviles), cuenta con dos plataformas de control para los operarios, una ubicada en un dominio web y la segunda es una aplicación para dispositivos inteligentes con sistema operativo Android.

El prototipo es diseñado para controlar algunas variables climatológicas en un invernadero, como la temperatura, la luz ambiente y la humedad relativa, para realizar el monitoreo de las variables utiliza un microcontrolador de 32 bits, y para establecer la comunicación inalámbrica entre el dispositivo inteligente y el circuito electrónico utiliza el módulo de comunicación Bluetooth Bolutek BLK-BC04.

¹ VIÑAS, José Miguel. *¿Estamos cambiando el clima?* Equipo Sirius, 2005.

² Aristizábal, Johanna, Teresa Sánchez, and Danilo J. Mejía-Lorío. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007.

³ Botey, Carlota, and Blanca Suárez. "Condiciones laborales de la mujer rural." *Estudios Agrarios 2* (2006).

1.1. JUSTIFICACIÓN

El altiplano Cundiboyacense y las regiones aledañas a este corredor geográfico, se han caracterizado por emplear las actividades agropecuarias como pilar del desarrollo regional y como fuente de empleo para sus habitantes; para el año 2012, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, específicamente para el departamento de Boyacá, cerca del 31,5% de la población devengó su sustento de actividades agrarias de los cuales el 21,7% estuvo directamente relacionado con actividades productivas relacionadas con la agricultura. Actualmente el departamento produce más de un 1 865 000 toneladas de alimentos vegetales al año, y para el año 2014 se espera que la producción crezca en un 5%; estas metas solo serán posibles si se superan obstáculos propios del mercado como los tratados de libre comercio, las políticas públicas adoptadas, los precios de los insumos y se avanza en los procesos de producción, específicamente los relacionados con las técnicas de producción de alimentos.

El departamento de Boyacá es la gran despensa alimentaria para Bogotá y otras regiones del país, cuenta con una tierra fértil que durante décadas ha sido gran productora de todo tipo de alimentos. Según cifras recopiladas por el Ministerio de Agricultura, en el año 2012 Boyacá tenía un área sembrada de 173 mil hectáreas de cereales, fibras, flores, follajes, frutales, hortalizas, leguminosas, plantas aromáticas, condimentos, tubérculos y plátanos, además de una producción lechera estimada en 1 600 000 litros diarios⁴.

Pero los últimos años el sector agrícola de la región Cundiboyacense se ha visto afectado por el cambio climático, los pastos para la ganadería, el sector papero y las hortalizas son los productos que mayores pérdidas han sufrido, la producción en Boyacá bajo el 4.5% en los últimos 6 años⁵, según lo reporta el IDEAM en promedio la temperatura tenía un cambio de entre 0,2°C y 0,3°C por década, pero este patrón ahora se sitúa entre 1°C y 3°C. Con estos resultados se ha llegado a la conclusión que para el año 2030 en Colombia no quedarán territorios con nieve, y el 56% de los páramos Boyacenses se habrán perdido, Siendo este uno de los departamentos con mayor pérdida debido a que el sector agrícola se encuentra dividido en pequeños terrenos que pasarían de clima frío semi-humedo a un clima semi-árido⁶.

Las personas que laboran en el campo se han visto afectadas, en promedio reciben un jornal de 20 000 y 25 000 pesos diarios, y en la actualidad, el salario no va acompañado de alimentación como sucedía hace algunos años, no cuentan

⁴ FEDECAMPO Boyacá, grupo empresarial del campo. compromiso total con el campo.2012.

⁵ Blanco, Javier. "Panorama del cambio climático en Colombia.". 2013.

⁶ Grupo de estudio del medio ambiente. Comunidades locales vulnerables y cambio climático. Universidad Sergio Arboleda. 2010.

con seguridad social ni otros beneficios como pensiones⁷. Las difíciles condiciones ambientales, laborales y sociales han hecho que pueblos de campesinos tradicionalmente pacíficos, salgan a las calles a sentar su voz de protesta organizando paros agrarios que han generado pérdidas para el país cercanas a los \$12 000 millones de pesos⁸.

Los tratados de libre comercio tampoco han cooperado con la economía del sector agrario, Colombia tiene más de diez acuerdos comerciales suscritos, y están en estudio otros siete⁹, aunque en ellos se le da la posibilidad de exportar alimentos a los agricultores Boyacenses, la realidad es que el departamento no cuenta con los elementos necesario para cumplir con las barreras sanitarias negociadas, la calidad de los productos, el volumen ni el costo de producción que se requiere.

Por estas razones innovar en las técnicas de producción empleadas por los agricultores se posiciona como una necesidad ineludible en la región ya que a pesar de la importancia económica del sector agrario, este tiene serias deficiencias de productividad, ocasionando que la economía departamental pierda importancia en el PIB, pues al compararse con 2011, descendió 1,3 puntos porcentuales en la producción nacional de alimentos, y frente a lo que estaba ocurriendo en 2008, la disminución fue de 4,5 puntos porcentuales en la producción nacional de alimentos¹⁰.

La modernización del sector agrario requiere especializar la producción, mejorar las escalas de comercialización y contar con un plan de logística adecuado que aproveche el bodegaje y el transporte. Todo este esquema urge la activación de programas de riego, mejoramiento de vías, servicios públicos adecuados y un sistema de comunicaciones eficiente, además de incentivos para que la gente se quede en el campo¹¹.

Boyacá es un escenario propicio para mostrar adelantos tecnológicos en materia agropecuaria, ya que es uno de los departamentos del país con mayor potencial productivo¹². Cuenta con la tecnología y el conocimiento necesario para ser un abanderado en la incursión de nuevos sistemas para la producción de alimentos.

⁷ ICER informe de coyuntura económica regional. 2013.

⁸ ASOHOFrucol. Revista de la asociación hortofrutícola de Colombia. 2013.

⁹ Rodríguez Rosas, Carlos Mario. *Análisis del transporte de carga en Colombia, para crear estrategias que permitan alcanzar estándares de competitividad e infraestructura internacional*. Diss. Universidad del Rosario, 2013.

¹⁰ Boyacá, la gran despensa agrícola de Colombia. 2012.

¹¹ Boyacá Informe sobre el estado de avance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio Estado de avance 2012

¹² Hurtado, Arsenio Corella. "LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA Y EL DESARROLLO AGRICOLA." *Revista de Ciencias Agrícolas*. 2014.

De otro lado se debe señalar que actualmente el departamento enfrenta el desafío que representa el mejoramiento y la incorporación de las potencialidades científicas y tecnológicas existentes. El gobierno ha realizado estudios con el fin de incorporar las nuevas tecnologías en la producción agraria¹³ como en la feria Agrotec organizada por la gobernación de Boyacá y EasyFairs realizada en Tunja en agosto del 2014, la cual entregó en una de sus conclusiones que uno de los mayores problemas agropecuarios se encuentra en el sector de monitoreo, control y vigilancia de los cultivos¹⁴.

Según EasyFairs “los campesinos Boyacenses deben caminar extensas áreas con el fin de verificar el óptimo estado de sus cultivos, despertar en la madrugada para realizar riegos, y si se encuentran en temporada de heladas se hace necesario el uso de combustibles vegetales y fósiles, para aumentar la temperatura mediante la combustión de estos”.

¹³ Ronald Cancino Salas. Henry Mora. Cristhian Fabián Ruiz. Dalila Henao Gómez. Juliana Maritza. Jose Orlando Montes. Vigilancia científica y tecnológica. Elementos para el análisis y gestión de brechas científicas y tecnológicas en Colombia. 2008

¹⁴ AGROTEC. Soluciones expertas para los retos de producción de los agricultores, ganaderos y agroindustriales de Colombia. 2014.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Es necesario desarrollar herramientas que permitan tener un monitoreo constante de las variables más relevantes de un cultivo con el fin de incorporar los avances tecnológicos a la sostenibilidad de la producción agraria¹⁵. Permitiendo al agricultor tener una nueva perspectiva del manejo del campo, la reducción de costos, optimización y aumento en la productividad, mejorar la administración de los recursos y la protección del medio ambiente, además de permitir que el agricultor tome decisiones más racionales sobre sus cultivos¹⁶.

Según un estudio realizado por la Universidad de los Andes uno de los mayores inconvenientes que se observa a la hora de realizar el monitoreo de las variables de los cultivos se encuentra en la forma de la transmisión y recepción de los datos, ya que generalmente se usa comunicación radial de infraestructura pobre y de alto costo, da un corto alcance y está sujeto a los problemas propios de las señales de radio como interferencias, la baja efectividad en presencia de lluvia, y obstáculos físicos que deterioran la señal¹⁷. También se presentan problemas en la implementación ya que para las personas del campo manipular elementos electrónicos resulta tedioso y poco práctico.

Gracias al avance tecnológico y la infraestructura en comunicaciones es posible utilizar el sistema global para las comunicaciones móviles (GSM) con el fin de crear un sistema de monitoreo de bajo costo en tiempos reducidos. La infraestructura de esta ya se encuentra implementada y solo se paga un servicio¹⁸. De esta forma, es posible transferir datos a lugares distantes dando la posibilidad de crear una central de información climática de los cultivos a la cual se pueda tener acceso desde cualquier ordenador, celular inteligente o Tableta conectado a internet¹⁹.

También es posible crear un central de monitoreo gestionada por entidades públicas encargadas de dar apoyo y capacitación a los campesinos creando un sistema departamental de monitoreo.

¹⁵ FONSECA C. criterios para la ubicación y selección óptima de estaciones hidrometeorológicas y ambientales de la red nacional de información ambiental (IDEAM).2010

¹⁶ SRINIVASAN A. Handbook of Precision Agriculture, Principles and Applications. Food Products Press. 2006.

¹⁷ BRICEÑO J. Transmisión de datos, Universidad de los Andes, Abril 2005.

¹⁸ Criptolab. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.2011

¹⁹ INTEF Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado.2010

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de comunicación de largo alcance mediante el uso de Celular inteligente, redes GSM e internet, con el fin de realizar una estación de monitoreo para un invernadero desde cualquier dispositivo inteligente que cuente con conexión a internet.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Crear una página web con la capacidad de recibir datos climatológicos de un invernadero como lo son: la temperatura, la intensidad de la luz y la humedad relativa. Que permita un monitoreo de estos y la creación de una base de datos para posibles estudios.
- Crear una interfaz para dispositivos móviles con sistema operativo Android, con el fin de darle a estos la capacidad de comunicarse con una unidad de control, obtener información de esta y enviarla a una página web.
- Diseñar y construir una unidad de control usando microcontroladores de 32 bits, que permita a la aplicación móvil, comandar actuadores que operen sobre las variables monitoreadas.

1.4 ANTECEDENTES

En estadios previos a la invención de la agricultura, los grupos humanos existentes basaron su sustento en actividades como la pesca, cacería y recolección de frutos, pero hace alrededor de 10,000 años el hombre comenzó a cultivar la tierra²⁰. Desde entonces se ha trabajado en descubrir formas de mejorar las técnicas para producir alimentos, estudiando los lugares en los que se siembra, el clima y la influencia de este sobre la producción.

Uno de los inconvenientes más grandes al que se ha enfrentado el hombre es que el clima del planeta no permite el crecimiento óptimo y homogéneo de los cultivos en todo el territorio, generando hambrunas en algunas partes del planeta y la pérdida de cultivos en otras debido a que no hay quien los consuma²¹, las sequías y los fuertes vientos dañan las cosechas, al igual que las bajas temperaturas que se experimentan en las madrugadas en algunos meses del año.

Desde que el ser humano aprendió y comprendió la importancia de cultivar, ha forzado a la naturaleza a producir más de lo que por medios naturales puede producir, ha creado herramientas para facilitar y mejorar las técnicas de cultivo. Inicialmente usó herramientas rudimentarias como palos y huesos que luego evolucionaron a picas y azadones, se descubrió el sistema de riego y que los cultivos crecían mejor si se sembraban en línea creando surcos, dando la posibilidad de cultivar en terrenos que se creía no eran adecuados²².

En 1850 se descubrió en los países bajos que los cultivos de uvas crecían un 20% más rápido si se controlaba la calefacción y cantidad de luz que incidía sobre ellos²³, dando origen a los invernaderos, ahora las personas eran las que se encargaban de controlar las variables que existían en el interior de lugares cerrados creando ambientes estáticos que eran excelentes para el crecimiento de los cultivos.

Cada vez más agricultores tomaban en cuenta la necesidad de tecnificar los métodos de siembra con el fin de cultivar en variados ambientes del planeta sin importar lo adverso del clima, es así como en 1913 Frank Shuman emprende un ambicioso proyecto de cultivo en medio del Sahara, el desierto más grande del planeta. Pero con el inicio de la segunda guerra mundial sus recolectores solares y

²⁰ VITALE, Luis. "Hacia una historia del ambiente en América Latina." *Nueva Sociedad. Nueva Imagen, México* (1983).

²¹ Panettieri, José. "Crisis económica, perturbaciones en el mundo del trabajo y movimientos de población." 1997.

²² RIVERA Erazo, María Angélica. "Inventariación y Documentación de Información sobre prácticas Agroecológicas en el cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum*) en Chimborazo." 2012.

²³ Mulder, Karel. *Desarrollo sostenible para ingenieros*. Vol. 172. Univ. Politèc. de Catalunya, 2007.

todo su equipo de riego fueron reciclados para crear armas, y este ambicioso plan quedo olvidado por muchos años²⁴.

Las grandes tormentas que azotaron a Europa en 1972 y 1973 fueron la razón de llevar a cabo investigaciones científicas y técnicas en la construcción de invernaderos, se redactó la primera normativa para la construcción de invernaderos neerlandesa, NEN 3859; desde entonces se han hecho muchas más investigaciones que han resultado en modelos aritméticos con el que los requisitos en cuanto a la calidad son traducidos en un diseño arquitectónico²⁵.

Con la incursión de nuevas tecnologías se crearon invernaderos que eran controlados y monitoreados por equipos de cómputo²⁶, Pero tenían como inconveniente la permanente necesidad de intervención humana. Este tipo de sistemas debía ser asistido por un grupo de operarios, necesitaba la presencia de estos para controlar las variables climáticas y cerciorarse del buen funcionamiento del invernadero.

Con la aparición de los sistemas de comunicación inalámbrica el sistema de control también evolucionó haciendo posible el monitoreo de los invernaderos a grandes distancias, pero la infraestructura necesaria para estos sistemas fue costosa ocasionando que los proyectos fueran desarrollados solo por grandes compañías agrícolas o por los gobiernos²⁷.

La necesidad de compartir datos fue creciendo cada vez más, hasta que en 1972 y tras muchos años de investigación, sale a la luz pública la existencia de ARPANET un servicio de correos electrónicos militar, se crea el protocolo TCP/IP, y en 1990 ARPANET deja de existir dando nacimiento a lo que hoy día conocemos como la internet²⁸. Compartir datos dejo de ser una tarea militar y paso a ser una tarea cotidiana, las personas cuentan con correos electrónicos y con la tecnología para enviar paquetes de datos de un lugar a otro sin importar la distancia²⁹. Esto ocasionó que los costos para realizar sistemas de monitoreo para cultivos bajaran logrando que compañías más pequeñas incursionaran en estos nuevos métodos empleados para tecnificar los cultivos.

En el año 1996 la universidad de Málaga y Sevilla crean un robot móvil llamado AURORA el cual se dedica especialmente a la atención y fumigación de

²⁴ Elvert, Jürgen, and Sylvain Schirmann, eds. *Tiempos de cambio: Germany in 20th-Century Europe Les Temps Qui Changent: L'Allemagne Dans L'Europe Du 20e Siecle: Continuity, Evolution and Breakdowns Continuïte, Evolution Et Rupture*. No. 5. Peter Lang, 2008.

²⁵ J. Houghton, *Física de la atmósfera*, Cambridge University Press, 2002.

²⁶ Rodríguez, Francisco, et al. "EXPERIENCIAS EN ROBOTICA APLICADA A INVERNADEROS."

²⁷ MURELAGA, Jon. "La Radio Frente a la Revolución Digital." *Revista de Periodismo Digital* . 2000.

²⁸ Sojo, Carlos Abreu. *El periodismo en internet*. Fondo Editorial Humanidades, 2003.

²⁹ De Ugarte, David. *El poder de las redes*. David de Ugarte, 2007.

invernaderos, este robot no requiere adaptación previa para funcionar en diferentes invernaderos. Estas dos universidades desarrollan en 1999 un sistema de control de una máquina procesadora forestal la cual combina funciones automáticas y teleoperadas la cual se comunica mediante radio modem³⁰.

En el año 2000 la Universidad Nacional de Rosario junto con el instituto de nutrición y tecnología agropecuaria en Argentina desarrollan un proyecto para identificar y registrar la variabilidad de los parámetros agronómicos dentro de un mismo lote para aplicar dosis variables de insumos, y desarrollan máquinas cosechadoras equipadas con monitores de rendimiento³¹.

En 2002 se creó el programa Sahara Forest Project, un ambicioso proyecto entre Catar y Jordania que desea retomar los pasos de Frank Shuman, adecuar el desierto del Sahara para convertirlo en un gran centro agrícola en el que se podrán cultivar vegetales y otros productos, pero con la novedad que estos serán regados con agua salada³².

En la actualidad asociaciones como el JARA (Japan Robot Association), indican que el sector agrícola va a ser uno de los campos principales en la aplicación de nuevas tecnologías de comunicación y robóticas³³. Se presentó el proyecto Agrobot en España, el cual consta de un robot que recorre un invernadero supervisando las variables climáticas internas de este, para tomar decisiones con el fin de mejorar la producción y establece los tiempos óptimos para la cosecha de fresas³⁴. México ha invertido cerca de 4 000 millones de pesos en centros de asesorías a invernaderos debido a que los agricultores han optado por construirlos de forma privada con el ánimo de establecer cultivos que sean más rentables, pero no cuentan con la capacidad de costear asesorías técnicas³⁵. La empresa Francesa Filcler está entregando financiamientos completos para la creación de invernaderos en Francia, Haití y República Dominicana³⁶; Chile busca revolucionar la agricultura mundial creando invernaderos flotantes que podrían reducir un 30% el valor de la comida en el país³⁷.

En general, el cambio climático ha ocasionado que la mayoría de los países piensen en invertir en la creación de invernaderos y en mejorar las técnicas de

³⁰ M Agricultura, Pesca y Aplicaciones Forestales.españa. 2003

³¹ Maroni, J.; Gargicevich, A. Curso Capacitación INTA 2002.

³² Ezequiel, Escudero, and Centro Argentino de Estudios Internacionales. "África en el contexto Internacional Actual.". 2008.

³³ Rodriguez, Francisco, et al. "EXPERIENCIAS EN ROBOTICA APLICADA A INVERNADEROS."

³⁴ Dario, P., et al. "The Agrobot project for greenhouse automation." *International Symposium on New Cultivation Systems in Greenhouse* 361. 1993.

³⁵ Aurelio Batista tapia. Asesoría en invernaderos de Mexico.2010.

³⁶ OTOA. Oficina de tratados comerciales agrícolas. 2014.

³⁷ Reyes Torres, Oscar Camilo. "Centro de difusión de prácticas sostenibles: infraestructura de educación ambiental en Pudahuel." 2013.

producción de alimentos. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación) para el 2025 el planeta no podrá alimentar el creciente número de la población, y por esto es necesario adecuar terrenos despoblados como mares y desiertos para cultivar alimentos pero estos proyectos solo serán posibles con la incursión de nuevas tecnologías en las técnicas de cultivos.

De otro lado, desde la faceta relacionada con la evolución de la tecnología de las comunicaciones, se debe mencionar que a partir de 1983, cuando aparece el primer teléfono celular se crea con él la posibilidad de establecer comunicación vía inalámbrica de una forma fácil y económica; se diseñaron teléfonos inteligentes y en 2005 se creó un sistema operativo para celulares, libre y abierto. Teniendo como base programación Java y las políticas de creación de Linux. Este sistema operativo recibió el nombre de Android³⁸.

En junio del 2007 aparece en el mercado un teléfono celular que integró servicios multimedia denominado iPhone, a partir de ese momento gran parte del tráfico de internet se comienza a establecer a través de los dispositivos móviles³⁹. El sistema operativo Android siguió mejorando y tras ser adquirido por Google en 2008 fue dotado de servicios multimedia y conexión a internet consolidándose como uno de los sistemas operativos preferidos por los usuarios para los teléfonos celulares⁴⁰. Las grandes compañías como Sony y Samsung lo eligieron para sus dispositivos ya que este es económico y su plataforma permite ser modificada. Permite la creación de aplicaciones por parte de los usuarios sin que estos tengan conocimientos avanzados de programación y puedan ser creadas aplicaciones que solucionen necesidades particulares⁴¹.

Algunas de estas necesidades particulares fueron identificadas en el altiplano Cundiboyacense, puesto que los pequeños agricultores no cuentan con la capacidad económica para costear centros de cómputo que monitoreen constantemente los cultivos⁴². Realizar un sistema de control usando tecnología soportada por los Celular inteligente o tabletas no es costoso, solo basta con tener conexión a internet o datos para aprovechar la capacidad que tienen estos dispositivos.

³⁸ Gironés, Jesús Tomás. *El gran libro de Android*. Marcombo, 2012.

³⁹ Bermúdez Moreno, Yeison Miguel, and Juan Guillermo López Hincapié. "Análisis comparativo entre sistemas operativos de dispositivos móviles Android, iPhone y BlackBerry." 2011.

⁴⁰ Díaz Lizarazo, Andrea del Pilar, and Ana María Sáenz Ojeda. *Innovación en tecnologías digitales*. Diss. Universidad del Rosario, 2013.

⁴¹ Iskandar Morine, Ricardo Jose. "Estudio comparativo de alternativas y frameworks de programación, para el desarrollo de aplicaciones móviles en entorno Android." 2013.

⁴² Alvareé, Jaime Forero. "ECONOMIA CAMPESINA Y SISTEMA ALIMENTARIO EN COLOMBIA." 2012.

De otro lado, el 15 de noviembre del 2013 se entregaron 500 kioscos de “vive digital” a 88 municipios del departamento de Boyacá, para inaugurar el programa del ministerio de agricultura “ElCampoSeConecta”, este proyecto liderado por el MinTIC (ministerio de la tecnología de la información y las comunicaciones) busca crear una infraestructura para la comunicación de los lugares más apartados y de difícil acceso en el departamento, este proyecto tiene un valor de 551000 millones de pesos y busca entregar para el año 2018, 5.300 puntos de acceso a internet en el campo⁴³.

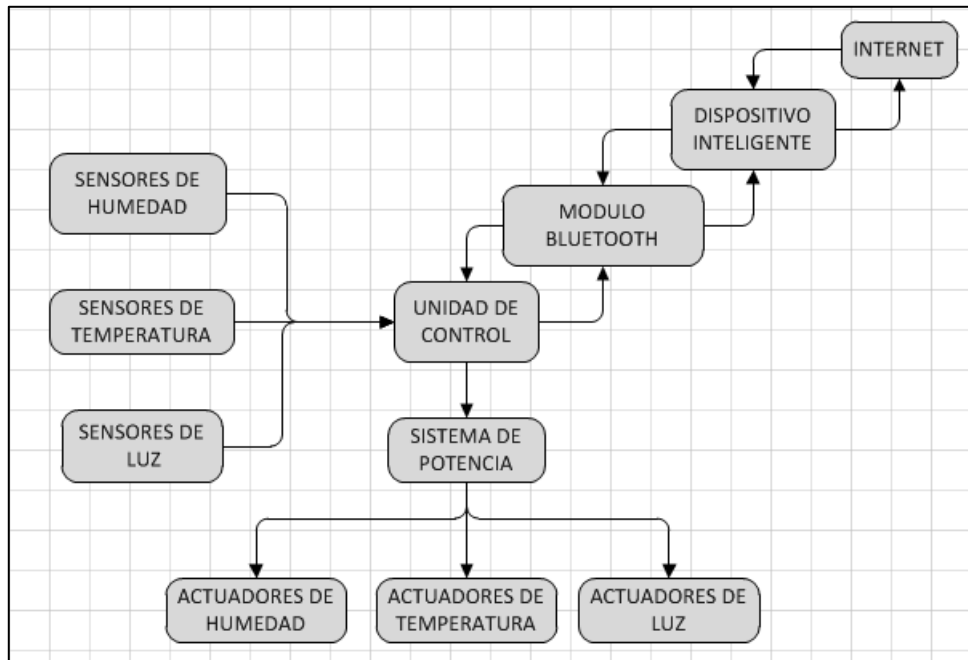
Según el Ministerio de Agricultura en Boyacá la llegada de las TIC al agro permitirá acabar con la pobreza extrema en el campo, y ratifica que Boyacá pasará de ser un departamento netamente rural a ser un departamento con visión rural de desarrollo.

⁴³ Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 2014.

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

Este capítulo describe de manera sencilla, la forma en la que está compuesta la estación de monitoreo para un invernadero, su funcionamiento y las partes principales.

Figura 2.1: Diagrama de funcionamiento de la estación de monitoreo para cultivos.



Fuente: Autor.

La estación de monitoreo para cultivos está constituida por un sistema de adquisición de datos conformado por 6 sensores, 6 actuadores, unidad de control, un sistema de comunicación y un sistema de potencia. La interconexión de los elementos se puede apreciar en la figura 2.1. Los sensores entregan datos a la unidad de control, esta da órdenes a los actuadores y también entrega y recibe datos del módulo Bluetooth para que se comunique con un dispositivo inteligente el cual envía los datos a una página de web. A continuación se describe cada uno de los bloques de los cuales consta el proyecto.

2.1 BLOQUE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Es la parte encargada de adquirir los datos de algunas variables climáticas del invernadero y entregarlos a la estación de monitoreo, está conformada por dos sensores de temperatura, dos sensores de luz y dos sensores de humedad relativa. Estos sensores se encuentran situados en el interior del invernadero y se

comunican directamente con el microcontrolador⁴⁴. Estos sensores fueron seleccionados ya que controlar estas tres variables es muy importante para el óptimo crecimiento de los cultivos⁴⁵.

2.2 BLOQUE DE ACTUADORES

El sistema cuenta con 6 actuadores, uno dependiente de cada sensor, son los encargados de mantener las variables internas del invernadero de acuerdo a los valores ingresados por el operario. Se encargan de controlar la luz, la temperatura y la humedad relativa al interior del invernadero, se encuentran situados en la parte inferior de este, los actuadores de humedad relativa y temperatura funcionan con una alimentación de 120V AC, mientras que los actuadores de luz con 12V DC.

2.3 BLOQUE DE LA UNIDAD DE CONTROL

El bloque de la unidad de control es el encargado de gestionar los datos que suministra el sistema entero, está conformado por un microcontrolador 32MX340F512H de Microchip. El cual se encuentra conectado directamente con los sensores, el módulo Bluetooth y la tarjeta de potencia.

2.4 BLOQUE DE COMUNICACIÓN GSM Y BLUETOOTH

La comunicación de la estación de monitoreo consta de un módulo Bluetooth, un celular inteligente con sistema operativo Android y conexión a internet.

Tanto la web como el Celular inteligente cuentan con una interfaz amigable y fácil de manejar encargadas de controlar la estación. Cuenta con un sistema de control automático en el cual el microcontrolador es el encargado de manipular los actuadores y un sistema de control manual en el que el operario los controla a voluntad. En el anexo 1⁴⁶ se puede encontrar el manual de funcionamiento el cual explica en detalle el diseño de las plataformas de control.

2.5 BLOQUE ENCARGADO DEL MANEJO DE POTENCIA

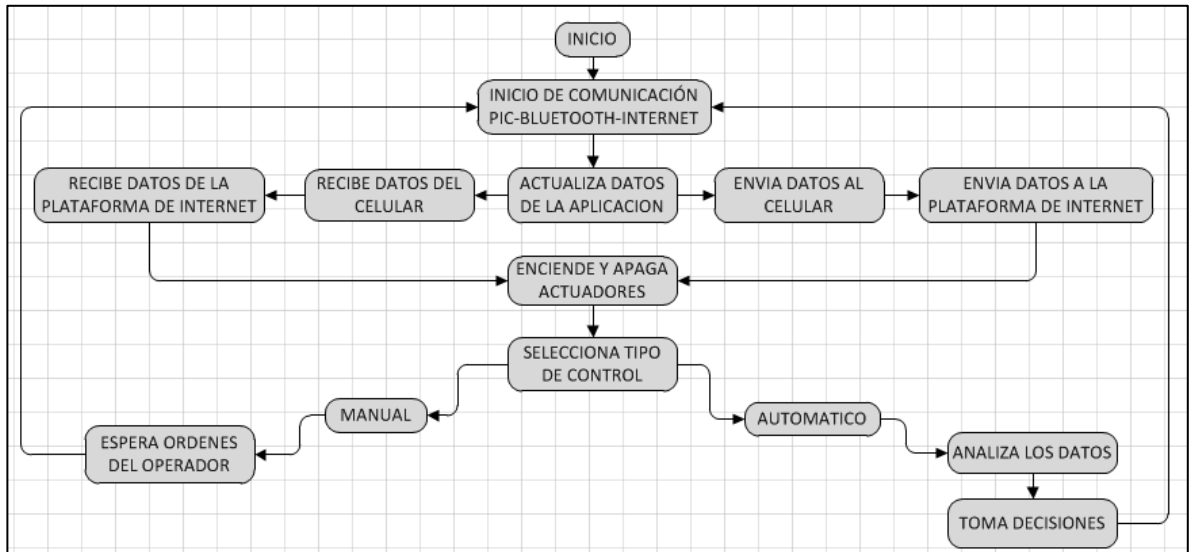
Debido a que el circuito integrado 32MX340F512H no está en la capacidad de controlar magnitudes altas de corriente, es necesario integrar un sistema de potencia encargado de recibir y aumentar las señales entregadas por la unidad de control. Las cargas funcionan con 12V DC en el caso de los actuadores de luz y 120V AC para los actuadores de humedad y temperatura.

⁴⁴ Apéndice Datasheet 32MX340F512H

⁴⁵ A. Alpi, and F. Tognoni. *Cultivo en invernadero*. Mundi-Prensa Libros, 1991.

⁴⁶ Anexo 1(manual de usuario estación de monitoreo para cultivos)

Figura 2.2: Diagrama de funcionamiento de la estación.



Fuente: Autor.

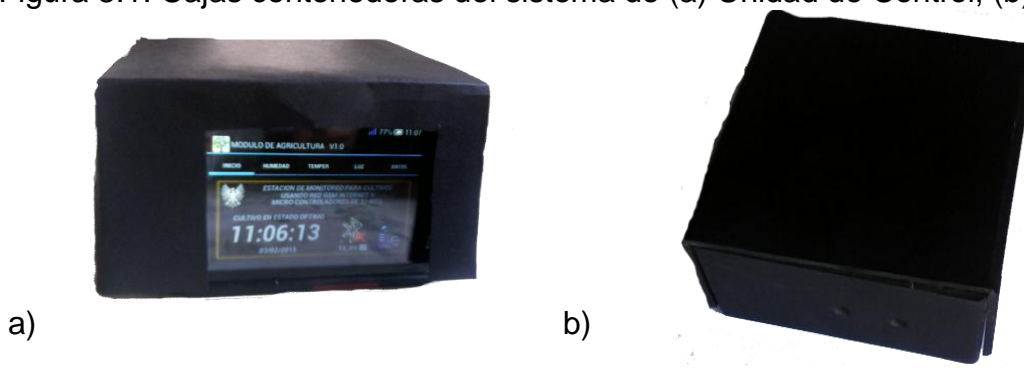
En la figura 2.2 se puede apreciar la lógica de funcionamiento utilizada por la estación de monitoreo, la interacción de sus elementos y las tareas a realizar si su control es manual o automático, el tiempo utilizado por el proceso es de 3 segundos, este es el tiempo que toma el microcontrolador en leer y acondicionar las señales, tomar decisiones y entregarlas al módulo Bluetooth.

3 CONSTRUCCIÓN Y PARTES DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO

Este capítulo muestra de una forma detallada las partes que componen el sistema de monitoreo del invernadero, la construcción de estas y los elementos que se tuvieron en cuenta a la hora de su elección. Para una mejor comprensión se mantendrá dividido el sistema de monitoreo en los bloques mencionados en el capítulo anterior.

Estos sistemas están embebidos en dos cajas de poliestireno que serán situadas cerca al invernadero, se separó el sistema en dos partes y cada uno se introdujo en una caja diferente, el diseño de las cajas se puede apreciar en la figura 3.1 una para la unidad de control y otra para el bloque encargado del manejo de potencia, de esta forma la presentación del proyecto mejora al entregar al usuario un módulo de control pequeño y fácil de instalar.

Figura 3.1: Cajas contenedoras del sistema de (a) Unidad de Control, (b) potencia.



Fuente: Autor.

El poliestireno como material para las cajas fue seleccionado ya que este presenta buena resistencia térmica y química, baja conductividad, buena resistencia al impacto, muy buena procesabilidad⁴⁷. (Se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos como inyección y extrusión).

3.1 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Esta parte es la encargada de adquirir los datos de los sensores del sistema. Gran parte del éxito de los proyectos de monitoreo se encuentra aquí, ya que una mala elección de los elementos deteriora la confiabilidad en el sistema, incrementar el

⁴⁷ Calisto Zurita, Jaime Alejandro, and Hugo Fabricio Suárez Bastidas. "Estudio experimental del comportamiento mecánico a la flexión de materiales compuestos en base de fibra de pet reciclado y fibra de vidrio." 2009.

tiempo de respuesta de los actuadores o pueden aumentar de una forma exorbitantes los costos del proyecto⁴⁸.

Para la estación de monitoreo se tiene en cuenta estos elementos como parámetros para la elección de los sensores, además de estas condiciones, también se tiene en cuenta la facilidad de adquirirlos comercialmente, para que en caso de fallo de algún elemento su remplazo se realice de una forma rápida y económica.

3.1.1 SENSORES DE LUZ

Si bien cada planta tiene un ciclo anual de crecimiento, la luz influye directamente en las etapas de florecimiento y desarrollo vegetativo. Las luces artificiales hacen posible el crecimiento durante todo el año y aceleran la producción; no obstante, no puede compararse con la luz natural del sol en cuanto a su intensidad y la capacidad para la generación de nutrientes que da a las plantas.

Por esta razón es importante la implementación de un sistema que mantenga iluminado el interior del invernadero. Comercialmente se encuentran diferentes sensores de luz, los cuales cuentan con diferentes protocolos de comunicación y son sensibles a un amplio espectro de luz, el tipo de luz que mejor incide sobre los cultivos es aquella que contiene mayor parte de radiación ultravioleta, esta radiación se recibe de forma natural en el día proveniente del sol, y la mejor forma de remplazarla en la tierra es con luces fluorescentes de tonalidades azules⁴⁹.

La luz ultravioleta se encuentra en un espectro que comprende desde los 15 nm hasta los 400 nm, uno de los mayores inconvenientes que presenta la luz ultravioleta es su facilidad de ser atenuada por otros tipos de luz lo cual hace que su medición sea difícil y que los sensores diseñados para esto sean robustos y de precios elevados⁵⁰.

Los niveles de luz ultravioleta son mayores cuando el sol se encuentra en su punto más alto, por lo general en las horas comprendidas entre las 11 a.m. y las 3 p.m. En estas horas también se presenta los niveles más altos de luz visible en condiciones normales. (400nm a 700nm)⁵¹.

⁴⁸ Harper, Gilberto Enríquez. *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*. Editorial Limusa, 2000.

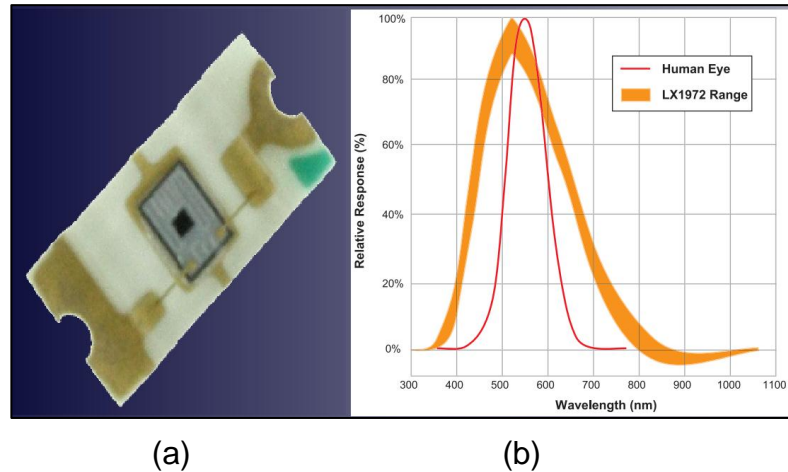
⁴⁹ Cetto, Ana María. *La luz en la naturaleza y en el laboratorio*. Fondo de Cultura Económica, 1987.

⁵⁰ Wang, Xiao-xiao, et al. "Luminescence investigation of Eu³⁺-Sm³⁺ co-doped Gd_{2-x}Y_xSm_y(MoO₄)₃ phosphors as red phosphors for UV InGaN-based light-emitting diode." *Optical materials*. 2007.

⁵¹ Arenas Sánchez, Danny Andrés, and Hodman Steven. "Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones." 2011.

Ya que la luz ultravioleta se encuentra presente en el día, es posible usar un sensor de luz que sea sensible a un espectro de luz visible y activar las lámparas cuando la intensidad de la luz ambiente disminuya. Uno de estos sensores es el LX1972IBC⁵² de Microsemi (figura 3.2 a). Los criterios de elección que se tienen en cuenta para elegir este sensor es su bajo costo y su respuesta espectral que simula al ojo humano (figura 3.2 b), es utilizado principalmente en productos de consumo masivo como televisores y computadores portátiles

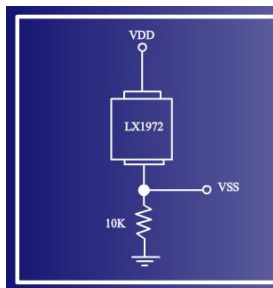
Figura 3.2: Sensor LX1972IBC y espectro de luz que maneja.



Fuente: www.Microsemi.com.

El funcionamiento de este sensor se basa en una fotorresistencia, la cual cambia su valor dependiendo de la luz que incide sobre ella; por esta razón el fabricante recomienda usarlo como un divisor de tensión, conectando a tierra una resistencia de 10kΩ para calcular la corriente que circula por el circuito, en la figura 3.3 se puede ver el circuito recomendado por el fabricante para su funcionamiento. Su función de transferencia es lineal, precisa y muy repetitiva, entrega una salida de corriente correspondiente a la intensidad de la luz recibida.

Figura 3.3: Conexión recomendada por el fabricante para el sensor LX1972IBC.



Fuente: www.Microsemi.com.

⁵² Apéndice Datasheet LX1972IBC

Para hallar el valor de luz que está recibiendo el sensor (λR), Se utiliza la ecuación 3.1. Donde I_{DD} es la corriente de funcionamiento del sensor y λ es el pico máximo de luz en nm permitido por el sensor. Para el LX1972IBC la corriente de funcionamiento es de 290 μA , y su pico máximo de luz es de 520nm. IR es la corriente registrada en el sistema.

$$\frac{I_{DD} * \lambda}{I_R} = \lambda R \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/LX1972.pdf>.

Para hallar la corriente que circula por el circuito se acondiciona una de las entradas análogas del microcontrolador. esta se usa para leer el valor del voltaje que cae en la resistencia de 10 k Ω y mediante la ley de ohm se realiza el cálculo para saber cuál es la corriente que circula por la resistencia.

Comúnmente las personas no se encuentran acostumbradas a hablar de la intensidad de la luz por su longitud de onda. El pico máximo de luz se encuentra al mediodía y con un cielo despejado. Y el atardecer inicia cuando la luz baja 30% del máximo, alrededor de las 5:30 pm en Colombia⁵³. Es más fácil para los trabajadores del campo manejar la intensidad de la luz con un acondicionamiento donde 520 nm corresponden a un 100%. (Luz de mediodía) y 400 o 750 nm a un 0% (La luz presente en las horas de la noche y la madrugada)⁵⁴.

El programa cargado al microcontrolador tiene la capacidad de convertir el valor de la intensidad de la luz de un idioma científico a uno comprendido por personas que no se encuentren familiarizadas con este mediante el uso de una regla de tres⁵⁵.

Los sensores de luz se colocan fuera del invernadero y apuntando hacia arriba, con el fin de registrar la luz ambiente y cuando esta baje de la permitida, (valor ingresado por el operario) enciendan los actuadores de luz los cuales se encuentran localizados en el interior del invernadero.

⁵³ Jarma, Alfredo, Teresita Rengifo, and H. Aramendiz. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa." *Agronomía Colombiana*. 2005.

⁵⁴ Hogan, Kevin P., and José Luis Machado. "La luz solar: consecuencias biológicas y medición". 2002.

⁵⁵ Anexo 2(programa realizado para el microcontrolador 32MX340f512h).

3.1.2 SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es la medición más usual en el área agrícola y se refiere a la relación entre la cantidad de agua que posee el aire (humedad relativa) y la máxima cantidad de agua que puede retener el aire a una temperatura dada⁵⁶.

Por ejemplo si la humedad relativa es del 50% quiere decir que a esa temperatura el aire puede absorber adicionalmente la misma cantidad de agua que ya posee para llegar al 100%. Por otro lado si la humedad relativa es del 35% se dice que el aire está muy seco y puede absorber mucha agua para llegar al 100%. Finalmente si la humedad relativa es del 90% quiere decir que el aire está lleno de agua y sólo puede absorber una pequeña cantidad de agua para llegar al 100%⁵⁷.

La humedad del aire afecta directamente el consumo de agua por las plantas y por ende las necesidades de riego, además la polinización requiere que la humedad relativa se ubique en un nivel óptimo, el cual fluctúa de especie a especie. Por ejemplo en el caso del cultivo de tomate, la humedad relativa óptima es de 70%⁵⁸.

Actualmente se encuentra en el mercado gran variedad de sensores de humedad, los cuales cuentan con características muy parecidas, sin embargo difieren en la forma de entregar los datos y en su costo. Se pueden encontrar sensores como el SHT71⁵⁹ de Sensirion el cual entrega de forma serial el valor de la humedad y temperatura leída, pero su costo se aproxima a los 120 000 pesos y esto elevaría los costos del proyecto, por esta razón, se utiliza un sensor de humedad con características similares a las del SHT71 pero de menor costo. Este no entrega el valor leído en forma digital ni puede censar la temperatura pero su costo esta alrededor de los 12 000 pesos, 10 veces menos que el del SHT71; además es de fácil adquisición en el mercado nacional. Este sensor es el HS1101⁶⁰ de Humirei. Se trata de un sensor que entrega una capacitancia de variación lineal proporcional a la humedad relativa del ambiente. Para su funcionamiento se puede usar un circuito oscilador tal como el utilizado con un integrado LM555⁶¹. (Este es un integrado de tecnología CMOS el cual puede entregar un número determinado de pulsos según el valor de un capacitor conectado en uno de sus pines). Su apariencia física se puede apreciar en la figura 3.4.

⁵⁶ Andriani, Agr Ms Sc JM. "DINAMICA DEL AGUA EN CULTIVOS EXTENSIVOS.".2001

⁵⁷ DOORENBOS, J., & Pruitt, W. O. *Las necesidades de agua de los cultivos*(Vol. 24).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1976.

⁵⁸ revelo Moran, J. A., Alarcon, E. Y. P., & Álvarez, M. V. M. *Manual Guía de Capacitación del Cultivo Ecológico de Tomate de Árbol en Ecuador*. INIAP Archivo Histórico.

⁵⁹ Apéndice Datasheet SHT71.

⁶⁰ Apéndice Datasheet HS1101.

⁶¹ Apéndice Datasheet LM555.

Figura 3.4: Sensor Humirei HS1101.



Fuente: Autor.

El fabricante aconseja utilizar el LM555 como astable típico (sistema generador de pulsos). Y proporciona la tabla 3.1 para calcular la humedad relativa RH que se encuentra en el ambiente la cual depende del número de pulsos entregados por el LM555 en un segundo.

Tabla 3.1. Valores de frecuencia representativos del sensor HS1101.

RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Frequency	7351	7224	7100	6976	6853	6728	6600	6468	6330	6186	6033

Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HS1101.pdf>.

Si se desea calcular la capacitancia que entrega como respuesta el sensor se usa la ecuación 3.2 donde RH es el valor registrado de la humedad.

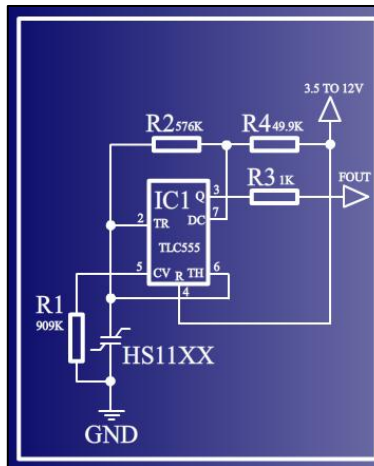
Ecuación 3.2: Capacitancia entregada por el sensor HS1101.

$$C \text{ (pf)} = RH * 55\% * (1.2510^{-7} RH^3 - 1.3610^{-5} RH^2 + 2.1910^{-3} RH + 9.010^{-1})$$

Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HS1101.pdf>

El circuito recomendado por el fabricante se puede apreciar en la figura 3.5, el sensor va conectado al pin 2 y al 6 del LM555 reemplazando el capacitor que de conecta generalmente en estos pines.

Figura 3.5: Diseño del circuito recomendado para usar el HS1101.



Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HS1101.pdf>.

A pesar de que se puede aproximar los valores obtenidos de humedad con la tabla 3.1, una mejor aproximación para establecer la humedad es usar la ecuación polinomial 3.3, Que entrega el fabricante, Se despeja el valor de la humedad relativa RH y conociendo la frecuencia que entrega el circuito astable se calcula la humedad relativa que está leyendo el sensor.

Ecuación 3.3: frecuencia entregada por el LM555

$$F_{(HZ)} = 1.1038 - 1.936810^{-3}RH + 3.011410^{-6}RH^2 - 3.440310^{-8}RH^3$$

Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HS1101.pdf>

La ecuación 3.3 es reescrita en la ecuación 3.4. De esta forma es posible ingresarla al programa encargado de calcular el valor de la humedad. En la ecuación 3.4. RH es la humedad relativa y f la frecuencia leída por el microcontrolador.

Ecuación 3.4: humedad relativa leída por el sensor.

$$RH = \frac{0.126}{\sqrt[3]{-1.22^{-9} - 3.5^{-8}f + 0.5 \cdot \sqrt{2.9^{-14} + 3.41^{-16}f + 4.9^{-15}f^2}}} + 6541.23 \sqrt[3]{\sqrt[3]{-1.22^{-9} - 3.5^{-8}f + 0.5 \cdot \sqrt{2.9^{-14} + 3.41^{-16}f + 4.9^{-15}f^2}} + 8.77}$$

Fuente: autor

Para leer la frecuencia entregada por el astable, se habilita un contador y un temporizador del microcontrolador con el fin de saber cuántos pulsos se generan en un segundo y luego con este valor se puede calcular la humedad relativa utilizando la ecuación anterior.

3.1.3 SENSORES DE TEMPERATURA.

La temperatura es una de las limitantes fundamentales en el crecimiento de un cultivo, si la temperatura es muy alta o muy baja las plantas tienden a estresarse, debilitarse y detener su crecimiento⁶². Este es uno de los factores más importantes a la hora de sectorizar cultivos y es la razón por la cual un cultivo de clima frío no puede crecer en clima caliente.

Sin embargo un buen control de la temperatura posibilita cultivar productos en regiones en las cuales no es común su crecimiento como en los desiertos, en los que las altas temperaturas dificultan la supervivencia de casi cualquier planta⁶³.

En el mercado se encuentra una gran variedad de sensores de temperatura, de buena confiabilidad y un bajo costo. Un buen ejemplo de esto es el LM335⁶⁴, que entrega el valor leído en una escala de grados kelvin y tiene un costo aproximado de 2 000 pesos. Para leer la temperatura se acondiciona una entrada análoga del microcontrolador por cada sensor a instalar, esto lo hace poco eficiente a la hora de querer instalar un número elevado de sensores ya que se necesitaría una gran cantidad de entradas análogas en el microcontrolador. Pero con la incursión de dispositivos con protocolo 1-wire en el mercado, se da la posibilidad de comunicarnos con hasta 100 dispositivos utilizando una sola línea de datos, a una distancia de alcance efectivo que va de 600m hasta los 2km⁶⁵, y posibilita su uso en los proyectos en los que se necesite un elevado número de sensores. Un sensor de temperatura que funciona con este protocolo es el DS18S20⁶⁶ de Digital Thermometer. El cual tiene un costo aproximado de 6 000 pesos y una sensibilidad de 0.5 grados centígrados.

Los criterios de selección para el sensor DS18S20 es su protocolo de comunicación y su fácil adquisición. Comercialmente se encuentra en encapsulado TO-92, su rango de medición va desde -55 a 125 grados centígrados con una resolución de 9 bits y una precisión de ± 0.5 grados centígrados y un tiempo de conversión de 750 milisegundos⁶⁷. A pesar de no ser rápido en su conversión debido a lo lento que cambia la temperatura ambiente esto no es un inconveniente para el desarrollo del proyecto, su apariencia física se aprecia en la figura 3.6.

⁶² Sandoval Briones, Claudio. "Manejo integrado de enfermedades en cultivo hidropónico (Manual Técnico)." 2004.

⁶³ Lorca, A. García, A. Nenmaqui, and MM García Fernández. "El desarrollo de modelo de agricultura intensiva bajo plástico en un territorio de condiciones extremas. 2012.

⁶⁴ Apendice Datasheet LM335.

⁶⁵ AWTREY, Dan, and Dallas Semiconductor. "The 1-wire weather station." *SENS PETERBOROUGH*. 1998.

⁶⁶ Apendice Datasheet DS18S20.

⁶⁷ DS18S20, High-Precision. "1-Wire Digital Thermometer." URL: <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20> .2003.

Figura 3.6: Sensor de temperatura DS18S20.



Fuente: Autor.

El protocolo 1-wire permite conectar en serie hasta 100 dispositivos, cada uno tienen una dirección de 64 bits almacenada en una ROM interna con la cual se identifica, permite la alimentación en modo parásito, esto quiere decir que los datos y la alimentación se transmiten por un solo pin, siendo esta la ventaja más sobresaliente de estos dispositivos.

Los dispositivos de protocolo 1-wire funcionan con voltajes que van desde los 2.8V hasta los 6V, permitiendo que funcionen con dispositivos que trabajen dentro de estos rangos sin necesidad de acondicionar la señal. Permite una comunicación Half dúplex entre un terminal maestro y hasta 100 terminales esclavos sin necesidad de fuentes de alimentación, utilizan comunicación asíncrona, y por esto se debe contar con un sistema de base de tiempo para cumplir con los periodos exigidos por el protocolo de comunicación⁶⁸.

La comunicación 1-Wire se basa en la transmisión de unos y ceros, y la combinación de estos establece un protocolo de comunicación compleja entre el maestro y los esclavos⁶⁹.

Para iniciar la comunicación, el dispositivo maestro debe aplicar un pulso de reinicio, este consiste en poner un cero lógico en el bus de datos por un tiempo de 480 μ s tal como se ve en la figura 3.7, luego pasa a estado inactivo, de latencia o uno lógico por un periodo que va de los 16 a los 60 μ s. Esto hará que los esclavos se pongan en cero por un periodo de 60 a 240 μ s de esta manera informan al dispositivo maestro que están listos para establecer comunicación.

⁶⁸ Castro Zambrano, José Rafael, and Jessica Johanna Díaz Mattern. "desarrollo de instrumentación virtual con fines didácticos empleando circuitos integrados con capacidad de comunicación 1-wire®.".2010.

⁶⁹ MANIYAR, S (2008). 1-Wire Communication with PIC Microcontroller, USA.
http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1824&appnote=en535817.2014.

Figura 3.7: Aplicación del pulso de reinicio para dispositivos con protocolo 1-wire.



Fuente: Autor.

Para enviar un 1 lógico el protocolo establece que el bus se debe colocar en cero por un periodo de tiempo de $6\mu\text{s}$ y luego en uno lógico por $64\mu\text{s}$ como se ve en la figura 3.8.

Figura 3.8: Aplicación de 1 lógico con protocolo 1-wire.



Fuente: Autor.

Para enviar un 0 lógico el protocolo establece que el bus se debe colocar en cero durante $60\mu\text{s}$ y luego en uno lógico por un periodo de $10\mu\text{s}$ como se ve en la figura 3.9.

Figura 3.9: Aplicación de 0 lógico con protocolo 1-wire.



Fuente: Autor.

La transmisión de cada bit toma un tiempo de $70\mu\text{s}$. Si los comandos no son los adecuados ni los tiempos correctos la comunicación será abortada y solo se reiniciara aplicando un pulso de reinicio al bus.

El tiempo de recuperación del bus es de 10 microsegundos, periodo después del cual se puede enviar un nuevo dato, El protocolo 1-wire está formado por una serie de comandos ya establecidos los cuales se encargan de suministrar información y dar instrucciones, los más importantes son:

- Comando 0x33: lee la memoria ROM del dispositivo.
- Comando 0x55: establece comunicación entre el maestro y un esclavo específico, va seguido de la dirección del dispositivo.
- Comando 0xCC: comunicación sin direccionamiento, el inconveniente de usarlo es que solo se puede usar un esclavo por bus.
- Comando 0xF0: el maestro pregunta la dirección de los dispositivos conectados al bus.

Existe una serie de comandos adicionales los cuales dependen del dispositivo 1-wire que se esté manejando, estos vienen en las hojas de datos de cada uno ya que estos difieren dependiendo de su función y capacidades.

3.2 ACTUADORES

El sistema de monitoreo para cultivo, además de realizar una función de vigilancia cuenta con la capacidad de manipular un grupo de actuadores los cuales tienen la función de regular el clima dentro del invernadero. Ya que hay tres grupos de sensores presentes (humedad, luz y temperatura) también se cuenta con tres grupos de actuadores.

3.2.1 ACTUADORES PARA EL CONTROL DE HUMEDAD

Para controlar la humedad se cuenta con una resistencia en espiral de 25Ω , se encuentra en el interior de un tubo plástico que contiene agua. Al hacer pasar corriente por esta se calienta, haciendo que el agua dentro del tubo se evapore y genere una nube. Esta humedad se distribuye por el invernadero haciendo que el porcentaje de agua presente en el aire aumente.

Para mantener la cantidad de agua constante en el invernadero se ha optado por usar un recipiente invertido y lleno de agua el cual va unido al tubo plástico de 1 pulgada. El agua bajará gradualmente cada vez que esta se pierda por la evaporación por acción de la gravedad, manteniendo el tubo siempre con el mismo nivel de agua.

Para energizar la resistencia se aplica un voltaje de 120V AC. La corriente que pasa por el sistema de humedad es de 4,8A y la potencia que disipa es de 576 W, suficiente para evaporar la pequeña cantidad de agua en un tiempo aproximado de 10 segundos, siendo una respuesta lo suficientemente rápida para el sistema. El montaje utilizado para el sistema de humedad se puede apreciar en la figura 3.10 donde también se puede apreciar el recipiente contenedor de agua.

Figura 3.10: Montaje utilizado para los actuadores de humedad.



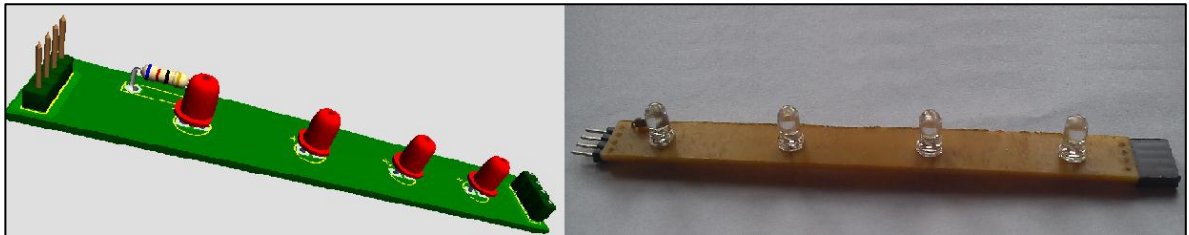
Fuente: Autor.

3.2.2 ACTUADORES PARA EL CONTROL DE LUZ

Los actuadores de luz están constituidos por dos cintas de led, las cuales se encuentran en el interior del invernadero, al ser accionadas lo iluminan y le dan a las plantas algunos de los elementos presentes en la luz necesarios para su crecimiento.

El circuito consta de 5 módulos de led conectados en paralelo, cada módulo está constituido por 4 led en serie como se aprecia en la figura 3.11; esto se hace con el fin de evitar el daño total del sistema, si alguno de ellos se daña solamente sale de servicio un módulo quedando los otros cuatro como respaldo.

Figura3.11: Módulos utilizados para los actuadores de luz.



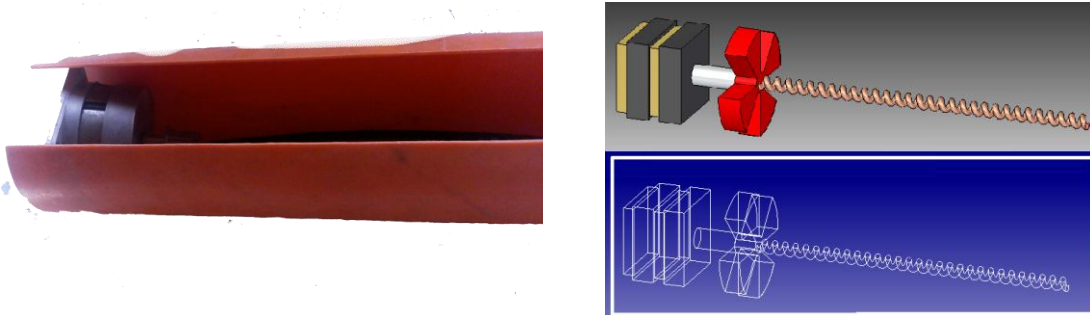
Fuente: Autor.

La forma en el que están diseñados los módulos permite conectar uno seguido de otro en forma serial, permitiendo iluminar distancias más largas, o más cortas que la establecida por el invernadero.

3.2.3 ACTUADORES PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA

Para controlar la temperatura, se fabrica una bomba de calor, se utilizan dos motores 86BYG350 de Lead wireque⁷⁰, funcionan a 120V Ac; este hacen girar un ventilador el cual impulsa el viento al interior del invernadero, el aire pasa cerca de una resistencia de 25Ω la cual lo calienta, y al ingresar al invernadero hace subir la temperatura en el interior de este, la manera en la que se encuentra dispuesto este sistema se puede apreciar en la figura 3.12.

Figura 3.12: Montaje utilizado para los actuadores encargados de controlar la temperatura.



Fuente: Autor.

Para encausar el aire caliente al interior del invernadero el motor y la resistencia se introducen en una caja de poliestireno la cual se encuentra conectada a un tubo PVC.

3.3 UNIDAD DE CONTROL

La unidad de control del sistema de monitoreo, es una tarjeta encargada de gestionar toda la información recibida, a ella llegan los datos leídos por los sensores, la información proveniente de internet, y entrega información a los actuadores y a la base de datos que se encuentra en la web. Todos los datos que gestiona el sistema llagan a un microcontrolador de 32 bits, estos microcontroladores cuentan con mayor poder de procesamiento⁷¹ y los criterios de selección fueron:

- Bajo consumo: Los microcontroladores de 32 bits trabajan a 3.3v pero poseen un núcleo interno el cual funciona a 1.8V. Presentan un gran ahorro

⁷⁰ Apendice Datasheet 86BYG350.

⁷¹ Silicon Labs Características microcontroladores de 32 bits. 2008.

de energía, y es posible fabricar circuitos de larga duración que pueden funcionar incluso con baterías.

- Mayor número de interrupciones: Poseen un mayor número de interrupciones que los microcontroladores de otras referencias, éstas se pueden separar en dos grupos según su prioridad, donde las interrupciones de mayor prioridad entran en el grupo llamado FIQ y las de menor prioridad en el grupo de interrupciones llamado IRQ.
- Eficiencia en la generación de código en C: La arquitectura de estos microcontroladores fue concebida para trabajar en lenguaje C, ya que cuentan con una densidad de código muy superior a la usada por microcontroladores de 8,16 y 24 bits.
- Herramientas de depuración de bajo costo e incorporadas: Cada microcontrolador dispone de una interfaz JTAG, originada para depurar DSP y que permite generar herramientas de depuración en tiempo casi-real de muy bajo costo. (Una interfaz JTAG es una interfaz especial de cuatro o cinco pines agregadas a un chip, diseñada de tal manera que varios chips en una tarjeta puedan tener sus líneas JTAG conectadas para conocer el estado en el que se encuentran los otros dispositivos.).
- Excepciones: Son los casos particulares de control de flujo (saltos) en los que un efecto posiblemente no deseado de la ejecución del programa lleva a una situación de falla, como un fallido acceso a memoria, un código de operación inválido, etc. llevan a que el programa se desvíe de su curso original y pase a ejecutar un tramo de programa que atienda esta situación excepcional. Las interrupciones son un caso particular de las excepciones.

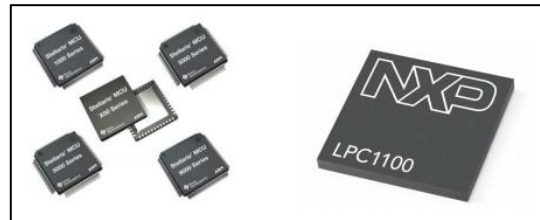
Los microcontroladores de 32 bits también introducen la posibilidad de siete modos distintos de operación⁷².

- USER: modo no privilegiado para la mayoría de las aplicaciones.
- FIQ: Se ingresa con interrupciones de alta prioridad.
- IRQ: se ingresa con interrupciones de baja prioridad.
- SUPERVISOR: Se ingresa en reset y cuando se ejecuta una interrupción por software que permitirá subir en nivel de jerarquías.
- ABORT: Se emplea para gerenciar violaciones en el acceso a memoria.
- UNDEF: Se emplea para gerenciar instrucciones indefinidas.
- SYSTEM: Modo privilegiado que emplea los mismos registros que el modo usuario.

⁷² ARM system. Microcontroladores de 32 bits ARM – Modelos de programación, aplicaciones y ejemplos.2000.

Los microcontroladores de 32 bits dan la posibilidad de trabajar con mayor precisión en los datos y una mayor velocidad de funcionamiento ya que tienen la capacidad de realizar 12 MIPS (millones de instrucciones por segundo) con un cristal de 4 MHz, se encuentran disponibles en encapsulado de montaje superficial y su apariencia física se puede apreciar en la figura 3.13.

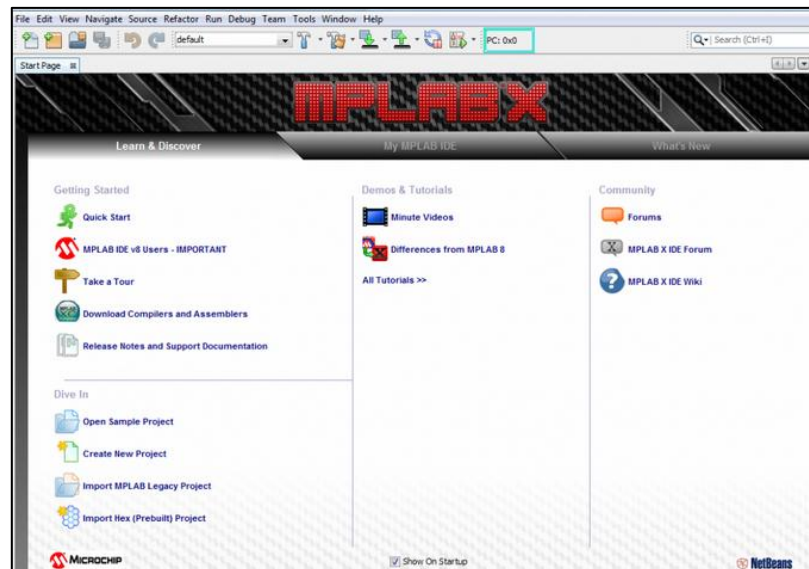
Figura 3.13: Presentación física de los microcontroladores de 32 bits.



Fuente: ARM system.

Para realizar la programación del microcontrolador de 32 bits, se utiliza la plataforma de desarrollo entregada por microchip MPLABX C32 del a cual se puede ver su pantalla principal en la figura 3.14, esta permite realizar programas para el microcontrolador en lenguaje C, un lenguaje muy común entre los programadores, se encarga de depurar el programa y entregarlo en formato hexadecimal. Con esta plataforma se pueden desarrollar programas para microcontroladores de gama alta y DSPics.

Figura 3.14: Plataforma de desarrollo MPLABX C32.

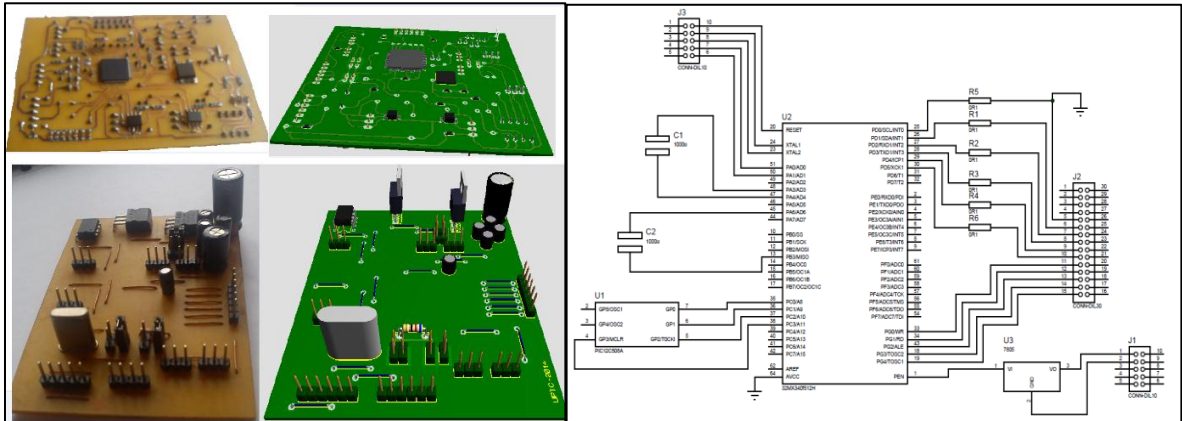


Fuente: Autor.

Para cargar el programa al microcontrolador se utiliza el PICKIT 3, este es un programador desarrollado por microchip, el cual se conecta al microcontrolador mediante una conexión ICSP y un socket de programación dispuesto para tal fin.

La tarjeta de la unidad de control cuenta con elementos que funcionan a 5V, como los sensores, los integrados LM555 y los capacitores, es necesario utilizar un regulador de 5V LM7805⁷³. Y uno adicional de 3.3V AMS1117⁷⁴ para energizar el microcontrolador. Se puede apreciar en la figura 3.15 que a pesar que la placa del impreso es de solo una capa se han puesto elementos de montaje superficial como resistencias, led, reguladores y el microcontrolador al inverso de esta con el fin de aprovechar mejor el espacio y crear así un impreso más pequeño el cual puede contener elementos por las dos capas⁷⁵.

Figura 3.15: Placa y diseño para la unidad de control del sistema de monitoreo.



Fuente: Autor.

La tarjeta de la unidad de control cuenta con elementos que funcionan a 5V, como los sensores, los integrados LM555 y los capacitores, es necesario utilizar un regulador de 5V LM7805⁷⁶. Y uno adicional de 3.3V AMS1117⁷⁷ para energizar el microcontrolador. Se puede apreciar en la figura 3.15 que a pesar que la placa del impreso es de solo una capa se han puesto elementos de montaje superficial como resistencias, led, reguladores y el microcontrolador al inverso de esta con el fin de aprovechar mejor el espacio y crear así un impreso más pequeño el cual puede contener elementos por las dos capas⁷⁸.

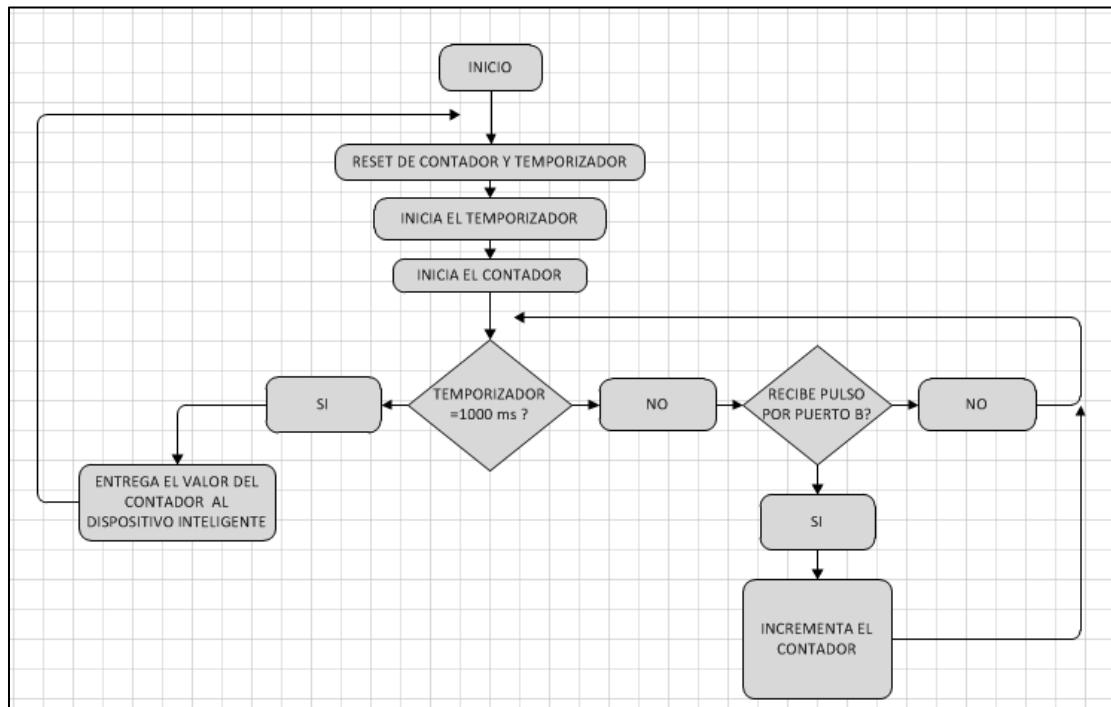
El microcontrolador es el encargado de controlar y acondicionar las señales para ser enviadas al teléfono celular, este recibe los datos acondicionados de 0 a 100

⁷³ Apendice Datasheet LM7805.
⁷⁴ Apendice Datasheet DS18S20.
⁷⁵ Anexo 3(diseño de impresos de las PCB).
⁷⁶ Apendice Datasheet LM7805.
⁷⁷ Apendice Datasheet DS18S20.
⁷⁸ Anexo 3(diseño de impresos de las PCB).

para entregar al operario información simple y fácil de entender. Entrega datos al teléfono celular cada tres segundos, ya que la lectura de los dos sensores de humedad tarda 2 segundos, uno por cada sensor. (De esta forma el contador de frecuencia es más confiable). Y uno para la lectura de los sensores de temperatura y luz.

El proceso de lectura de los sensores de humedad se puede ver en la figura 3.16, el ciclo de lectura para cada sensor de humedad tarda 1000 ms tiempo en el cual se está testeando el puerto B con el fin de incrementar el contador este entrega el valor leído, el valor es acondicionado tal y como se explicó en el capítulo anterior para ser graficado posteriormente en el teléfono celular u otro dispositivo inteligente. Debido a que son dos los sensores de humedad el proceso se repite, cada sensor está conectado a un contador independiente con el fin de disminuir posibles errores en la lectura de cada uno.

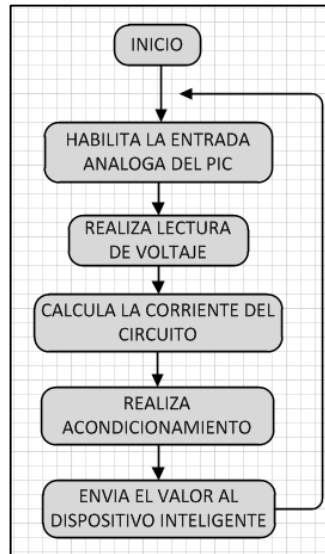
Figura 3.16: Diagrama de flujo que describe el proceso de lectura de los sensores de humedad.



Fuente: Autor.

El proceso de lectura de los sensores de luz es más sencillo. Se realiza la lectura del voltaje en una de las entradas análogas del microcontrolador, con el valor de este se calcula la corriente que circula por una resistencia en serie con el sensor usando la ley de ohm y se realiza el acondicionamiento para entregar un valor lumínico comprendido entre cero y cien, donde cero es total ausencia de luz visible y 100 es el sensor saturado de luz, la lógica de funcionamiento de este sensor se aprecia en el diagrama de flujo de la figura 3.17.

Figura 3.17: Diagrama de flujo que describe el proceso de lectura de los sensores de luz.

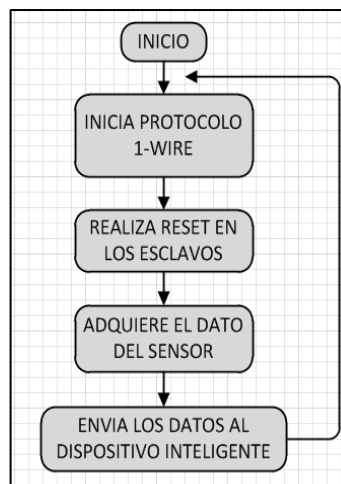


Fuente: Autor.

El proceso de lectura de los sensores de temperatura es distinto, un poco más complejo y se puede apreciar en la figura 3.18. Es necesario crear rutinas internas en el microcontrolador para leer los datos que se encuentran en protocolo 1-wire, estas rutinas son gobernadas por un contador debido a que la base de este protocolo es el tiempo que tardan los pulsos.

Crear las rutinas de lectura del protocolo 1-wire es más complejo, pero es necesario destacar que no se necesita realizar un acondicionamiento para esta señal, ya que el valor se entrega en formato digital.

Figura 3.18: Diagrama de flujo que describe el proceso de lectura de los sensores de temperatura.



Fuente: Autor.

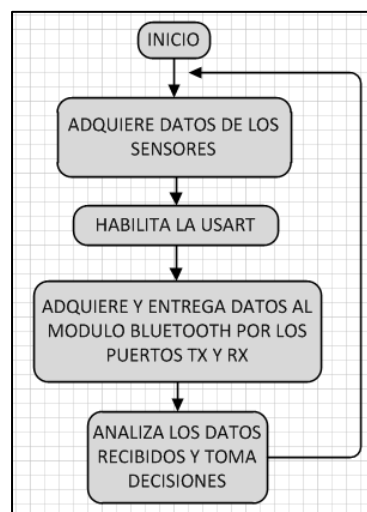
Se debe señalar, que el presente proyecto, centra su foco de atención en el monitoreo de algunas de las variables más importantes de un cultivo, por esto no es necesario realizar un sistema de control robusto para este, en su lugar se diseñó un sistema de control sencillo con el fin de demostrar que funciona satisfactoriamente.

Se acondicionó el puerto A del microcontrolador como salidas digitales, entrega 3.3V para encender los actuadores y 0V para apagarlos. Estas señales deben ser acondicionadas para poder manipular cargas que tiene un mayor consumo de potencia.

La señal de los actuadores es enviada desde la central a la tarjeta de potencia utilizando un cable de red. Este tiene en su interior 8 hilos trenzados y se conecta mediante un conector RJ-45, el microcontrolador también debe tener la capacidad de conectarse con un módulo de Bluetooth, este es un protocolo industrial para redes de área personal, (WPAN). Posibilita la transmisión de datos por radiofrecuencia entre diferentes dispositivos, está diseñado para dispositivos de bajo consumo, corto alcance de emisión y bajo costo⁷⁹.

Para comunicarse con el microcontrolador este utiliza protocolo serial RS232 usando niveles de voltaje compatibles con tecnología TTL; para esto se habilita la USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) del microcontrolador, este posee una salida para transmitir datos (TX) en el pin 34 y una entrada de datos (RX) en el pin 33, se puede apreciar cómo se realiza el proceso de transmisión de datos entre el microcontrolador y el módulo Bluetooth en la figura 3.19.

Figura 3.19: Diagrama del proceso de transmisión de datos con el módulo Bluetooth.



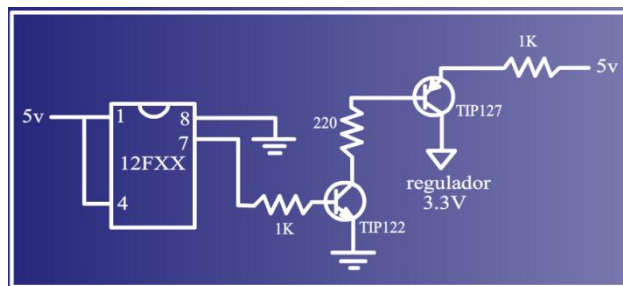
Fuente: Autor.

⁷⁹ Andreu, Joaquín. *Redes locales de datos (Redes locales)*. Editex, 2011.

La comunicación entre el microcontrolador y el módulo Bluetooth se realiza cada tres segundos, después de que se han adquirido los datos de los sensores y encendido o apagado los actuadores.

Con el fin de crear un sistema estable y confiable tolerante a fallas se ha creado un circuito externo el cual tiene la capacidad de realizar el reinicio de la unidad de control (Figura 3.20). El cual consta de un pic12f508⁸⁰. Este es un microcontrolador de 8 bits y 8 pines, cuenta con 6 pines de entrada/salida digital, funciona con un oscilador interno, aunque también se puede utilizar un cristal externo cuando se necesita demasiada precisión en los tiempo de reloj; este circuito integrado es el que habilita la alimentación del sistema, y está programado para que cada 4 minutos corte la alimentación, des-energizando el regulador de 3.3V y reiniciando todo el sistema, al hacer esto se evita que el módulo Bluetooth entre en estado de bajo consumo y al encontrarse sincronizados los dispositivos no es necesario realizar una nueva vinculación, generando solo un pequeño retardo en la lectura de los datos pero garantizando el correcto funcionamiento de la central.

Figura 3.20: Diseño del circuito necesario para reiniciar el microcontrolador.



Fuente: Autor.

Este retardo es de tres segundos tiempo que tarda el microcontrolador en reiniciarse y establecer comunicación con el módulo Bluetooth. Luego de esto el sistema vuelve a estabilizarse sincronizando los datos.

La tarjeta del módulo Bluetooth es independiente, funciona a 5 voltios, no pierde la alimentación ni la dirección del dispositivo inteligente con el que se encuentra vinculado y por lo tanto, no se presenta ningún problema en la comunicación, ni en la transmisión de datos.

3.4 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

La comunicación es el aspecto más importante y sensible de este proyecto, la forma de comunicación es innovadora y relativamente nueva. Se utilizan dispositivos que hasta hace algunos pocos años no existían, y se realizan

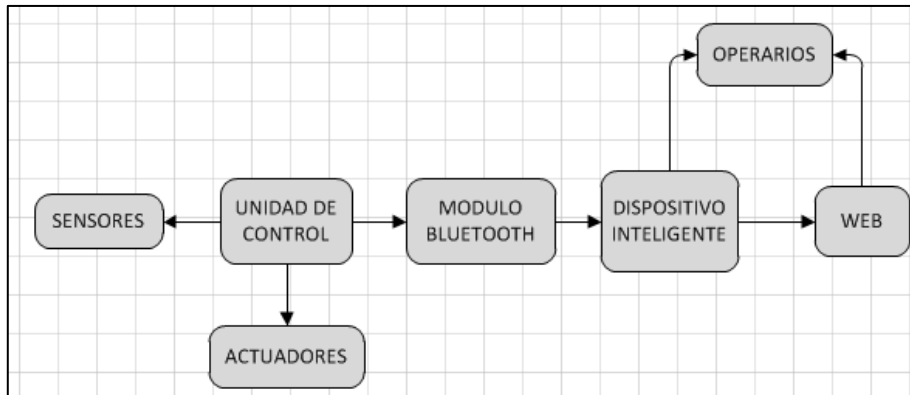
⁸⁰ Apéndice Datasheet 12F508.

aplicaciones para dispositivos móviles, algo que no era posible para la gente del común.

La tecnología ha evolucionado, trayendo consigo nuevas herramientas, de las cuales se puede sacar provecho para generar desarrollo en la región; el sistema de comunicación del proyecto está dividido en cinco partes:

- Comunicación de la unidad de control con los sensores.
- Comunicación de la unidad de control con los actuadores.
- Comunicación del módulo Bluetooth con la unidad de control y el dispositivo inteligente
- Comunicación del dispositivo inteligente con la web.
- Comunicación entre los dispositivos inteligentes la web y los operarios, estos sistemas y su relacionamiento se ven en la figura 3.21.

Figura 3.21: diagrama que describe la relación entre los diferentes sistemas del proyecto.



Fuente: Autor.

Las dos primeras formas de comunicación son tratadas en el capítulo anterior. Esta parte del capítulo estará enfocado en explicar cómo se realiza la comunicación entre la unidad de control y el módulo Bluetooth, el módulo Bluetooth y el dispositivo inteligente, y el dispositivo inteligente y la web.

3.4.1 COMUNICACIÓN ENTRE LA CENTRAL Y EL MÓDULO BLUETOOTH.

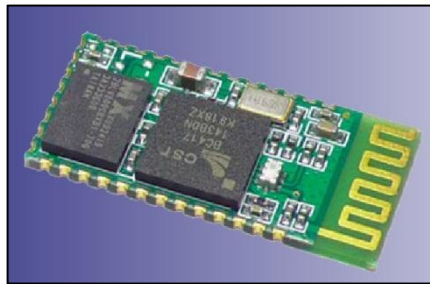
En el mercado existen módulos que transforman la comunicación de sistemas con cables como el serial, I2C, paralela y USB a un tipo de comunicación inalámbrica como la NFC (tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos) o la Bluetooth.

Teniendo en cuenta los criterios de selección como fiabilidad, precio y facilidad de adquisición, el proyecto utiliza módulo Bluetooth, ya que la mayoría de dispositivos inteligentes independientemente si son de gama media, baja o alta están

acondicionados para tener comunicación Bluetooth, mientras que solo los dispositivos más costosos de gama alta trabajan con tecnología NFC⁸¹.

Para la comunicación Bluetooth comercialmente existen varios módulos, los más conocidos son el RN41⁸² que tiene un alcance de 20m, RN42⁸³ con un alcance de 100m y el Bolutek BLK-BC04⁸⁴ el cual es compatible en pines y tecnología con el RN41. Debido a que el módulo para Bluetooth Bolutek tiene prestaciones altas a un costo reducido es seleccionado para el proyecto. El Bolutek es un módulo Bluetooth que se puede apreciar en la figura 3.22. Cuenta con antena integrada, su potencia de salida es de clase 2 (potencia de salida de hasta +6dBm), puerto de comunicación UART y USB, y voltaje de operación que va de 3.1V hasta 4.2V.

Figura 3.22: Módulo Bluetooth Bolutek BLK-BC04.



Fuente: Autor.

El módulo Bolutek Tiene la capacidad de comunicarse con dispositivos que cuenten con tecnología Bluetooth 2.0 o posteriores.

Aunque el módulo Bluetooth es un sistema embebido, es necesario hacer un circuito adicional de acondicionamiento para regular el voltaje, ver figura 3.23, se diseñó para este módulo un circuito impreso el cual limita el voltaje de entrada a 3.3V y adicionalmente cuenta con resistencias de protección en los pines de entrada y salida con el fin de garantizar un correcto funcionamiento y durabilidad.

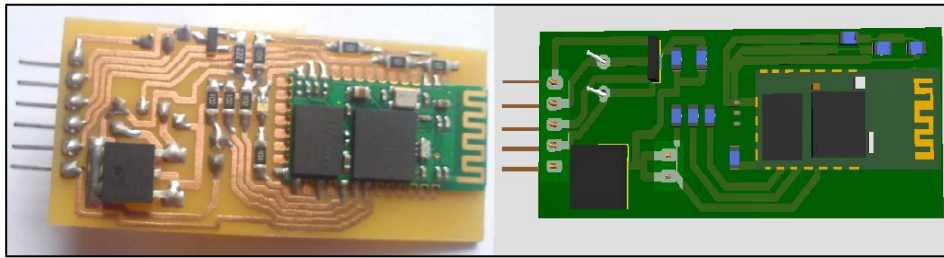
⁸¹ Oriz, Carolina. "Penetración de los Celulares de Alta Gama en Sectores Deprimidos de la Sociedad." 2014.

⁸² Apendice Datasheet RN41

⁸³ Apendice Datasheet RN42

⁸⁴ Apendice Datasheet Bolutek BLK-BC04

Figura 3.23: Módulo Bluetooth con circuito acondicionador.



Fuente: Autor.

El circuito fue diseñado para ser utilizado con comunicación serial, ya que esto posibilita su funcionamiento con otros microcontroladores sin importar su referencia⁸⁵, lo que no sucede con la comunicación USB la cual queda limitada a integrados con capacidad para manejar este protocolo, posee un regulador de 3.3V con el fin que sea energizado a 5V, esto lo hace compatible con microcontroladores que manejen niveles de voltaje TTL. Además al contar con un regulador independiente del resto del circuito se garantiza que no se pierda la comunicación por cortes en el suministro de corriente.

El circuito impreso permite la comunicación de la central con el módulo Bluetooth por medio de un bus de cuatro hilos: RX, TX, VCC, VSS. Dejando la comunicación USB de un lado para futuros proyectos.

3.4.1 COMUNICACIÓN ENTRE EL MÓDULO BLUETOOTH Y DISPOSITIVOS INTELIGENTES.

La incursión del sistema operativo android, el cual fue desarrollado para teléfonos celulares como SAMSUNG, ALCATEL o SONY, dio la posibilidad para gestionar aplicaciones propias, adecuarlas y mejorarlas según el criterio y preferencias del programador⁸⁶. Es posible manipular los sensores y actuadores de los dispositivos inteligentes. También es posible transferir datos entre dispositivos y ordenadores, y entre los dispositivos y páginas web.

Los dispositivos inteligentes cuentan con módulos Bluetooth, al igual que con los otros sensores se puede adquirir los datos de este y utilizarlos en beneficio propio. Al poder conectar el módulo con los microcontroladores y con dispositivos inteligentes como celulares y tabletas, se vuelve una gran herramienta de desarrollo, ya que es una excelente forma de manejar circuitos electrónicos de forma inalámbrica, con interfaz limpias y amables.

⁸⁵ Anexo 3(diseño de impresos de las PCB).

⁸⁶ Carli, Massimo. *Android 3: Guida per lo sviluppatore*. Apogeo Editore, 2011.

El módulo Bluetooth cuenta con las características propias de su protocolo, es necesario asignarle una dirección y un nombre, necesita ser vinculado, permiso para transferir datos y se debe asignar una contraseña para que la solicite a los dispositivos que le pidan vinculación.

Para lograr esto el dispositivo Bluetooth maneja comandos por medio de los cuales se le ingresa las variables necesarias para su funcionamiento, estos comandos se le pueden enviar desde la hyperterminal de un computador o desde el propio dispositivo inteligente, los comandos más relevantes que utiliza el módulo Bluetooth son:

- SN: se utiliza para darle un nombre al módulo, para esto se ingresa el comando SN seguido de una coma y el nombre que se le quiere asignar, por defecto el módulo está identificado con el nombre Bolutek. (Ejemplo: SN,módulo_UPTC).
- SU: este comando es utilizado para definir el Baud Rate, la velocidad en la que se transfieren los datos con el dispositivo, para ello solo se debe enviar el comando SU seguido de una coma y los dos primeros números de la velocidad requerida; el módulo puede trabajar con las siguientes velocidades de transmisión: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 20000, 28800, 38400, 57600, 115000, 230000, 460000 y 921000 baudios. (Ejemplo: SU, 96. Para transmitir datos a una velocidad de 9600 baudios).
- SP: este comando se usa para cambiar el código de seguridad del módulo, para esto se coloca el comando SP seguido de una coma y el nuevo código, este debe ser de 4 caracteres y pueden contener letras y números. Por defecto los módulos tienen como código de vinculación el numero 0000 o el numero 1234 (ejemplo: SP, 12ab),

Para realizar la conexión entre el módulo y el dispositivo inteligente estos ya deben estar vinculados con anterioridad, esto facilita el proceso de búsqueda y descubrimiento en las aplicaciones.

Por defecto el módulo Bluetooth está configurado como maestro, puede ser visto por todos los dispositivos con capacidad de comunicación Bluetooth, también tiene la posibilidad de comunicarse con otros módulos similares a él, para esto es necesario configurarlos uno como módulo maestro, el cual se puede comunicar con cualquier dispositivo Bluetooth y los otros como esclavos, los cuales solo reciben peticiones de módulo maestro.

3.5 SISTEMA DE POTENCIA

Ya que un microcontrolador no se encuentra diseñado para manejar cargas con gran consumo de potencia, es necesario adicionar al sistema una etapa de

potencia, la cual se encarga de manejar las señales pequeñas entregadas por la unidad de control y las convierte en señales capaces de hacer funcionar dispositivos de alta potencia.

La tarjeta de potencia fue diseñada con el fin de utilizar tres formas diferentes de amplificación para las señales, una es diseñada para manejar cargas DC, otra para cargas AC resistivas y el último fue diseñado para manejar cargas AC inductivas.

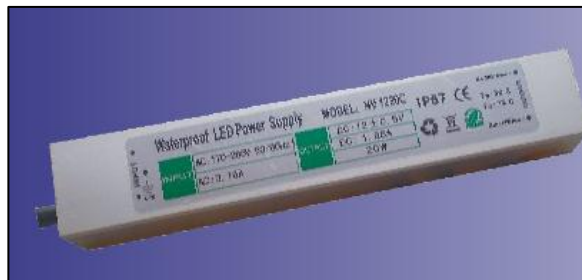
La tarjeta se separó de la unidad de control para dar al proyecto una mejor presentación, facilidad en la manipulación y facilidad de instalación. Al separar la unidad de control de la etapa de potencia, se da al proyecto la capacidad de manejar diferentes tipos de actuadores sin la necesidad de cambiar o realizar modificaciones en la unidad de control, basta con modificar la tarjeta de potencia para mejorar las características del proyecto.

La central se comunica con la tarjeta de potencia por medio de un bus de 8 líneas y conectores RJ-45⁸⁷; de esta forma, se puede energizar la central y recibir los datos de los 6 actuadores por un solo cables de datos. La tarjeta de potencia entrega a la unidad de control 12V, así se evitan problemas por caídas en el voltaje puesto que la central necesita solamente 5V para funcionar.

La tarjeta de potencia se alimenta con 120V AC para realizar la regulación del voltaje, la conversión de AC-DC y reducirlo de 120V a 12V se utiliza una fuente Waterproof 1220C⁸⁸ figura 3.24.

Esta fuente maneja frecuencias de 50 y 60 Hz, entrega $12V \pm 0.5V$, con una corriente de 1.66A, y una potencia de 20W, Esta es una fuente conmutada, por lo cual es económica, liviana y su regulación de voltaje es muy eficiente.

Figura 3.24: Fuente Waterproof 1220C.



Fuente: Autor.

⁸⁷ Apendice Datasheet RJ45

⁸⁸ Apendice Datasheet Waterproof 1220C

La señal que proviene de la unidad de control se ve atenuada por la distancia, esta atenuación es proporcional a lo largo del cable, por esto antes de trabajar con los pulsos de entrada, primero se hacen pasar por un buffer, se utiliza una compuerta 7414⁸⁹, la cual no solo mejora el nivel de voltaje del pulso, sino que lo pasa a niveles lógicos TTL y permite que se pueda trabajar con integrados que utilizan estos niveles de voltaje.

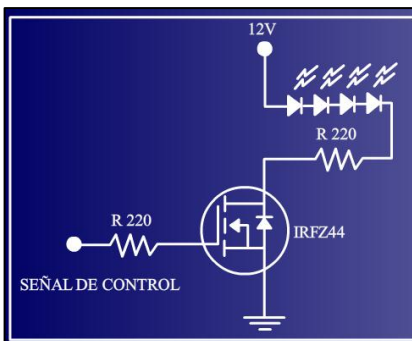
3.5.1 DRIVER DC

Para realizar el acondicionamiento DC se diseña un circuito utilizando un transistor IRFZ44⁹⁰, este transistor utiliza tecnología MOS_FET (Metal–Oxide–Semiconductor – Field Effect Transistor). Tiene la capacidad de manejar corrientes de hasta 50A, y es capaz de soportar una potencia cercana a los 45W.

La respuesta de los IRFZ44 es de 5.5ns esto los hace uno de los mejores transistores a la hora de trabajar cargas variadas o controladas por modulación de ancho de pulso PWM.

Los módulos de led son alimentados por el IRFZ44 el cual funciona como relé de estado sólido, dando paso a la corriente cuando recibe un pulso positivo de la unidad de control en la terminal de Gate o compuerta, la corriente que drena es de 140mA, se alimentan a 12V DC y tiene un consumo de potencia de 1.68W. El circuito utilizado para energizar las lámparas led se puede apreciar en la figura 3.25.

Figura 3.25: Circuito empleado para accionar las lámparas leds.



Fuete: Autor.

⁸⁹ Apéndice Datasheet compuerta 7414.

⁹⁰ Apéndice Datasheet IRFZ44.

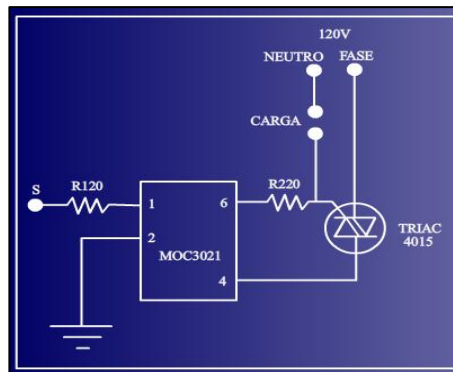
3.5.2 DRIVER AC PARA CARGAS RESISTIVAS.

Para controlar las resistencias encargadas de generar la humedad, se maneja un sistema de control AC, ya que estas funcionan con 120V AC no es posible controlarlas con transistores, en su lugar se utiliza el Triac Q4015⁹¹ de Mauser Electronics, está diseñado para soportar una corriente de 15A, se encuentra en encapsulado TO-220, la resistencia es alimentada a 120V (tensión nominal de la red), por ella pasa una corriente de 4A.

Manejar una carga tan grande directamente puede ocasionar problemas para la integridad de los circuitos que consumen menos corriente, están expuestos a entrar en corto o ser dañados por corrientes altas; esto hace necesario utilizar acoples ópticos entre la parte destinada a manejar alta potencia y la parte destinada a manejar potencias más bajas. Para realizar esto se utiliza un MOC 3021⁹², este integrado es un foto tiristor el cual puede manejar cargas de 240V Ac con corrientes de 3A.

La señal proveniente de la unidad de control es acondicionada con el buffer, entra al acople óptico MOC 3021, este acciona al triac Q4015, que es el encargado de energizar las resistencias con 120V AC, de esta forma se energiza la carga y se protege el resto del circuito. Este montaje se puede apreciar en la figura 3.26.

Figura 3.26: Circuito empleado para accionar el sistema de control de humedad.



Fuente: Autor.

3.5.3 DRIVER AC PARA CARGAS INDUCTIVAS.

Para realizar el control del sistema de temperatura se creó una bomba de aire caliente, este sistema está compuesto por una resistencia térmica similar a la utilizada en el sistema de control de humedad y un motor encargado de impulsar una turbina. Este motor funciona a 110V AC por lo cual genera en sus bobinas

⁹¹ Apéndice Datasheet Q4015

⁹² Apéndice Datasheet MOC 3021

internas cargas altamente inductivas las cuales pueden ocasionar daños por voltajes inversos a los circuitos encargados de controlarlos. Al tener dos cargas el sistema tiene una alta demanda de corriente, ya que el motor consume 10A y la resistencia tiene un consumo de 4A así, consume en total 14A.

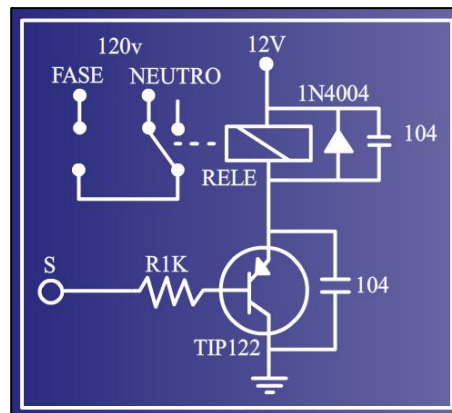
Figura 3.27: Relé BOSCH utilizado para manejar los actuadores de temperatura.



Fuente: Autor.

Para evitar daños en el circuito se optó por manejar las cargas con el uso de relés BOSCH364052⁹³, usados generalmente en automóviles. Su apariencia física se pueda ver en la figura 3.27. Estos cuentan con una gran fiabilidad, alta durabilidad y pueden soportar corrientes de hasta 80A, por lo tanto resultan lo suficientemente robustos para soportar los voltajes inversos generados por el motor. Los relés son activados mediante el uso de transistores TIP 122⁹⁴, y para ayudar al relé a soportar las cargas de voltaje inverso, se agrega un diodo 1N4004⁹⁵ como diodo de marcha libre, así como un condensador 104⁹⁶ para mejorar y estabilizar la señal, el circuito utilizado para activar el relé se puede apreciar en la gráfica 3.28.

Figura 3.28: Circuito empleado para accionar el sistema de temperatura.



Fuente: Autor.

⁹³ Apéndice Datasheet relé BOSCH364052

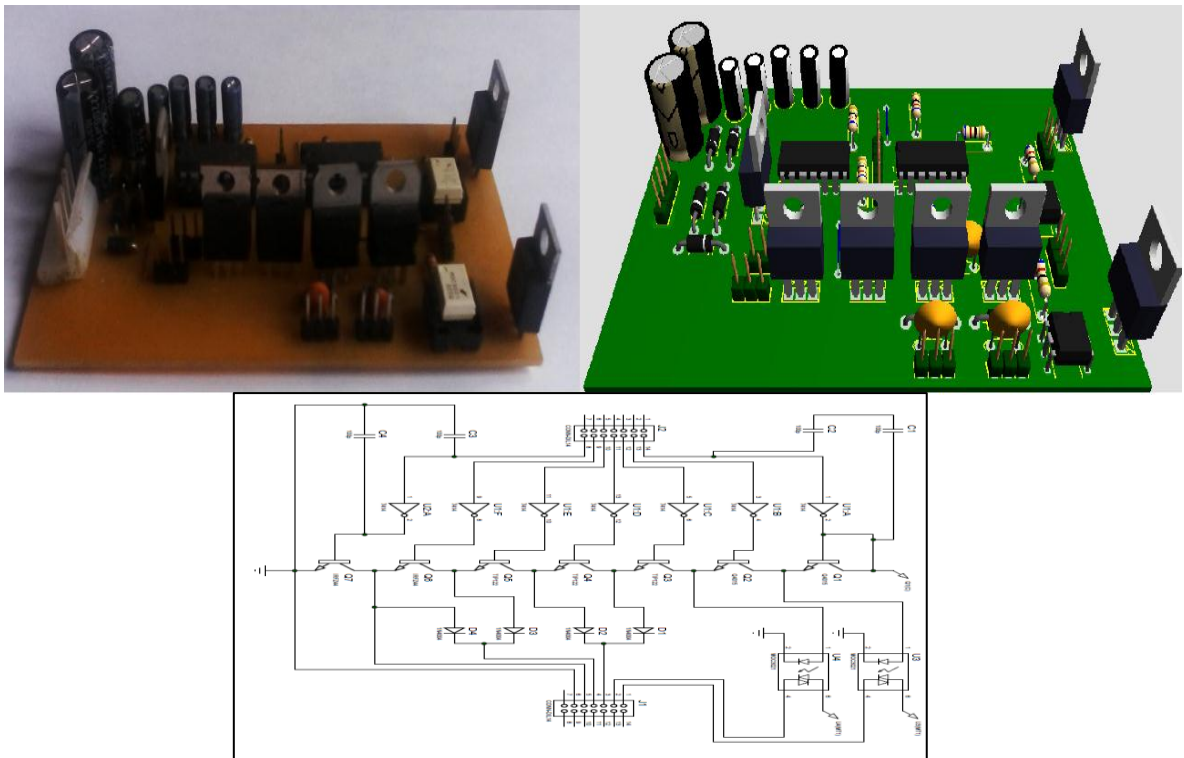
⁹⁴ Apéndice Datasheet TIP122.

⁹⁵ Apéndice Datasheet 1N4004

⁹⁶ Apéndice Datasheet condensador 104

Al reunir los tres diseños anteriormente descritos en una tarjeta se crea el sistema de potencia. Esta tarjeta es la encargada de realizar las acciones directamente sobre los actuadores y puede ser modificada para trabajos futuros o para utilizar actuadores más grandes en trabajo de campo reales. La tarjeta utilizada en el proyecto se puede apreciar en la figura 3.29.

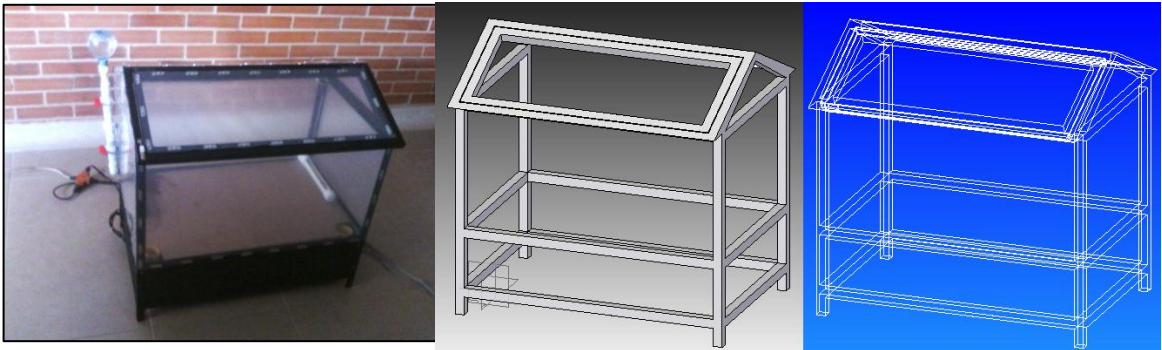
Figura 3.29: Placa para el sistema de potencia.



Fuente: Autor.

Todos los elementos nombrados en este capítulo, son reunidos y puestos en un invernadero ver figura 3.30, con el fin de mostrar su funcionamiento en grupo, como interactúan entre si y como regulan el clima en el interior de este, el invernadero consta de dos partes; la inferior en la cual se encuentra situado el sistema de potencia y los actuadores, y la parte superior en la cual se encuentran los sensores que conforman el sistema de control, monitoreo propuesto y las plantas.

Figura 3.30: Invernadero utilizado para las pruebas de la estación de monitoreo.



Fuente: Autor.

4. APLICACIÓN Y PLATAFORMA ANDROID

Las plataformas en las cuales se diseñan los sistemas operativos para dispositivos móviles han mejorado, y aunque todos tienen como base la programación en Java, tomaron caminos diferentes. Es así como IOS es el sistema operativo de los celulares y tabletas de Apple, Windows Mobile, es un sistema operativo para dispositivos móviles diseñado por Microsoft para celulares Nokia. BlackBerry es el sistema operativo para celulares y tabletas de la misma marca; Firefox es el sistema operativo para algunos celulares Alcatel y Firefox OS⁹⁷.

Uno de los sistemas operativos más importantes es el de Google. Este sistema operativo recibió el nombre de Android, fue creado teniendo como base el kernel de Linux. Y una política de apoyo global similar a la que se usa con el desarrollo de GNU/Linux; el sistema operativo ingreso con la incursión de una tienda electrónica que cuenta con infinidad de aplicaciones gratuitas, fue adoptado por una gran variedad de fabricantes de celulares como Sony, Alcatel Samsung, Avvio y Huawei. Compañías que cuentan con equipos de gama alta y baja; logrando así, que los dispositivos inteligentes fueran asequibles para casi cualquier persona independiente de su nivel social⁹⁸.

Android lanza en 2012 una plataforma de desarrollo de aplicaciones para sus dispositivos bajo el nombre de Basic4android, el cual recibe este nombre debido a que su interfaz y sintaxis de programación fue tomada de las plataformas de BASIC uno de los lenguajes más utilizados por los programadores⁹⁹, da la posibilidad de interactuar con casi cualquier sistema interno del celular, permite manejar todos los sensores, las bases de datos, la pantalla, la tarjeta de Wifi, el módulo Bluetooth y el módulo NFC si este lo tiene, permite también el envío de mensajería y la manipulación de la cámara¹⁰⁰.

La plataforma toma como base el SDK de Java, por esto es necesario tenerlo instalado en el equipo donde se desarrollaran las aplicaciones android, este SDK es un kit de desarrollo gratuito, cuenta con emuladores completos de celulares, simula los sensores y el sistema interno, se conecta con la tarjeta de wifi interna del computador y simula que es la tarjeta que se encuentra presente en el celular, lo mismo hace con el Bluetooth y otros periféricos del computador como el teclado y la cámara¹⁰¹.

⁹⁷ FIGUEREDO, Oscar Javier. "Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles. *ENTÉRESE BOLETIN CIENTÍFICO UNIVERSITARIO*. 2014.

⁹⁸ ARIMA, Katia. "Smartphone para todos." *Revista Info Exame, São Paulo* 293 2012.

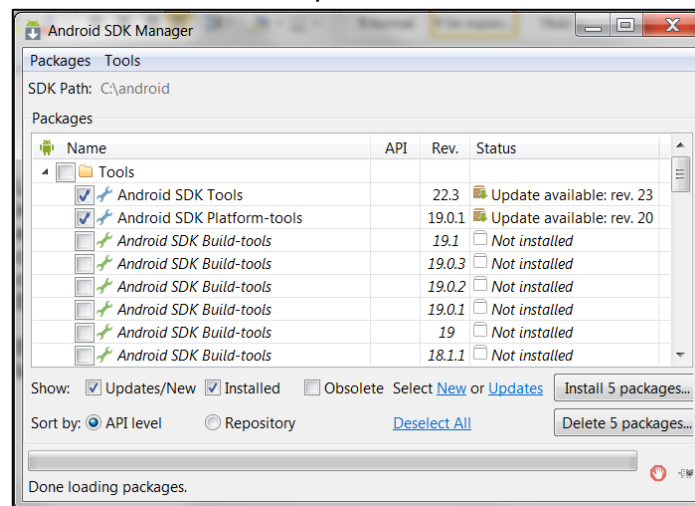
⁹⁹ Balena, Francesco, Jorge Rodríguez Vega, and Antonio Vaquero Sánchez. *Programación avanzada con Microsoft Visual Basic 6.0*. McGraw-Hill, 2000.

¹⁰⁰ Hernández, Ramón Ventura Roque, Eloy Negrete Hoz, and Juan Manuel Salinas Escandón. "aprendiendo a desarrollar aplicaciones para android con la metodología ágil scrum: un caso de estudio." 2012.

¹⁰¹ Horton, Ivor. "Beginning Java 2 SDK 1." 2010.

El SDK tool es distribuido de forma gratuita en la página oficial de java, así como las herramientas necesarias para que este funcione en el computador. En la figura 4.1 se aprecia la pantalla principal del kit de desarrollo que proporciona java. El SDK de java da la posibilidad de manejar emuladores de dispositivos inteligentes con sistema operativo Android desde su versión Eclair (2.0) en adelante.

Figura 4.1: Kit de desarrollo de Java para celulares.



Fuente: <https://www.java.com/es/download>.

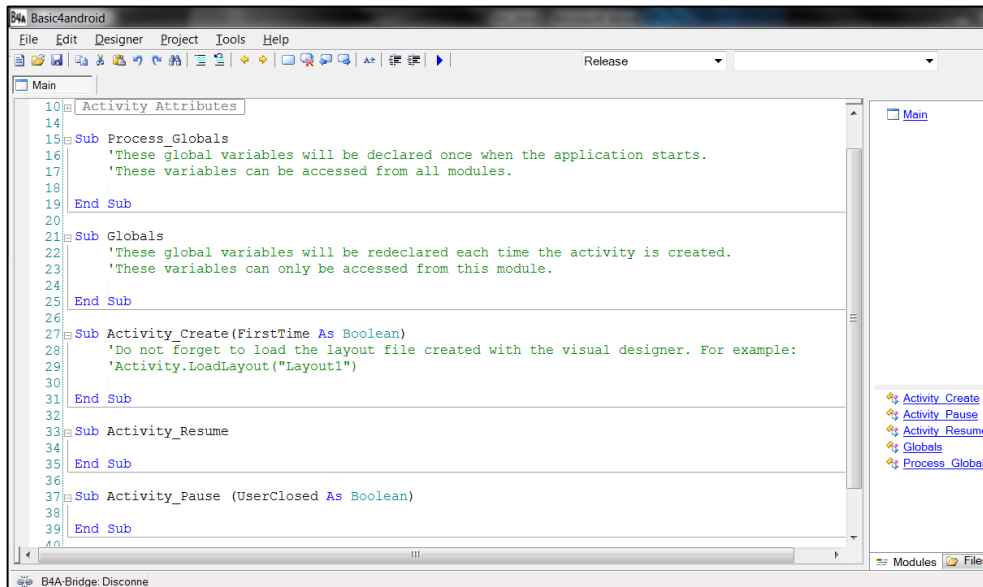
Basic4android cuenta con un grupo de bibliotecas que ayudan en el desarrollo de las aplicaciones, facilitan el uso de algunos módulos como el Bluetooth y hacen más corta la programación que se requiere en la aplicación, también facilita la forma en la que se pueden subir aplicaciones a la tienda de Google y da asesoría y respaldo para los nuevos desarrolladores¹⁰².

La plataforma DEMO de Basic4android se distribuye de manera gratuita en internet, esta cumple con las funciones necesarias para desarrollar aplicaciones sencillas, limita las funciones a una longitud de programa de 2000 líneas de código, y un máximo de 3 etiquetas (tres pantallas de programación diferentes por aplicación), también cuenta con un número muy limitado de bibliotecas y no permite subir aplicaciones a la tienda de Google directamente¹⁰³ la plataforma de desarrollo se puede apreciar en la figura 4.2.

¹⁰² Vladimirov, Andreas, and Angeliki Kokkinaki. "Design and development of school assets management system." *Information & Communication Technology Electronics & Microelectronics (MIPRO), 2013 36th International Convention on*. IEEE, 2013.

¹⁰³ <http://www.basic4ppc.com>

Figura 4.2: Plataforma de desarrollo Basic4android.



Fuente: Autor.

La plataforma Full de Basic4android tiene un costo de 160 000 pesos, con esto se autoriza la creación y distribución de aplicaciones para dispositivos Android tales como celulares, tabletas y televisores.

Para mejorar la comprensión del desarrollo de la aplicación se divide en 4 partes:

- Interfaz grafica
- Comunicación Bluetooth
- Transferencia de datos Bluetooth
- Envió de datos vía web.

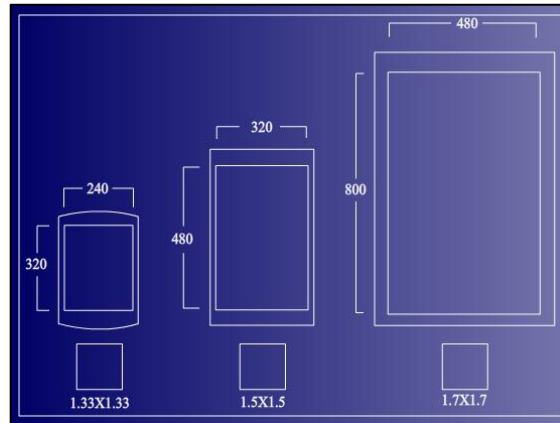
4.1 INTERFAZ GRÁFICA.

La aplicación fue creada para dispositivos con sistema operativo Android 2.0 o superiores, ya que las versiones anteriores no manejan interfaz gráfica con cambio de TabHost o pantallas, ni cuentan con un navegador lo suficientemente estable para realizar la aplicación.

En la creación de la interfaz gráfica para los dispositivos inteligentes, es necesario tener en cuenta la gran variedad de modelos que existen, ya que cuentan con diferencias muy significativas en el tamaño de la pantalla y en la resolución. Para solucionar este problema es necesario crear variables que remplacen los pixeles por valores numéricos generales; para dar un nuevo valor a lo ancho y alto de un pixel, se divide el total de alto en pixeles de la pantalla por el total de ancho,

esto da dos nuevos valores llamados ancho y alto, con estos nuevos valores se puede realizar aplicaciones para casi cualquier dispositivo Android independiente de su resolución.

Figura 4.3: Resolución en pixeles de las pantallas de algunos dispositivos Android.



Fuente: Autor.

Se puede apreciar en la figura 4.3 que la razón entre lo alto de la pantalla y lo ancho es aproximadamente de 1.5, esto da la posibilidad de crear aplicaciones para cualquier pantalla de dispositivo inteligente con muy pocas variaciones entre uno y otro en su apariencia.

La aplicación cuenta con 5 TabHost o pestañas principales; una encargada de gestionar los parámetros globales de la aplicación, tres para manejar los actuadores de humedad, temperatura y luminosidad; y una quinta para gestionar los parámetros individuales de la aplicación.

4.1.1 TabHost 1.

La primera pestaña muestra parámetros globales que gobiernan toda la aplicación; esta pantalla da a conocer el estado en el que se encuentra el cultivo, El estado de la conexión Bluetooth, la transferencia de datos a internet, la hora y la fecha del sistema.

También muestran el título del proyecto, los logos de la Escuela de Ingeniería Electrónica y el de la Universidad, la pantalla es adecuada para mantener el dispositivo en forma horizontal, por esta razón la aplicación ignora la auto rotación propia del dispositivo.

También ignora los modos de ahorro de energía del dispositivo, de lo contrario el celular entra en estado de bajo consumo en determinado tiempo, apaga la pantalla, desconecta el Bluetooth y apaga la Wifi, con lo cual la aplicación queda deshabilitada.

Figura 4.4: TabHost 1 de la aplicación para dispositivos inteligentes.



Fuente: Autor.

El nombre que recibe el TabHost 1 es INICIO figura 4.4, en esta pantalla también se establece la vinculación del dispositivo inteligente con el módulo Bluetooth. La información que entrega es de forma visual, da la siguiente forma:

Conexión Bluetooth: cuando el módulo se encuentra desconectado del dispositivo inteligente la pantalla muestra el logo de la comunicación Bluetooth acompañado de una X en color rojo, si la conexión se ha establecido con éxito el logo cambia para convertirse en una paloma de color verde como lo muestra la figura 4.5.

Figura 4.5: Logo de la aplicación, en estado de conexión y desconexión del módulo Bluetooth.



a) Bluetooth desconectado



b) Bluetooth conectado

Fuente: Autor.

La comunicación con internet se puede verificar con el recuadro que se encuentra ubicado en la parte inferior de la aplicación TX_RX, este cambia su color de gris a verde cada vez que recibe información de la red.

Cuando algún parámetro a monitorear por el proyecto sale de los parámetros establecidos toda la aplicación pasa a color rojo como señal de emergencia figura 4.6, envía un mensaje de texto a un número o números de teléfono celular establecidos con el fin de solucionar el problema puesto que la aplicación no lo puede hacer de forma automática.

Figura 4.6: TabHost de inicio en estado de emergencia.



Fuente: Autor.

4.1.2 TabHost 2,3 y 4

Estas tres pestañas están diseñadas de la misma forma, su fin es mostrar y graficar los valores leídos por los sensores, así como el estado en el que se encuentran los actuadores, dan información sobre la referencia y los límites que ha establecido el operario para su funcionamiento, las tres se pueden apreciar en la figura 4.7.

Figura 4.7: TabHost 2,3 y 4.



Fuente: Autor.

A cada una se le asigna un color para facilitar su identificación, la pantalla para humedad es amarilla, la de temperatura es azul y la de luz es verde. Al igual que el TabHost1 cuando alguna medida sale de sus parámetros establecidos la pantalla pasa a color rojo, indicando cual es el sensor que está entregando una lectura fuera de lo común.

En el centro del TabHost se encuentra el área disponible para los gráficos, en esta área se puede apreciar de forma visual el estado en el que se encuentran los sensores, los límites dados por el operario, en el lado izquierdo de los TabHost se observa la medida que entrega el sensor y el color que le corresponde a este en la gráfica.

Al lado derecho se puede ver el estado en el que se encuentran los actuadores, gris si se encuentran desactivados, y verde si se encuentran activados.

También se puede cambiar el estado de los actuadores desde la aplicación con dos botones que se encuentran en la parte derecha de cada TabHost, en la parte inferior derecha se muestra los límites que han sido entregados por el operario, así como el valor de la referencia que la aplicación debe seguir.

4.1.3 TabHost 5

La última pestaña se puede ver en la figura 4.8 la aplicación permite al usuario ingresar desde el dispositivo inteligente los límites con los que funciona el invernadero, puede ingresar el modo de funcionamiento al microcontrolador, si es manual, todos los actuadores se activan y desactivan según el criterio del operario, y si es automático el control lo toma el microcontrolador, activando y desactivando los actuadores según lo considere necesario.

Figura 4.8: TabHost 5.



Fuente: Autor.

Este TabHost cuenta con tres botones radiales para seleccionar la variable que queremos controlar, una caja de texto para introducir el valor de los límites y la referencia, tres botones para escoger el valor máximo permitido por la aplicación, el mínimo o la referencia, un botón para cambiar el modo de control de manual a automático, y cuenta con dos label o rótulos para informar el estado de control en el que se encuentra la aplicación.

4.2 COMUNICACIÓN BLUETOOTH

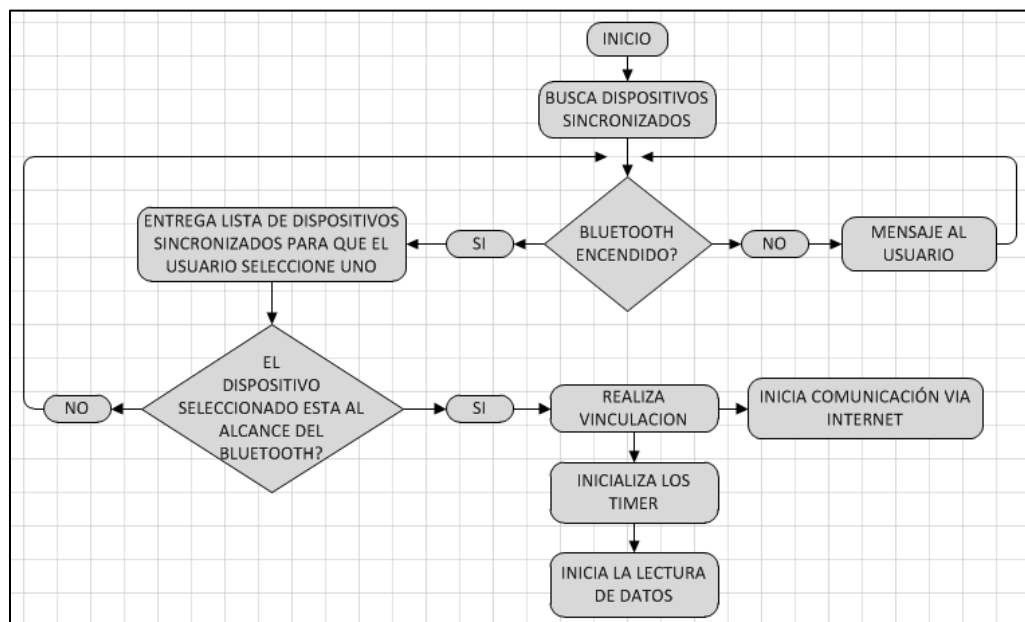
Esta es la comunicación que establece el dispositivo inteligente con el módulo Bluetooth, para que la aplicación este en la capacidad de realizar esta comunicación es necesario habilitar las siguientes bibliotecas en Basic4android:

- JSON: Gestiona protocolos de comunicación internos como el Bluetooth.
- Serial: Gestiona la comunicación serial.
- RandomAccessFile: Gestiona el acceso de diferentes dispositivos.

Para establecer comunicación entre el módulo Bluetooth y el dispositivo inteligente es necesario que estos estén vinculados con anterioridad, esto facilita la conexión interna de la aplicación ya que el proceso de descubrimiento y emparejamiento del dispositivo se omite; cuando la aplicación se inicia lo primero que hace es buscar en la base de datos interna del dispositivo, los módulos u otros dispositivos conectados, independientemente de si están o no dentro del rango de alcance, busca aquellos con los cuales se encuentra sincronización.

Al tener la lista de los dispositivos, la aplicación revisa la conexión Bluetooth para saber si este se encuentra activado o no, si no lo está, procede a enviar un mensaje al usuario para que habilite el Bluetooth. Este proceso se puede apreciar en la figura 4.9.

Figura 4.9: Diagrama que describe el proceso utilizado para establecer la comunicación Bluetooth.



Fuente: Autor.

Para establecer la conexión Bluetooth, la aplicación cuenta con los siguientes sub procesos:

- mnConnect: Es el encargado de gestionar los dispositivos conectados.

- Serila_Connected: Inicia el emparejamiento con el módulo Bluetooth y adicional a estos se respalda en otro llamado Activity_Pause el cual está examinando constantemente la comunicación entre los dos dispositivos.

Luego de estar habilitado el Bluetooth la aplicación espera a que el operario seleccione cual es el dispositivo con el que desea realizar la conexión, si este no se encuentra dentro del rango de alcance la aplicación envía un mensaje en el que avisa que el proceso de descubrimiento y conexión no se pudo realizar, en caso contrario establece comunicación con el dispositivo habilitando los temporizadores internos de la aplicación, habilita la conexión con internet y comienza la lectura de datos.

Dentro de la aplicación existe un proceso de pausa, a la cual entra el dispositivo cada vez que se han realizados todos los subprocesos; dentro de este proceso la aplicación revisa si el dispositivo Bluetooth con el que se ha establecido comunicación sigue conectado y dentro del rango, si no, envía un nuevo mensaje de error en el que informa al operario que se ha perdido la sincronización de los dispositivos y para el funcionamiento de la aplicación.

4.3 TRANSFERENCIA DE DATOS BLUETOOTH.

Para realizar la lectura de datos, la aplicación cuenta con los siguientes sub procesos:

- Asteam_NewData: Se encarga de recibir los datos y los guarda en la memoria del dispositivo hasta que sean requeridos por la aplicación.
- Astream_Error: Se activa cuando el dato enviado no se ha podido leer satisfactoriamente.
- Hc_ResponseSuccesss: Se encarga de enviar al módulo Bluetooth datos provenientes de internet.
- Hc_responseError: Este subproceso se activa cuando no se ha enviado satisfactoriamente los datos al módulo Bluetooth.

El proceso de transferencia de datos entre el módulo Bluetooth y el dispositivo inteligente ocurre cada tres segundos, ya que es necesario esperar que el microcontrolador lea y acondicione las señales recibidas por los sensores. El proceso inicia limpiando las variables en las que se guarda la información proveniente del módulo Bluetooth, luego revisa en la memoria interna del dispositivo los datos guardados con el fin de asignarlos a las variables de la aplicación. El módulo Bluetooth envía datos con un protocolo serial, se le asigna a

cada sensor un valor de identificación el cual es sumado al valor enviado para saber de dónde proviene, este sistema funciona de la siguiente manera:

Si el dato recibido se encuentra entre 1000 decimal y 1100 decimal proviene del primer sensor, si el dato se encuentra entre 2000 decimal y 2100 decimal proviene del segundo sensor, en la tabla 4.1 se aprecia los valores asignados a cada sensor para ser entregados por la aplicación.

Tabla 4.1: Valores asignados a cada sensor.

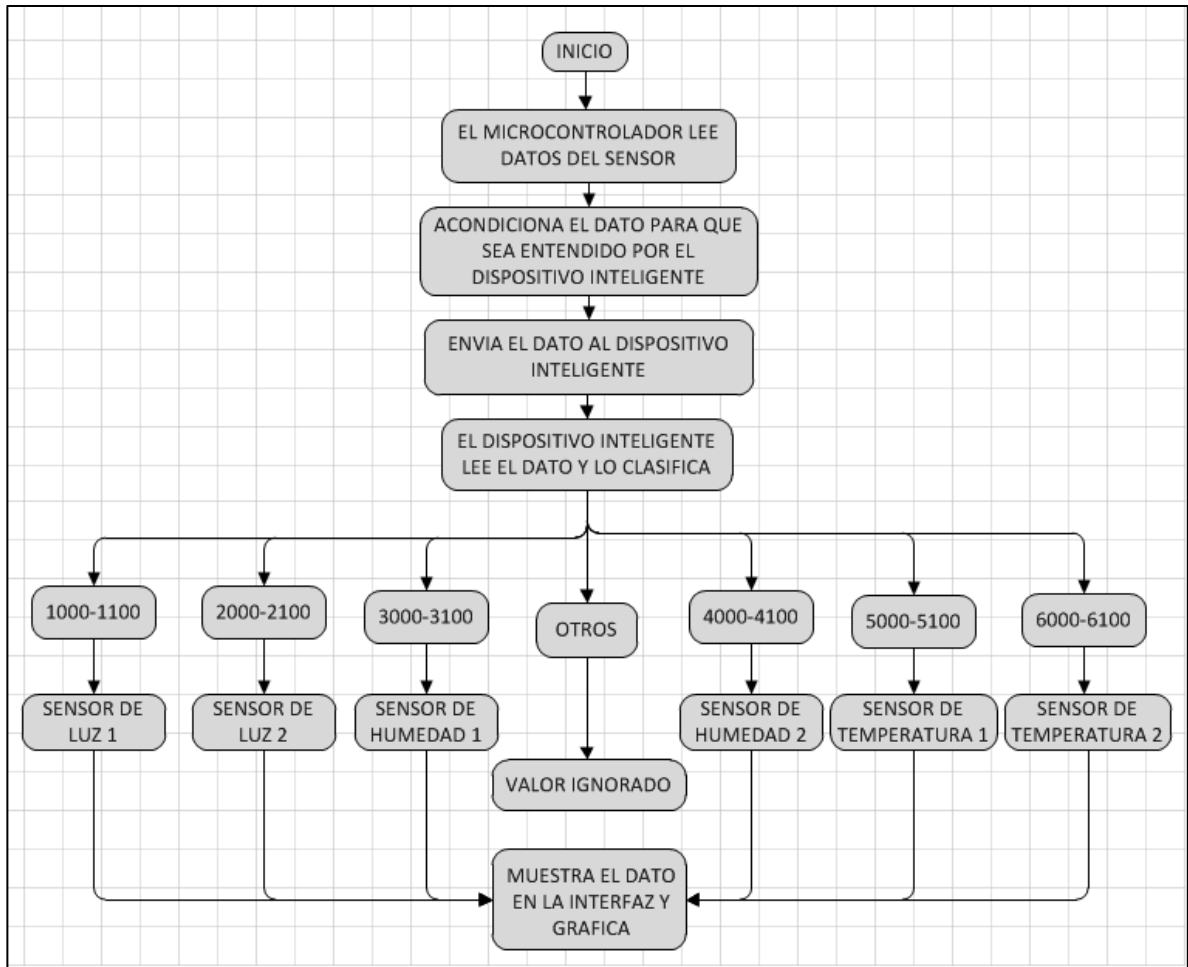
VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	SENSOR ASIGNADO
1000	1100	LUZ_1
2000	2100	LUZ_2
3000	3100	HUMEDAD_1
4000	4100	HUMEDAD_2
5000	5100	TEMPERATURA_1
6000	6100	TEMPERATURA_2

Fuente: Autor.

Si el valor enviado por módulo Bluetooth no se encuentra dentro de los rangos establecidos es desechado, ya que lo más probable es que se genere por un error en la lectura o un error en la comunicación.

Si el valor enviado por los sensores no se encuentra dentro de los rangos determinados y no es desechado, es posible que la aplicación se bloquee, ya que al realizar el acondicionamiento de la señal se generan divisiones que no se pueden realizar por el microcontrolador y este entra en un bucle infinito del cual solo puede salir mediante un reinicio del sistema. La figura 4.10 describe la forma en la que el módulo Bluetooth y el dispositivo inteligente realizan la comunicación para transferir datos.

Figura 4.10: Diagrama que describe el proceso de transmisión de datos del módulo Bluetooth al dispositivo inteligente.



Fuente: Autor.

4.4 TRANSFERENCIA DE DATOS A LA RED

Para establecer comunicación del dispositivo inteligente con la red, es necesario que este tenga habilitada la tarjeta de red inalámbrica wifi o la transferencia de datos; es necesario cargar al programa de basic4android las siguientes librerías:

- SQL: permite la gestión de datos del dispositivo inteligente.
- HTTP: Permite al dispositivo inteligente transmisión de datos usando este protocolo de comunicación.

Http es el protocolo utilizado para la transferencia de datos con la web, ya que este define la sintaxis y la semántica necesaria para la comunicación¹⁰⁴.

¹⁰⁴ Senn, James A. *Análisis y Diseño de sistemas*. Mc Graw Hill, México, 1996.

Los subprocesos que se utilizan en el código para establecer la transferencia de datos son:

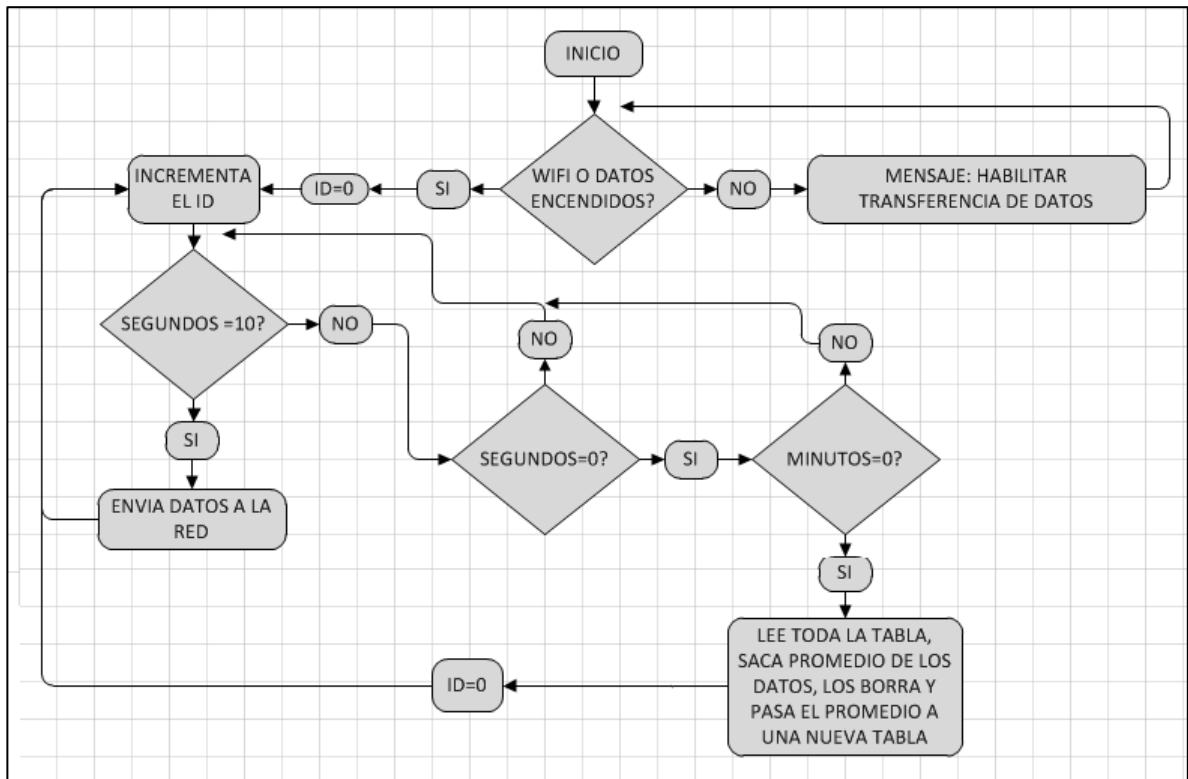
- `Buscar_lista`: se comunica con la base de datos que se encuentra en la web y selecciona la lista de datos que se va a modificar, estas listas contienen el estado de los sensores, actuadores y la aplicación.
- `INSERT_INT0`: Este subproceso es el encargado de ingresar valores a la base de datos que se encuentra en la web.
- `DELET_INT0`: Este subproceso es el encargado de borrar valores de la base de datos que se encuentra en la web.
- `TIMER1_TICK`: Establece los tiempos para habilitar los procesos de la aplicación.

Aunque el dispositivo inteligente está recibiendo y graficando datos cada 3 segundos, la comunicación con la red se establece cada minuto ya que por cuestión de costos y demora en la carga de las páginas web, sería ineficiente mandar datos con lapsos de menor tiempo.

Mandar datos en tiempos más cortos ocasiona un colapso en la página web, ya que esta tiene que gestionar un mayor número de información, información que termina siendo innecesaria ya que las variables que se monitorean en el invernadero no cambian abruptamente ni en tiempos cortos.

La aplicación es gobernada por un temporizador interno, cada 300ms revisa la hora del sistema y basado en esta, toma decisiones de las acciones a seguir. La aplicación toma la información de la hora y fecha del sistema, cuando los segundos de la hora termina en Diez la aplicación envía los datos que ha leído de los sensores a la red, y cuando los segundos de la hora terminan en cero y los minutos de la hora terminan en cero, hace un barrido en la tabla de datos por minuto, realiza una suma de todos los datos y divide por el número de datos que ha enviado con el fin promediarlos, luego vacía la tabla donde guarda los datos cada minuto para un nuevo llenado, el promedio lo envía a una nueva tabla en la que se registran los promedios por hora. Para saber cuántos datos envió la aplicación a la tabla de datos por minuto utiliza un id el cual se incrementa con cada dato y se reinicia al cumplirse la hora. Este proceso se describe en la figura 4.11.

Figura 4.11: Diagrama que describe el proceso de transmisión de datos del dispositivo inteligente a internet.



Fuente: Autor.

El dispositivo está enviando datos cada minuto a la web, y recibe datos de la web cada 3 segundos con el fin de mantener actualizado el estado de los actuadores y los límites de la aplicación cuando son modificados, cada vez que se enciende un actuador desde el dispositivo inteligente, o se modifica la referencia o valores límite, este actualiza los registro de la base de datos para mantener la página de internet actualizada.

5. PLATAFORMA EN INTERNET

Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única, de alcance mundial¹⁰⁵.

En la nube se puede encontrar una gran variedad de sitios gratuitos y de paga encargados de gestionar bases de datos y de prestar servicios de Hosting. Un Hosting es un servicio que provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía web¹⁰⁶.

Se puede definir como "un lugar para tu página web o correos electrónicos", aunque esta definición simplifica de manera conceptual el hecho de que el alojamiento web es en realidad un espacio en Internet para prácticamente cualquier tipo de información, sea archivos, sistemas, correos electrónicos, videos etc¹⁰⁷.

Para la elaboración de este proyecto ha sido necesario crear una página web, esta página permite al usuario manejar desde cualquier lugar con acceso a internet las variables y verificar el estado de los actuadores del invernadero, la página web se debe respaldar en una base de datos, la cual se encuentra en la nube, por esta razón este capítulo se está dividido en dos partes, una para explicar cómo se gestiona la base de datos y otro para explicar cómo se realiza la página web.

El servicio de hosting y base de datos es prestado por Byethost, su página principal se puede apreciar en la figura 5.1, esta es una compañía que ofrece servicios web que incluyen recursos de comunicación, foros, servicios comerciales, servicios de búsqueda, alojamiento web y bases de datos; presta servicio de tutorías y entregan herramientas de aprendizaje a sus usuarios¹⁰⁸. Byethost se encuentra en la red de forma gratuita y de forma paga. Para los servicios gratuitos tiene un límite de 2000 visitas diarias, así como un máximo de 5 bases de datos. En cada base de datos es posible crear hasta 100 tablas, y cada tabla puede almacenar hasta 20000 celdas, limita los dominios web a 2, y el

¹⁰⁵ Espinoza, Antachoque, and Ernesto Alonso. "Diseño de una red inalámbrica de sensores para monitorear un cultivo de plátanos en el distrito de Mala." 2011.

¹⁰⁶ Leighton, F. Thomson, and Daniel M. Lewin. "Global hosting system. 2000.

¹⁰⁷ Guanin Mena, Byron Mauricio, and Miguel David Mediavilla Yandún. *Estudio diseño e implementación de un portal web dinámico para la comercialización de boletos para rutas y frecuencias de cooperativas Interprovinciales de transporte terrestre en el País*. Diss. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones., 2014.

¹⁰⁸ <http://www.byethost.com>.

nombre de estos no pueden ser escogidos al azar, sino que mantienen la extensión “.byethost.com”¹⁰⁹.

Para el servicio pago, Byethost cuenta con un máximo de 25 bases de datos las cuales tienen la misma capacidad de tablas y de celdas por tabla que el servicio gratuito, se pueden crear hasta 10 dominios web diferentes, y el nombre de estos no tiene restricciones¹¹⁰.

Mantener un dominio en internet de forma paga en los servidores de byethost cuesta 350 mil pesos anuales, por esta razón para el proyecto se decidió trabajar con un hosting gratuito ya que presta los servicios necesarios y es lo suficientemente bueno para soportar la cantidad de datos que se generan.

Figura 5.1: Página principal de Byetosht.



Fuente: <http://cpanel.byethost.com>.

Para tener un servicio de hosting gratuito es necesario tener un correo en internet y garantizar la recepción de al menos un 1% de visitas diarias en el sitio cada tres meses, esto es 20 visitas en tres meses como mínimo. Si esto no se cumple byethost puede cerrar el sitio web¹¹¹.

¹⁰⁹ <http://www.byethost.com/free-hosting>.

¹¹⁰ <http://www.byethost.com/paid-hosting>.

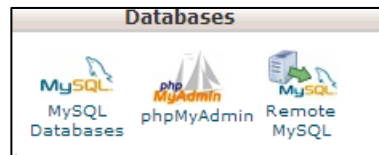
¹¹¹ <http://www.byethost.com/condiciones-de-uso>.

5.1 BASE DE DATOS EN LA WEB.

Para gestionar una base de datos en la web se utiliza el sistema de gestión de datos MySQL¹¹², este es un sistema de base de datos relacional, multihilo y multiusuario, la que se utiliza en el proyecto se encuentra gestionada por apache (servidor gratuito de código abierto), donde el software es desarrollado por una comunidad publica y los derechos de autor del código están en poder del autor individual¹¹³.

El dispositivo inteligente que se encuentra en el invernadero no se comunica directamente con la página web, sino que al igual que lo hacen servicios de transmisión de datos como Facebook, Twitter y Youtube, establece comunicación con una base de datos en la figura 5.2 se pueden apreciar los tres servicios que presta Byethost para gestionar bases de datos.

Figura 5.2: Ingreso a la base de datos de Byethost.



Fuente: <http://cpanel.byethost.com>.

Para gestionar las bases de datos Byethost cuenta con tres servicios:

- MySQL Databases: Es el lugar donde se crea la base de datos, se le asigna un nombre y los parámetros necesarios para transferir información, se ingresa un número de tablas a utilizar y el nombre de cada una, además también es necesario crear una contraseña para impedir que terceros manipulen los datos.
- phpMyAdmin: Aquí se gestionan los datos en protocolo php para que estos puedan ser incorporados directamente en un documento HTML. Este es el lugar en el que se introducen los parámetros de las tablas como número de filias, número de columnas y nombres de estas.
- Remote MySQL: en este lugar se encuentran todos los parámetros de identificación de la cuenta y base de datos para poder acceder de forma remota.

Para la aplicación se crea una base de datos la cual contiene tres tablas; una encargada de almacenar los datos que le entrega cada minuto la aplicación del

¹¹² Gilfillan, Ian. *MySQL*. 2003.

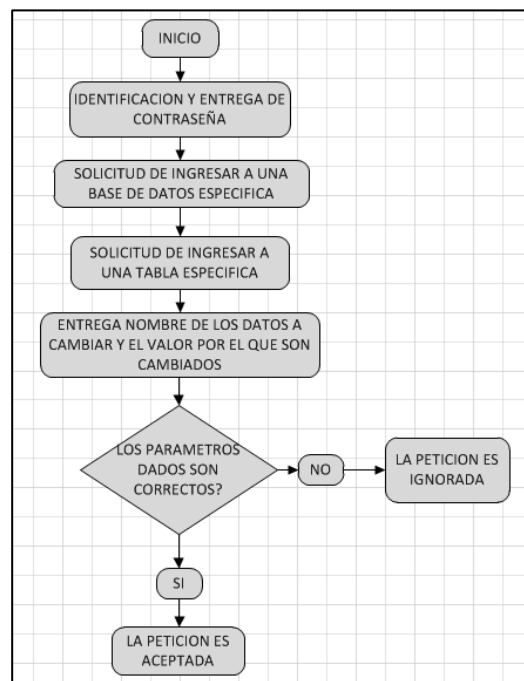
¹¹³ Bowen, Rich, and Ken Cora. *Servidor Apache al descubierto*. Prentice Hall, 2000.

dispositivo inteligente, otra encarga de guardar los datos promedio generados cada hora, y la última gestiona el estado de los sensores, si están activados o desactivados los actuadores, y si el control del invernadero se encuentra en manual o automático.

Para acceder a la base de datos, el dispositivo inteligente tiene que ingresar a la dirección del servidor, luego identificarse y entregar la contraseña de la base de datos, necesita dar el nombre y el valor de la tabla que quiere modificar, si todos los parámetros se encuentran en orden se realiza la acción pero si falta alguno o existen inconsistencias, la solicitud es negada.

Cuando la solicitud es negada se puede generar un error en el dispositivo inteligente, y es muy probable que se bloquee, por esta razón es necesario colocar códigos de prueba en la aplicación del dispositivo, estos códigos de prueba funcionan con los comandos “try” y “catch”, envían un dato y si hay respuesta del servidor lo validan y si se genera error, lo ignoran tal como lo describe la figura 5.3.

Figura 5.3: Diagrama que describe el proceso de validación e incursión de un dato en la base de datos.



Fuente: Autor.

Finalizando esta sección es oportuno aclarar que en la actualidad existen compañías de telefonía móvil, que suministran servicio de paquetes de datos a costos moderados, estos dan la capacidad de realizar el monitoreo de los cultivos en lugares donde no se cuenta con acceso a internet, estos planes de datos se

pueden comprar por horas días y semanas, siendo así más factible el uso de estos¹¹⁴.

Lamentablemente, Colombia es uno de los países que cuenta con menor cobertura en su territorio a diferencia de países como España y México donde la cobertura se encuentra en casi el 90% del país, o estados unidos que cuenta con una cobertura del 96% de su territorio¹¹⁵.

En Colombia la infraestructura de telefonía móvil se encuentra atrasada, según el Ministerio de Comunicaciones de Colombia un alto porcentaje del país no cuenta con cobertura y esto es una limitante para el proyecto, en la actualidad solo un 30% del país tiene una cobertura optima (figura 5.4), el gobierno en un anhelo por impulsar las nuevas tecnologías a focalizando su atención en estas zonas sin cobertura en su mayoría rurales, con la promesa de vincularlas, tecnificarlas y relacionarlas con las nuevas tecnologías de la información y comunicación TIC¹¹⁶. Esto da la posibilidad de que el proyecto un día pueda ser utilizado en cualquier parte del país, a precios bajos y con una alta confiabilidad.

Figura 5.4: Mapa de cobertura internet y móvil en Colombia 2013.



Fuente: www.portafolio.co/economia/lineas-celulares-colombia-2013

¹¹⁴ <http://www.portafolio.co/economia/telefonía-movil-colombia>

¹¹⁵ *Redes inalámbricas en los países en desarrollo: Una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo.* 2011.

¹¹⁶ Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones de Colombia. 2014.

5.2 PAGINA WEB

Una página web o página electrónica, es un documento de información electrónica capaz de contener texto, sonido, vídeo, programas, enlaces, imágenes, y muchos otros elementos, adaptada para la World Wide Web, y que puede ser accedida mediante un navegador¹¹⁷.

La página web es la encargada de mostrar los datos con el fin de realizar un monitoreo y control del invernadero sin importar el lugar donde se encuentre, se puede acceder a ella desde cualquier dispositivo inteligente o un computador con conexión a internet.

Para tener la página en internet es necesario tener primero un dominio en la web, gracias a Byethost se puede acceder a un dominio gratuito en la nube, debido a que el servicio utilizado no es de pago el nombre es acondicionado al dominio que se ha entregado en los servidores, para el proyecto el dominio asignado fue <http://juank2803.byethost14.com>.

A esta dirección se sube la página web para que sea vista por cualquier persona que tenga acceso a internet. Para el proyecto se ha creado una página HTML¹¹⁸ dinámica (estándar para páginas de lenguaje de hipertexto), ya que esta contiene Script (archivos de procesamiento por lotes, los cuales son utilizados para cambiar componentes de la página como imágenes, gráficas y tablas).

Las páginas web son creadas mediante un lenguaje de programación llamado PHP¹¹⁹, diseñado para el desarrollo web, este código se puede incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar archivos externos que procesen los datos, el código es interpretado directamente en los servidores y así genera un contenido web. Se considera uno de los lenguajes más flexibles, potentes y de alto rendimiento conocidos. Lo que ha atraído el interés de múltiples sitios con gran demanda de tráfico de datos como Facebook¹²⁰.

El hecho de que se pueda incorporar directamente el código implica que no sea necesario programas adicionales o que depuren el código para que este se interpretado por los servidores, para acceder al código HTML de cualquier página solo basta con ingresar al dominio web con el navegador, dar clic derecho en una parte vacía y escoger la opción “ver código fuente de la página”.

¹¹⁷ Borja, J. *Páginas Web: Wordpress y Joomla*. J. Borja, 2014.

¹¹⁸ Raggett, Dave, Arnaud Le Hors, and Ian Jacobs. "HTML 4.01 y sus especificaciones." *W3C recommendation* 24 1999.

¹¹⁹ Anexo 3 (código PHP utilizado para la creación de la página web)

¹²⁰ Cobo, Ángel. *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web*. Ediciones Díaz de Santos, 2010.

Al igual que la aplicación para dispositivos inteligentes, la página web se divide en 5 pestañas, una de inicio, otras tres para gestionar los tipos de actuadores y ver la información de los sensores, y una última para ver las tablas de datos generadas por la aplicación.

Sin embargo, las 5 pestañas tiene algunas cosas en común, estas son el título del proyecto, el cual se encuentra situado en la parte superior acompañado del logo de la universidad y el logo de la Escuela de Ingeniería Electrónica, en la parte izquierda se puede leer la misión que tiene la escuela de ingeniería electrónica, y los botones de acceso a las otras pestañas o páginas, en la parte inferior se encuentra nuevamente el título del proyecto y el nombre del diseñador.

5.2.1 PAGINA DE INICIO

Esta es la página principal del dominio web, al ingresar se aprecia una serie de imágenes de los campos boyacenses figura 5.5. El texto que contiene la página de inicio es parte de la introducción de este documento, fue puesto con el fin de incentivar a las personas que ingresen a la página a pensar en la posibilidad de crear desarrollos tecnológicos que ayuden y faciliten el trabajo en el campo.

Figura 5.5: Página de inicio en el servidor web.



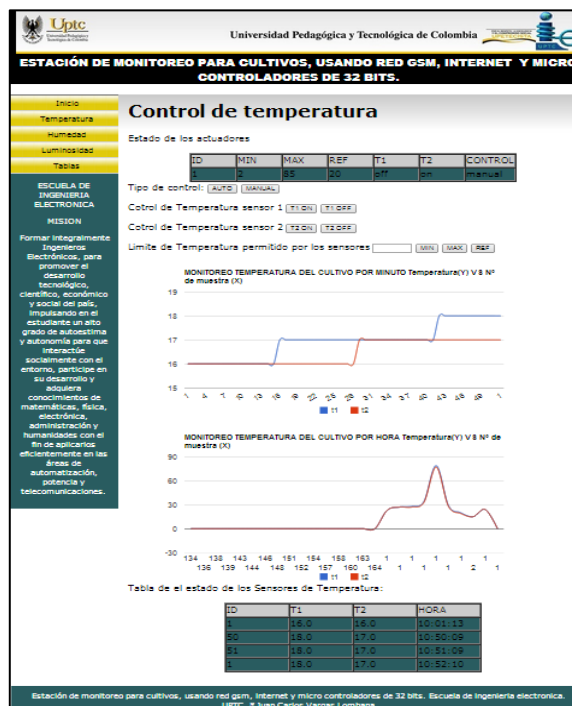
Fuente: Autor.

Para realizar el cambio en las imágenes de la página de inicio, se utiliza el servicio gratuito que presta Google llamado Picasa, este es un servicio de imágenes web, se crea un álbum subiendo las imágenes a mostrar, y Picasa entrega el código PHP el cual se carga en la página web¹²¹.

5.2.2 PÁGINAS PARA LA VISUALIZACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES

Para realizar el control de los actuadores y la visualización del estado de los sensores se crean tres pestañas adicionales en la página web figura 5.6, estas mantienen el mismo formato de la página de inicio, pero contienen dos tablas, 9 botones, una caja de texto y dos espacios para graficar los datos recibidos.

Figura 5.6: Pestañas para gestionar el proyecto vía web.



Fuente: Autor.

En la primera tabla (figura 5.7) se encuentra el estado de cada sensor. Dependiendo de la pestaña, el estado en el que se encuentran los actuadores (si se encuentran activados o desactivados), la forma de control en la que se encuentra el invernadero (manual o automático), y los valores de funcionamiento suministrados por el operario.

¹²¹ www.picasaweb.google.com

Figura 5.7: Tabla de estado en la plataforma web.

ID	MIN	MAX	REF	T1	T2	CONTROL
1	2	85	20	off	on	manual

Fuente: Autor.

Los botones presentes en cada pestaña están diseñados para activar o desactivar los actuadores, ingresar los valores de los límites, la referencia con la que trabajan, y para cambiar el tipo de control del proyecto de automático a manual.

Cada pestaña cuenta con dos gráficas, en una se visualiza los valores entregados por la aplicación cada minuto con el fin de conocer el comportamiento en tiempo real del proyecto, y en la segunda se visualizan los datos promedios entregados cada hora por la aplicación, esto para apreciar el comportamiento del cultivo en un lapso de tiempo más largo, al final de la pestaña se observa una tabla la cual muestra los datos adquiridos por el sistema de monitoreo cada minuto, estos son los datos visualizados en la primera gráfica.

5.2.3 PAGINA DE TABLAS

La última pestaña o página entrega las tablas unificadas (figura 5.8), una que contiene los datos entregados por los sensores cada minuto y otra tabla que contiene la recopilación de los datos por hora. La segunda tabla entrega estos datos y adicionalmente la hora en que fueron promediados y la fecha, con el fin poder realizar estudios del comportamiento climático posteriormente.

Figura 5.8: Pestaña de tablas.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

ESTACIÓN DE MONITOREO PARA CULTIVOS, USANDO RED GSM, INTERNET Y MICRO CONTROLADORES DE 32 BITS.

Inicio
Temperatura
Humedad
Luminosidad

Tablas de datos

Tabla general de datos por minuto

ID	T1	T2	H1	H2	L1	L2	HORA
1	16.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:01:13
2	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:02:08
3	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:03:10
4	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:04:10
5	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:05:10
6	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:06:09
7	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:07:10
8	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:08:10
9	16.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:09:10
10	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:10:08
11	16.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:11:08
12	16.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:12:09
13	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:13:10
14	16.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:14:10
15	16.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:15:09
16	17.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:16:08
17	17.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:17:10
18	17.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:18:10
19	17.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:19:10
20	17.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:20:08
21	17.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:21:08
22	17.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:22:08
23	17.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:23:10
24	17.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:24:10
25	17.0	16.0	19.0	19.0	7.0	10.0	10:25:10
26	17.0	16.0	19.0	19.0	8.0	10.0	10:26:08

Tabla general de datos por hora

ID	T1	T2	H1	H2	L1	L2	HORA	FECHA
134	0	0	0	0	0	0	13:04:08	08/30/2014
135	0	0	0	0	0	0	13:04:08	08/30/2014
136	0	0	0	0	0	0	13:04:07	08/30/2014
137	0	0	0	0	0	0	13:04:07	08/30/2014
138	0	0	0	0	0	0	13:04:07	08/30/2014
139	0	0	0	0	0	0	13:04:07	08/30/2014
140	0	0	0	0	0	0	13:04:07	08/30/2014
141	0	0	0	0	0	0	13:04:08	08/30/2014

Estación de monitoreo para cultivos, usando red gsm, internet y micro controladores de 32 bits. Escuela de Ingeniería electrónica. UPIC. - Juan Carlos Vargas Lombana

Fuente: Autor.

6. FINALIZACION TRABAJO DE GRADO

6.1 CONCLUSIONES

Es necesario trabajar en la incursión de nuevas tecnologías que ayuden en la producción de alimentos en la región, ya que cada vez es más notorio el decaimiento de la producción agrícola en el altiplano Cundíboyacense haciendo que el departamento pierda competitividad a nivel nacional y quede rezagado ante la incursión de los tratados de libre comercio.

Los dispositivos inteligentes se han convertido en instrumentos de consumo diario, su bajo costo, la facilidad en su uso, y la posibilidad para realizar aplicaciones, los hacen perfectos para ser usados como dispositivos de control para infinidad de proyectos, ya que tienen un conjunto de sensores y actuadores útiles para los ingenieros electrónicos.

El incremento, mejoramiento y tendencia al bajo costo de la infraestructura de telefonía móvil, hace que sea cada vez más fácil la transmisión de datos, esto es una ventaja de la cual se puede sacar provecho, ya que los medios de comunicación y transmisión de datos son fundamentales para el desarrollo de la región.

La incursión de nuevos protocolos de comunicación, así como el uso de sensores de fácil adquisición y económicos, son una parte fundamental en el desarrollo de cualquier proyecto, ya que aunque este sea muy bueno si los costos que conlleva su elaboración son muy elevados este no tendrá éxito ni será acogido en el mercado.

Al usar microcontroladores de 32 bits la velocidad de procesamiento de los datos mejora, con esto se logra tener una aplicación estable con menos fallos y que da la posibilidad de usar en un futuro sistemas de control más elaborados con mejores resultados.

El funcionamiento de la estación de monitoreo para cultivos sobrepasa las expectativas iniciales, dando la posibilidad de realizar un control en tiempo real de diferentes cultivos de la región con el fin de aumentar y mejorar la producción de alimentos.

Se logró diseñar un sistema de comunicación de largo alcance mediante el uso de Celular inteligente, redes GSM e internet, con el fin de realizar una estación de monitoreo para un invernadero desde cualquier dispositivo inteligente que cuente con conexión a internet.

6.2 LOGROS ALCANZADOS

- Se desarrolló una herramienta que involucra microcontroladores, comunicaciones y programación en la web y en dispositivos móviles aplicada a un sistema particular, el sistema queda abierto para que futuras monografías incursionen en su uso para aplicaciones en otros campos de la automatización de procesos afines a la ingeniería electrónica.

6.3 TRABAJOS FUTUROS

Los estudiantes de ingeniería electrónica de la Uptc, tiene la posibilidad de lograr un mayor desarrollo del proyecto elaborando etapas de control robustas que mejoren la respuesta y velocidad de los actuadores de esta forma, se obtendrán resultados más óptimos en el crecimiento de los cultivos.

La implementación de estaciones de monitoreo por parte de la universidad para entregar beneficio a los campesinos de la región, sería excelente proyecto con un gran impacto social, el cual integraría el campo con las nuevas tecnologías y cerraría un poco la brecha existente entre estudiantes y sectores productivos, posicionando a la UPTC como una de las universidades más importantes involucradas en desarrollo social.

Los estudiantes de ingeniería electrónica e ingeniería de sistemas pueden hacer uso del módulo con el fin de aprender a diseñar plataformas web con bases de datos más complejas, que tengan un mejor desarrollo y sin limitantes.

La capacidad de comunicación de los dispositivos inteligentes con circuitos electrónicos abre un sin-fín de posibilidades para trabajos futuros, la aplicación de esta tecnología para sistemas de control inteligente, domótica, control de datos, seguridad industrial, monitoria a distancia, asesorías, control de tráfico y muchos otros proyectos, hacen necesaria la incursión de los estudiantes en nuevos sistemas y lenguajes de programación con el fin de no quedar rezagados en el desarrollo de la tecnología mundial.

6.4 RECOMENDACIONES

Antes de manipular el sistema de monitoreo se recomienda leer detalladamente el manual del usuario, para tener un conocimiento previo de las partes que lo conforman, así como de su funcionamiento. Su mala conexión o manipulación puede ocasionar daños al sistema o a las personas que se encuentren manipulándolo.

Es necesario tener precaución con las conexiones eléctricas del módulo, algunas son de 120V AC y su mala manipulación podría ocasionar lesiones severas a las personas que entren en contacto con él.

6.5 COSTOS DEL PROYECTO

DESCRIPCION	VALOR	FUENTE DE FINANCIACION
PROTOTIPO		
Estructura invernadero	150.000	Autor
Equipo de programación (pickit3)	200.000	Autor
Circuitos impresos	50.000	Autor
Celular inteligente	190.000	Autor
Componentes electrónicos (cables, conectores, disipadores, reguladores, leds resistencias, regletas)	200.000	Autor
Cajas para los sistemas de potencia y control	100.000	Autor
Sensor de humedad x2	32.400	Autor
Sensor de luz x2	10.000	Autor
Sensor de temperatura x2	11.600	Autor
Microcontrolador 32MX340F512H	30.000	Autor
Módulo Bolutek blk-04	27.000	Autor
Resistencias térmicas x4	10.000	Autor
Tubos de PVC (tapones, pegante, codos)	20.000	Autor
Motores para bomba de calor x2	10.0000	Autor
datos x 6 meses	30.0000	
Subtotal		1'431.000
SERVICIOS DE CONSULTA		
computador	1'000.000	Autor
Internet	30.0000	Autor
Licencia basic4android	100.000	Autor
Subtotal		1400000
SALARIOS		
Director	2'000.000	Universidad Uptc
Autor	4'000.000	Autor
Subtotal		6000000
Total 8'831.000		

7 REFERENCIAS

- ¹ VIÑAS, José Miguel. *¿Estamos cambiando el clima?* Equipo Sirius, 2005.
- ² Aristizábal, Johanna, Teresa Sánchez, and Danilo J. Mejía-Lorío. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007.
- ³ Botey, Carlota, and Blanca Suárez. "Condiciones laborales de la mujer rural." *Estudios Agrarios 2* (2006).
- ⁴ VIÑAS, José Miguel. *¿Estamos cambiando el clima?* Equipo Sirius, 2005.
- ⁵ Aristizábal, Johanna, Teresa Sánchez, and Danilo J. Mejía-Lorío. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007.
- ⁶ Botey, Carlota, and Blanca Suárez. "Condiciones laborales de la mujer rural." *Estudios Agrarios 2* (2006).
- ⁷ ICER informe de coyuntura económica regional. 2013.
- ⁸ ASOHOFrucOL. Revista de la asociación hortofrutícola de Colombia. 2013.
- ⁹ Rodríguez Rosas, Carlos Mario. *Análisis del transporte de carga en Colombia, para crear estrategias que permitan alcanzar estándares de competitividad e infraestructura internacional*. Diss. Universidad del Rosario, 2013.
- ¹⁰ Boyacá, la gran despensa agrícola de Colombia. 2012.
- ¹¹ Boyacá Informe sobre el estado de avance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio Estado de avance 2012
- ¹² Hurtado, Arsenio Corella. "LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA Y EL DESARROLLO AGRICOLA." *Revista de Ciencias Agrícolas*. 2014.
- ¹³ Ronald Cancino Salas. Henry Mora. Cristhian Fabián Ruiz. Dalila Henao Gómez. Juliana Maritza. Jose Orlando Montes. Vigilancia científica y tecnológica. Elementos para el análisis y gestión de brechas científicas y tecnológicas en Colombia. 2008
- ¹⁴ AGROTEC. Soluciones expertas para los retos de producción de los agricultores, ganaderos y agroindustriales de Colombia. 2014.
- ¹⁵ FONSECA C. criterios para la ubicación y selección optima de estaciones hidrometeorológicas y ambientales de la red nacional de información ambiental (IDEAM).2010
- ¹⁶ SRINIVASAN A. Handbook of Precision Agriculture, Principles and Applications. Food Products Press. 2006.
- ¹⁷ BRICEÑO J. Transmisión de datos, Universidad de los Andes, Abril 2005.
- ¹⁸ Criptolab. Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.2011
- ¹⁹ INTEF Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado.2010
- ²⁰ VITALE, Luis. "Hacia una historia del ambiente en América Latina." *Nueva Sociedad. Nueva Imagen, México* (1983).
- ²¹ Panettieri, José. "Crisis económica, perturbaciones en el mundo del trabajo y movimientos de población." 1997.
- ²² RIVERA Erazo, María Angélica. "Inventariación y Documentación de Información sobre prácticas Agroecológicas en el cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum*) en Chimborazo." 2012.
- ²³ Mulder, Karel. *Desarrollo sostenible para ingenieros*. Vol. 172. Univ. Politèc. de Catalunya, 2007.
- ²⁴ Elvert, Jürgen, and Sylvain Schirmann, eds. *Tiempos de cambio: Germany in 20th-Century Europe Les Temps Qui Changent: L'Allemagne Dans L'Europe Du 20e Siecle: Continuity, Evolution and Breakdowns Continuete, Evolution Et Rupture*. No. 5. Peter Lang, 2008.
- ²⁵ J. Houghton, *Física de la atmósfera*, Cambridge University Press, 2002.
- ²⁶ Rodríguez, Francisco, et al. "EXPERIENCIAS EN ROBOTICA APLICADA A INVERNADEROS."
- ²⁷ MURELAGA, Jon. "La Radio Frente a la Revolución Digital." *Revista de Periodismo Digital* . 2000.
- ²⁸ Sojo, Carlos Abreu. *El periodismo en internet*. Fondo Editorial Humanidades, 2003.
- ²⁹ De Ugarte, David. *El poder de las redes*. David de Ugarte, 2007.
- ³⁰ M Agricultura, Pesca y Aplicaciones Forestales. España. 2003.

- ³¹ Maroni, J.; Gargicevich, A. Curso Capacitación INTA 2002.
- ³² Ezequiel, Escudero, and Centro Argentino de Estudios Internacionales. "África en el contexto Internacional Actual.". 2008.
- ³³ Rodríguez, Francisco, et al. "EXPERIENCIAS EN ROBOTICA APLICADA A INVERNADEROS."
- ³⁴ Dario, P., et al. "The Agrobot project for greenhouse automation." *International Symposium on New Cultivation Systems in Greenhouse* 361. 1993.
- ³⁵ Aurelio Batista tapia. Asesoría en invernaderos de Mexico.2010.
- ³⁶ OTOA. Oficina de tratados comerciales agrícolas. 2014.
- ³⁷ Reyes Torres, Oscar Camilo. "Centro de difusión de prácticas sostenibles: infraestructura de educación ambiental en Pudahuel." 2013.
- ³⁸ Gironés, Jesús Tomás. *El gran libro de Android*. Marcombo, 2012.
- ³⁹ Bermúdez Moreno, Yeison Miguel, and Juan Guillermo López Hincapié. "Análisis comparativo entre sistemas operativos de dispositivos móviles Android, iPhone y BlackBerry." 2011.
- ⁴⁰ Díaz Lizarazo, Andrea del Pilar, and Ana María Sáenz Ojeda. *Innovación en tecnologías digitales*. Diss. Universidad del Rosario, 2013.
- ⁴¹ Iskandar Morine, Ricardo Jose. "Estudio comparativo de alternativas y frameworks de programación, para el desarrollo de aplicaciones móviles en entorno Android.". 2013.
- ⁴² Alvareé, Jaime Forero. "ECONOMIA CAMPESINA Y SISTEMA ALIMENTARIO EN COLOMBIA." 2012.
- ⁴³ Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 2014.
- ⁴⁵ A. Alpi, and F. Tognoni. *Cultivo en invernadero*. Mundi-Prensa Libros, 1991.
- ⁴⁷ Calisto Zurita, Jaime Alejandro, and Hugo Fabricio Suárez Bastidas. "Estudio experimental del comportamiento mecánico a la flexión de materiales compuestos en base de fibra de pet reciclado y fibra de vidrio." 2009
- ⁴⁸ Harper, Gilberto Enríquez. *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*. Editorial Limusa, 2000.
- ⁴⁹ Cetto, Ana María. *La luz en la naturaleza y en el laboratorio*. Fondo de Cultura Económica, 1987.
- ⁵⁰ Wang, Xiao-xiao, et al. "Luminescence investigation of Eu³⁺-Sm³⁺ co-doped Gd_{2-x-y}EuxSmy (MoO₄)₃ phosphors as red phosphors for UV InGaN-based light-emitting diode." *Optical materials* .2007.
- ⁵¹ Arenas Sánchez, Danny Andrés, and Hodman Steven. "Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones." 2011.
- ⁵³ Jarma, Alfredo, Teresita Rengifo, and H. Aramendiz.Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa." *Agronomía Colombiana*. 2005.
- ⁵⁴ Hogan, Kevin P., and José Luis Machado. "La luz solar: consecuencias biológicas y medición".2002.
- ⁵⁶ Andriani, Agr Ms Sc JM. "DINAMICA DEL AGUA EN CULTIVOS EXTENSIVOS.".2001
- ⁵⁷ DOORENBOS, J., & Pruitt, W. O. *Las necesidades de agua de los cultivos*(Vol. 24). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1976.
- ⁵⁸ revelo Moran, J. A., Alarcon, E. Y. P., & Álvarez, M. V. M. *Manual Guía de Capacitación del Cultivo Ecológico de Tomate de Árbol en Ecuador*. INIAP Archivo Histórico.
- ⁶² Sandoval Briones, Claudio. "Manejo integrado de enfermedades en cultivo hidropónico (Manual Técnico)." 2004.
- ⁶³ Lorca, A. García, A. Nenmaqui, and MM García Fernández. "El desarrollo de modelo de agricultura intensiva bajo plástico en un territorio de condiciones extremas. 2012.
- ⁶⁵ AWTREY, Dan, and Dallas Semiconductor." The 1-wire weather station." *SENS PETERBOROUGH*. 1998.
- ⁶⁷ DS18S20, High-Precision. "1-Wire Digital Thermometer." URL: <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20> .2003.
- ⁶⁸ Castro Zambrano, José Rafael, and Jessica Johanna Díaz Mattern. "desarrollo de instrumentación virtual con fines didácticos empleando circuitos integrados con capacidad de comunicación 1-wire®.".2010.

- ⁶⁹ MANIYAR, S (2008). 1-Wire Communication with PIC Microcontroller, USA.
http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1824&appnote=en535817.2014.
- ⁷⁰ Silicon Labs Características microcontroladores de 32 bits. 2008.
- ⁷¹ ARM system. Microcontroladores de 32 bits ARM – Modelos de programación, aplicaciones y ejemplos.2000.
- ⁷⁵ Andreu, Joaquín. *Redes locales de datos (Redes locales)*. Editex, 2011.
- ⁷⁷ Oriz, Carolina. "Penetración de los Celulares de Alta Gama en Sectores Deprimidos de la Sociedad." 2014.
- ⁸² Carli, Massimo. *Android 3: Guida per lo sviluppatore*. Apogeo Editore, 2011.
- ⁹³ FIGUEREDO, Oscar Javier. "Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles. "ENTÉRESE BOLETIN CIENTÍFICO UNIVERSITARIO. 2014.
- ⁹⁴ ARIMA, Katia. "Celular inteligente para todos." *Revista Info Exame, São Paulo* 293 2012.
- ⁹⁵ Balena, Francesco, Jorge Rodríguez Vega, and Antonio Vaquero Sánchez. *Programación avanzada con Microsoft Visual Basic 6.0*. McGraw-Hill, 2000.
- ⁹⁶ Hernández, Ramón Ventura Roque, Eloy Negrete Hoz, and Juan Manuel Salinas Escandón. "aprendiendo a desarrollar aplicaciones para android con la metodología ágil scrum: un caso de estudio."2012.
- ⁹⁷ Horton, Ivor. "Beginning Java 2 SDK 1." 2010.
- ⁹⁸ Vladimirov, Andreas, and Angeliki Kokkinaki. "Design and development of school assets management system." *Information & Communication Technology Electronics & Microelectronics (MIPRO), 2013 36th International Convention on*. IEEE, 2013.
- ¹⁰⁰ Senn, James A. *Análisis y Diseño de sistemas*. Mc Graw Hill, México, 1996.
- ¹⁰¹ Espinoza, Antachoque, and Ernesto Alonso. "Diseño de una red inalámbrica de sensores para monitorear un cultivo de plátanos en el distrito de Mala." 2011.
- ¹⁰² Leighton, F. Thomson, and Daniel M. Lewin. "Global hosting system. 2000.
- ¹⁰³ Guanin Mena, Byron Mauricio, and Miguel David Mediavilla Yandún. *Estudio diseño e implementación de un portal web dinámico para la comercialización de boletos para rutas y frecuencias de cooperativas Interprovinciales de transporte terrestre en el País*. Diss. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones., 2014.
- ¹⁰⁴ <http://www.byethost.com>.
- ¹⁰⁵ <http://www.byethost.com/free-hosting>.
- ¹⁰⁶ <http://www.byethost.com/paid-hosting>.
- ¹⁰⁷ <http://www.byethost.com/condiciones-de-uso>.
- ¹⁰⁸ Gilfillan, Ian. *MySQL*. 2003.
- ¹⁰⁹ Bowen, Rich, and Ken Cora. *Servidor Apache al descubierto*. Prentice Hall, 2000.
- ¹¹⁰ [http://www.portafolio.co/economía/telefonía-movil-colombia](http://www.portafolio.co/economia/telefonía-movil-colombia)
- ¹¹¹ *Redes inalámbricas en los países en desarrollo: Una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo*. 2011.
- ¹¹² Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones de Colombia. 2014.
- ¹¹³ Borja, J. *Páginas Web: Wordpress y Joomla*. J. Borja, 2014.
- ¹¹⁴ Raggett, Dave, Arnaud Le Hors, and Ian Jacobs. "HTML 4.01 y sus especificaciones." *W3C recommendation* 24 1999.
- ¹¹⁶ Cobo, Ángel. *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web*. Ediciones Díaz de Santos, 2010.
- ¹¹⁷ www.picasaweb.google.com