

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PRÁCTICA SUPERVISADA PARA OPTAR EL
GRADO DE BACHILLERATO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACIÓN
FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN TIEMPO REAL PARA
REGISTRO DE VARIABLES AMBIENTALES EN EL CUARTO
DE CRECIMIENTO DEL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA
DEL CENTRO PARA INVESTIGACIONES Y SEMILLAS EN LA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, SAN PEDRO DE MONTES
DE OCA, DURANTE EL III CUATRIMESTRE 2017**

Sustentante:

German Daniel Soto Jiménez

Tutor: Ing. Eduardo Sanabria

SAN JOSÉ, COSTA RICA

2017

AGRADECIMIENTO

Primero, dar gracias a Dios por permitirme llegar a este momento tan importante de mi vida.

Un agradecimiento muy especial a mi tutor por su ayuda y por ser la guía para construir este proyecto.

A todas las personas que me apoyaron de una u otra forma en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mamá, por su amor y apoyo incondicional; a mi papá, por ser el mejor ejemplo de lucha y superación, espero seguir siempre sus pasos. Ellos son lo más importante de mi vida y mi motor para seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1 <i>Introducción al tema del proyecto</i>	4
1.1.2 <i>Antecedentes de la empresa</i>	5
1.1.3 <i>Justificación del problema</i>	8
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2.1 <i>La idea del problema</i>	9
1.2.2 <i>La pregunta del problema</i>	9
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	9
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	10
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	10
1.4.1 <i>Alcances</i>	10
1.4.2 <i>Limitaciones</i>	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 MARCO CONCEPTUAL	13
2.1.1 <i>Arduino</i>	13
2.1.2 <i>Sensores</i>	13
2.1.3 <i>Sensores de temperatura</i>	13
2.1.4 <i>Sensores de humedad</i>	15
2.1.5 <i>Radiación fotosintéticamente activa</i>	15
2.1.6 <i>Relación Lúmenes/Lux/PAR</i>	17
2.1.7 <i>Cultivo in vitro</i>	19

2.1.8 Servidores web.....	19
2.1.9 Servidores IOT o APIs.....	20
2.1.10 Thingspeak.....	20
2.1.11 Pachube	22
2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS	22
2.2.1 Viabilidad del proyecto	22
2.2.2 Planificación detallada.....	23
2.2.3 Ejecución del proyecto	23
2.3 IMPACTO DEL PROYECTO.....	23
2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS	24
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	25
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	26
3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	26
3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	27
3.4 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.....	28
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO	30
4.1 DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	31
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
4.3 DIAGNÓSTICO	40
CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	42
5.1 UBICACIÓN DE LOS SENSORES	44
5.2 ANÁLISIS PREVIO DE VARIABLES AMBIENTALES	52
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS.....	56
5.3.1 Microcontrolador.....	56

5.3.2 Modulo Ethernet W5100.....	58
5.3.3 Modulo GSM SIM900.....	59
5.3.4 Sensor de temperatura y humedad.....	60
5.3.5 Sensor de luz.....	61
5.3.6 Multiplexor Adafruit TCA9548A	62
5.4 COLOCACIÓN DEL EQUIPO	62
5.5 CABLEADO Y ROTULACIÓN.....	63
5.6 CÓDIGO.....	66
5.6.1 Programación del Arduino mega.....	66
5.6.2 Programación del multiplexor TCA9548a	66
5.6.3 Programación de Sensor BH1750	67
5.6.4 Programación del sensor de temperatura y humedad SHT15.....	69
5.6.5 Programación de la conversión de luxes a radiación PAR.....	70
5.6.6 Programación Modulo Ethernet y conexión a Thingspeak	71
5.6.7 Programación módulo GSM con alarma	72
5.7 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	73
5.7.1 Sensores de luminosidad.....	73
5.7.2 multiplexor en placa con terminales.....	74
5.7.3 Cableado en el sitio.....	74
5.7.4 LCD	75
5.7.6 Colocación del sensor de temperatura y humedad SHT15.....	76
5.7.7 Acomodo de los componentes en la caja definitiva	77
5.7.8 Colocación del sistema principal en el sitio.....	78
5.8 PRUEBAS DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	79
5.8.1 Pruebas de temperatura, humedad y promedio de luminosidad en LCD.....	80
5.8.2 Prueba de obtención de datos en Thingspeak.....	81
5.8.3 Prueba de la alarma GSM ante cambios bruscos de temperatura	82
5.8.4 Configuración del Thingspeak.....	83

5.8.5 Lectura completa de los sensores mediante Thingspeak.....	84
5.9 TABLA DE CUMPLIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS SOLICITADAS DEL SISTEMA.....	86
5.10 COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	89
5.10.1 Materiales.....	89
5.10.2 Horas técnico.....	90
5.11 CARTA DE ACEPTACIÓN DEL LABORATORIO.....	92
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
6.1 CONCLUSIONES.....	94
6.3 RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA.....	100
APÉNDICE.....	104
APÉNDICE 1. MANUAL DEL USUARIO DEL SISTEMA.....	105
APÉNDICE 2. ENTREVISTA A INVESTIGADORES ENCARGADOS DEL LABORATORIO.....	112
APÉNDICE 3. CÓDIGO COMPLETO.....	115
APÉNDICE 4. CARTA DEL TUTOR.....	134
APÉNDICE 5. DECLARACIÓN JURADA.....	135
APÉNDICE 6. BITÁCORAS.....	136

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN DEL PRO- YECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El trabajo en el laboratorio de biotecnología del centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica, es muy importante para la sociedad costarricense, por los estudios que se llevan a cabo. Se trabaja con cultivos *in vitro* para hacer experimentos sobre especies diferentes. La misión del CIGRAS es “generar y transmitir conocimiento en las áreas de granos, semillas y mejoramiento genético, para promover el desarrollo científico y tecnológico de los sectores agrícolas y agroindustrial” (Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, 2014).

En dicho laboratorio se brinda un servicio de excelencia al sector agropecuario donde se garantiza la calidad de los resultados de cada ensayo (Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, 2014).

El cultivo *in vitro* incluye muchas técnicas destinadas a introducir, multiplicar y regenerar, entre otros recursos, material vegetal o animal en condiciones controladas y asépticas. El cultivo *in vitro*, constituye un paso fundamental en la obtención y regeneración de plantas genéticamente modificadas, o transgénicas, mediante técnicas de ingeniería genética (ArgenBio, 2007).

El laboratorio necesita ciertas facilidades para el crecimiento de las especies estudiadas, entre estas están contar con un laboratorio especializado y un cuarto de crecimiento.

El laboratorio debe ser una habitación limpia y que contenga un número de estaciones de trabajo, cada una con aire filtrado y gabinetes de flujo de aire laminar estéril en las cuales el material se puede manejar sin riesgos de contaminación por el operador y se puede transferir en forma segura a medios nutritivos frescos.

Esta transferencia es el paso de manufactura individual, en el cual los tejidos que crecieron previamente en el medio de cultivo se manipulan y subdividen con escalpelo y pinzas, dentro del medio ambiente estéril del gabinete de flujo laminar, de esta manera se transfieren a nuevo medio de cultivo y un nuevo recipiente, para su posterior crecimiento, multiplicación o desarrollo.

El cuarto de crecimiento: una habitación iluminada, con aire acondicionado y con alto estándar de higiene en el cual los cultivos de tejidos pueden crecer y desarrollarse en forma segura por períodos de semanas o meses. Un régimen de iluminación y temperatura óptimas requiere un suministro de electricidad confiable y adecuada, ya que cada planta producida puede consumir unos 0,5 kW de energía (ArgenBio, 2007).

Al tomar en cuenta las especificaciones con las que debe contar el cuarto de crecimiento, se determinó que las variables ambientales en esta zona del laboratorio son muy importantes, si se producen cambios bruscos de estas variables específicamente de la temperatura, se pueden dañar las muestras en estudio.

Con una finalidad meramente descriptiva, se puede clasificar los principales factores no biológicos que afectarán al desarrollo del cultivo *in vitro*: temperatura, luz y humedad (Castillo, 2008).

Estas variables pueden cambiar por flujo de personas en los cuartos, fallas de los equipos de ambiente controlado o por factores externos.

Es preciso diseñar un sistema en el cual estas variables se puedan monitorear para tener datos estadísticos para hacer estudios y observar si estos cambios sean grandes o pequeños afectan a los cultivos *in vitro*.

Este proyecto se enfocará en el diseño de un sistema para monitorear la temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa, en el laboratorio de biotecnología del centro para investigaciones y semillas en la Universidad de Costa Rica

1.1.1 Introducción al tema del proyecto

Esta práctica profesional supervisada está conformada por 6 capítulos, en los cuales se trabajará en el laboratorio de biotecnología del CIGRAS en la Universidad de Costa Rica, con el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa en tiempo real para registro de variables ambientales en el cuarto de crecimiento. En el recorrido de estos capítulos se abordará en detalle los motivos, recomendaciones, situaciones especiales, etc., que se presentaron para la realización del sistema.

En el primer capítulo se hará el planteamiento del problema con los antecedentes del contexto del laboratorio de biotecnología del centro para investigaciones y semillas en la Universidad de Costa Rica. Además, se justificará y se definirá el problema como tal.

Se definirá el objetivo general del proyecto, así como los objetivos específicos. Por otro lado, se definirán los alcances y limitaciones.

En el capítulo dos, se construirá el marco teórico, en el que se abarcarán temas como el marco conceptual relativo al aspecto de la carrera, marco de la gestión de proyectos, marco conceptual referente al impacto de un proyecto y los antecedentes de teorías o proyectos.

En el capítulo tres se observará el tipo de investigación, la metodología para la propuesta de mejora, la implementación del proyecto, la metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento del proyecto.

El capítulo cuatro consta del diagnóstico, en el que se encuentra la descripción de la situación actual, recolección de los datos con sus características y los requerimientos del sistema según el análisis hecho.

El capítulo cinco se trabajará los detalles de la propuesta, el proceso de construcción, los costos de la implementación pruebas y análisis de resultados.

El capítulo seis tiene las recomendaciones y conclusiones al finalizar el proyecto

1.1.2 Antecedentes de la empresa

El Centro para Investigaciones en Granos y Semillas pertenece a la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, fue fundado en 1971 como una unidad de investigación, docencia y acción social.

En 1972, se creó el Laboratorio de Análisis de Calidad de Granos (Ley de la República N° 5079) y el Laboratorio Oficial de Análisis de Calidad de Semillas (Ley de la República N° 5029, modificada por la Ley de la República N° 6289), para que se instalen y funcionen en el CIGRAS. En ese mismo año, se creó el Laboratorio de Análisis de Micotoxinas.

Posteriormente, en 1979 se ampliaron las instalaciones físicas (edificio B) y se creó el Laboratorio de Procesamiento Agrícola. Finalmente, en el año 1981 se creó el Laboratorio de Biotecnología.

El laboratorio de biotecnología de plantas del CIGRAS-UCR realiza el cultivo *in vitro* de especies vegetales, tanto herbáceas como leñosas. En el mismo se realiza investigación básica y aplicada sobre procesos de morfogénesis y regeneración *in vitro*, orientados hacia el mejoramiento genético.

Entre sus otras actividades destacan los trabajos de aislamiento, cultivo y fusión de protoplastos, Inducción y evolución de embriogénesis somática, así como propagación clonal.

Visión: “Ser un centro de investigación de referencia nacional e internacional en las áreas de granos, semillas y mejoramiento genético de cultivos” (Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, 2014, s. p.).

Para las investigaciones que realiza este laboratorio es indispensable un ambiente controlado, las variables en las que más se pone cuidado son la temperatura, luz y humedad de las cuales se debe tener un monitoreo constante para que no se pierdan las muestras en investigación.

1.1.2.1 Organigrama de la empresa

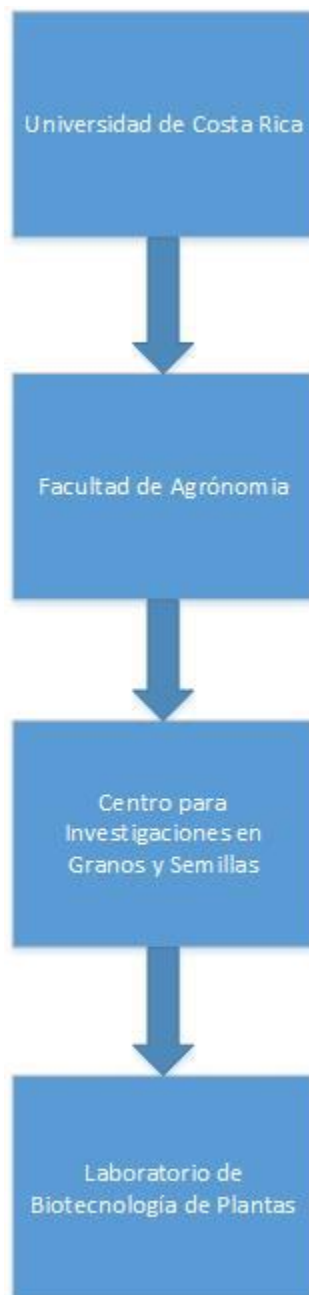


Figura 1. Organigrama del laboratorio

Fuente: elaboración propia.

1.1.3 Justificación del problema

Este proyecto es de mucho interés para los investigadores y personal técnico, ya que en la actualidad no tienen un sistema dedicado para el monitoreo y registro de estas variables. Lo que se utiliza en la actualidad son *dataloggers* e instrumentos manuales con los que se obtienen datos, sin embargo, poseen ciertas limitaciones como:

- No proporciona datos en tiempo real.
- Se requiere de personal técnico dedicado a descargar los datos.
- Es un sistema muy cerrado, ya que se depende del fabricante en el extranjero para dar soporte mediante alguna falla.
- No son flexibles, tienen una forma determinada la cual complica la instalación a la altura de las muestras.

Para la toma manual de los valores con instrumentos también se presentan problemas los cuales son:

- Cambio de temperatura al salir y entrar del cuarto con ambiente controlado.
- Error humano en el momento de tomar los valores.
- Se requiere de personal para que cada cierto tiempo se tomen los datos.

El proyecto se enfoca principalmente en que no se produzcan pérdidas de las muestras en estudio, pues esto generaría pérdidas económicas. Una de las mayores pérdidas que se ha dado en el laboratorio ocurrió en el año 2015, cuando se perdieron 5000 dólares por un cambio brusco de temperatura que se detectó.

Además, de estas pérdidas económicas se debe tomar en cuenta el tiempo invertido en los proyectos y datos no esperados por parte de los investigadores.

El proyecto beneficiará las investigaciones realizadas en el laboratorio de biotecnología pues se dará una herramienta extra para dar fiabilidad con las muestras en estudio, contribuirá al laboratorio para tener estadísticas que respalden las investigaciones.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 La idea del problema

El cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología no tiene un sistema de monitoreo constante y en tiempo real de valores de temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa para las investigaciones realizadas en el laboratorio de Biotecnología.

1.2.2 La pregunta del problema

¿De qué forma se puede tener un registro y monitoreo de la temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa en el cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología del centro para investigaciones y semillas en la Universidad de Costa Rica?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Implementar un sistema de monitoreo de temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa, en tiempo real, para el registro de variables ambientales en el cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología del centro para investigaciones y semillas en la Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, durante el III cuatrimestre 2017.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos del sistema de monitoreo, necesario en el cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología del CIGRAS de la Universidad de Costa Rica.
- Realizar un análisis previo con las estadísticas de la temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa del cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología.
- Seleccionar la tecnología y los sensores necesarios para la captura de los datos requeridos.
- Mostrar de forma web, en tiempo real, los datos de los sensores.
- Diseñar un sistema de alarma para cambios bruscos de temperatura.
- Establecer la relación costo-beneficio de la implementación del sistema.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

El sistema pretende monitorear la temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa aplicado en el cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología del centro para investigaciones y semillas en la Universidad de Costa Rica, durante el III cuatrimestre del 2017. Su implementación final beneficiará al laboratorio, que tendrá una herramienta extra para estudio de los resultados de las investigaciones que se realizan en el mismo.

1.4.2 Limitaciones

- Tiempo de llegada de componentes del exterior para el proyecto

- Los sensores deben estar en un espacio específico que es donde se colocan las muestras.
- El personal técnico del laboratorio no siempre está disponible para dar el visto bueno de la colocación del sistema en el cuarto de crecimiento.
- Los sensores deben tener un bajo tiempo de respuesta.
- No se puede modificar los estantes en los que se ubican las muestras.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para el sistema que se va a desarrollar se necesita exponer conceptos teóricos para comprender el funcionamiento. Se mencionarán sensores, microcontroladores, además, en el laboratorio de biotecnología del centro de semillas de la Universidad de Costa Rica, se trabaja con cultivos vegetales *in vitro* y radiación fotosintéticamente activa, que también se explicará en detalle. Por otro lado, se abarcarán otras áreas como las bases de datos y la programación web.

2.1.1 Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en *hardware* y *software* flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como *hobby* y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos.

Arduino puede interactuar con el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos (www.arduino.cl, s. f.).

2.1.2 Sensores

Para realizar el proyecto en el laboratorio se necesitan tres sensores en el área de crecimiento estos serían: sensor de temperatura, sensor de humedad y sensor luminosidad.

2.1.3 Sensores de temperatura

Son sensores para obtener datos de temperatura en el medio. Los valores que se obtienen son analógicos y luego se necesita una etapa posterior que convierta estos datos a valores de grados, ya sean Celsius o Fahrenheit (Carvajal, 2015). Existen varios tipos de sensores de temperatura.

2.1.3.1 Termistores

Estos sensores se fabrican con mixturas de óxidos metálicos (zinc, hierro, manganeso) que presentan un comportamiento como semiconductores (Constain, 2012).

2.1.3.2 Termopares o termocuplas

Este es un sensor activo de temperatura, sumamente utilizado en la instrumentación industrial por su alto rango y su linealidad, así su sensibilidad no sea muy alta. Utiliza la tensión que se genera en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos. Los termopares son baratos y robustos, además son bastante estables a lo largo del tiempo. Debido a su pequeño tamaño, responden rápidamente a los cambios de temperatura. Funcionan sobre rangos de temperatura criógenos y tienen una linealidad y exactitud razonable (Constain, 2012).

2.1.3.3 Resistivos

Este es un sensor de temperatura muy simple, ya que consta de un trozo de metal especial adecuadamente cortado y calibrado. Dentro del conjunto de metales, el platino y la aleación de níquel son los más populares, debido a su amplio rango de temperatura. Normalmente se enrollan sobre un sustrato aislante resistente a la temperatura (mica o cerámica, por ejemplo) (Constain, 2012).

2.1.3.4 Circuitos Integrados

Para el caso de los sensores de temperatura en circuitos integrados existen en el mercado cuatro categorías:

- Salida de tensión.
- Salida de corriente.
- Salida digital.

- Salida de resistencia.

En cuanto a los circuitos integrados con salida de tensión se encuentra el LM35 adaptado para medir grados Celsius y el LM34 adaptado para los grados Fahrenheit. Un circuito integrado conocido con salida de corriente es el AD590. En los integrados de salida digital se encuentran el LM56 y el LM57. Los de salida de resistencia son poco comunes (Carvajal, 2015).

2.1.4 Sensores de humedad

El sensor de humedad de tipo capacitivo lo forma un condensador de dos láminas de oro como placas y como dieléctrico una lámina no conductora que varía su constante dieléctrica en función de la humedad relativa de la atmósfera ambiente. El valor de la capacidad se mide como humedad relativa (Constain, 2012).

2.1.5 Radiación fotosintéticamente activa

Porción del espectro electromagnético que es la fuente de energía utilizada en la fotosíntesis y generalmente coincide con el espectro de luz visible (aproximadamente 400-700 nm). La RFA se caracteriza por una mayor absorción por parte de los pigmentos de la longitud de onda de la luz azul y de la luz roja (IICA, s. f.).

Es importante saber los valores de esta radiación en los cultivos *in vitro* para conocer el comportamiento de los cultivos. Se asume que las necesidades de luz de los cultivos *in vitro* son inferiores a las de la planta *in vivo*, debido a que el medio de cultivo contiene cantidades importantes de sacarosa, los cultivos *in vitro* se comportan solo parcialmente de forma autotrófica. Además, una irradiación excesiva produciría un aumento notable de la temperatura dentro del recipiente de cultivo debido al efecto invernadero (Cargados *et al.*, s. f.).

En los laboratorios el tipo de radiación depende de las fuentes lumínicas que se utilicen, por lo general se usan:

LÁMPARAS INCANDESCENTES	Producen la luz por fenómenos de incandescencia del filamento calentado por el paso de la corriente eléctrica. Buena parte del espectro se halla en la zona del rojo/rojo lejano. Producen gran cantidad de calor y mucho consumo de electricidad.
LÁMPARAS FLUORESCENTES	Producen la luz por fenómenos de fluorescencia del gas sometido a un arco voltaico. El espectro de la luz producida es rico en la zona del azul, existen fluorescentes especiales con un espectro rico en la zona azul y roja. Consumen menos electricidad.
LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO Y SODIO	Producen la luz por efecto del paso de la corriente eléctrica a través de gases calientes de mercurio (azul y verde) y sodio (naranja). Son altamente eficientes en el consumo de electricidad.

Tabla 1. Tipos fuentes de luz para laboratorios de biotecnología

Fuente: Cargados et al., s. f.

Para los efectos del laboratorio se utiliza lámparas LED, las cuales son eficientes en el consumo de la electricidad y similares a los fluorescentes en el espectro. Con los valores obtenidos en luxes se calculará la radiación fotosintéticamente activa.

2.1.6 Relación Lúmenes/Lux/PAR

El lumen (símbolo: lm) es la unidad del sistema internacional de medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida, 1 Lux equivale a 1 lumen/m².

Para tener un dato de radiación a partir de luxes se puede obtener mediante unas fórmulas y análisis, como se mencionará a continuación:

Paso 1	Convertir Lux a pie-candela	1 Lux = 0.09 pie-candela(fc)
Paso 2	Determinar el valor promedio de pie-candela por hora: sumar los valores promedios por hora en pie candela tomados durante el día y dividirlos para 24.	Por ejemplo, usted tiene 24 mediciones en pie-candela tomadas a cada hora: 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 5 + 12 + 21 + 40 + 43 + 159 + 399 + 302 + 461 + 610 + 819 + 567 + 434 + 327 + 264 + 126 + 15 + 4 + 0 = 4,408 pie-candela 4,408 pie-candela ÷ 24 horas = 184 pie-candela por hora
Paso 3	Convertir pie-candela por hora a PAR ($\mu\text{mol. m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) según la fuente de luz. Para obtener este valor se multiplica primero el valor de pie candela/hora por el factor dado de la fuente de luz.	Usando el mismo ejemplo del paso 1: Para calcular el PAR que reciben los cultivos usando luz solar hacemos los siguientes cálculos: 184 pie-candela por hora \times 0.20 pie-candela por $\mu\text{mol. m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ = 36.8 $\mu\text{mol. m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ Para lámparas HPS, el cálculo para obtener el PAR sería: 184 pie-candela por hora \times 0.13 pie-candela por $\mu\text{mol. m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ = 23.9 $\mu\text{mol. m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Tabla 2. Procedimiento para obtener la radiación fotosintéticamente activa mediante conversión de lux

Fuente: Radiación Fotosintética Activa (PAR) | LED it Grow, 2015.

2.1.7 Cultivo *in vitro*

En el laboratorio de biotecnología se hacen muchas investigaciones las cuales se realizan en cultivo *in vitro* (término que literalmente significa en vidrio), incluye muchas técnicas destinadas a introducir, multiplicar y regenerar, entre otros recursos, material vegetal o animal en condiciones controladas y asépticas.

Las técnicas de cultivo *in vitro* constituyen una valiosa herramienta para la multiplicación masiva y acelerada de material vegetal genéticamente uniforme de variedades tradicionales o nuevas (Levitus *et al.*, citados por Cerdas Solano, 2014).

2.1.8 Servidores web

Los servidores web pueden trabajar bajo diferentes sistemas operativos. En el caso de WAMP Server se utiliza Windows de la empresa Microsoft como sistema operativo, además, de las herramientas Apache2 como servidor web, MySQL para gestionar las bases de datos y PHP como lenguaje de programación para desarrollar las páginas web dinámicas. El nombre WAMP Server se debe a la letra inicial de cada una de estas herramientas Windows, Apache2, MySQL y PHP.

Para sistemas operativos que operan bajo distribuciones de Linux se pueden emplear un sistema análogo conocido como LAMP Server. En sistemas operativos Macintosh el servidor se conoce como MAMP Server. Existe también un servidor independiente de *software* libre conocido como XAMP Server, disponible para sistemas operativos de Microsoft, distribuciones de GNU/Linux y MacOS (Carvajal, 2015).

2.1.9 Servidores IOT o APIs

IOT significa Internet de las cosas la cual hace referencia a la conexión de objetos que se utilizan día a día a Internet, APIs hace referencia a interfaces de programación de aplicaciones.

Con estos conceptos se pretende controlar muchos dispositivos para facilitar la vida humana en general.

En la actualidad, ya se están llevando a cabo proyectos relacionados con el IOT, que prometen reducir las diferencias entre ricos y pobres, mejorar la distribución de los recursos del mundo para los que más los necesitan y ayudarnos a entender al planeta de manera que podamos ser más proactivos y menos reactivos. Aun así, existen varios obstáculos que amenazan con frenar el desarrollo del IOT, incluidos la transición a IPv6, tener un conjunto de estándares comunes y el desarrollo de fuentes de energía para millones (e incluso miles de millones) de sensores diminutos (Evans, 2011).

El mundo gira torno al Internet y cada día crece esta idea. Los servidores IOT están diseñados para cumplir con este fin.

2.1.10 Thingspeak

Permite recopilar, almacenar, analizar, visualizar y actuar sobre la información recogida en sensores y dispositivos como aplicaciones web y móviles, redes sociales como Twitter, soluciones de mensajería, VoIP y nube como Twilio, *hardware* de código abierto como Arduino, Raspberry Pi o BeagleBone.

Este servicio trabaja con canales los cuales contienen la ubicación y estado de los sensores, con los que posteriormente se pueden construir gráficos o exportar en diferentes formatos.

Está asociado con Mathworks, lo que permite trabajar con MATLAB, un *software* muy conocido en el área de las ingenierías.

A continuación, se mostrará la página de configuración de los canales del sistema Thingspeak, donde se pueden configurar hasta 8 valores por canal.

The screenshot displays the 'Channel Settings' page for a Thingspeak channel. The page is divided into several sections:

- Channel Settings:** A form with the following fields:
 - Percentage complete: 30%
 - Channel ID: 428143
 - Name: pruebas
 - Description: (empty text area)
 - Field 1: Field Label 1, with a checked checkbox.
 - Field 2 through Field 8: (empty text boxes, each with an unchecked checkbox).
 - Metadata: (empty text box)
- Help:** A section titled 'Help' explaining that channels store data and listing eight fields for data, plus three for location and one for status. It also includes a 'Channel Settings' sub-section with a bulleted list of instructions:
 - Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
 - Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
 - Field#:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
 - Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
 - Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
 - Latitude:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the latitude of the city of London is 51.5072.
 - Longitude:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the longitude of the city of London is -0.1275.
 - Elevation:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in meters. For example, the elevation of the city of London is 35.052.
 - Link to External Site:** If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.
 - Video URL:** If you have a YouTube™ or Vimeo® video that displays your channel information, specify the full path of the video URL.
- Using the Channel:** A section titled 'Using the Channel' with the text: 'You can get data into a channel from a device, website, or another ThingsSpeak channel. You'.

Figura 2. Página para la configuración de los canales de thingspeak

Fuente: <https://thingspeak.com/channels/428143/edit>

2.1.11 Pachube

Otro servicio similar al Thingspeak es Pachube, también llamado Xively, este permite almacenar, compartir y analizar en tiempo real los datos de energía o medioambientales recogidos por sensores en edificios y otros dispositivos. Toda la funcionalidad del sistema de Pachube se logra por medio de una API, que facilita que la información generada por edificios, contadores de energía o dispositivos móviles con sensores se pueda recoger y analizar y que todos esos objetos estén conectados entre sí.

2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

El proyecto que se va a realizar contará con varias etapas, las cuales se basarán en la parte teórica como en pruebas prácticas, las fases serían:

2.2.1 Viabilidad del proyecto

En este apartado se estudiará qué tan factible es la realización del proyecto, se tomará en cuenta el espacio físico y facilidades que brinda el laboratorio en infraestructura, así como el recurso humano para manipular el sistema.

Como se menciona en www.obs-edu.com (s. f.), para llevar a cabo el estudio de viabilidad de un proyecto se precisa recopilar información suficiente para:

- Identificar las limitaciones, restricciones y supuestos.
- Detectar las oportunidades.
- Analizar el modo actual de funcionamiento de la organización.
- Definir los requisitos que configuran el proyecto.
- Evaluar las distintas alternativas.
- Llegar a un acuerdo sobre la línea de acción.

2.2.2 Planificación detallada

Se escogerán los materiales ideales, la tecnología, sensores, medio web, entre otros, para realizar el proyecto haciendo pruebas previas para tomar la decisión final.

2.2.3 Ejecución del proyecto

Una vez el sistema esté en funcionamiento al cien por ciento se implementará en el cuarto de crecimiento del laboratorio y se empezará a hacer pruebas en tiempo real del monitoreo y toma de datos. Para esta etapa se cuenta con total acceso al laboratorio para realizar las pruebas necesarias.

2.3 IMPACTO DEL PROYECTO

Al implementar este proyecto a corto plazo, se tendrá la herramienta para obtener los datos que se necesitan para control de las investigaciones, además, les dará un plus a los estudiantes de cursos de pregrado y postgrado que realizan prácticas de laboratorio y trabajan en proyectos de graduación.

A mediano plazo, se podrá obtener resultados previos y en tiempo real de las investigaciones de plantas que se generan en el laboratorio las cuales tienen duraciones variadas

A largo plazo se tendrían elementos de juicio para realizar hipótesis, además, se pueden establecer relaciones entre los resultados finales y las condiciones ambientales.

Con el sistema de alarma se evitaría la pérdida de muestras que significan una pérdida económica considerable.

2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS

Este tipo de sistemas se aplican mucho en invernaderos y lugares donde se necesita un control de datos ambientales para diferentes tipos de conclusiones en investigaciones.

Rodríguez (2006) llegó a la conclusión de que los sistemas de monitoreo de variables climatológicas tienen un gran impacto en el sector agrícola, la administración y el almacenamiento de datos de la red de monitoreo constituye un elemento de gran importancia en cuanto a que permite al usuario interactuar con la red.

En un proyecto realizado por Perea Palacios (2016), se realizó un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero del se pudo concluir que es una herramienta funcional y versátil para saber de forma rápida y precisa el comportamiento de las variables físicas de un invernadero.

El buen funcionamiento de la estrategia de control implementada permite mantener en niveles óptimos los valores de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.

El buen funcionamiento de la estrategia de comunicación, entre el sistema microcontrolador y el servidor, permite ver el registro correcto de los valores censados en la base de datos. Estas conclusiones, a las que llegaron estos autores con sus respectivos proyectos, indican que el trabajo a realizar en el laboratorio de biotecnología va a ser funcional y se pueden cumplir los objetivos planteados.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto que se realizará se puede definir por ciertas características particulares, el proyecto tendrá el propósito de una finalidad aplicada ya que como mencionan Hernández, Fernández y Baptista (2010) la investigación aplicada es la que soluciona problemas prácticos.

El proyecto sería del tipo no experimental de tipo transversal, pues como plantean Hernández, Fernández y Baptista (2010) el tipo transversal es en el que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede.

El marco de referencia sería de tipo micro ya que se va a realizar en un laboratorio de biotecnología que, a la vez, pertenece al CIGRAS y el mismo a la UCR.

La naturaleza del proyecto es cuantitativa ya que el objetivo de la investigación cuantitativa es desarrollar y emplear modelos matemáticos, teorías o hipótesis relativas a los fenómenos (SCM laboratorios S. A., 2013). En este caso el proyecto busca recopilar datos numéricos de variables ambientales para realizar estudios en las investigaciones propias del laboratorio.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

Debido a que el cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología no tiene un sistema de monitoreo constante y en tiempo real se harán pruebas previas y se tomarán decisiones con etapas.

Cada etapa precede a la siguiente y no se pueden eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y una vez delimitada se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica (Hernández, Fernández y Baptista Lucio, 2010).

Ya que el buen funcionamiento del sistema depende del buen funcionamiento de cada etapa no se puede avanzar si una de las etapas no cumple las expectativas.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Para la implementación del proyecto se cuenta con todo el apoyo y aval del laboratorio de biotecnología, el cuarto de crecimiento de este laboratorio está equipado con un puerto de red Ethernet y red eléctrica necesaria para llevar de una forma exitosa el proyecto.

En una fase de pruebas se llevará a cabo un prototipo del sistema con el cual se verificará que todo funcione como se espera antes de instalar el sistema de forma permanente.

La metodología que se utilizará es con etapas:

- Viabilidad del proyecto e implementar el sistema

Una vez que se estudia el lugar y se planifica la implementación del mismo, para esto se seleccionó el microcontrolador en este caso Arduino, además de los sensores recomendables de humedad, temperatura y radiación fotosintéticamente activa.

- Implementar el sistema de control

Se define el lenguaje de programación del microcontrolador, se definen las variables y los valores reales con las unidades de medición y el diagrama para empezar a realizar el sistema.

- Crear la base de datos

Se hace el estudio y la escogencia de las herramientas para crear la base de datos para tener las estadísticas de las variables en medición.

- Diseño de interfaz gráfica y exportación

Se hace la escogencia de la interfaz gráfica con su respectiva forma de exportar los resultados del sistema.

- Seguimiento y control

Como se explicará más adelante se realizará una etapa de control la cual la realizará el autor personalmente, además, los investigadores que trabajan en el laboratorio estarán capacitados para dar seguimiento y detectar algún error.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

En el proyecto se darán resultados que consisten en la recolección de los datos ambientales en un tiempo específico los cuales se guardarán en una base de datos, estos se podrán obtener mediante la página web.

Se dará seguimiento, por medio de un chequeo, del buen funcionamiento del sistema y la recolección de datos, además, los investigadores que realizan los estudios en el laboratorio estarán capacitados para exportar los resultados de los datos ambientales en un tiempo específico lo cual hace que al sistema se le hagan pruebas periódicamente.

El sistema de seguimiento y control se hará de forma aleatoria escogiendo un día a la semana para verificar su funcionamiento mediante la página web y se visitará el lugar donde estará instalado el sistema para verificar que se le dé un uso adecuado y sus condiciones sean idóneas.

CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO

4.1 DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad los laboratorios de biotecnología se aseguran de tener controladas todas las variables que intervienen en sus procesos, en esto tiene particular importancia el monitoreo de las variables ambientales como una herramienta útil para el control de los laboratorios y el monitoreo de las operaciones que se realizan durante un ensayo.

Por calidad y para lograr el cumplimiento de los requisitos derivados de las buenas prácticas de laboratorio, el monitoreo ambiental está vinculado al aseguramiento de la calidad mediante el cual se obtienen evidencias documentadas para demostrar que un proceso conduce a resultados de calidad dentro de las especificaciones predeterminadas.

Existe una estrecha relación entre la calidad y el monitoreo ambiental debido a que la calidad conlleva al control, a la mejora de los resultados de un ensayo, de un producto o de un proceso y el monitoreo ambiental controla el ambiente de las áreas de trabajo para asegurar la calidad.

En tal sentido, el diseño de un monitoreo ambiental se lleva a cabo principalmente para conocer bajo qué condiciones se realizan determinadas operaciones que necesitan controlarse, así como obtener información sobre las condiciones ambientales de las áreas y tomar acciones que permitan mantener dichas áreas bajo un estricto control de la calidad.

En este laboratorio se realiza el cultivo *in vitro* de especies vegetales, tanto herbáceas como leñosas. En el mismo se realiza investigación básica y aplicada sobre

procesos de morfogénesis y regeneración *in vitro*, orientados hacia el mejoramiento genético.

El personal del laboratorio está conformado por un coordinador, dos investigadores y un técnico, además, de los estudiantes que hacen horas estudiante y dan apoyo a las investigaciones en proceso.

Algunos de los proyectos vigentes realizados en el laboratorio son:

- Usos de la biotecnología para la caracterización de genotipos y de procesos fisiológicos en pitahaya.



Figura 3. Muestra de pitahaya en estudio

Fuente: <http://www.cigras.ucr.ac.cr/investigación/biotecnologia>

- Usos de la biotecnología para la propagación clonal de plantas hermafroditas de papaya y para la caracterización del proceso de maduración.

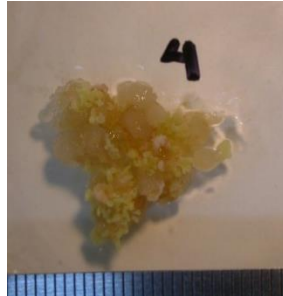


Figura 4. Elemento de papaya en estudio

Fuente: <http://www.cigras.ucr.ac.cr/investigación/biotecnologia>

- Evaluación de estrategias alternativas para la reproducción clonal de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth).



Figura 5. Planta de pejibaye en estudio

Fuente: <http://www.cigras.ucr.ac.cr/investigación/biotecnologia>

- Establecimiento, multiplicación y regeneración *in vitro* de guayaba (*Psidium guajava* L.).

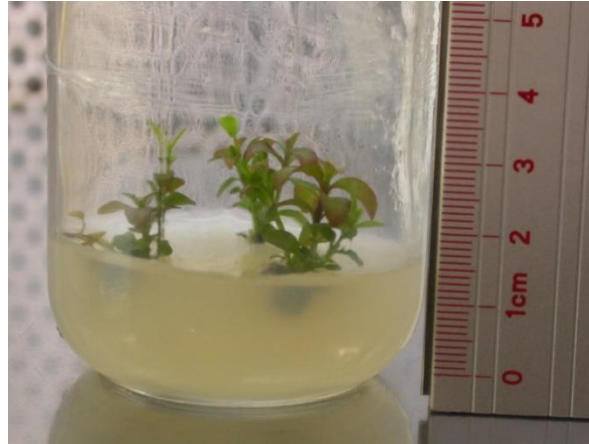


Figura 6. Cultivo de guayaba

Fuente: <http://www.cigras.ucr.ac.cr/investigacion/biotecnologia>

El laboratorio no cuenta con un monitoreo constante de variables ambientales, el procedimiento para recolectar esta información se realiza manualmente con *datalogger* que sitúan en un lugar al azar dentro de donde se colocan las muestras en estudio. Con instrumentos en el sitio se reúnen variables de forma escrita.

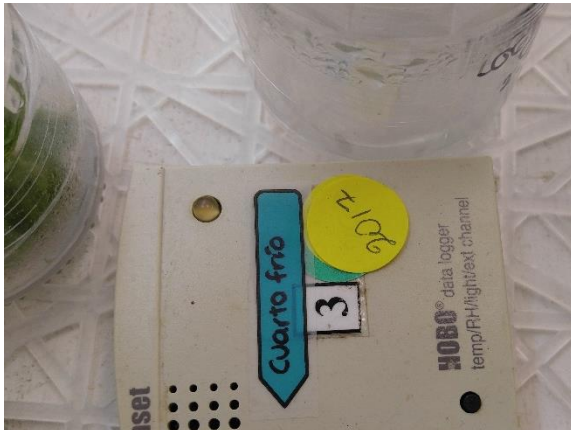


Figura 7. Datalogger

Fuente: elaboración propia



Figura 8. Termómetro digital

Fuente: elaboración propia

Con estos dispositivos se hace una base de datos de forma manual, sin embargo, no siempre se pueden obtener los datos por falta de recolección debido a que no se cuenta con personal dedicado a esto y en ocasiones se dan cambios que no se detectan y esto afecta no solo a la base de datos sino a los proyectos que se realizan en el laboratorio.



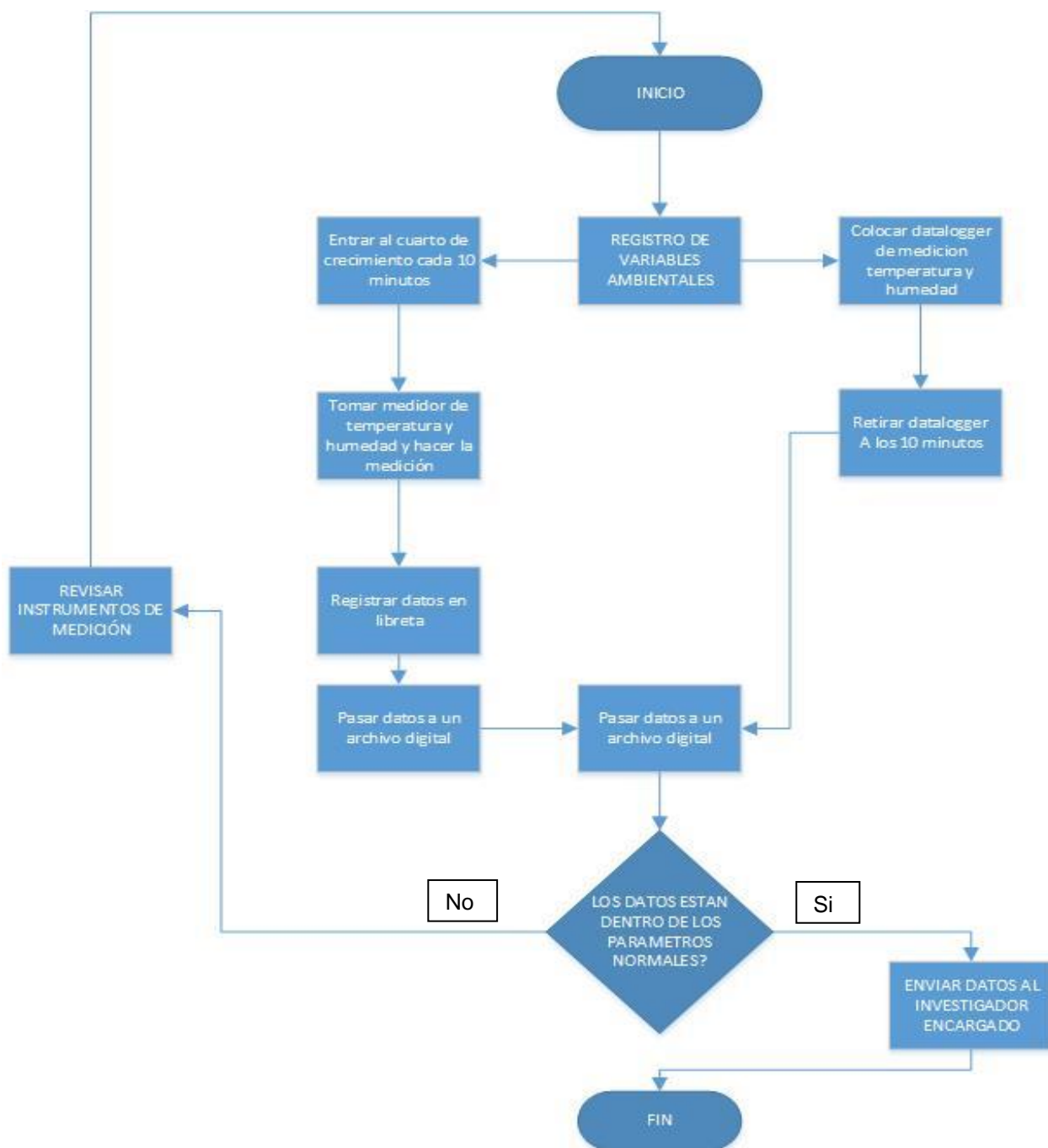
Figura 9. Cuarto de crecimiento del laboratorio de tecnología del CIGRAS antes de remodelación.

Fuente: elaboración propia

El sistema actual, como se muestra en la figura 8 “termómetro digital”, es muy propenso a fallos por error humano o por fallas técnicas, ya que la información se toma de forma manual.

En el bloque titulado “revisar los instrumentos de medición” de la figura 10 implica hacer un estudio del porqué se dieron estos cambios.

Para este estudio se tiene que revisar que los instrumentos tomen valores dentro del rango normal definido por los investigadores, si esto no es así deben determinar si es un problema técnico o de calibración. Para esto deben hacer una orden al taller de electrónica de la Universidad de Costa Rica, si detecta un problema de estos se debe tomar en cuenta valores de proyectos anteriores y revisar si estos fueron alterados por el problema. A continuación, se muestra el diagrama antes mencionado.



4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para este trabajo se realizaron entrevistas semiestructuradas a los investigadores del laboratorio para determinar los requerimientos específicos del proyecto, además, de una visita al laboratorio donde explicaron el trabajo que se realiza en el mismo.

Se hicieron varias preguntas sobre las condiciones ideales que deben tener los laboratorios de biotecnología, el investigador mencionó que debe tener temperatura estable, humedad relativa constante y la iluminación se tiene que mantener con una intensidad pareja en los estantes para que los ensayos sean fiables.

Se preguntó ¿Qué pasaría si las variables ambientales no se registran? El investigador mencionó que no se tendrían registros para ver el comportamiento de los ensayos con respecto a estas variables, además, recalcó la importancia de tener datos históricos para tener puntos de comparación en futuras investigaciones.

Otra pregunta que se hizo fue ¿Qué pasa si se dan cambios bruscos de temperatura, luz y humedad en el laboratorio? Respondió que si esto pasa y no se dan cuenta se dañarían las muestras en estudio causando pérdidas económicas, mencionó que ya han tenido experiencias negativas por la falta de un sistema como el que se está planteando.

Se preguntó cómo se miden las variables ambientales actualmente y mencionó que se hace de forma manual con dispositivos de medición como termómetros digitales y *datalogger*, no tienen manera de medir la radiación fotosintética en el cuarto de crecimiento.

Además, afirmó que los sensores de luz deben estar a la altura de las muestras en estudio y mínimo uno por nivel.

El sensor de temperatura y humedad es suficiente con uno para todo el cuarto, según la opinión del experto.

El investigador mencionó que la radiación fotosintéticamente activa es similar a los luxes, que ellos están interesados en obtener un dato de luxes por nivel y con esto

tendrían una idea de cuánta radiación se genera para las plantas, sin embargo, si se puede aplicar la fórmula de conversión de forma automática sería de gran ayuda.

Además, se preguntó por la resolución y fiabilidad que debían tener los sensores, mencionó que en el caso de la temperatura y humedad el dato del cuarto en general tenía que ser muy preciso, pero al ser la primera vez que van a registrar datos de luz no era necesario un sensor de alta fiabilidad ya que ellos empezarían a registrar estos datos desde cero y lo que les importa es el cambio que se genere en el tiempo en que se tienen las muestras en el cuarto de crecimiento.

Al tener estantes nuevos se sugirió no alterar los mismos y acomodar sensores y cableado acoplándose a los estantes.

Mencionó que se da flujo de personas y que al recolectar las muestras de temperatura y humedad no es siempre es fiable.

Además, se preguntó ¿en que ayudaría a los estudiantes que realizan sus proyectos de graduación tener un sistema de registro de variables? dijo que sería una herramienta muy útil ya que se tendrían elementos de juicio para tener conclusiones más reales de los ensayos en estudio.

Por otro lado, se entrevistó a Marcelo Efrén Murillo quien es un estudiante de cuarto año de Agronomía y da asistencia al laboratorio en proyectos de investigación. Mencionó que el sistema que se pretende implementar ayuda a reportar datos en metodología de informes, tesis y artículos científicos. Además, serviría para comparar condiciones del cuarto de crecimiento con metodologías que se desean aplicar.

4.3 DIAGNÓSTICO

Debido a la información que se obtuvo y al observar el trabajo que se hace en el laboratorio de biotecnología se afirma la necesidad de crear un sistema de registro de datos ambientales.

El trabajo de registro lo hacen de forma manual lo que genera cambios de temperatura al entrar y salir del cuarto de crecimiento, además se corre el riesgo de que los datos se tomen mal por algún error humano.

No se cuenta con alarma ante cambios bruscos de las variables y debido al poco personal se hace casi imposible estar pendiente de los valores para crear una base de datos con las estadísticas de los proyectos vigentes.

Lista de requerimientos solicitados para el sistema

Letra	Requerimiento
A	Tomar muestras de temperatura cada 10 minutos
B	Tomar muestras de humedad cada 10 minutos
C	Tomar muestras de radiación fotosintéticamente activa cada 10 minutos
D	Registrar las muestras en una base de datos
E	Mostrar en tiempo real los datos en una página web
F	Colocar 1 sensor de temperatura y humedad para el cuarto
G	Colocar 1 sensor de luminosidad en cada nivel de las muestras
H	Tener un LCD con los datos solicitados en el sitio.

I	Tener una alarma para cambios bruscos de temperatura
J	Avisar mediante mensaje de texto SMS al coordinador del laboratorio cuando se active la alarma.
K	Rotular el sistema
L	Hacer un manual con las especificaciones del sistema

Tabla 3. Lista de requerimientos solicitados para el sistema

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se describe el diseño y desarrollo del *hardware* y *software* implementado para el registro de variables ambientales del cuarto de crecimiento del laboratorio, abarcando el código de control, el código empleado para la página web y los detalles de los sensores y dispositivos escogidos para el sistema.

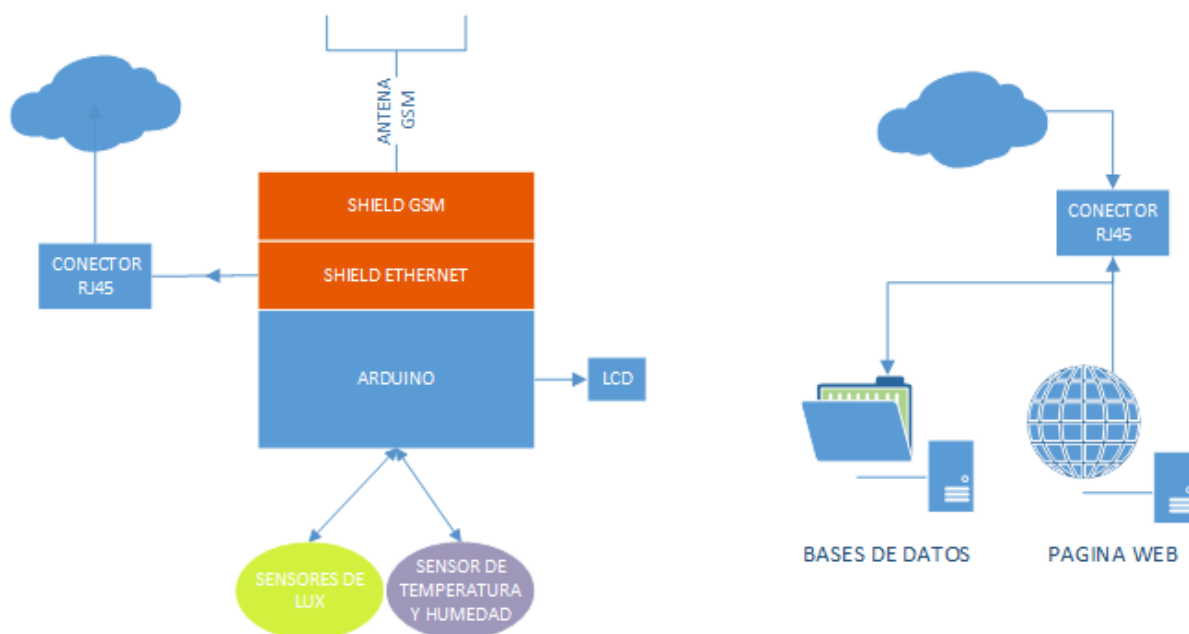


Figura 11. Diagrama de bloques de la propuesta seleccionada

Fuente: elaboración propia

El cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología sufrió una remodelación lo cual obligó a hacer unos cambios para cumplir con los objetivos establecidos. A continuación, se muestra la figura con los nuevos estantes y distribución del cuarto.



Figura 12. Cuarto de crecimiento del laboratorio de tecnología del CIGRAS después de remodelación

Fuente: elaboración propia

5.1 UBICACIÓN DE LOS SENSORES

Para determinar la ubicación en donde se van a poner los sensores y delimitar el área en que las muestras recibirán una cantidad de lux homogénea, se hicieron pruebas previas colocando los sensores en diferentes puntos de los estantes y tomando muestras como se ve a continuación:



Figura 13. Posición central del sensor

Fuente: elaboración propia

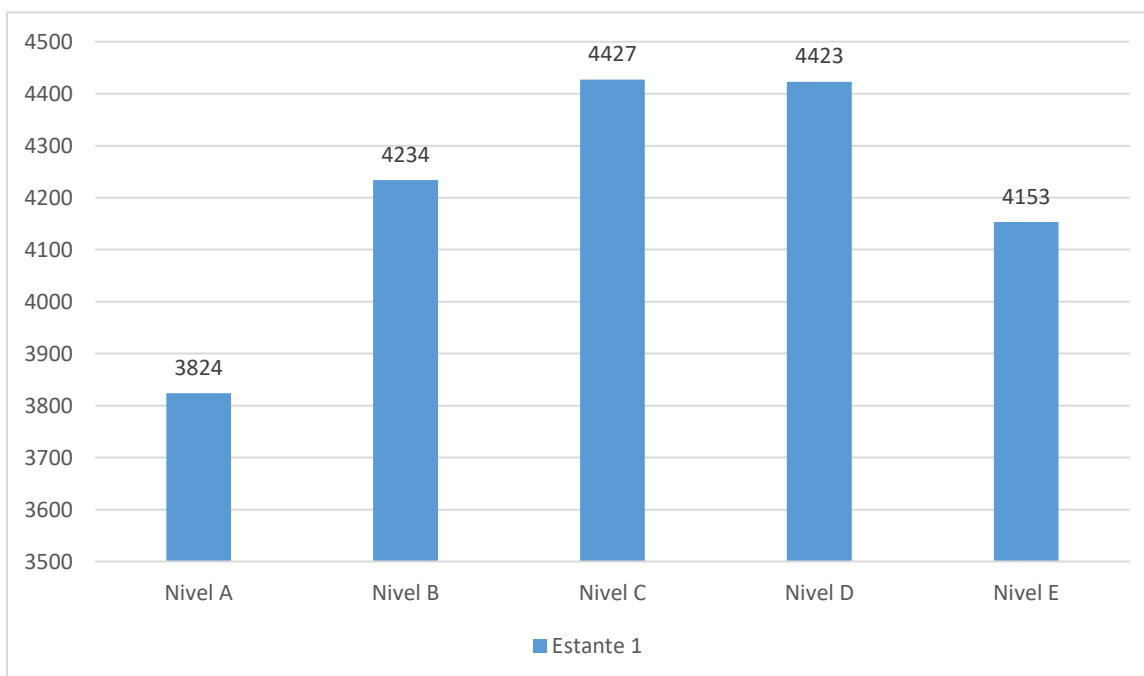


Gráfico 1. Estante 1 Cantidad de Luxes sensor posición central

Fuente: elaboración propia

Al tomar en cuenta la información del gráfico 1 el promedio de luxes de todos los niveles es: 4212,2 y se puede ver el comportamiento de la intensidad de luxes en cada uno de los sensores.



Figura 14. Posición derecha del sensor

Fuente: elaboración propia

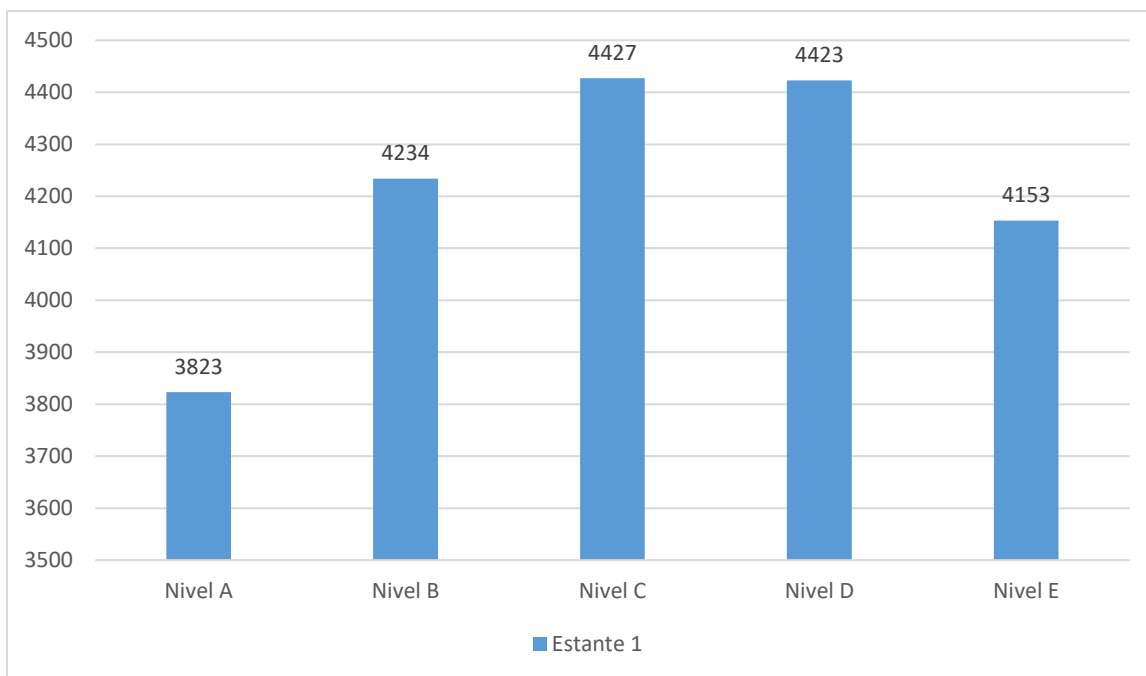


Gráfico 2. Estante 1 Cantidad de Luxes sensor posición derecha

Fuente: elaboración propia

Al observar la información del gráfico 2 el promedio de luxes de todos los niveles es: 4212,2 y se puede ver el comportamiento de la intensidad de luxes en cada uno de los sensores. Si se compara con el gráfico 1 no hay ningún cambio significativo en las lecturas de los sensores.

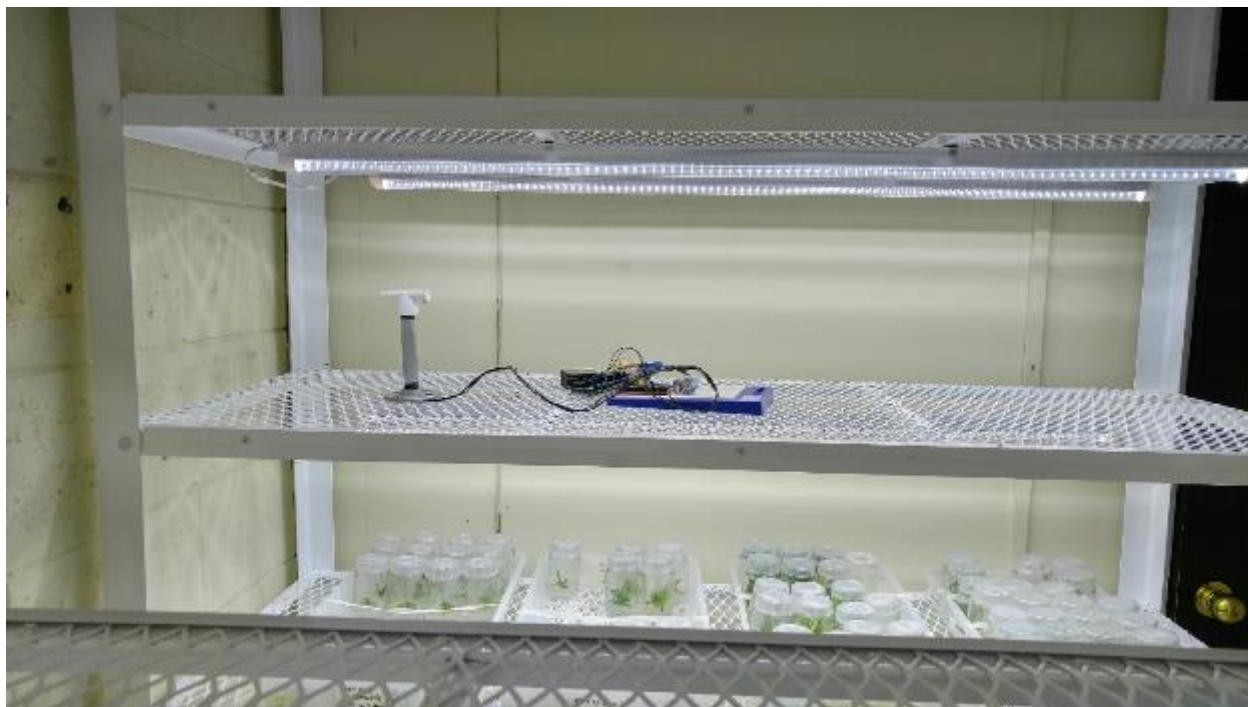


Figura 15. Posición izquierda del sensor

Fuente: elaboración propia

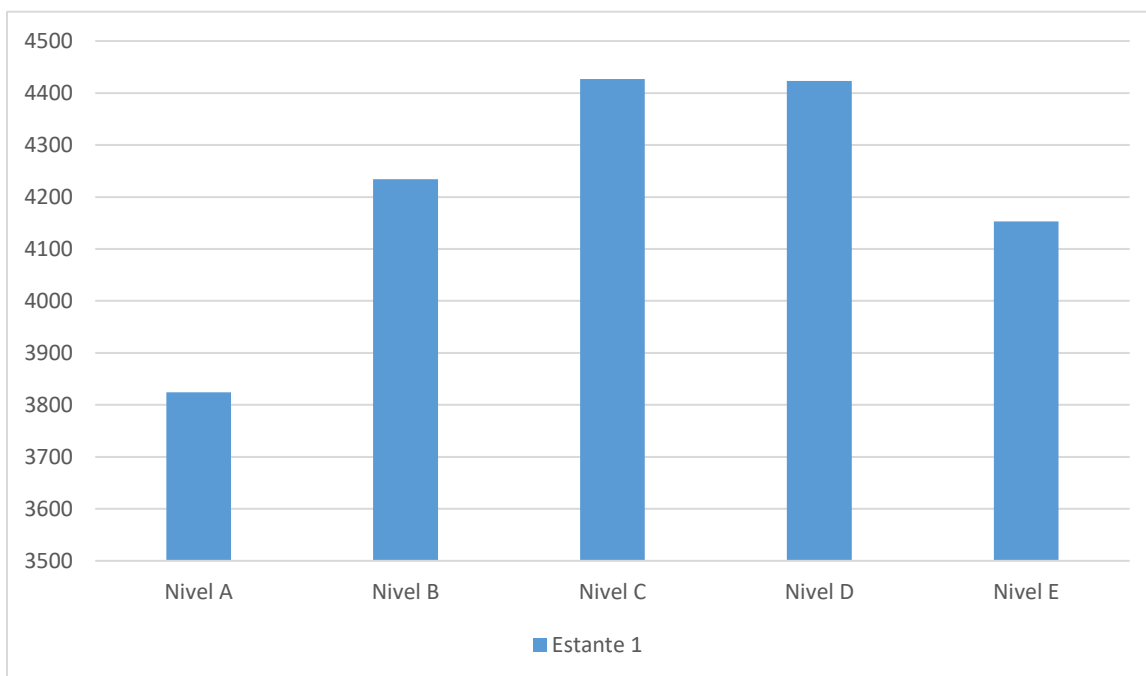


Gráfico 3. Estante 1 Cantidad de Luxes sensor posición izquierda

Fuente: elaboración propia

Según la información del gráfico 3 el promedio de luxes de todos los niveles es: 4212,2 y se puede ver el comportamiento de la intensidad de luxes en cada uno de los sensores. Como se observa comparándolo con el gráfico 1 y gráfico 2 no hay ningún cambio significativo en las lecturas de los sensores.



Figura 16. Posición al límite derecho del sensor

Fuente: elaboración propia

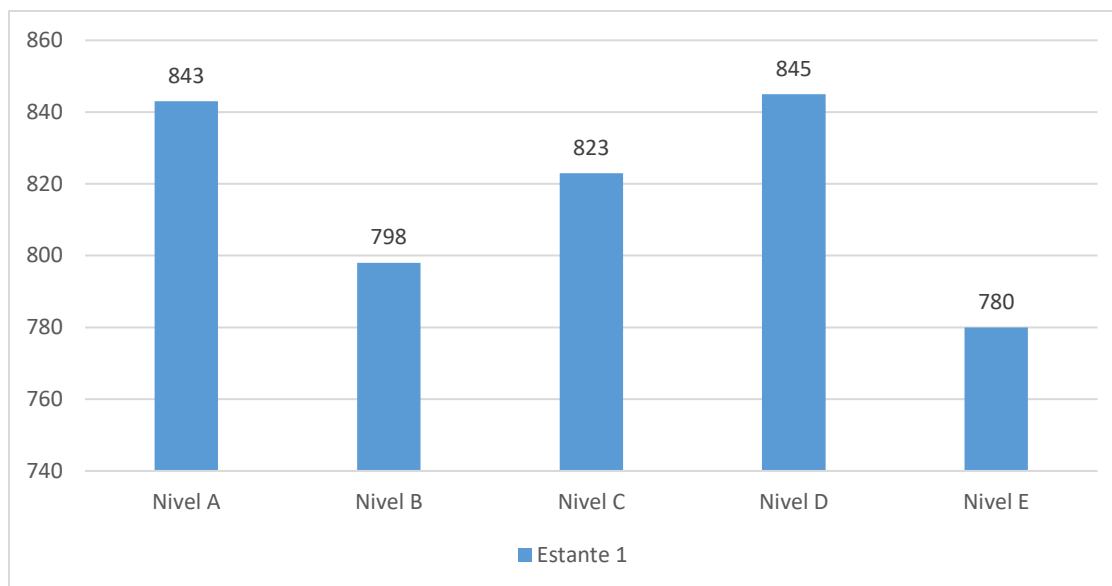


Gráfico 4. Estante 1 Cantidad de Luxes sensor posición limite derecho

Fuente: elaboración propia

Debido a que los estantes están fabricados con una malla metálica las luces led de los estantes superiores afectan los niveles inferiores ya que suma intensidad, esto se podría solucionar cubriendo la malla con una estructura que no deje pasar la luz, se hizo esta observación a los investigadores quienes están conscientes de esto y mencionan que no se puede cubrir los estantes ya que genera contaminación (polvo) para las muestras en estudio y que después de que se implemente el sistema con los datos obtenidos tomarían decisiones, como de apagar los niveles que no se estén utilizando, tapar la malla con algún material o dejarlo como está si no se ven problemas con los cultivos.

Por otra parte, con los resultados obtenidos en el gráfico 4, donde se observa un gran cambio en esa posición del sensor, se delimitó un área de lecturas fiables, la cual se explica en la figura 10, fuera de estos límites las lecturas obtenidas varían mucho debido a la posición de las luces led.

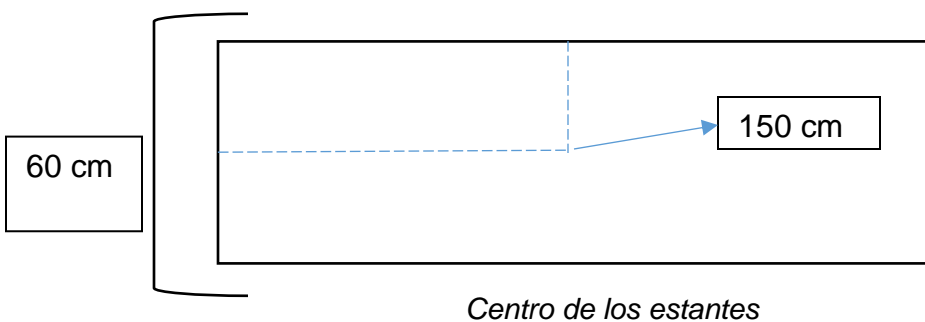


Figura 17. Vista aérea del estante de muestras

Fuente: elaboración propia

Con la figura 17 y los datos obtenidos en el gráfico 1 se determina el lugar donde se colocará el sensor BH1750, que sería en el centro de cada nivel como lo solicitó el investigador Andrés Hernández.

Después de hacer mediciones a lo largo del estante se delimitó un área con lecturas fiables las cuales son a 15 cm en cada extremo a lo largo

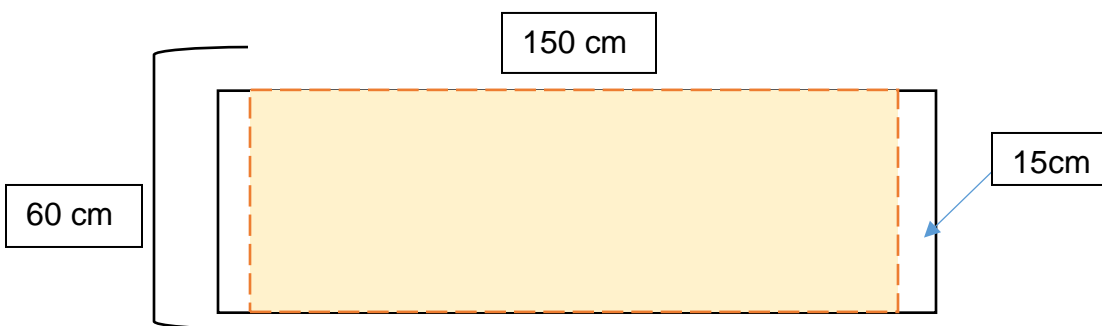


Figura 18. Delimitación del área fiable de lecturas de luxes

Fuente: elaboración propia

5.2 ANÁLISIS PREVIO DE VARIABLES AMBIENTALES

Se realizó un análisis en el sitio para capturar los datos de los sensores en un tiempo específico, tanto cantidad de luxes por nivel como la temperatura y humedad del cuarto de crecimiento, luego se comparan con datos que poseen en el laboratorio de meses anteriores. La siguiente tabla muestra los valores obtenidos de luxes entre los días 15 de enero y el 18 de enero del presente año, se tomaron de forma manual con los sensores que se escogieron para el proyecto, se aprecia que las lecturas son constantes y los cambios no son significativos, se hace el cálculo del promedio de las lecturas para tener una visión más amplia de los valores y se obtiene la desviación estándar para ver qué tan dispersos están los datos de la media, mientras más grande sea la desviación mayor será la dispersión de los datos

Sensores de LUX	Día 1 9:00 a. m. Luxes (lx)	Día 2 9:00 a. m. Luxes (lx)	Día 3 9:00 a. m. Luxes (lx)	Día 4 9:00 a. m. Luxes (lx)	Promedio Luxes (lx)	Desviación estándar (σ):
Estante 1, nivel A	3824	3856	3833	3844	3839.25	11.986972094737
Estante 1, nivel B	4234	4243	4256	4321	4263.5	34.106451002706
Estante 1, nivel C	4423	4432	4467	4487	4452.25	25.936219847927

Estante 1, nivel D	4345	4348	4360	4355	4352	5.8736700622354
Estante 1, nivel E	4153	4154	4157	4162	4156.5	3.5
Estante 2, nivel A	3822	3858	3839	3846	3841.25	13.026415470113
Estante 2, nivel B	4239	4249	4255	4319	4265.5	31.41257709899
Estante 2, nivel C	4425	4438	4464	4486	4453.25	23.551804601771
Estante 2, nivel D	4343	4349	4361	4356	4352.25	6.8328251843582
Estante 2, nivel E	4151	4158	4158	4167	4158.5	3.55.6789083458003
Estante 3, nivel A	3824	3850	3837	3846	3839.25	9.9843627738579
Estante 3, nivel B	4237	4246	4252	4320	4263.75	32.911813988293
Estante 3,	4429	4439	4460	4489	4454.25	22.971449671277

nivel C						
Estante 3, nivel D	4345	4348	4360	4355	4352	5.8736700622354
Estante 3, nivel E	4153	4154	4155	4160	4155.5	2.6925824035673

Tabla 4. Análisis del comportamiento de la luminosidad entre el 15 y 18 de enero de 2018

Fuente: elaboración propia

La tabla 4 muestra la temperatura y humedad en diferentes horas. La figura 17 muestra una ilustración del área física del cuarto de crecimiento, además, de las zonas en donde se colocó el sensor para las pruebas, obteniendo como resultado un valor muy similar en cada posición.

	Temperatura	Humedad
9:00 a. m.	22.01°C	75.09 %
12:00 p. m.	21.21°C	78.09 %
3:00 p. m.	19.81°C	79.09 %
6:00 p. m.	20.90°C	70.09 %

Tabla 5. Toma de temperatura y humedad en diferentes horas

Fuente: elaboración propia

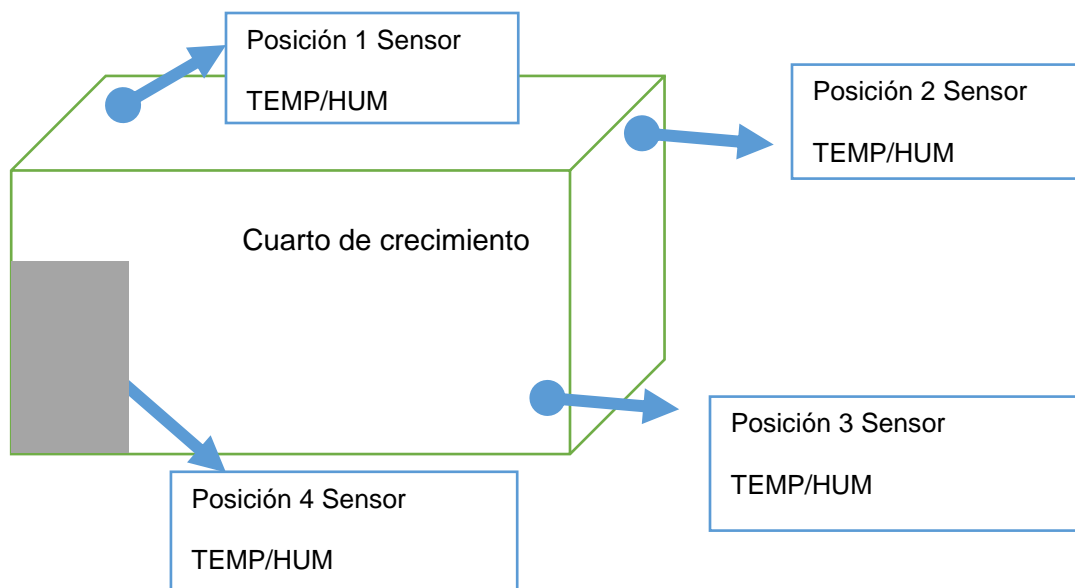


Figura 19. Diferentes posiciones del sensor de temperatura y humedad en el cuarto de crecimiento

Fuente: elaboración propia

Se hace una comparación del análisis hecho previamente contra los datos que tenían registrados en meses anteriores en el laboratorio, se debe aclarar que cuando se tomaron los datos en meses anteriores en el laboratorio había una luminaria diferente con fluorescentes.

Promedio de Lux Actual Promedio	Lux en un punto aleatorio meses anteriores	Temperatura actual Promedio	Temperatura meses Anteriores	Humedad Actual Promedio	Humedad meses Anteriores
3839.5	1194,4	20.98	21,984	75.59	71,301

Tabla 6. Tabla comparativa de datos actuales vs datos registrados anteriormente

Fuente: elaboración propia

Como se observa el cambio de luminaria afectó bastante los luxes en el área donde se colocan las muestras. La temperatura y humedad se ve que se han mantenido constante, la toma de estos datos se hacía de forma manual por lo que es probable que no sean tan exactas, en el futuro se tendrá un mejor análisis con la implementación del sistema.

5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS

Se explicará con detalle la parte del *hardware* la cual lo conforman los siguientes elementos.

5.3.1 Microcontrolador

Para escoger el microcontrolador que llevará a cabo todas las decisiones del sistema se hizo un estudio de 3 posibles soluciones. A continuación, se muestra una tabla en la que se toman las principales características de cada uno.

	Arduino MEGA	Raspberry Pi	BeagleBone
Precio	\$40 – 47	\$55 – 61	\$62 – 67
Entradas Analógicas	16	N/A	7
Entradas / Salidas Digitales	54	40	66
Compatibilidad con shields	SI	NO	SI
Ethernet	Shield	10/100	10/100

Tabla 7. Análisis de 3 diferentes tipos de microcontrolador resaltando sus ventajas y desventajas para el sistema que se desea implementar

Fuente: elaboración propia

Debido a las características que posee y su facilidad para manejar dispositivos electrónicos, sus múltiples entradas analógicas con las que se pueden conectar sensores de variables ambientales y pensando en mejorar el sistema a futuro, se escogió el Arduino mega 2560 como microcontrolador. Este será el encargado de recibir los datos de los sensores y con sus diferentes módulos se encargará de la toma de decisiones previamente programadas.



Figura 20. Arduino MEGA 2560

Fuente: www.store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3

5.3.2 Modulo Ethernet W5100

Este *shield* permite conectar Arduino a Internet. Está basado en el chip de ethernet Wiznet W5100 con funcionalidades de IP tanto para TCP como UDP. El Arduino Ethernet Shield soporta hasta 4 conexiones simultáneas.

Para comunicarse con el shield W100 el arduino utiliza los pines digitales 10, 11, 12 y 13, se utilizará para hacer la conexión a Internet y enviar los datos al servidor.



Figura 21. Modulo Ethernet

Fuente: www.store.arduino.cc/arduino-ethernet-shield-2

5.3.3 Modulo GSM SIM900

Permite conectar el Arduino a la red de telefonía celular y hacer uso de todos los servicios (voz y datos). El módulo SIM900 es capaz de funcionar en **cualquier red GSM** ya que es un dispositivo de 4 bandas (850/900/1800/1900MHz).

Se conecta a los pines 0(TX) y 1(RX) del arduino, además, se hace un puente entre los pines 2 y 8, con este dispositivo se podrá enviar la alerta si se produce un cambio brusco en la temperatura.



Figura 22. Módulo GSM

Fuente: http://store.iteadstudio.com/images/icon/iconosat1.1_3.jpg

5.3.4 Sensor de temperatura y humedad

Para la escogencia de este sensor se realizaron pruebas con el sensor DTH22 el cual trabajó muy bien, sin embargo, posee un tiempo de respuesta muy lento lo que no beneficia al sistema que tiene que detectar cambios repentinos de temperatura lo más rápido posible.

Por esto, se escogió el sensor SHT15 el cual mide temperatura y humedad, posee un tiempo de respuesta rápido, tiene alta precisión y bajo consumo.



Figura 23. Sensor de temperatura y humedad SH15

Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/13683>

5.3.5 Sensor de luz

EL módulo BH1750 es un sensor de luz, que a diferencia del LDR es digital y entrega valores de medición en Lux (lumen /m²) que es una unidad de medida estándar para el nivel de iluminación (iluminancia). Tiene alta precisión y un rango ente 1 – 65535 lx el cual es configurable.



Figura 24. Sensor Lux BH1750

Fuente: www.leeselectronic.com/20521-thickbox_default/digital-light-sensor-i2c-bh1750-gy30.jpg

5.3.6 Multiplexor Adafruit TCA9548A

Con este multiplexor se pueden conectar hasta 8 dispositivos I2C con la misma dirección física, el chip en sí es compatible con 1.8V - 5V por lo que se puede usar con cualquier nivel lógico, es compatible con arduino, se pueden usar hasta 8 multiplexores al mismo tiempo para manejar 64 dispositivos con la misma dirección ya que se puede configurar con 8 direcciones distintas.



Figura 25. Multiplexor TCA9548A

Fuente: https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/027/695/medium640/adafruit_products_2717_iso_ORIG.jpg?1442011540

5.4 COLOCACIÓN DEL EQUIPO

Para la instalación del equipo se hizo un modelo con el *software* Sketch.Up para tener las medidas exactas de los estantes y colocar el equipo con sus diferentes componentes en el mejor lugar.



Figura 26. Estante cuarto de crecimiento

Fuente: elaboración propia

5.5 CABLEADO Y ROTULACIÓN

Una de las condiciones del laboratorio es no modificar la forma ni la estructura de los estantes, por este motivo se utiliza la forma de los mismos para organizar el cableado de los sensores de lux, además, se le agrega una etiqueta a cada uno para identificarlos en el sistema principal.

El cable que se utilizó fue el KR-AL500 conocido como cable de alarma marca Miyako, posee 2 pares de conductores trenzados de 22AWG, es de tipo “hebra” lo que lo hace de gran flexibilidad necesario para acomodarlo entre los estantes.

Se hizo una rotulación de los sensores y cables según la posición de donde vienen, ejemplo: cable A-1 pertenece al nivel A del estante número 1.

A continuación, se muestra una figura con la distribución de los cables en el cuarto de crecimiento del laboratorio de biotecnología.

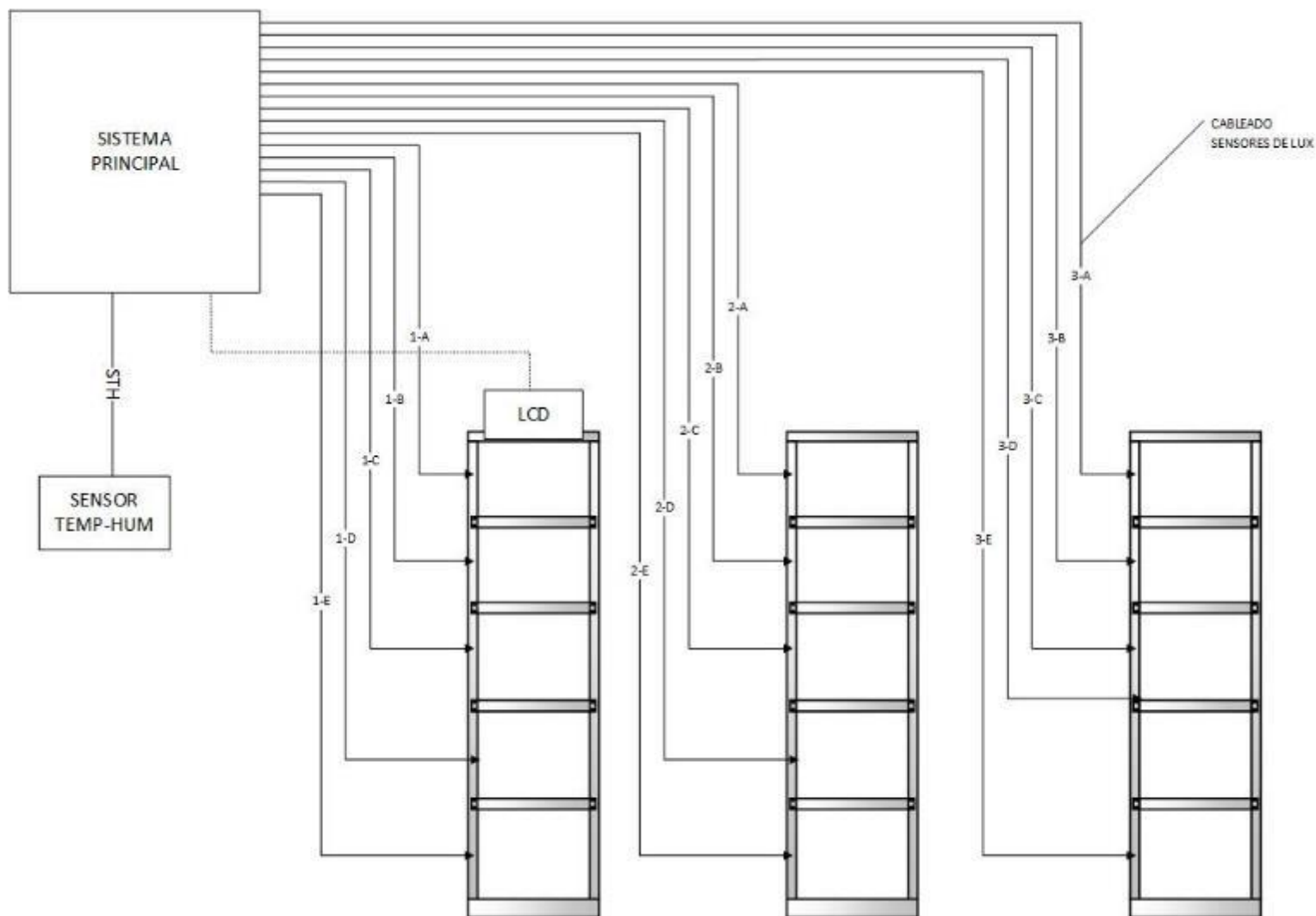


Figura 27. Diseño del cableado del sistema

Fuente: elaboración propia

A la caja con el sistema final se le colocaron 2 tablas pequeñas con la identificación de cada componente conectado a las terminales, esto para facilitar la posición de los componentes en la caja por alguna posible falla.

MUX 1			
TERM 3	VIN	TERM 15	1-C SDA
TERM 4	GND	TERM 16	1-C SCL
TERM 5	SDA	TERM 17	1-D SDA
TERM 6	SCL	TERM 18	1-D SCL
TERM 7	NC	TERM 19	2-A SDA
TERM 8	5V	TERM 20	2-A SCL
TERM 9	5V	TERM 21	2-B SDA
TERM 10	5V	TERM 22	2-B SCL
TERM 11	1-A SDA	TERM 23	2-C SDA
TERM 12	1-A SCL	TERM 24	2-C SCL
TERM 13	1-B SDA	TERM 25	2-D SDA
TERM 14	1-B SCL	TERM 26	2-D SCL

Tabla 8. Rotulación terminales MUX1

Fuente: Elaboración propia

MUX 2			
TERM 1	VIN	TERM 17	3-B SDA
TERM 2	GND	TERM 18	3-B SCL
TERM 3	SDA	TERM 19	3-C SDA
TERM 4	SCL	TERM 20	3-C SCL
TERM 5	NC	TERM 21	3-D SDA
TERM 6	NC	TERM 22	3-D SCL
TERM 7	NC	TERM 23	3-E SDA
TERM 8	NC	TERM 24	3-E SCL
TERM 9	2-E SDA	TERM 25	2-C SDA
TERM 10	2-E SCL	TERM 26	2-C SCL
TERM 11	3-A SDA	TERM 27	2-D SDA
TERM 12	3-A SCL	TERM 28	2-D SCL

Tabla 9. Rotulación terminales MUX1

Fuente: elaboración propia

5.6 CÓDIGO

A continuación, se hará un recorrido por el código y programación de cada componente del sistema para cumplir las funciones que se requieren.

5.6.1 Programación del Arduino mega

La programación del arduino mega se realizó con el fin de que este sea el que reciba las señales de los sensores y mediante sus diferentes módulos tome las decisiones necesarias y establecidas por el sistema.

5.6.2 Programación del multiplexor TCA9548a

La configuración del multiplexor se hace para poder utilizar los 15 sensores mediante I2C y no exista conflicto con las direcciones. Este multiplexor es direccionable por lo que se puede conectar hasta 8 multiplexores con 8 salidas lo cual permite manejar 64 dispositivos i2c con la misma dirección, para este caso se utilizarán 2, debido a esto se definirán 2 direcciones y se configurarán para activar uno y deshabilitar el otro para que no existan conflictos.

Seguidamente se puede observar el código en el IDE de Arduino.



```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
sketch_feb15a $
#include <Wire.h> //incluye la librería wire que maneja el bus i2c
#define TCA 0x70 //Dirección asignada al multiplexor 1
#define TCB 0x77 //Dirección asignada al multiplexor 2

void tcselect(uint8_t i) {
Wire.beginTransmission(TCB); //Se apagan los canales del multiplexor 2
Wire.write(0);
Wire.endTransmission();

if (i > 7) return;

Wire.beginTransmission(TCA);
Wire.write(1 << i); //Se inicia la transmision del multiplexor 1 y sus canales
Wire.endTransmission();
}

void tcbselect(uint8_t i) {
Wire.beginTransmission(TCA); //Se apagan los canales del multiplexor 1
Wire.write(0);
Wire.endTransmission();

if (i > 7) return;

Wire.beginTransmission(TCB);
Wire.write(1 << i); //Se inicia la transmision del multiplexor 1 y sus canales
Wire.endTransmission();
}

```

Figura 28. Código del multiplexor TCA9548a

Fuente: elaboración propia

5.6.3 Programación de Sensor BH1750

Para evitar conflictos se definirá la dirección 0x5C a los sensores de lux conectados al primer multiplexor y la dirección 0x23 a los sensores conectados al segundo multiplexor. Esto gracias a que el sensor de lux se puede cambiar entre estas dos direcciones con el pin ADDR.

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
2bh1750juntos §
#include <BH1750FVI.h> // Biblioteca de sensores
#include <Wire.h> // Biblioteca I2C

BH1750FVI LightSensor ; //se define el primer sensor
BH1750FVI LightSensor2 ; //se define el segundo sensor

void setup () {
  Serial.begin (9600);
  LightSensor.begin (); //se inicia el primer sensor
  LightSensor2.begin (); //se inicia el segundo sensor

  LightSensor.SetAddress (Device_Address_L); // Dirección 0x5C
  LightSensor2.SetAddress (Device_Address_H); // Dirección 0x23

  LightSensor.SetMode (Continuous_H_resolution_Mode);
  Serial.println ("Ejecutando ...");
  LightSensor2.SetMode (Continuous_H_resolution_Mode);
  Serial.println ("Ejecutando2 ...");
}

void loop () {
  uint16_t lux = LightSensor.GetLightIntensity (); // Se obtiene el valor Lux
  Serial.print ("Light:");
  Serial.print (lux); // Se imprime el valor en el monitor serial
  Serial.println ("lux");
  delay (1000);

  uint16_t lux2 = LightSensor2.GetLightIntensity (); // Se obtiene el valor lux2
  Serial.print ("Light2:");
  Serial.print (lux2); //Se imprime el valor en el monitor serial
  Serial.println ("lux");
  delay (1000);
}

```

Figura 29. Programación del sensor BH1750

Fuente: elaboración propia

5.6.4 Programación del sensor de temperatura y humedad SHT15

Para este sensor se hace una programación recomendada por el fabricante donde se muestra temperatura y humedad, definiendo variables.



```
SHT15 Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

SHT15 $

#include <SHT1X.h>
#include <LiquidCrystal.h>

//variables para almacenar valores
float tempC = 0;
float tempF = 0;
float humidity = 0;

SHT1x sht15(A4, A5); // Se definen las entradas Data, SCK

//Se declaran los pines para alimentacion 5V GND
int gnd = A2;
int power = A3;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Open serial connection to report values to host

  pinMode(power, OUTPUT); //salida
  pinMode(gnd, OUTPUT); //salida

  digitalWrite(power, HIGH); 5V
  digitalWrite(gnd, LOW); GND
}
//-----
void loop()
{
  readSensor(); //Lectura sensor
  printOut(); //Imprime
  delay(1000);
}
//-----
void readSensor()
{
  // Lectura de los valores del sensor
  tempC = sht15.readTemperatureC();
  tempF = sht15.readTemperatureF();
  humidity = sht15.readHumidity();
}
//-----
void printOut() //se imprimen valores en monitor serie
{
  Serial.print(tempF);
  Serial.print("F, ");
  Serial.print(tempC);
  Serial.println("C");
  Serial.print(" Humidity = ");
  Serial.print(humidity);
  Serial.println("%");
}
```

Figura 30. Código para el sensor SHT15

Fuente: elaboración propia

5.6.5 Programación de la conversión de luxes a radiación PAR

Para la conversión de luxes se toma el procedimiento indicado en la tabla 2, para esto se realiza lo siguiente:

- A) Se pasa luxes a pie-candela multiplicando por 0.9.
- B) Se debe sacar el promedio en 1 hora para sacar los pie-candela promedio por hora, sin embargo, esto se hace cuando la cantidad de pie-candela varían mucho, por ejemplo, al aire libre y se necesita un promedio. En el caso actual como se muestra en la tabla 4 la cantidad de luxes varía muy poco, debido a esto se asume que los pie-candela por hora se mantienen en la lectura obtenida en el momento.
- C) El último paso es multiplicar los pie-candela hora por la constante de las lámparas LED que en este caso equivale a: 0.13

```

codigo_final_para_documento Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

codigo_final_para_documento

void loop() {

  tcselect(0);
  uint16_t lux = LightSensor2.GetLightIntensity();
  float lux1a = 0.9 * lux; // donde 0.9 se multiplica para la conversión a pie-candela
  float radi1 = lux1a * 0.13; // donde 0.13 es la constante para lamparas LED

  Serial.print("Lux 1A: ");
  Serial.print(lux);
  Serial.println(" lx");
  delay(50);

  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, radi1, myWriteAPIKey); //parametros para thingspeak
  delay(600000); // escritura thingSpeak cada 10min

  tcselect(1);
  uint16_t lux1 = LightSensor2.GetLightIntensity();
  float lux1b = 0.9 * lux1; // donde 0.9 se multiplica para la conversión a pie-candela
  float radi2 = lux1b * 0.13; // donde 0.13 es la constante para lamparas LED

  Serial.print("Lux 1B: ");
  Serial.print(lux1);
  Serial.println(" lx");
}

```

Figura 31. Código conversión de luxes a PAR

Fuente: elaboración propia

5.6.6 Programación Modulo Ethernet y conexión a Thingspeak



```
tinks Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

tinks $
#include <SPI.h> // Se incluye libreria SPI
#include <Ethernet.h> // libreria Ethernet
#include "ThingSpeak.h" // libreria Thingspeak

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED }; // Mac address, tiene que ser única en l

IPAddress ip(163, 178, 118, 240); // Dirección ip asignada por la administradora de red del C
IPAddress DNS(163, 178, 88, 2); // DNS utilizado en el campus de la UCR
IPAddress gateway(163, 178, 118, 193); //Puerta de enlaace
IPAddress subnet(255, 255, 255, 192); //Marcara de red

EthernetClient client; //se define ethernet como cliente

//Seteo de ThingSpeak

unsigned long myChannelNumber = 422310; // numero de canal 1 (Cuarto de Crecimiento Estante 1
unsigned long myChannelNumber1 = 428036; // numero de canal 2 (Cuarto de Crecimiento Estante
unsigned long myChannelNumber2 = 428037; // numero de canal 3 (Cuarto de Crecimiento Estante
unsigned long myChannelNumber3 = 428038; // numero de canal 4 (Cuarto de Crecimiento Estante

const char * myWriteAPIKey = "CLDIEW13EBNPFMTF"; //APIKey canal 1
const char * myWriteAPIKey1 = "NDLWTOC04WZFN16A"; //APIKey canal 2
const char * myWriteAPIKey2 = "Q6I4XRBS77K9QFWG"; //APIKey canal 3
const char * myWriteAPIKey3 = "0VSNGOYPLNT4U5CW"; //APIKey canal 4

void setup(){

  Ethernet.begin(mac, ip, DNS, gateway, subnet); //inicio de ethernet con su configuración
  Serial.println("Iniciando red...");
  Serial.print("IP fija: configurada: ");
  Serial.println(Ethernet.localIP()); // Se imprime la IP configurada en el equipo

  ThingSpeak.begin(client); //Inicia el servicio thingspeak cliente
}

// Se escriben los datos en los canales y campos respectivos
// Se define (canal, posición, variable, APIKey)
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, radiacionA1, myWriteAPIKey); //canal 1
delay(600000); // lectura cada 10 minutos

  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber1, 1, radiacionA2, myWriteAPIKey1); //canal 2
delay(600000); //lectura cada 10 minutos

  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber2, 1, radiacionA3, myWriteAPIKey2); // canal 3
delay(600000); // lectura cada 10 minutos

  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber3, 1, radiacionA3, myWriteAPIKey2); // canal 3
delay(600000); // lectura cada 10 minutos

//////////Se configuran las demas pocisiones
```

Figura 32. Código conexión a thingspeak

Fuente: elaboración propia

Como se observó en la figura 32 con los parámetros dados por la Universidad de Costa Rica, se logró una configuración exitosa para tener acceso al servicio *thingspeak*.

5.6.7 Programación módulo GSM con alarma

Por último, se hace la configuración para la alarma GSM la cual avisa cuando la temperatura aumenta de una forma repentina y sobrepasa los 26 grados centígrados. A continuación, se muestra un extracto del código donde se configura la regla de la alarma.



```
codigo_final_para_documento Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

codigo_final_para_documento $
Serial.println("C");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("T:");
lcd.print(tempC);
lcd.print("C");
Serial.print(" Humidity = ");
Serial.print(humidity);
Serial.println("$");
  lcd.setCursor(9, 0);
  lcd.print("H:");
  lcd.print(humidity);
  lcd.print("$");

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber3, 1, tempC, myWriteAPIKey3);
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber3, 2, humidity, myWriteAPIKey3);
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

if (tempC > 25)
{
  smsText.toCharArray(sms_text,160);
  sms.SendSMS("+50688570536", sms_text);
  String smsText = "Cambio brusco de temperatura detectado";
  delay(60000);
}
```

Figura 33. Código de la alarma GSM

Fuente: elaboración propia

5.7 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

En el siguiente apartado se presentarán con detalle las características de la construcción de cada elemento que conforma el sistema.

5.7.1 Sensores de luminosidad

Para la instalación de los sensores de luminosidad se utilizó un niple de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro y 5 pulgadas de alto con un *flanger* como base, esto para que queden fijos y a la altura de los tubos de ensayo que usan, se fijaron con tornillos y tuercas ya que constantemente están metiendo bandejas con muestras y pueden dañar los sensores, con esto nos aseguramos que no van a sufrir ningún daño porque están bien protegidos.



Figura 34. Vista frontal sensor de Lux

Fuente: elaboración propia



Figura 35. Vista Aérea sensor de Lux

Fuente: elaboración propia

5.7.2 multiplexor en placa con terminales

Como se mencionó anteriormente se utilizaron 2 multiplexores TCA9548a, para la colocación en el sistema principal se colocaron en unas tarjetas perforadas con terminales para facilitar la conexión del cableado de los sensores.

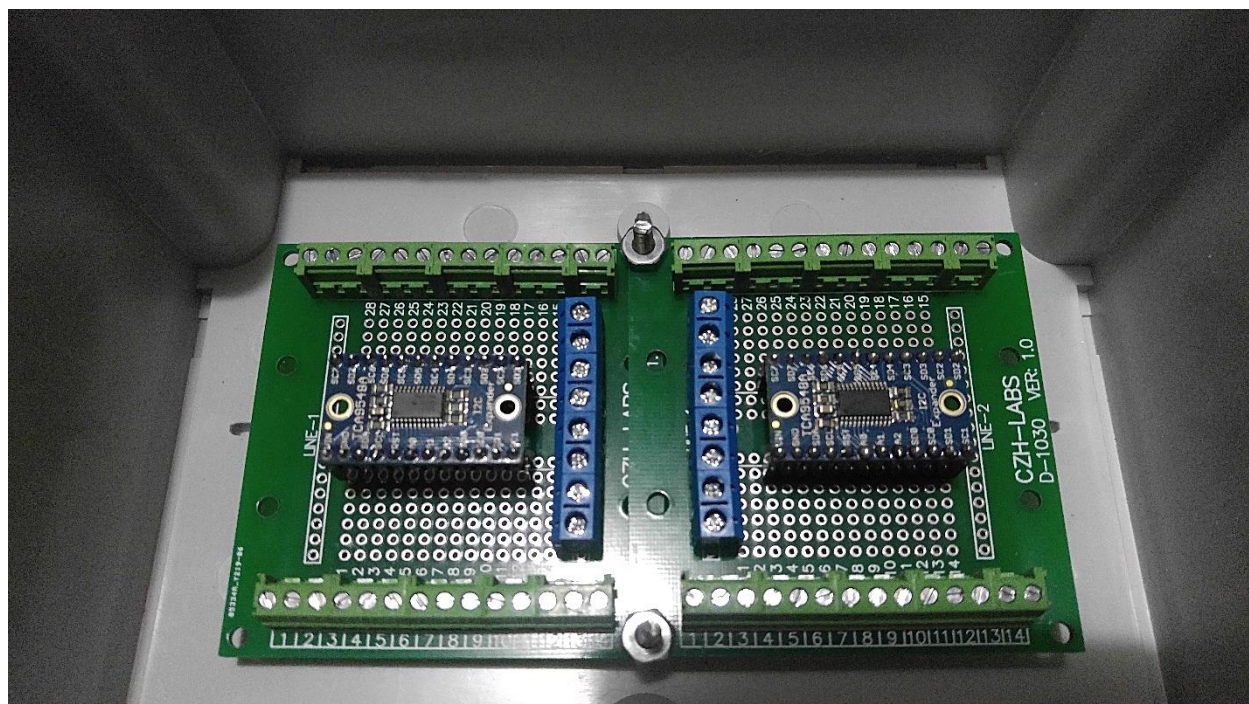


Figura 36. Instalación de los multiplexores en el sistema principal

Fuente: elaboración propia

5.7.3 Cableado en el sitio

El cableado se realizó cumpliendo las indicaciones de los investigadores del laboratorio, quienes mencionaron no modificar los estantes y utilizar la forma de los mismos. Para colocar los cables se utilizaron canaletas internas y gasas plásticas.



Figura 37. Canaleta interna

Fuente: elaboración propia

5.7.4 LCD

A petición de los investigadores se colocó un LCD 16x2 mostrando la temperatura, humedad y promedio de radiación fotosintéticamente activa de cada estante, se modificó la caja plástica para cubrirlo y su ubicación ideal fue en el primer estante donde se tenga visibilidad desde afuera del cuarto.



Figura 38. LCD 16x2

Fuente: elaboración propia

5.7.6 Colocación del sensor de temperatura y humedad SHT15

El sensor se coloca arriba del sistema principal en una pequeña caja cubriendo los pines, queda descubierto para que no se tenga ningún problema con la lectura de las variables.



Figura 39. Sensor de temperatura / humedad SHT15

Fuente: elaboración propia

5.7.7 Acomodo de los componentes en la caja definitiva

Para el sistema principal se utilizó una caja eléctrica plástica de 17 cm de ancho, 25 cm de largo y 12 cm de fondo. Esta contiene el Arduino con sus diferentes módulos, los multiplexores, una entrada de voltaje y un interruptor de encendido/apagado.

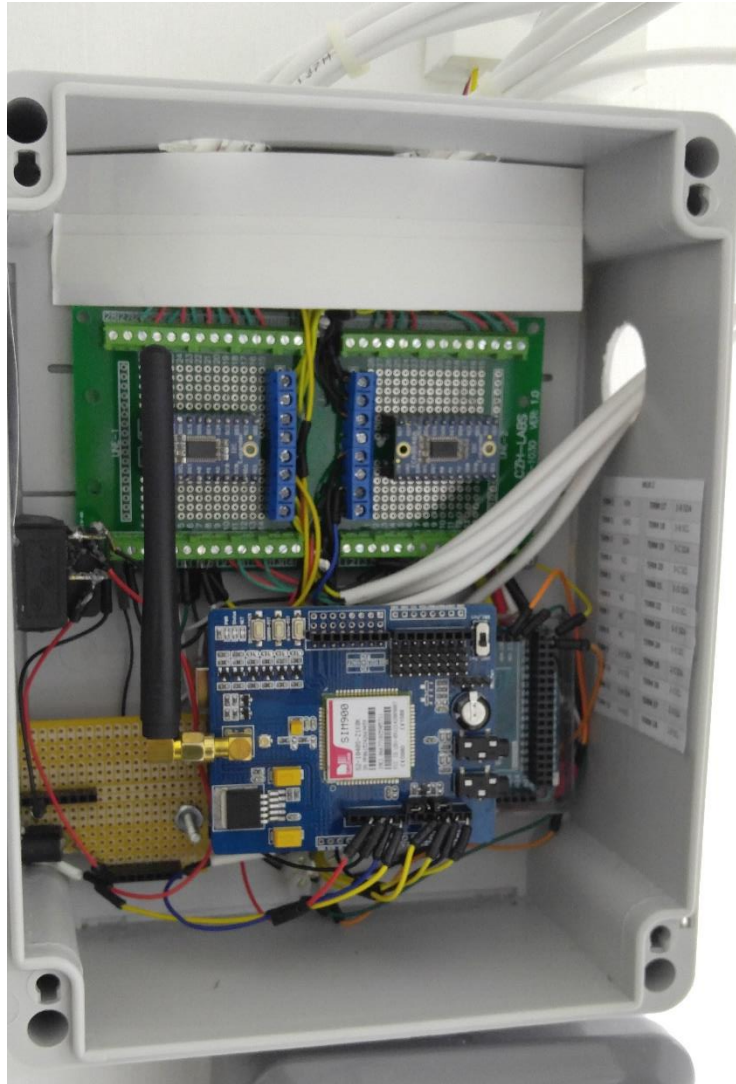


Figura 40. Caja final con los componentes incorporados

Fuente: elaboración propia

5.7.8 Colocación del sistema principal en el sitio

Los criterios que se utilizaron para la ubicación del sistema principal fueron la proximidad a la toma de corriente y al puerto de red, la ubicación ideal que no afectara el espacio de las personas encargadas.



Figura 41. Ubicación del sistema principal en el laboratorio

Fuente: elaboración propia

5.8 PRUEBAS DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Se hicieron múltiples pruebas para corroborar el funcionamiento del sistema de una forma correcta.

5.8.1 Pruebas de temperatura, humedad y promedio de luminosidad en LCD

Se hizo la prueba de medir la temperatura, humedad y un promedio de cantidad de luxes por cada estante y mostrarlo en el LCD instalado en el laboratorio, en este caso se coloca la humedad y temperatura fijas en la fila 0 del LCD y los 3 promedios con la función de desplazar texto en la fila 1. En la siguiente imagen se muestran los datos obtenidos de humedad (H), temperatura (T) y 2 promedios de luminosidad del estante 1(E1) y estante 2(E2).

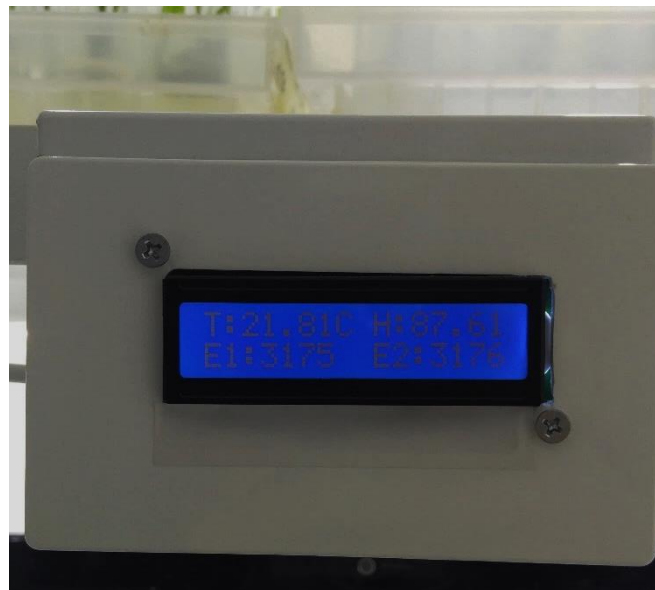


Figura 42. Prueba de temperatura, humedad y promedio de luminosidad en LCD

Fuente: elaboración propia

5.8.2 Prueba de obtención de datos en Thingspeak

Se realizó la prueba para comprobar que los datos de los sensores estuvieran llegando a la página de *Thingspeak* y se mostraran en tiempo real. Seguidamente se mostrará la pantalla de *Thingspeak* con el gráfico que se obtuvo de las lecturas del sensor 1-A y su comportamiento en un determinado tiempo.

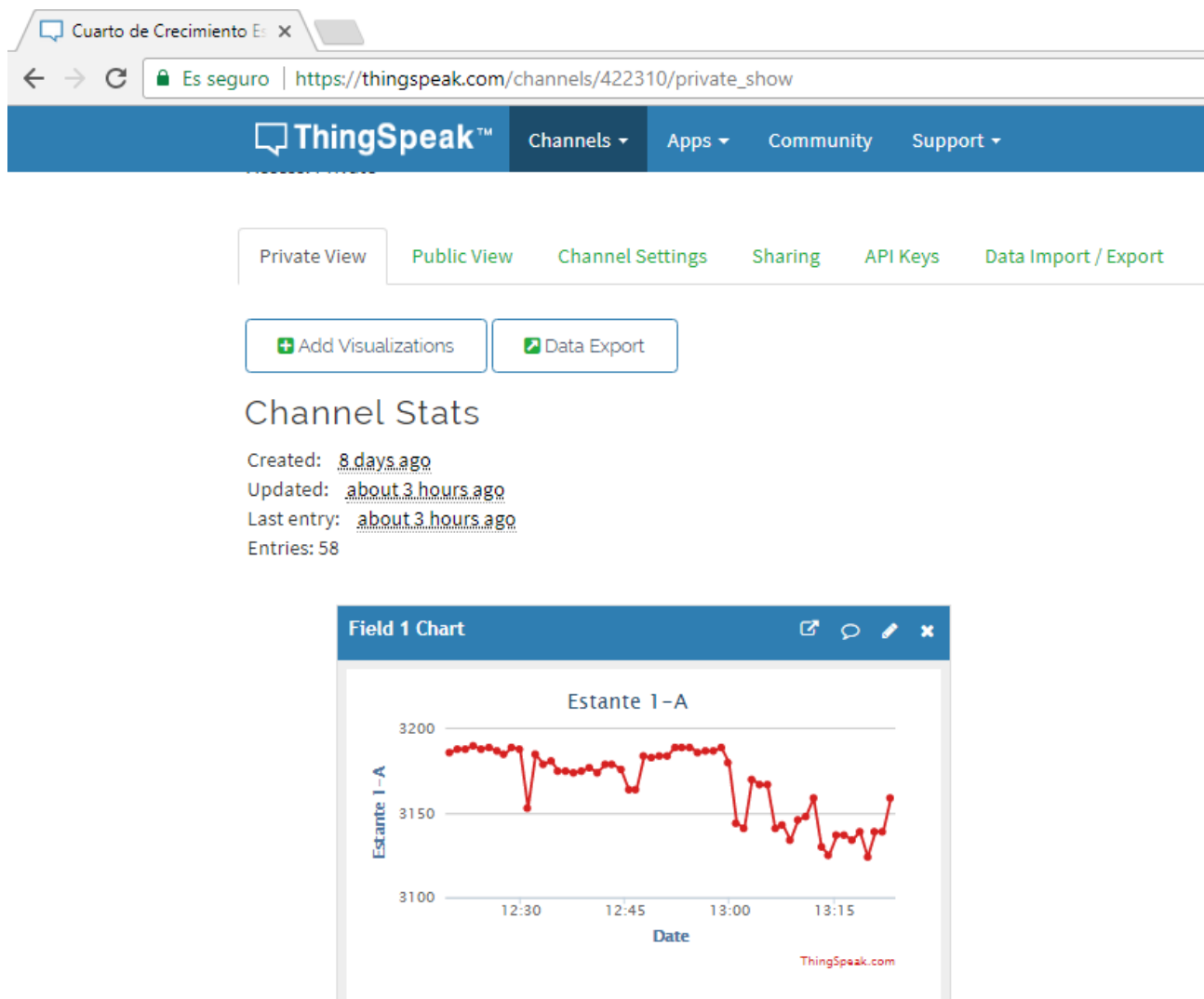


Figura 43. Lecturas en tiempo real por medio de Thingspeak

Fuente: elaboración propia

5.8.3 Prueba de la alarma GSM ante cambios bruscos de temperatura

Se hace la prueba de la alarma GSM subiendo la temperatura por medio del cautín a más de 25 grados centígrados sobrepasando la temperatura recomendada para el cuarto de crecimiento establecida por el investigador encargado, como lo muestra el apéndice 2.

A continuación, se podrá observar el mensaje de texto recibido con la alerta programada anteriormente. Además, del momento cuando se utilizó el cautín para subir la temperatura considerablemente.

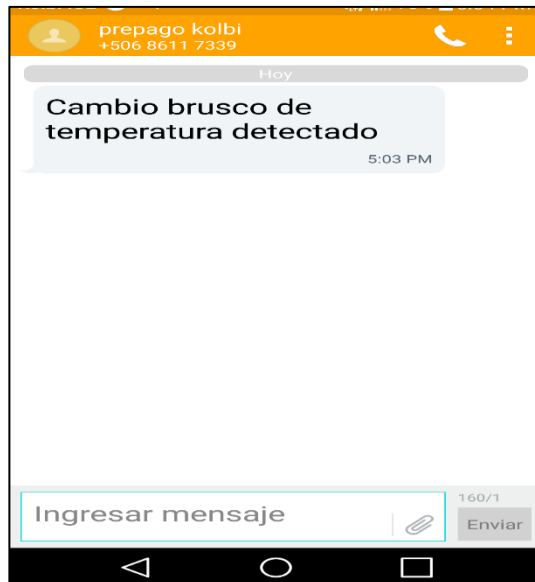


Figura 44. Mensaje de texto recibido ante un cambio brusco de temperatura.

Fuente: elaboración propia

5.8.4 Configuración del Thingspeak

Para la configuración del Thingspeak se crean 4 canales los cuales son: Cuarto de crecimiento Estante 1, Cuarto de crecimiento Estante 2, Cuarto de crecimiento Estante 3 y Cuarto de crecimiento TEMP/HUM como se muestra en la siguiente figura:

The screenshot shows the Thingspeak website interface. At the top, there is a navigation bar with the Thingspeak logo and links for Channels, Apps, Community, and Support. On the right, there are links for How to Buy, Account, and Sign Out. The main content area is titled "My Channels" and features a "New Channel" button. Below this is a table listing four channels. Each channel entry includes a lock icon, the channel name, creation and update dates, and a row of buttons for Private, Public, Settings, Sharing, API Keys, and Data Import / Export. To the right of the table, there is a "Help" section with instructions on how to create and manage channels, and an "Examples" section listing various hardware examples like Arduino, ESP8266, and Raspberry Pi.

Name	Created	Updated At
Cuarto de Crecimiento Estante 1 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2018-02-08	2018-02-16 19:23
Cuarto de Crecimiento Estante 2 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2018-02-15	2018-02-15 23:04
Cuarto de Crecimiento Estante 3 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2018-02-15	2018-02-15 23:05
Cuarto de Crecimiento TEMP/HUM Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2018-02-15	2018-02-15 23:06

Figura 45. Canales creados para efectos del proyecto

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra la página de configuración para graficar los datos en *thingspeak* donde se puede cambiar la forma visual y algunos otros parámetros.

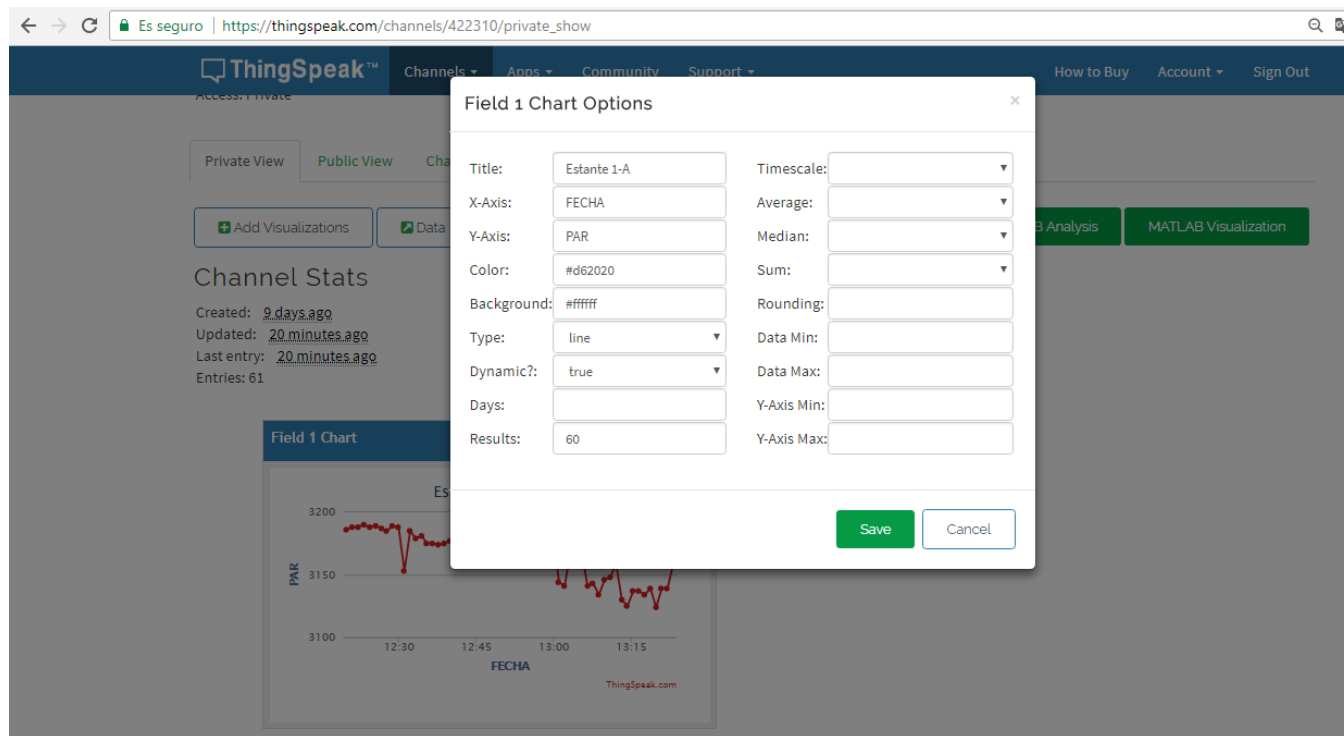


Figura 46. Configuración sobre el grafico obtenido en thingspeak.

Fuente: elaboración propia

5.8.5 Lectura completa de los sensores mediante Thingspeak.

A continuación, se muestran 2 figuras con la lectura completa del estante 1 y la lectura de la temperatura y humedad.

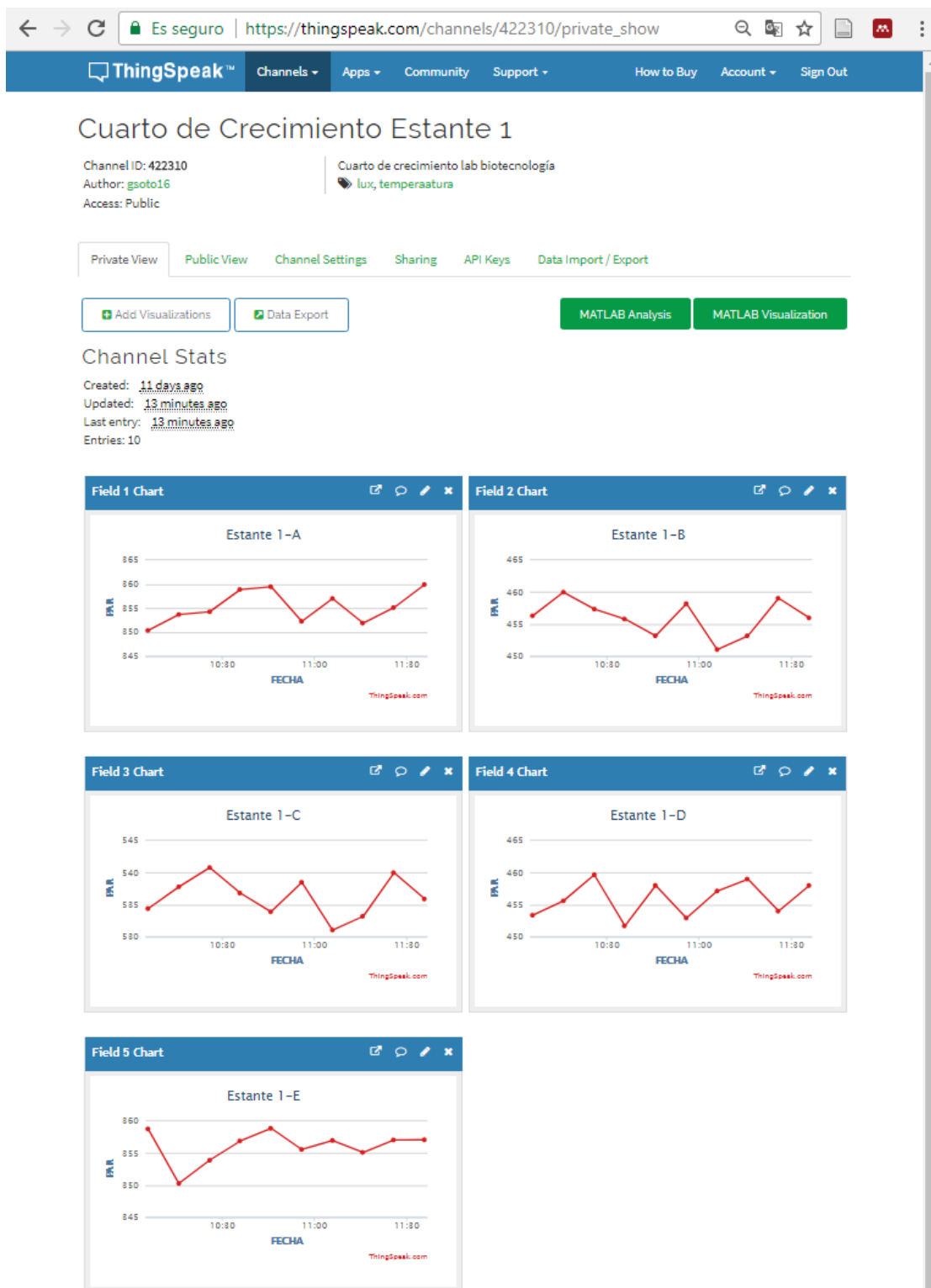


Figura 47. Visualización del estante 1 completo

Fuente: elaboración propia

Como se pudo ver en la figura 47 se reciben las lecturas completas del estante 1

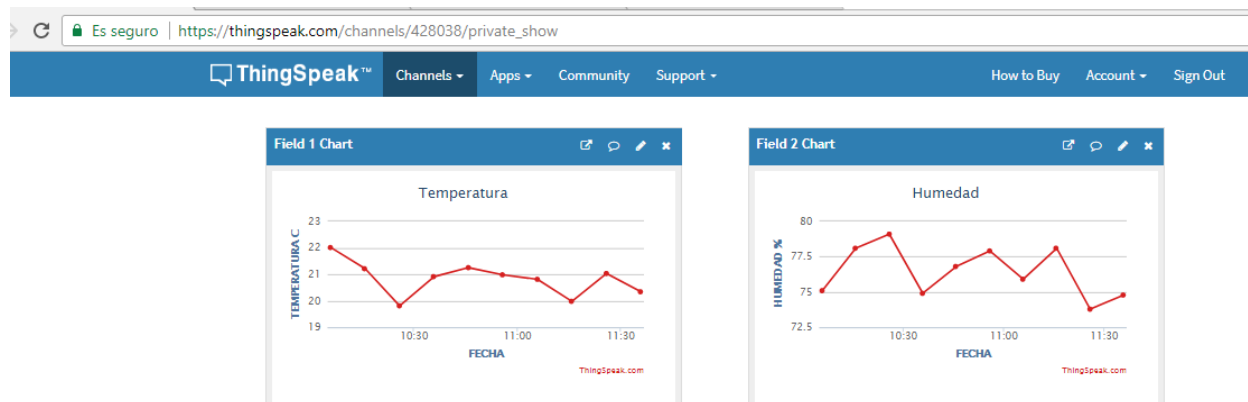


Figura 48. Visualización de la temperatura y humedad del cuarto

Fuente: elaboración propia

En la figura 48 se puede observar que los datos de temperatura y humedad se reciben correctamente.

5.9 TABLA DE CUMPLIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS SOLICITADAS DEL SISTEMA

En la siguiente tabla se indica la sección del documento donde se cumplen estos requerimientos del sistema.

Letra	Requerimiento	Sección
A	Tomar muestras de temperatura cada 10 minutos	5.6.4
B	Tomar muestras de humedad cada 10	5.6.4

	minutos	
C	Tomar muestras de radiación fotosintéticamente activa cada 10 minutos	5.6.5
D	Registrar las muestras en una base de datos	5.8.2
E	Mostrar en tiempo real los datos en una página web	5.8.2
F	Colocar 1 sensor de temperatura y humedad para el cuarto	5.7.6
G	Colocar 1 sensor de luminosidad en cada nivel de las muestras	5.7.1
H	Tener un LCD con los datos solicitados	5.8.1

	en el sitio	
I	Tener una alarma para cambios bruscos de temperatura	5.6.7
J	Avisar mediante mensaje de texto SMS al coordinador del laboratorio cuando se active la alarma	5.8.3
K	Rotular el sistema	5.5
L	Hacer un manual con las especificaciones del sistema	Apéndice 1

Tabla 10. Tabla cumplimiento de requisitos del sistema

Fuente: elaboración propia

5.10 COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En este apartado se mostrarán los costos que surgieron en el desarrollo e implementación del proyecto.

5.10.1 Materiales

A continuación, se muestra la tabla con los materiales utilizados para el proyecto:

Material	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
Arduino Mega	1	☱23500	☱23500
Modulo Ethernet	1	☱10300	☱10300
Módulo GSM	1	☱31500	
Multiplexores TCA9548a	2	☱6750	☱13500
Sensor BH1750	15	☱3500	☱52500
Sensor SHT15	1	☱28000	
Placas perforadas con terminales	2	☱8000	☱16000
LCD 16x2 i2C	1	☱3000	☱3000
Cable de alarma 4 hilos	50m	☱350	☱17500
Caja para canaleta rectangular	1	☱1500	☱1500
Caja de conexiones plástica	1	☱8700	☱8700
Adaptador 9V DC 1amp	1	☱3000	☱3000

Cables jumper	7	¢40	¢280
Interruptor	1	¢570	
Flanger ½ pul	15	¢900	¢13500
Codos PVC ½ pul	15	¢250	¢3750
Niple 5pulg	15	¢3000	¢22500
Chip prepago GSM Kölbi	1	¢5000	¢5000
		TOTAL	¢194530

Tabla 11. Lista de materiales utilizados y su costo

Fuente: elaboración propia

5.10.2 Horas técnico

Según los cargos técnicos asociados en la Universidad de Costa Rica, la categoría a la cual corresponde el trabajo que se realizó es técnico especializado C.

Las características de este puesto son: ejecuta labores técnicas que requieren conocimientos de una disciplina, así como habilidades relacionadas con su especialidad. Sigue rutinas y procedimientos establecidos, resuelve situaciones con hechos conocidos y relacionados. Su gestión se supervisa según los avances y resultados.

La tabla salarial de la UCR indica que el salario del técnico especializado C es:

Cargo	Descripción de clase	categoría	Salario base
5160	Técnico especializado C	B	¢519.197,00

Tabla 12. Extracto de la tabla salarial de la UCR

Fuente: Trámites de pago | Oficina de Recursos Humanos, s. f.

Como lo muestra la tabla 9 y considerando que un tiempo completo en la UCR consta de 40 horas semanales, en el caso del proyecto se trabajó durante 3 meses a medio tiempo. Por tanto:

Salario medio tiem2p. 0H semanales	Horas duración	Costo total
¢259598.5	240	¢778795.5

Tabla 13. Descripción de costo horas técnico

Fuente: elaboración propia

Al considerar el gasto total de los materiales en la tabla xx con el costo total de salario técnico de la tabla 8 y 10 se obtiene un total de: **¢973325.5**.

5.11 CARTA DE ACEPTACIÓN DEL LABORATORIO

A continuación, se presenta la carta emitida por el coordinador de biotecnología Dr. Víctor Jiménez García mencionando que el sistema se implementó de manera satisfactoria.



CIGRAS
Centro para
Investigaciones en
Granos y Semillas

16 de febrero de 2018

Señor
Dr. José Luis Medrano Cerdas
Director de Ingeniería Electrónica
Universidad Hispanoamericana

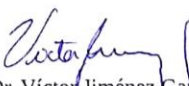
Asunto: Práctica Profesional

Estimado señor:

Por este medio me permito informar que la práctica universitaria titulada: **“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa en tiempo real para registro de variables ambientales en el cuarto de muestras del Laboratorio de Biotecnología del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas en la Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, durante el III cuatrimestre 2017”**, a cargo del alumno German Daniel Soto Jiménez, de la carrera de Ingeniería Electrónica de su universidad se implementó de una forma satisfactoria.

En esos momentos el prototipo se encuentra en una fase de pruebas.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, se suscribe cordialmente.


Dr. Víctor Jiménez García
victor.jimenez@ucr.ac.cr

incl. lo indicado
cc: archivo

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar esta práctica supervisada se llega a las siguientes conclusiones:

6.1 CONCLUSIONES

- Al hacer la recolección de datos por medio de una entrevista con el investigador y la opinión de un estudiante avanzado de la carrera de Agronomía se conoce la labor importante que se realiza en el laboratorio de biotecnología para el sector agrícola de Costa Rica y se detallan los requisitos que deben conformar el sistema para que se cumpla con los objetivos que se solicitan.
- El sistema registra y monitorea de forma remota variables ambientales como temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa, muy importantes para el desarrollo de los cultivos con los que se trabaja en el laboratorio, estos cultivos necesitan estar en un ambiente controlado debido a que son muy delicados, los cambios de estas variables pueden dañar las muestras o se pueden obtener resultados no deseados.
- Con el desarrollo de este sistema se logra disminuir la posibilidad de algún error en la toma de datos para el registro histórico que se desea tener, ya que en la toma manual de los datos se altera el ambiente controlado con el solo hecho de entrar al cuarto de crecimiento y también se daban errores técnicos del sensor instalado ya que no posee ningún tipo de alarma ni interfaz en tiempo real a diferencia del sistema implementado.
- Se realizó un análisis de las variables en estudio por medio de una tabla con valores obtenidos con los sensores de forma manual y al compararlos con los datos que contaba el laboratorio de biotecnología con la luminaria

fluorescente se concluyó que la remodelación que se realizó donde se cambió el tipo de luminaria de fluorescente a LED afectó considerablemente los niveles de lux de las plantas por ende afectaron la radiación fotosintéticamente activa.

- Se escogió la placa de desarrollo Arduino ya que es compatible con muchos módulos los cuales al combinarlos se puede llegar a obtener muchos beneficios y servicios, en este caso resultó ideal debido a que se necesitaba manejar WEB, GSM y entradas de sensores.
- Los sensores que se eligieron para obtener la radiación fotosintéticamente activa fueron los BH1750 estos no son específicamente para obtener esta radiación, sin embargo, se logra recibir la cantidad de luxes y con esto se puede sacar la radiación con una fórmula matemática, se eligen por su bajo costo y tamaño pequeño.
- Para la temperatura y humedad se hicieron pruebas con el sensor DHT22 el cual no cumplió con las expectativas debido a su alto tiempo de respuesta y esto era un inconveniente para efectos del proyecto, ya que se necesitaba alertar de manera rápida cuando se dieran cambios bruscos de temperatura. Por esta razón se seleccionó el sensor SHT15 el cual es altamente preciso y con un bajo tiempo de respuesta.
- Mediante el módulo gsm del Arduino se configuró una alarma de cambios bruscos de temperatura el cual si detecta este cambio informa mediante un mensaje de texto a un investigador y una técnica encargada del laboratorio para que se tomen acciones a esta alerta. Gracias a esto se tiene

un respaldo importante para salvaguardar las muestras que están en estudio.

- El servidor web utilizado en la Universidad de Costa Rica para la página web del CIGRAS se encuentra instalado con el sistema operativo Joomla, el cual permite sitios web dinámicos e interactivos, es de código abierto y tiene muchas ventajas, sin embargo, para efectos del sistema diseñado no es recomendable ya que se tienen que gestionar complementos y someterse a pruebas a través del tiempo el cual en el caso de la implementación de este proyecto es limitado.
- Se utiliza la aplicación de Internet *Thingspeak* la cual es de código abierto y permite almacenar y mostrar datos usando HTTP como protocolo, esto permite una comunicación confiable y rápida, está creado para trabajar con diferentes dispositivos en este caso arduino se complementa de una manera excelente para que el sistema muestre y almacene los datos de los sensores.
- Al visitar el lugar donde se debe implementar el sistema y observar que se tienen 3 estantes de 5 niveles donde colocan las muestras en estudio se determina que se necesita 1 sensor de luminosidad por nivel para obtener la radiación fotosintéticamente activa correcta de las plantas.
- Al tener que hacer una lectura de 15 sensores de luminosidad los cuales solo se pueden variar entre dos direcciones posibles, se optó por utilizar el multiplexor I2C TCA9548a el cual permite manejar 8 dispositivos con la

misma dirección y se pueden utilizar hasta 8 de estos multiplexores ya que son direccionables físicamente en el dispositivo.

- Los sensores de luminosidad se colocaron en un punto específico de cada nivel de los estantes haciendo pruebas de mediciones de una forma manual con los sensores de luminosidad, se logró definir que el área óptima para que las muestras reciban la misma cantidad de luz es a 15 cm del borde derecho e izquierdo de cada nivel.
- Cuando se utilizan dos multiplexores TCA9648a al mismo tiempo se produce un conflicto, según las indicaciones del fabricante cuando se presentan estos conflictos se recomienda apagar los canales de uno de los multiplexores mientras se utiliza el otro, esto se hace con unas instrucciones cargadas en la configuración del multiplexor.
- Al configurar los multiplexores se llegó a otro conflicto el cual se daba cuando se intentaba leer los 15 sensores de luminosidad, debido a esto y a la posibilidad de configurar los sensores de luminosidad BH1750 con 2 direcciones posibles, se configuró con una dirección los sensores conectados a uno de los multiplexores y otra dirección para el otro multiplexor, esto eliminó el conflicto que se daba y se pudieron leer los 15 sensores instalados.
- Debido a su alto costo y pocas marcas no fue viable utilizar sensores especializados de radiación fotosintéticamente activa en el sistema, por esto, se implementaron conversiones matemáticas para obtener el valor de dicha radiación.

- La inversión que se realizó con la compra de materiales y el tiempo dedicado de horas técnico no es tan significativa al compararlo con las pérdidas económicas que se han presentado en el pasado, al pasar el tiempo y con el buen funcionamiento del sistema se obtendrá mucha ganancia al perder estudios y muestras que representan grandes inversiones económicas y de tiempo laboral.

6.3 RECOMENDACIONES

A continuación, se plantean las recomendaciones para mantener el sistema con un funcionamiento correcto y para mejorar las características del mismo en el futuro.

- Se recomienda hacer una limpieza de los sensores periódicamente con un líquido limpiador de contactos para asegurar que las lecturas sean fiables.
- Se aconseja añadir sensores que determinen el grado de acidez (ph) y el dióxido de carbono (co2) para obtener más elementos de juicio para sacar conclusiones de los proyectos que se realizan en el laboratorio.
- Para tener un monitoreo visual se puede considerar poner una cámara IP la cual se pueda acceder desde cualquier parte, otro medio que se puede poner es una pantalla LCD grande donde se puedan mostrar todos los datos que se presentan en el sitio de una manera eficiente.
- Para hacer un respaldo de los datos obtenidos de los sensores se podría enlazar el sistema a un servidor FTP.

- Debido a los diversos cultivos que se realizan se pueden identificar mediante un código de barras e ingresarlos en el sistema con un lector de barras.
- Establecer un sistema de domótica para interactuar con diferentes elementos del cuarto de crecimiento, como control de luces y aire acondicionado.
- Se recomienda hacer más investigaciones para integrar el servidor joomla del CIGRAS al sistema con los servicios web.
- Hacer una inversión para comprar sensores especializados de radiación fotosintéticamente activa.

BIBLIOGRAFÍA

APIs para el Internet de las Cosas: ThingSpeak, Pachube y Fitbit. (s. f.). Obtenido de:

<https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/apis-para-el-Internet-de-las-cosas-thingspeak-pachube-y-fitbit>

ArgenBio. (2007). Biotecnología. Obtenido de: <http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=35>

Cargados, I., Nanoarcillas, C., Para, S., Mejía, H., Procaccini, R., Pellice, S., e Intema, M. (s. f.). Aplicaciones Biotecnológicas, (Pip 0100434), 100434.

Castillo, A. (2008). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Las Brujas, Uruguay: AR-VITRO, INIA, 8.

Obtenido de: http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos_compartidos/111219220807102417.pdf

Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. (2014). Informa de Labores.

Cerdas, J. (2014). Validación de protocolos de desinfección para la introducción in vitro de cuatro géneros de ornamentales en twyford laboratorio de plantas, s.a. La Guácima, Alajuela, Costa Rica.

Constain, A. (2012). Metodología básica de instrumentación industrial y electrónica. En A. Constain.

debian.org. (s. f.). www.debian.org. Obtenido de www.debian.org: <https://www.debian.org/releases/stable/mips/ch01s02.html.es>

Evans, D. (2011). The Internet of Things - How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything. CISCO White Paper, (April), 1–11.

<https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2007.373646>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). Metodología de la investigación. México, DF: McGraw-Hill.

IICA. (s. f.). Radiación Fotosintéticamente Activa. Obtenido de:

<https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?k=2007es&l=115&w=68058&n=1&s=5&t=2>

Manual Descriptivo de Clases y Cargos | Oficina de Recursos Humanos. (s. f.). Obtenido de: <http://orh.ucr.ac.cr/manual-puestos>

Perea, J. W. (2016). Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero.

Radiación Fotosintética Activa (PAR) | LED it Grow. (2015). Obtenido de: <http://www.leditgrow.cl/espectro-par-101/>

Rodríguez, J. (2006). Diseño de un sistema inalámbrico para monitoreo en tiempo real de temperatura y humedad relativa bajo invernadero. Bogotá: Universidad de la Salle.

Trámites de pago | Oficina de Recursos Humanos. (s. f.). Obtenido de:

<http://orh.ucr.ac.cr/documentos/tramites-de-pago>

www.arduino.cl. (s. f.). Obtenido de <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

www.cigras.ucr.ac.cr. (s. f.). Obtenido de <http://www.cigras.ucr.ac.cr/nosotros/historia>

www.inia.uy. (s. f.). Obtenido de <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807102417.pdf>

www.obs-edu.com. (s. f.). Obtenido de <http://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/causas-de-fracaso-de-un-proyecto/estudio-de-viabilidad-de-un-proyecto-como-y-por-que-llevarlo-cabo>

www.porquebiotecnologia.com.ar. (s. f.). Obtenido de: <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&tipo=1¬e=35>

¿Qué es un lumen? Blog Meetthings. Artículos sobre leds de venta en nuestra tienda, ofertas de iluminación y lámparas led. (s. f.). Obtenido de: <http://meetthings.com/blog/index.php/17-11-2011/que-es-un-lumen/>

APÉNDICE

APÉNDICE 1. MANUAL DEL USUARIO DEL SISTEMA

MANUAL DEL USUARIO

SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN TIEMPO REAL Y ALARMA ANTE CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA

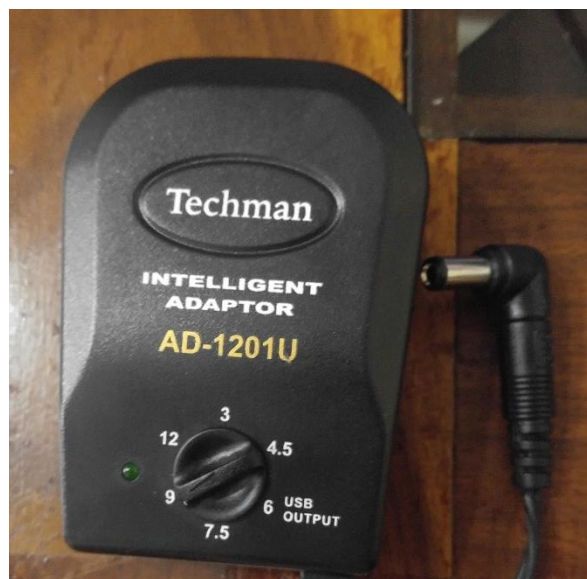
febrero 2018

- Encendido del sistema

El sistema debe estar conectado a la corriente eléctrica con el adaptador de 9V – 1Amp, además, posee un interruptor de apagado-encendido el cual está debidamente rotulado.



Alimentación 9v e interruptor on-off



Adaptador 9V-1Amp

- **Datos visuales en el LCD**

El sistema mostrará varios datos en el LCD colocado en el sitio los cuales serán:

- ❖ Fila 1: temperatura (en grados centígrados), humedad relativa (%)
- ❖ Fila 2: Promedio de lúmenes de cada estante (en luxes)

Nota: La fila 2 se desplaza constantemente para mostrar los 3 promedios.



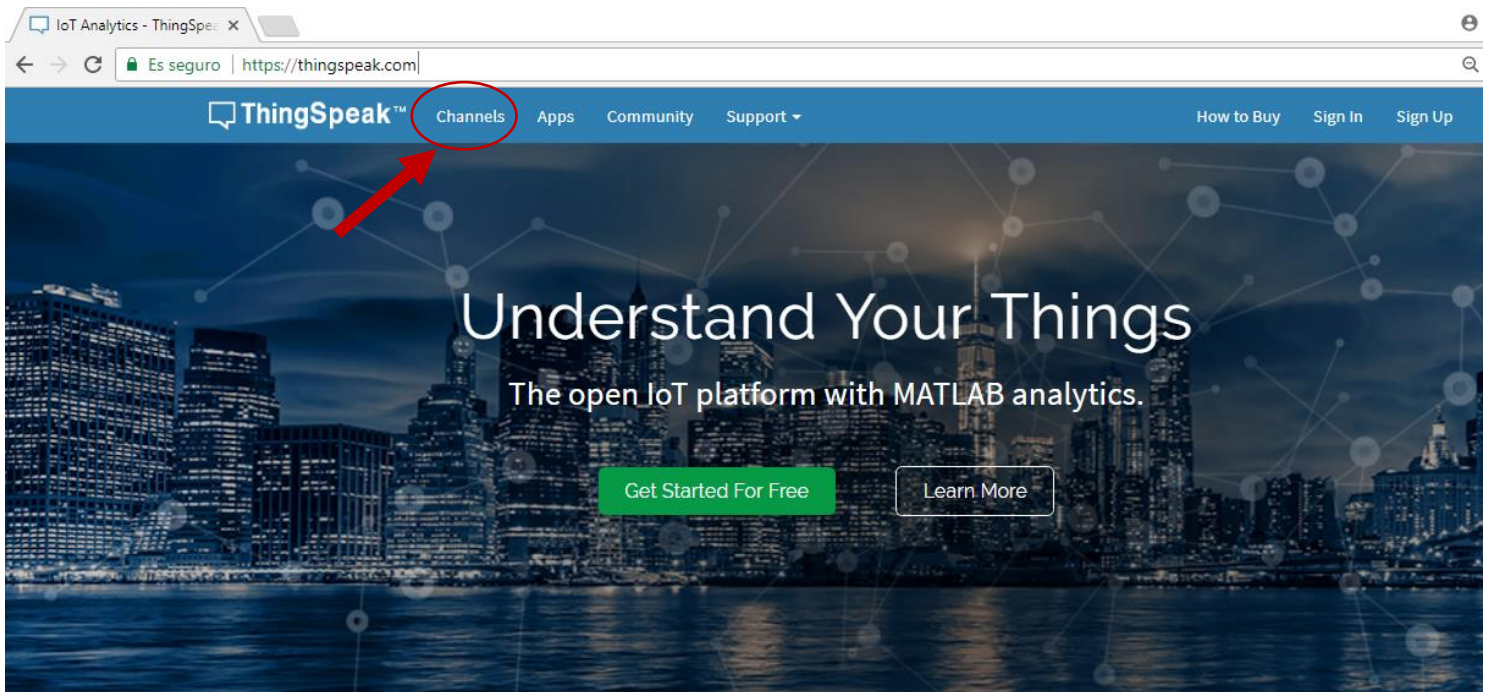
LCD en el sitio

- Acceso al monitoreo remoto mediante *Thingspeak*


Para obtener acceso a los datos vía remota se utilizará el servicio *Thingspeak* con los siguientes pasos:

1. Ingresar a la página: www.thingspeak.com/

2. Hacer click en: **Channels**



 **Collect**
Send sensor data privately to the cloud.

 **Analyze**
Analyze and visualize your data with MATLAB.

 **Act**
Trigger a reaction.

Página principal Thingspeak

3. Posicionarse en la casilla llamada **Search by user ID**

Escribir el identificador del usuario en este caso es: **gsoto16**

Y presionar: **Submit**

Public Channels

Kamery Rzeszów - Po...

Channel ID: **418841**
 Author: **tvrzeszow**
 Pomiar czystości powietrza, temperatury, wilgotności oraz ciśnienia w Rzeszowie Lubelska.

smog, temperature, humidity, Pressure, rzeszów, temperatrua,

Kamery Rzeszów - Pom...

Channel ID: **408176**
 Author: **rzeszowtv2**
 Pomiar czystości powietrza, temperatury, wilgotności oraz ciśnienia w Rzeszowie os Zimowit.

smog, temperature, humidity, Pressure, rzeszów, temperatrua,

Inchoo

Channel ID: **83873**
 Author: **doxikus**
 Inchoo 2 - Casablanca

inchoo, magento

Search

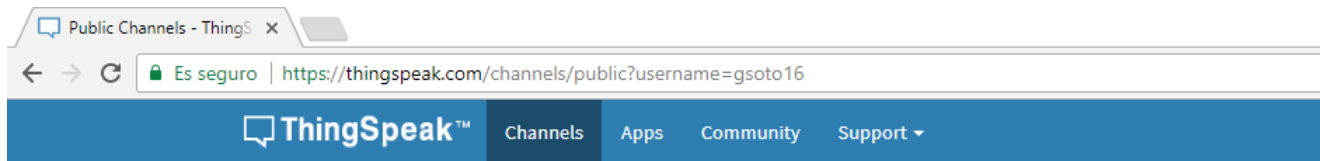
Search by tag

Search by user ID

Búsqueda de los canales por medio de identificador de usuario

4. Seleccionar el canal el cual se quiere obtener acceso:

- A) **422310** para el **estante 1** del cuarto de crecimiento
- B) **428036** para el **estante 2** del cuarto de crecimiento
- C) **428037** para el **estante 3** del cuarto de crecimiento
- D) **428038** para **temperatura y humedad** del cuarto de crecimiento

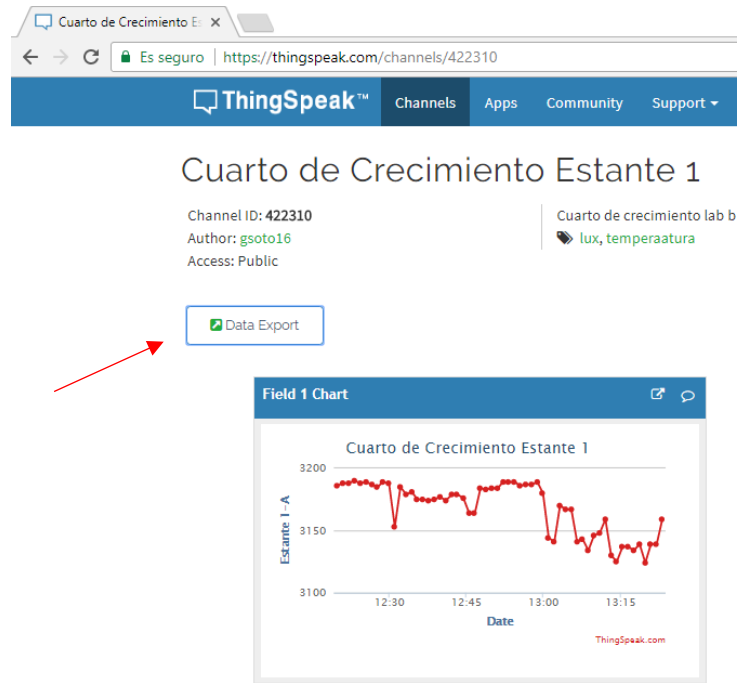


Public Channels for User: gsoto16

<p>Cuarto de Crecimient...</p> <p>Channel ID: 422310</p> <p>Author: gsoto16</p> <p>Cuarto de crecimiento lab biotecnología</p> <p>lux, temperaatura</p>	<p>Cuarto de Crecimient...</p> <p>Channel ID: 428038</p> <p>Author: gsoto16</p>	<p>Cuarto de Crecimient...</p> <p>Channel ID: 428037</p> <p>Author: gsoto16</p>
<p>Cuarto de Crecimient...</p> <p>Channel ID: 428036</p> <p>Author: gsoto16</p>		

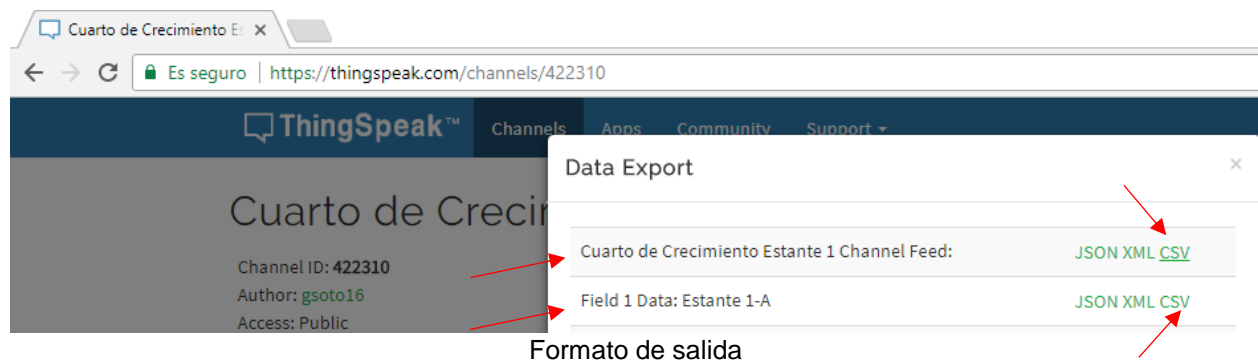
5. Exportar datos

Presionar Data Export.



Exportar datos

Elegir si se quiere exportar todos los campos del canal o solo 1 campo y seleccionar el formato en el que se quiere exportar.



APÉNDICE 2. ENTREVISTA A INVESTIGADORES ENCARGADOS DEL LABORATORIO

Entrevista Semi estructurada a los investigadores-docentes:

Andrés Hernández Pridybailo y Paúl Solórzano Cascante

Fecha: miércoles 3 de marzo del 2017

Hora: 8:00 a. m.

¿Cuál es la problemática que tienen en el laboratorio de biotecnología?

El problema que hemos tenido durante muchos años es la falta de monitorear la radiación fotosintéticamente activa de las plantas y detectar si se dan cambios en la temperatura y humedad.

¿Tienen alguna forma de medir estas variables?

Actualmente, tenemos un *data logger* el cual ponemos en cualquier posición dentro de las muestras en estudio para medir la luminosidad y tenemos un termómetro que también mide humedad relativa colocada en el sitio en cual se toman datos de forma manual y se transcriben en un archivo digital.

¿A cuánta temperatura se deben mantener las muestras?

Entre 20 y 25 grados centígrados.

¿La radiación la toman de alguna manera?

No, en este momento solo tenemos un histórico de la luminosidad la cual mediante una fórmula matemática se podría determinar la radiación.

¿Conocen algún dispositivo que logre medir esta radiación?

Existen sensores especializados los cuales rondan los 800 dólares y no se consiguen en el país, sería bueno buscar otra alternativa pues la idea es colocar un sensor por nivel de en cada estante y no tenemos presupuesto para comprar estos sensores especializados, sugerimos un sensor de luminosidad que se pueda programar para hacer la conversión automática.

¿Qué sucede si se da un cambio en la temperatura del cuarto?

Se corre el riesgo de no ser detectado este cambio y se pueden dañar las muestras en estudio.

¿Anteriormente han tenido pérdidas?

Si, en el año 2015 se perdieron unas muestras por un fallo en el sistema de aire acondicionado del cuarto el cual no pudo ser detectado.

¿Cuánto se estima que fueron las pérdidas económicas?

Alrededor de 5000 dólares sin tomar en cuenta el tiempo invertido en la preparación y cuidado de las muestras.

¿Cada cuánto tiempo se requiere hacer un estudio de las variables ambientales?

Cada 10 minutos durante las pruebas se encuentren en esta área.

¿Desean que el sistema se pueda acceder mediante una página web y se registren los datos?

Sería excelente poder acceder en tiempo real mediante la web y tener un tipo de alarma a dispositivos móviles.

¿Qué les gustaría ver en la página web y qué tipo de archivos desean tener con los datos de estas variables?

Nos gustaría ver la temperatura, humedad y radiación fotosintéticamente activa en tiempo real y el archivo puede ser en Excel o en datos separados por coma, esto para poder meterlos a programas estadísticos y generar gráficos para sacar conclusiones de los estudios.

¿En qué se beneficia el laboratorio al tener estos datos al finalizar el estudio de las muestras?

Se obtendrán elementos de juicio para hacer conclusiones en los resultados de las muestras en estudio.

APÉNDICE 3. CÓDIGO COMPLETO

```
#include <BH1750FVI.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <SHT1X.h>

#include <SPI.h> /////LIBRERIAS

#include <Ethernet.h>

#include "ThingSpeak.h"

#include "SIM900.h"

#include <SoftwareSerial.h>

#include "sms.h"

MSGSM sms;

int i;

float tempC = 0;

float tempF = 0;

float humidity = 0; ///VARIABLES

int power = A3;

int gnd = A2;

String smsText = "Cambio brusco de temperatura detectado";

boolean started=false;

char sms_text[160];
```

```
SHT1x sht15(A4, A5);//Data, SCK
```

```
BH1750FVI LightSensor1;
```

```
BH1750FVI LightSensor2;
```

```
#define TCA 0x70
```

```
#define TCB 0x77
```

```
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
```

```
IPAddress ip(163, 178, 118, 240);
```

```
IPAddress DNS(163, 178, 88, 2); ////CONFIGURACION RED
```

```
IPAddress gateway(163, 178, 118, 193);
```

```
IPAddress subnet(255, 255, 255, 192);
```

```
EthernetClient client;
```

```
unsigned long myChannelNumber = 422310;
unsigned long myChannelNumber1 = 428036;
unsigned long myChannelNumber2 = 428037;
unsigned long myChannelNumber3 = 428038;
const char * myWriteAPIKey = "CLDIEW13EBNPCMTF"; /////SETEO THING-
SPEAK
const char * myWriteAPIKey1 = "NDLWT0C04WZFNi6A";
const char * myWriteAPIKey2 = "Q6l4XRB577K9QFWG";
const char * myWriteAPIKey3 = "0VSNGOYPLNT4U5CW";

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //definir dirección y tamaño del LCD

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  LightSensor1.begin(); //inicio de sensores de luminosidad
  LightSensor2.begin();

  Ethernet.begin(mac, ip, DNS, gateway, subnet); //inicio de shield ethernet
  Serial.println("Iniciando red...");
  Serial.print("IP fija: configurada: ");
  Serial.println(Ethernet.localIP());
```

```
ThingSpeak.begin(client); //inicio thingspeak
```

```
lcd.init();
```

```
lcd.init(); //inicio LCD
```

```
lcd.backlight();
```

```
LightSensor1.SetAddress(Device_Address_H);// 0x23 gnd
```

```
LightSensor2.SetAddress(Device_Address_L);// 0x5C vcc
```

```
pinMode(power, OUTPUT);
```

```
pinMode(gnd, OUTPUT);
```

```
digitalWrite(power, HIGH);
```

```
digitalWrite(gnd, LOW);
```

```
Wire.begin();
```

```
tcselect(0);
```

```
LightSensor2.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode); //config de los sen-  
sores
```

```
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcselect(1);  
LightSensor2.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);  
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcselect(3);  
LightSensor2.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);  
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcselect(4);  
LightSensor2.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);  
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcselect(5);  
LightSensor2.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);  
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcselect(6);  
LightSensor2.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);  
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcselect(7);  
LightSensor2.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);
```

```
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcbselect(0);
```

```
LightSensor1.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);
```

```
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcbselect(1);
```

```
LightSensor1.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);
```

```
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcbselect(2);
```

```
LightSensor1.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);
```

```
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcbselect(3);
```

```
LightSensor1.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);
```

```
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcbselect(4);
```

```
LightSensor1.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);
```

```
Serial.println(F("BH1750 4 Test"));
```

```
tcbselect(5);

LightSensor1.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);

Serial.println(F("BH1750 4 Test"));

tcbselect(6);

LightSensor1.SetMode(Continuous_H_resolution_Mode);

Serial.println(F("BH1750 4 Test"));

if (gsm.begin(2400)) {
  Serial.println("\nstatus=READY"); //INICIO MODULO GSM
  started=true;
} else
  Serial.println("\nstatus=IDLE");

}

void tcselect(uint8_t i) {

Wire.beginTransmission(TCB); //Se apagan los canales del multiplexor 2
Wire.write(0);
Wire.endTransmission();
```

```
if (i > 7) return;
```

```
Wire.beginTransmisión(TCA);
```

```
Wire.write(1 << i); //Se inicia la transmisión del multiplexor 1 y sus canales
```

```
Wire.endTransmission();
```

```
digitalWrite(12,HIGH);
```

```
digitalWrite(13,LOW);
```

```
}
```

```
void tcbselect(uint8_t i) {
```

```
Wire.beginTransmisión(TCA); //Se apagan los canales del multiplexor 1
```

```
Wire.write(0);
```

```
Wire.endTransmission();
```

```
if (i > 7) return;
```

```
Wire.beginTransmission(TCB);

Wire.write(1 << i); //Se inicia la transmisión del multiplexor 1 y sus canales

Wire.endTransmission();

digitalWrite(13,HIGH);

digitalWrite(12,LOW);

}

void loop() {

//inicio de configuración de cada canal de los multiplexores y envío a thingspeak

tcselect(0);

uint16_t lux = LightSensor2.GetLightIntensity();

float lux1a = 0.9 * lux; // donde 0.9 se multiplica para la conversión a pie-candela

float radi1 = lux1a * 0.13; // donde 0.13 es la constante para lamparas LED

Serial.print("Lux 1A: ");
```

```
Serial.print(lux);
```

```
Serial.println(" lx");
```

```
delay(50);
```

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, radi1, myWriteAPIKey); //par-  
ametros para thingspeak
```

```
delay(600000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
tcselect(1);
```

```
uint16_t lux1 = LightSensor2.GetLightIntensity();
```

```
float lux1b = 0.9 * lux1; // donde 0.9 se multiplica para la conversión a pie-can-  
dela
```

```
float radi2 = lux1b * 0.13; // donde 0.13 es la constante para lamparas LED
```

```
Serial.print("Lux 1B: ");
```

```
Serial.print(lux1);
```

```
Serial.println(" lx");
```

```
delay(50);
```

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 2, radi2, myWriteAPIKey);
```

```
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
tcselect(2);

uint16_t lux2 = LightSensor2.GetLightIntensity();

float lux1c = 0.9 * lux2;

float radi3 = lux1c * 0.13;

Serial.print("Lux 1C: ");

Serial.print(lux2);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 3, radi3, myWriteAPIKey);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

tcselect(3);

uint16_t lux3 = LightSensor2.GetLightIntensity();

float lux1d = 0.9 * lux3;

float radi4 = lux1d * 0.13;

Serial.print("Lux 1D: ");

Serial.print(lux3);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 4, radi4, myWriteAPIKey);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
tcselect(4);

uint16_t lux4 = LightSensor2.GetLightIntensity();

float lux1e = 0.9 * lux4;

float radi5 = lux1e * 0.13;

Serial.print("Lux 1E: ");

Serial.print(lux4);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 5, radi5, myWriteAPIKey);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

tcselect(5);

uint16_t lux5 = LightSensor2.GetLightIntensity();

float lux2a = 0.9 * lux5;

float radi6 = lux2a * 0.13;

Serial.print("Lux 2A: ");

Serial.print(lux5);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber1, 1, radi6, myWriteAPIKey1);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
tcselect(6);

uint16_t lux6 = LightSensor2.GetLightIntensity();

float lux2b = 0.9 * lux6;

float radi7 = lux2b * 0.13;

Serial.print("Lux 2B: ");

Serial.print(lux6);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber1, 2, radi7, myWriteAPIKey1);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

tcselect(7);

uint16_t lux7 = LightSensor2.GetLightIntensity();

float lux2c = 0.9 * lux7;

float radi8 = lux2c * 0.13;

Serial.print("Lux 2C: ");

Serial.print(lux7);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber1, 3, radi8, myWriteAPIKey1);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

tcbselect(0);
```

```
uint16_t lux8 = LightSensor1.GetLightIntensity();  
  
float lux2d = 0.9 * lux8;  
  
float radi9 = lux2d * 0.13;  
  
Serial.print("Lux 2D: ");  
  
Serial.print(lux8);  
  
Serial.println(" lx");  
  
delay(50);  
  
  
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber1, 4, radi9, myWriteAPIKey1);  
  
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min  
  
  
  
tcbselect(1);  
  
uint16_t lux9 = LightSensor1.GetLightIntensity();  
  
float lux2e = 0.9 * lux9;  
  
float radi10 = lux2e * 0.13;  
  
Serial.print("Lux 2E: ");  
  
Serial.print(lux9);  
  
Serial.println(" lx");  
  
delay(50);  
  
  
  
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber1, 5, radi10, myWriteAPIKey1);  
  
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min  
  
  
  
tcbselect(2);  
  
uint16_t lux10 = LightSensor1.GetLightIntensity();
```

```
float lux3a = 0.9 * lux10;

float radi11 = lux3a * 0.13;

Serial.print("Lux 3A: ");

Serial.print(lux10);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber2, 1, radi11, myWriteAPIKey2);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

tcbselect(3);

uint16_t lux11 = LightSensor1.GetLightIntensity();

float lux3b = 0.9 * lux11;

float radi12 = lux3b * 0.13;

Serial.print("Lux 3B: ");

Serial.print(lux11);

Serial.println(" lx");

delay(50);

ThingSpeak.writeField(myChannelNumber2, 2, radi12, myWriteAPIKey2);

delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min

tcbselect(4);

uint16_t lux12 = LightSensor1.GetLightIntensity();

float lux3c = 0.9 * lux12;

float radi13 = lux3c * 0.13;
```

```
Serial.print("Lux 3C: ");
```

```
Serial.print(lux12);
```

```
Serial.println(" lx");
```

```
delay(50);
```

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber2, 3, radi14, myWriteAPIKey2);
```

```
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
tcbselect(5);
```

```
uint16_t lux13 = LightSensor1.GetLightIntensity();
```

```
float lux3d = 0.9 * lux12;
```

```
float radi14 = lux3d * 0.13;
```

```
Serial.print("Lux 3D: ");
```

```
Serial.print(lux13);
```

```
Serial.println(" lx");
```

```
delay(50);
```

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber2, 4, radi14, myWriteAPIKey2);
```

```
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
tcbselect(5);
```

```
uint16_t lux14 = LightSensor1.GetLightIntensity();
```

```
float lux3e = 0.9 * lux14;
```

```
float radi15 = lux3e * 0.13;
```

```
Serial.print("Lux 3E: ");
```

```
Serial.print(lux14);
```

```
Serial.println(" lx");
```

```
delay(50);
```

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber2, 5, radi15, myWriteAPIKey2);
```

```
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
float prome1lcd = ((lux1a + lux1b + lux1c + lux1d +lux1e)/5);
```

```
float prome2lcd = ((lux2a + lux2b + lux2c + lux2d +lux2e)/5); ////Promedio de luxes es-
```

tantes para LCD

```
float prome3lcd = ((lux3a + lux3b + lux3c + lux3d +lux3e)/5);
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print("E1:");
```

```
lcd.print(prome1lcd);
```

```
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(9,1); //Visualización de Promedio de luxes en LCD
```

```
lcd.print("E2:");
```

```
lcd.print(prome2lcd);
```

```
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(16,1);
```

```
lcd.autoscroll();
```

```
lcd.print("E3:");
```

```
lcd.print(prome3lcd);
```

```
lcd.print("C");
```

```
// Read values from the sensor
tempC = sht15.readTemperatureC();
tempF = sht15.readTemperatureF(); //Lectura del sensor de temperatura y humedad
humidity = sht15.readHumidity();

Serial.print(" Temp = ");
Serial.print(tempF);
Serial.print("F, ");
Serial.print(tempC);
Serial.println("C");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("T:");
lcd.print(tempC); //visualización de temperatura y humedad en LCD
lcd.print("C");
Serial.print(" Humidity = ");
Serial.print(humidity);
Serial.println("%");
lcd.setCursor(9, 0);
lcd.print("H:");
lcd.print(humidity);
lcd.print("%");
```

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber3, 1, tempC, myWriteAPIKey3);  
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber3, 2, humidity, myWriteAPIKey3);  
delay(60000); // escritura thingSpeak cada 10min
```

```
if (tempC > 25)  
{  
  smsText.toCharArray(sms_text,160);  
  smsS. endSMS("+50688570536", sms_text); //envio de mensaje de alerta  
  String smsText = "Cambio brusco de temperatura detectado";  
  delay(60000);  
}
```

APÉNDICE 4. CARTA DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 14 de Febrero del 2018

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante German Daniel Soto Jiménez, cédula de identidad número 114190761, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN TIEMPO REAL PARA REGISTRO DE VARIABLES AMBIENTALES EN EL CUARTO DE CRECIMIENTO DEL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DEL CENTRO PARA INVESTIGACIONES Y SEMILLAS EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, SAN PEDRO DE MONTES DE OCA, DURANTE EL III CUATRIMESTRE 2017", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	10
b	Cumplimiento de entrega de avances.	20	16
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	27
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	17
Total:		100	90

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,


Ing. Eduardo Sanabria Guerrero
Céd: 108610714
Tutor

APÉNDICE 5. DECLARACIÓN JURADA

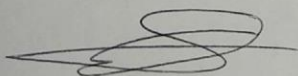
DECLARACIÓN JURADA

Yo **German Daniel Soto Jiménez** mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **114190761** egresado de la carrera de **ingeniería electrónica** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de **Bachillerato en ingeniería electrónica**, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN TIEMPO REAL PARA REGISTRO DE VARIABLES AMBIENTALES EN EL CUARTO DE CRECIMIENTO DEL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DEL CENTRO PARA INVESTIGACIONES Y SEMILLAS EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, SAN PEDRO DE MONTES DE OCA, DURANTE EL III CUATRIMESTRE 2017.

Es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José. a los **dieciocho** días del mes de **febrero** del año dos mil, **dieciocho**.



Firma del estudiante
Cédula: 114190761

APÉNDICE 6. BITÁCORAS

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	23/08/17
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	x									

HORA DE INICIO
6:30 p.m.

HORA DE CIERRE
7:30 p.m.

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Revisión de todo el anteproyecto e inicio del capítulo 4

ACUERDOS:

Agregar datos al marco teórico y recopilar información para el capítulo 4

AVANCES

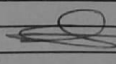
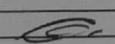
LIMITACIONES

Falta mucha información para determinar los pasos a seguir

PROXIMA SESIÓN : FECHA 30/08/17 HORA 5:00 p.m. LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	30/08/17
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		x								

HORA DE INICIO
6:30 p.m.

HORA DE CIERRE
7:30 p.m.

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Capitulo 4 diagnóstico, revisión de entrevistas con el investigador encargado en la UCR, construcción y recopilación de la información

ACUERDOS:

Buscar una entrevista con algún estudiante avanzado de la UCR que nos de un punto de vista diferente

AVANCES

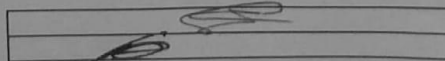
Se aportaron avances importantes en la determinacion de la situación actual

LIMITACIONES

Se necesita mas información para dar forma del capitulo 4

PROXIMA SESIÓN : FECHA 13/09/17 HORA 5:00 p.m. LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:
Firma Tutor:



Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	13/09/17
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			x							

HORA DE INICIO
5:00 p.m.

HORA DE CIERRE
6:00 p.m.

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Capitulo 4, determinación de la situación actual, revisión de entrevista con el estudiante UCR, revisión de diagramas y figuras

ACUERDOS:

Trabajar mas en los diagramas, tener cuidado con el formato y planificar el capitulo 5

AVANCES

Se concluyó con el apartado de recolección de datos con 2 entrevistas semiestructuradas



LIMITACIONES

Falta de apoyo con la parte informática de la UCR de parte del encargado x diferentes motivos

PROXIMA SESIÓN : FECHA HORA LUGAR

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	14/10/17
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				x						

HORA DE INICIO
1:30 PM

HORA DE CIERRE
2:30 PM

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Capitulo 4, se trataron aspectos importantes del diagnóstico con las entrevistas antes realizadas

ACUERDOS:

buscar mas detalles para el diagnostico y apresurarse en la escogencia de los dispositivos a utilizar según pruebas en el sitio

AVANCES

Se cuentan con diversas ideas de como plantear el capitulo 5 y se determino los requerimientos del sistema

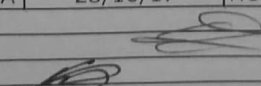
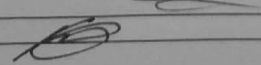
LIMITACIONES

El laboratorio de biotecnología de la UCR no ha estado disponible por capacitaciones del personal.

PROXIMA SESIÓN : FECHA 28/10/17 HORA 1:30 PM LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	28/10/2017
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					x					

HORA DE INICIO
1:30 PM

HORA DE CIERRE
2:30 PM

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Capítulo 5 diseño y desarrollo del proyecto

ACUERDOS:

Hacer las pruebas necesarias con los servidores de la UCR para crear base de datos, definir si se tiene que traer algún dispositivo fuera del país

AVANCES

Se determino los lugares para colocar los sensores con las pruebas realizadas

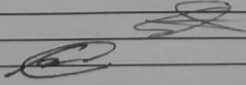
LIMITACIONES

La encargada de informática estuvo de vacaciones con lo cual fue imposible tener acceso a los servidores .

PROXIMA SESIÓN : FECHA 08/11/17 HORA 5:00 PM LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:



Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	08/11/17
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						x				
HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE					PUNTUALIDAD				
5:00 PM	6:00 PM					Si				

TEMAS TRATADOS :

Disposiciones que tendrá la programación del código y materiales a utilizar

ACUERDOS:

Plantear una petición de prorroga debido a atrasos con dispositivos que se tienen que mandar a traer de Estado Unidos y trabas en la UCR

AVANCES

Se definen materiales que se deben utilizar para la colocación en el sitio, se hace un análisis previo de las variables ambientales

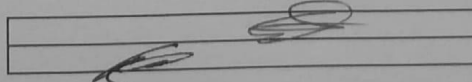
LIMITACIONES

Los sensores de luminosidad y multiplexores indispensables para el sistema tardan bastante en llegar desde Estados Unidos

PROXIMA SESIÓN : FECHA 29/11/17 HORA 5:00 PM LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:



Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	29/11/17
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							x			

HORA DE INICIO
5:00 PM

HORA DE CIERRE
6:00 PM

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Redacción de petición de prórroga, aspectos importantes que debe tener el capítulo 5

ACUERDOS:

Presentar la petición de prórroga lo antes posible, ver alternativas para la parte de base de datos y diseño web debido a las restricciones del servidor en la UCR

AVANCES

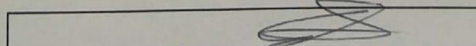
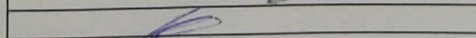
Se avanzó en el capítulo 5 con los dispositivos elegidos para el sistema.

LIMITACIONES

enguaje de programación Joomla lo cual hace que se tenga dificultades extra para la co
PROXIMA SESIÓN : FECHA 09/12/17 HORA 1:30 PM LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	29/11/17
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								x		
HORA DE INICIO				HORA DE CIERRE			PUNTUALIDAD			
5:00 PM				6:00 PM			Si			

TEMAS TRATADOS :

Redefinir casi todas las pruebas que se ahn realizado debido a que el laboratorio de biotecnología se someterá a una remodelación que afecta directamente y sustancialmente al proyecto planteado.

ACUERDOS:

Debido a que el laboratorio se va a someter a una remodelación y la UCR cierra a partir del 15 de Diciembre, pensar en la posibilidad de un extensión de prorroga.

AVANCES

Aportes importantes al capitulo 4 y elaboración de algunas conclusiones y recomendaciones

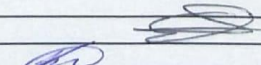
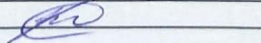
LIMITACIONES

No se pueden hacer pruebas en el laboratorio de biotecnología debido a que va a sufrir remodelación que afectará todo el desarrollo del proyecto

PROXIMA SESIÓN : FECHA 04/01/18 HORA 5:00 PM LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	04/01/18
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									x	

HORA DE INICIO
5:00 PM

HORA DE CIERRE
6:00 PM

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Extensión de prórroga, nuevos objetivos debido a la remodelación del laboratorio donde se llevara a cabo el proyecto

ACUERDOS:

Presentar la extensión de prórroga lo antes posible y argumentar todo lo que se ha presentado en la realización del proyecto.

AVANCES

Se hicieron pruebas locales con sensores de una manera satisfactoria

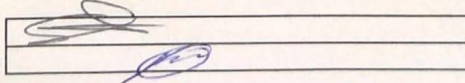
LIMITACIONES

No se pueden hacer pruebas en el laboratorio de biotecnología debido a permanece cerrado por el periodo de vacaciones de la UCR

PROXIMA SESIÓN : FECHA 25/01/18 HORA 5:00 PM LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:



Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	25/01/18
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										x

HORA DE INICIO
5:00 PM

HORA DE CIERRE
6:00 PM

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Detalles finales del capítulo 5, cableado, código y proceso de construcción

ACUERDOS:

Corregir aspectos del formato en diferentes partes del documento

AVANCES

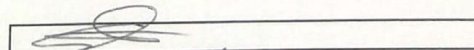
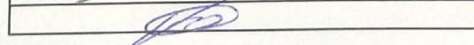
Se avanzó en detalles importantes del capítulo 5 como código y cableado

LIMITACIONES

La programación del arduino se ha vuelto complicada por conflictos I2C

PROXIMA SESIÓN : FECHA 15/02/18 HORA 9:00 PM LUGAR Sede Llorente

Firma Estudiante:
Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llorente
FECHA	15/02/18
LUGAR	Sede Llorente

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
										x

HORA DE INICIO
9:00 PM

HORA DE CIERRE
10:00 PM

PUNTUALIDAD
Si

TEMAS TRATADOS :

Detalles finales del capitulo 5, cableado, codigo y proceso de construcción

ACUERDOS:

Detalles finales de forma del capitulo 5, conclusiones y recomendaciones

AVANCES

Pruebas finales exitosas, finalización de presupuesto del proyecto

LIMITACIONES

Se complica la hora para tutoria debido a motivos laborales

PROXIMA SESIÓN : FECHA HORA LUGAR

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

