

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PORTÁTIL PARA EL  
REGISTRO DE INFORMACIÓN AGRÍCOLA GEOLOCALIZADA DE  
CAMPOS DE CULTIVO**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

**Rolando Rafael Humbo Ayala**

ASESOR: Ing. Donato Andrés Flores Espinoza

**Lima, marzo de 2021**

## Resumen

La tesis desarrollada en este documento está compuesta por la elaboración de un sistema de registro de datos geolocalizados de cultivo que gestiona cada dato recibido de 5 sensores ubicados en un equipo independiente, este sistema fue probado usando como muestra el registro de 4 hectáreas de mandarina; además, tiene una visión empresarial a futuro, ya que, se podría generar un producto comercial que ayude a agricultores, técnicos o ingenieros interesados.

Este sistema consta de 3 partes, la primera es el equipo que se encarga de almacenar la información generada por 5 sensores, ordena los datos en una trama de datos y usando una antena emisora, envía la trama de datos al segundo dispositivo por radiofrecuencia; el segundo dispositivo se encarga de recibir esta información, gestiona la información y lo envía hacia el equipo de teléfono móvil. La tercera parte es un programa instalado en el teléfono móvil con sistema operativo Android, este programa obtiene la información de la trama de datos recibidos desde la antena receptora, gestiona la información que el usuario ingresa y el valor de las coordenadas de ubicación que obtiene del equipo móvil, para finalmente crear un archivo que contiene toda la información ingresada, que es fácil de transferir por internet y diseñado para que los programas de mapas puedan leer su información; posteriormente este archivo permitirá el análisis de todos los datos registrados por los sensores y serán datos que estarán geolocalizados.

Los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento del equipo fueron los esperados, se pudo registrar los datos de los sensores, se guardó la información de cada punto evaluado y finalmente se obtuvo un archivo que contenía todos los datos registrados y que se pudieron visualizar en *Google Earth* y en *GPS Visualizer*.

En el primer capítulo se expondrá la problemática y los objetivos de la tesis, en el segundo capítulo se desarrollará el estado del arte, las tecnologías que actualmente están presentes para la solución del mismo problema planteado, desde los registradores de datos actuales y los equipos que manejen sensores; finalmente se expondrá el marco teórico de lo desarrollado.

En el tercer capítulo se expondrá, de manera teórica, el diseño propuesto y se describirá a detalle la implementación de los equipos.

Finalmente, en el cuarto capítulo se mostrará el resultado del sistema sometido a la prueba de su funcionamiento en campo, se generarán archivos de información y se verá su correcto funcionamiento en los programas de mapas.



A Dios que me bendice todos los días.

A mi madre Cecilia, a mi tía Angélica y a mi hermana Fabiola que a lo largo de toda mi vida me han apoyado.

A mi novia Atenas que me apoya siempre.

## Índice

Introducción .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
El Perú, Espacio Agrícola y los Problemas de Una Falta de Control Técnico .....	2
1.1 Problemática en el Entorno General.....	3
1.2 Problemática en el Entorno Específico.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo Principal .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 Variables Básicas Requeridas.....	6
1.4.1 Humedad Relativa.....	7
1.4.2 Temperatura .....	7
1.4.3 Presión Atmosférica.....	8
1.4.4 Temperatura De La Hoja .....	8
1.4.5 Intensidad Luminosa.....	9
1.4.6 Grado De Acidez Del Suelo.....	9
1.4.7 Estado Fenológico del Cultivo.....	9
1.4.8 Afección.....	9
1.4.9 Tipo de Suelo .....	10
<b>CAPÍTULO 2</b>	
Tecnologías en Sistemas de Registro y Desempeño de Dispositivos de Ubicación .....	11
2.1 Levantamiento de Información.....	11
2.2 Estado del Arte .....	12
2.2.1 Equipos Basados en el Registro de Datos.....	12
2.1.2 Sistemas de Localización.....	15
2.1.3 Equipo de Telefonía Celular .....	17
2.3 Marco Teórico .....	18
<b>CAPÍTULO 3</b>	
Diseño e Implementación del Sistema de Registro de Datos.....	21
3.1 Diseño de la Solución del Sistema .....	21
3.1.1 Representación de la Arquitectura de Cada Dispositivo a Diseñar: Dispositivo que Contiene los Sensores y el Dispositivo que Comunica la Red de Sensores con el Teléfono Móvil .....	21

3.1.2 Etapas del Diseño de la Arquitectura de Cada Dispositivo .....	23
3.1.4 Consideraciones de las Tarjetas Impresas .....	27
3.1.5 Elección de componentes.....	28
3.1.5.1 Módulo Xbee S2 .....	28
3.1.5.2 Módulo de comunicación por Bluetooth HC-05.....	28
3.1.5.3 Sensor humedad DHT11 .....	28
3.1.5.4 Sensor presión BMP180.....	28
3.1.5.5 Sensor de humedad de tierra Moisture Sensor.....	28
3.1.5.6 Sensor intensidad luminosa TEMT6000.....	29
3.1.5.7 Sensor temperatura por infrarrojo MLX90614 .....	29
3.1.5.8 Bloque del Microcontrolador ATMEGA 328 P.....	29
3.1.5.9 Componentes del sistema de suministro de energía.....	29
3.1.5.10 Componentes usados durante el montaje y ensamblaje del sistema .....	30
3.1.6 Diseño del Cargador de Batería .....	30
3.3 Construcción de los Equipos Diseñados.....	35
3.3.1 Construcción del Dispositivo que Contiene a los Sensores.....	35
3.3.2 Construcción del Dispositivo Coordinador.....	41
3.3.3 Construcción de la Aplicación Para el Equipo Móvil.....	47
<b>CAPÍTULO 4</b>	
Comprobación del Funcionamiento del Equipo Implementado y Resultados .....	57
4.1 Instalación de la Aplicación en el Teléfono Móvil.....	57
4.2 Ubicación del Equipo en el Lugar Deseado .....	58
4.3 Pasos a Seguir Para el Correcto Levantamiento de los Datos del Campo Estudiado....	59
4.4 Resultados.....	63
4.4.1 Levantamiento de Información con la Aplicación Móvil y los Equipos .....	63
4.4.2 Archivo de formato KML Generado en el Recorrido Realizado.....	64
4.4.3 Visualización del Archivo KML.....	66
4.4.4 Presupuesto .....	68
Conclusiones .....	70
Recomendaciones.....	71
Trabajos futuros.....	72
Bibliografía.....	73
Anexos.....	78

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Registrador multicanal PCE.....	13
<i>Figura 2.</i> Registrador MSR255.....	14
<i>Figura 3.</i> Registrador COMET R3120 .....	15
<i>Figura 4.</i> Registrador TMF 100.....	15
<i>Figura 5.</i> Esquema de una red de sensores propuesta.....	19
<i>Figura 6.</i> Esquema de flujo de la red de sensores propuesta .....	19
<i>Figura 7.</i> Distribución en bloques de los 3 equipos que serán parte del sistema de registro de datos de cultivo.....	23
<i>Figura 8.</i> Distribución de los bloques internos del equipo que contiene a los sensores.....	24
<i>Figura 9.</i> Los caracteres <r> y </r> son usados para identificar donde inicia y termina la trama de datos.....	24
<i>Figura 10.</i> Distribución de los bloques internos del equipo coordinador.....	25
<i>Figura 11.</i> Los caracteres <r>, <nd> y <s#>. ....	25
<i>Figura 12.</i> Diagrama de flujo que representa los pasos a usar por el usuario .....	26
<i>Figura 13.</i> Esquema de conexiones .....	32
<i>Figura 14.</i> Esquema de conexiones .....	34
<i>Figura 15.</i> Diagrama de flujo.....	34
<i>Figura 16.</i> Diagrama de roles del módulo Xbee S2C.....	35
<i>Figura 17.</i> Las librerías .....	36
<i>Figura 18.</i> La velocidad de transmisión es 9600bps.....	36
<i>Figura 19.</i> La transmisión de datos se realiza en una sintaxis definida, la cual se envía por serial. ....	37
<i>Figura 20.</i> Ejemplo de la sintaxis que se enviará hacia el módulo coordinador.....	37
<i>Figura 21.</i> Diagrama de conexiones del archivo de esquemático, se observan las conexiones del microcontrolador y la salida a los pines que se conectarán a la otra tarjeta.....	38
<i>Figura 22.</i> Diagrama de conexiones del esquemático de los pines que serán conectados a los sensores y al módulo de Xbee S2C. ....	38
<i>Figura 23.</i> Imagen de las pistas y los pads del circuito que contiene el microcontrolador. ....	39
<i>Figura 24.</i> Imagen de las ubicaciones de cada uno de los componentes eléctricos del circuito que contiene el microcontrolador.....	39



Figura 25. Imagen de las pistas y los pads del circuito que contiene los pines a los que se conectarán los sensores. ....	39
Figura 26. Imagen de las ubicaciones de cada uno de los componentes eléctricos del circuito que contiene los pines a los que se conectarán los sensores. ....	40
Figura 27. Imagen de las pistas ya soldadas con los pines de los componentes del circuito que contiene al microcontrolador.....	40
Figura 28. Imagen de las pistas ya soldadas con los pines de los componentes del circuito que contiene los pines a los que se conectarán los sensores. ....	40
<i>Figura 29.</i> Imagen de los dos circuitos conectados. ....	41
<i>Figura 30.</i> Imagen del equipo experimental que se construyó. ....	41
<i>Figura 31.</i> La librería SoftwareSerial.h permite generar un nuevo puerto serial, este es asignado a los pines digitales 2 y 3. ....	42
<i>Figura 32.</i> La librería Separador.h permite usar la función que separa datos de una trama de datos cada vez que detecta una coma. ....	43
<i>Figura 33.</i> Se inicializa la velocidad del puerto serial1 y el puerto serial 2 (creado) , además, se genera una secuencia en el puerto digital 4 que está conectado a un Led para visualizar el encendido. ....	43
<i>Figura 34.</i> Se llama a la función serialEvent() cuando el puerto serial 1, por donde se reciben los datos del Xbee S2C, está disponible.....	44
<i>Figura 35.</i> Se separan los datos de la trama recibida.....	45
<i>Figura 36.</i> Diagrama de conexiones en un archivo de esquema.....	46
<i>Figura 37.</i> Imagen de las pistas y los pads del circuito que será parte del dispositivo coordinador.....	46
<i>Figura 38.</i> Imagen de las ubicaciones de cada uno de los componentes eléctricos.....	46
<i>Figura 39.</i> Imagen de las pistas ya soldadas con los pines de los componentes. ....	47
<i>Figura 40.</i> Imagen de los componentes sujetos por soldadura al circuito impreso. ....	47
<i>Figura 41.</i> Imagen del equipo experimental que se construyó ....	47
<i>Figura 42.</i> Imagen del logo que es construcción propia. ....	49
<i>Figura 43.</i> La imagen de fondo muestra las 3 utilidades básicas de la aplicación. ....	49
<i>Figura 44.</i> Imagen capturada del desarrollador del MIT App Inventor.....	50
<i>Figura 45.</i> Imagen capturada del desarrollador del MIT App Inventor.....	50
<i>Figura 46.</i> El dispositivo posee la capacidad de almacenar hasta 100 posiciones para cerrar un recorrido. ....	51

<i>Figura 47.</i> Bloques de funcionamiento del screen 1.....	52
<i>Figura 48.</i> Bloque que permite guardar el nombre del recorrido. ....	53
<i>Figura 49.</i> Bloques de obtención de datos del GPS.....	53
<i>Figura 50.</i> Bloque para guardar los valores de GPS.....	54
<i>Figura 51.</i> Bloques para continuar con el recorrido .....	54
<i>Figura 52.</i> Bloques para comprobar la disponibilidad del módulo bluetooth .....	54
<i>Figura 53.</i> Bloques que permiten generar una lista de opciones y mostrar el elemento seleccionado en la pantalla. ....	55
<i>Figura 54.</i> Bloques que muestran la forma en la que se almacenan los datos del punto actual antes de generar un nuevo punto que será parte del recorrido. ....	55
<i>Figura 55.</i> Bloques que hacen uso de la herramienta UNIR para guardar los datos en la sintaxis que formaran el archivo KML. ....	56
<i>Figura 56.</i> Equipo posicionado debajo de hojas de la planta de mandarina.....	58
<i>Figura 57.</i> Equipo posicionado de costado apuntando a verificar la temperatura de las hojas del maíz que está en crecimiento.....	59
<i>Figura 58.</i> Logotipo de la aplicación creada, aparece al inicio de la aplicación para crear una identidad de producto. ....	59
<i>Figura 59.</i> A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo. ....	60
<i>Figura 60.</i> A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo. ....	60
<i>Figura 61.</i> A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo. ....	61
<i>Figura 62.</i> A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo. ....	61
<i>Figura 63.</i> A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo. ....	62
<i>Figura 64.</i> A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo. ....	62
<i>Figura 65.</i> Imagen frontal del lugar estudiado.....	63
<i>Figura 66.</i> Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación.....	63
<i>Figura 67.</i> Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación .....	64
<i>Figura 68.</i> Pantalla del google Earth Pro al abrir el archivo KML.....	66



<i>Figura 69.</i> Pantalla del GPS Visualizer al abrir el archivo KML. ....	67
<i>Figura 70.</i> Se muestran los datos en las ventanas emergente, estos datos los que fueron registrados en cada punto. ....	68
<i>Figura 71.</i> Se muestran la pantalla inicial de la aplicación en modo de edición. ....	96
<i>Figura 72.</i> Se configura el tiempo (Clock 1) y la duración de tiempo ....	96
<i>Figura 73.</i> Se muestran la pantalla introductoria de la aplicación en modo de edición. ....	96
<i>Figura 74.</i> Bloques de guardado y mostrar mensaje.....	97
<i>Figura 75.</i> Se muestran la pantalla desde donde se comienza a ingresar los datos del punto de campo de cultivo evaluado por el usuario. ....	97
<i>Figura 76.</i> Se almacenan los datos ingresados en diversas variables y se configura el sensor de localización del equipo celular. ....	97
<i>Figura 77.</i> Se muestran la pantalla de registro de datos de los sensores de la aplicación en modo de edición. ....	98
<i>Figura 78.</i> Bloques de listas de las opciones para cada variable ....	98
<i>Figura 79.</i> Bloques de inicialización y recepción de datos.....	99
<i>Figura 80.</i> Bloques de almacenamiento de los datos del registrador.....	100
<i>Figura 81.</i> Se muestran la pantalla de registro de datos de los dispositivos del equipo celular en modo de edición. ....	100
<i>Figura 82.</i> Configuración de los parámetros de la cámara del equipo celular.....	101
<i>Figura 83.</i> Bloques de almacenamiento de datos ....	105
<i>Figura 84.</i> Se muestran la pantalla de registro de las imágenes capturadas por el dispositivo de captura de imagen del equipo celular. ....	105
<i>Figura 85.</i> Bloques que permiten la visualización de las imágenes capturadas y almacenadas en el equipo celular. ....	105
<i>Figura 86.</i> Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación ....	106
<i>Figura 87.</i> Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación ....	106
<i>Figura 88.</i> Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación ....	107
<i>Figura 89.</i> Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación ....	107

## Índice de tablas

Tabla 1	
Datos de producción.....	4
Tabla 2	
Número de trabajadores .....	4
Tabla 3	
Costo del área (cm <sup>2</sup> ) en el mercado local. ....	27
Tabla 4	
Cuadro de potencias para hallar el valor necesario que debe tener la celda solar en el dispositivo contenedor de los sensores.....	31
Tabla 5	
Cuadro de potencias para hallar el valor necesario que debe tener la celda solar en el dispositivo coordinador. ....	31
Tabla 6	
Cuadro del costo de cada dispositivo usado.....	68
Tabla 7	
Tabla resumen de sus características técnicas.....	78
Tabla 8	
Tabla de especificaciones de desempeño .....	79
Tabla 9	
Tabla de requerimientos de energía. ....	79
Tabla 10	
Tabla de especificaciones generales.....	79
Tabla 11	
Tabla de especificaciones de redes y seguridad. ....	79
Tabla 12	
Tabla de especificaciones de interfaz de comunicación.....	80
Tabla 13	
Tabla de especificaciones de comunicación serial: UART .....	80
Tabla 14	
Tabla de especificaciones de comunicación serial: SPI.....	80

Tabla 15	
Tabla resumen de sus características técnicas.....	81
Tabla 16	
Tabla de especificaciones generales.....	81
Tabla 17	
Tabla resumen de sus características técnicas.....	83
Tabla 18	
Tabla resumen de sus características técnicas.....	84
Tabla 19	
Tabla de especificaciones eléctricas.....	84
Tabla 20	
Tabla de índices absolutos máximos de operación. ....	85
Tabla 21	
Tabla resumen de sus características técnicas.....	86
Tabla 23	
Tabla de especificaciones generales.....	87
Tabla 24	
Tabla de índices absolutos máximos de operación. ....	87
Tabla 25	
Tabla resumen de sus características técnicas.....	88
Tabla 26	
Tabla de especificaciones eléctricas.....	88
Tabla 27	
Tabla de índices absolutos máximos de operación. ....	90
Tabla 28	
Tabla resumen de sus características técnicas.....	91
Tabla 29	
Tabla de especificaciones eléctricas.....	91
Tabla 30	
Tabla de índices absolutos máximos de operación. ....	91

## Introducción

La actividad agrícola en el Perú fue heredada desde el tiempo de los incas; sin embargo, esta actividad se fue perdiendo debido a la influencia de los españoles, ya que, estos se centraron en la minería, la cual convirtieron en la actividad económica principal de la época colonial del país [1]. La actividad productiva se vio afectada y pasó de solo centrarse en la agricultura a abrirse paso a actividades como la minería, ganadería y crianza de animales domésticos. En el Perú republicano, se intensificó la extracción de recursos con fines de exportación tales como el guano, el cual fue exportado con el propósito de ser usado como fertilizante, resultado de la revolución industrial [2]. Sin embargo, en la actualidad, el Perú ya está abierto a multidisciplinarias actividades productivas como la construcción, finanzas, comercio, servicios, etc.

La agricultura no es cualquier actividad productiva, sino que es la actividad más importante de los pobladores rurales del país. En el 2016, 16 millones 897 mil 5 personas trabajaron en el sector agropecuario, significa 1,8 % superior al 2015, de los cuales 77.4 % se ubicaron en el sector rural y 22.6 % en la zona urbana [3]; además, solo el sector agrícola aporta aproximadamente el 6% al PBI nacional, en los últimos 14 años ha creado más de 1.5 millones de nuevos puestos de trabajo, debido a que ocupa el 25% de la PEA, lo que significa que se ubica como uno de los sectores con el mayor número de trabajadores.[4]

El Perú posee un área total de 128.5 millones de hectáreas de las cuales solo el 6% de esta superficie podría, actualmente, estar destinado al trabajo agrícola. [5]

Sin embargo, el desarrollo agrario y rural son actividades de un desvalorizado y menor desarrollo, lo cual representa una desventaja para el sector de la población que lo ejerce. Algunos de los problemas consecuentes pueden ser la pobreza, bajo nivel de competencia, migración rural y exclusión social. Esta falta de desarrollo generalizado en el sector agrario se debe principalmente al débil desarrollo institucional del mismo y a la falta de aprovechamiento de espacios geográficos que son adecuados para el cultivo.

Debido a este problema, se desarrollan proyectos enfocados en mejorar las técnicas de producción agrícolas con los cuales se espera alcanzar niveles sostenibles de alimentos y tener el control de lo que se siembra en el país. Por lo cual es necesario tener una base de datos basado en control, monitoreo y registro que permita tener una referencia exacta y características de los lugares agrícolas o espacios geográficos adecuados en donde se desarrolle la actividad agrícola.

## CAPÍTULO 1

### **El Perú, Espacio Agrícola y los Problemas de Una Falta de Control Técnico**

Debido al constante avance de los sistemas tecnológicos en sistemas computacionales, la manera de interactuar eficientemente con un computador es cada vez más fácil, práctico y rápido, con lo cual se logra una mejora en los procesos de producción.

La manera en la que estos avances pueden ser aplicados en la agricultura es diversa, se aplican tecnologías en el campo geográfico, en el cultivo, en las semillas, etc. Sin embargo, algo particularmente necesario es poder tener reconocimiento visual y la localización del punto en el espacio geográfico donde se realice el estudio o inspección de los cultivos, ya que, al realizar constantes evaluaciones en diversas temporadas del año, es necesario tener exactamente ubicado el lugar a investigar y observar.

En la actualidad, el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) es el que proporciona los datos para tener conocimiento sobre la productividad agropecuaria del país, estos datos se van actualizando a medida que se van registrando las declaraciones de todos los productores agropecuarios en los procesos de censos realizados. Además, se puede agregar que el censo realizado por CENAGRO es la investigación estadística más importante en este sector. Por ello, se puede identificar el nivel de la importancia de mejorar el registro de los datos acerca del cultivo y su espacio geográfico, no solo basado en las declaraciones de los productores agropecuarios, sino también con un sistema capaz de reconocer otras variables y con lo cual se podrá generar información útil que permita el desarrollo y la inversión en este sector. [6]

En el presente capítulo se abarcará la problemática del registro de los datos y la capacidad tecnológica de hacerlo, específicamente sobre los equipos de registro aplicados al cultivo que actualmente existen en el mercado mundial.

## **1.1 Problemática en el Entorno General**

En la agricultura, el registro de datos es la actividad necesaria para que se puedan generar bloques de información de superficies, plantaciones, espacios geográficos o fenómenos que sean de interés de investigación. Consiste en anotar todo dato obtenido por declaraciones de los productores agropecuarios, de forma visual y por interpretación del área del cultivo; estos datos deberán ser posteriormente analizados, modificados, actualizados y almacenados utilizando algún sistema que tenga una herramienta que facilite la gestión de esta información.

El proceso de censo intensivo y tecnificado se realiza con mayores avances en los países desarrollados, donde se realiza la evaluación y estimación de alimentos para su población, con lo cual podrían evaluar las respectivas decisiones acerca de importar ciertos alimentos (en todas sus variedades y tipos).

Actualmente, vemos como es controlada la actividad agrícola en países con mejor desarrollo tecnológico, los cuales hacen uso de diversos sistemas dedicados al sector en mención; sin embargo, a pesar de que hay compañías que brindan estos servicios de control, resultan ser muy costosos para países en donde esta actividad aún está en una etapa de crecimiento tecnológico. [7]

## **1.2 Problemática en el Entorno Específico**

En el Perú, durante los últimos 10 años, la economía general de la población representa un crecimiento significativo respecto al promedio de las décadas anteriores.

Este crecimiento tiene como principales sectores a la exportación tradicional de la minería, hidrocarburos y la agricultura. En comparación a las últimas décadas, la actividad agropecuaria en el país tiene una ratio de crecimiento de 4.6% mayor. [8].



Tabla 1  
Datos de producción



*Nota. Recuperado de "Reporte de Inflación", de Banco Central de Reserva del Perú. junio, 2018.*

*Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2018/junio/ri-junio-2018-recuadro-1.pdf>*

Actualmente, existen tratados de libre comercio con países representativos como EE. UU, China, países de la Unión Europea, entre otros. Según la fuente del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), estas exportaciones agrícolas registran un aumento promedio anual de 6.4 % (ver tabla 1), una cifra que es mayor al resto del sector agrícola, que solo mantuvo un 2.2 % de crecimiento anual y del resto de la actividad económica del país en general, lo cual representa un impacto en la economía, ya que conlleva a un crecimiento en los trabajos formales del sector (empleos privados). Según el BCRP, entre el año 2010 y el año 2017, el número de trabajadores pasó de 147 mil a 382 mil, lo cual representa un crecimiento del 160 % en mano de obra formal. (ver tabla 2) [9].

Tabla 2  
Número de trabajadores



*Nota. Recuperado de "Reporte de Inflación", de Banco Central de Reserva del Perú. Junio, 2018.*

*Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2018/junio/ri-junio-2018-recuadro-1.pdf>*

Sin embargo, para que esta tasa de crecimiento continúe prosperando, es necesario poder generar productos con un alto nivel competitivo en el mercado mundial, no solo en productos tradicionales (café, azúcar y algodón) sino también, en productos no tradicionales que se producen en zonas específicas; en cifras, podemos decir que las exportaciones de productos tradicionales representan solo el 1.7% del crecimiento exportador del país, mientras que la exportación de productos no tradicionales tiene un 6.5 % de representatividad, es decir 4.8 % más que el de la exportación de productos tradicionales [10].

En conclusión, para comenzar a generar un desarrollo progresivo en la agricultura, es importante poder conocer las características de cada espacio agrícola que se encuentra en el territorio peruano, tener una base de datos respecto a lo que actualmente existe en dicho sector, conocer el tipo de suelo, conocer la capacidad de producción, la diversidad de plantación, el clima, etc.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Principal**

Diseñar, construir e implementar un sistema portátil de almacenamiento de datos, el cual permita al usuario almacenar y gestionar los datos que observe en el espacio agrícola de manera manual, además, que almacene continuamente los datos obtenidos de una red de sensores y finalmente, genere un archivo de formato Keyhole Markup Language (KML) con todos los datos recibidos por el sistema. Este archivo de formato KML, permitirá la mejor evaluación de los datos recogidos, además, permitirá su visualización en programas con aplicación de mapas.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

A continuación, se describen los siguientes objetivos específicos:

1. Recopilar información sobre los actuales procesos de registro de datos, la dificultad de cada uno y el tipo de información que almacenan.
2. Elaborar los requerimientos técnicos del sistema a diseñar.
3. Diseñar un hardware de coordinación que permita la comunicación entre la red de sensores y la aplicación instalada en el teléfono móvil.
4. Diseñar un hardware de recopilación de los datos de los sensores.
5. Elaborar el diseño de una aplicación para teléfono móvil, que se encargue de administrar los datos ingresados por el usuario y los datos recogidos de los sensores.
6. Selección de los componentes y materiales para la implementación de la electrónica de los equipos diseñados.
7. Se propondrá el diseño de una fuente de energía basada en celdas solares.
8. Implementar los equipos diseñados, así como la instalación de la aplicación en un teléfono móvil
9. Realizar los ensayos y analizar cada archivo generado, para poder determinar las condiciones y parámetros más adecuados del sistema.

#### **1.4 Variables Básicas Requeridas**

Como se ha mencionado anteriormente, la clave para obtener un desarrollo agrícola es tener un registro que pueda recopilar la mayor cantidad de variables del campo de cultivo evaluado. Por lo cual es necesario registrar ciertos parámetros, ya sean por las declaraciones del agricultor o desde los datos que pueden recoger diversos sensores, por ejemplo: nombre del

cultivo, estado fenológico, afección, potencial de hidrogeniones (ph) del suelo, temperatura de la hoja, etc.

#### **1.4.1 Humedad Relativa**

La humedad relativa del ambiente representa un rol fundamental en el crecimiento del cultivo, un exceso de humedad podría formar películas de agua alrededor de los tallos y hojas que se convertirían en lugares ideales para que la planta tenga afecciones y patógenos que la ataquen; además, la humedad relativa del ambiente es una variable a tomar en cuenta durante el desarrollo del cultivo, ya que, la saturación de agua( en estado gaseoso) en el aire tiene un impacto en el desarrollo directo del mismo[11].

#### **1.4.2 Temperatura**

Es una variable fundamental para tomar en cuenta durante el cultivo de alimentos. Influye directamente en el crecimiento y en la eficiencia de producción de los campos de cultivo agrícola, ya que, el equilibrio de este afecta la cantidad de producción que se puede obtener.

La temperatura ideal para un cultivo va a estar directamente dependiente del reloj biológico de la planta, ya que, este experimentará diferentes estados fenológicos, los cuales tienen diferentes cambios de sensibilidad respecto a la temperatura bajo la cual deben desarrollarse.

A menos que el cultivo esté en un ambiente controlado, por ejemplo invernaderos, estos estarán expuestos principalmente a dos cambios grandes de temperatura, los cuales se experimentan durante el día y la noche, es por ello que la planta realiza diversos procesos químicos, dependiendo de la temperatura y otras variables, para poder facilitar su propio crecimiento y desarrollo [12].

### 1.4.3 Presión Atmosférica

Grandes extensiones de masa de aire (cálido o frío) interactúan constantemente, lo cual conlleva a que finalmente se produzcan lluvias, no se produzcan o sean muy escasas sobre el área de cultivo donde se ubiquen. Esta interacción no controlada obliga a que el agricultor realicen los riegos mediante técnicas artificiales como riego por goteo, riego por canales, riego por aspersión entre otras técnicas que parten de un depósito de agua (ríos, lagunas, lagunas artificiales, tanques de agua, etc.). Tener en cuenta que la presión atmosférica solo influye en la regulación de lluvias [12].

### 1.4.4 Temperatura De La Hoja

Se debe entender que la temperatura de la planta no es equivalente a la temperatura que se puede medir en el espacio del ambiente, estas son variables que deben ser calculadas independiente una de otra, las plantas son capaces de regular su temperatura evaporando agua de sus hojas y tallos, y de ser necesario elevar esa temperatura, lo hacen por medio de la recepción de la radiación. Para un desarrollo correcto del crecimiento del cultivo, debe mantenerse un apropiado equilibrio entre las variables externas en las cuales se ven inmersas las plantas. Por ejemplo, un exceso en la cantidad de luz solar puede generar un sobrecalentamiento de las hojas y deberá aumentar el índice de transpiración, por lo cual la planta se comenzará a deshidratar con mayor rapidez.

Se debe entender a la planta como un conjunto de partes que tienen diferentes características y que se ven afectadas de diferentes maneras. Por ejemplo, las hojas altas del follaje se verán expuestas a un mayor nivel de temperatura ya que se calentarán con mayor rapidez debido a la cantidad de irradiación que recibirán, como se mencionó anteriormente, a mayor luz solar, mayor irradiación que impactará en las plantas; lo mismo ocurre con el tallo y las hojas inferiores, se ven afectados por la irradiación, pero en diferente intensidad [12].

#### **1.4.5 Intensidad Luminosa**

El proceso de transformación química con mayor importancia que se produce en las plantas, es la fotosíntesis. Esta transformación química le permite a la planta poder generar parte de su alimento a partir de la luz que incide en las hojas, a su vez, este alimento aporta fundamentalmente en el desarrollo y crecimiento de los tallos, hojas, flores y frutos. [13]

#### **1.4.6 Grado De Acidez Del Suelo**

Esta característica medible directamente del suelo es una variable que está limitada por el número comparativo de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) y los iones hidroxilo ( $OH^-$ ) presentes. Las soluciones ácidas tienen un mayor número relativo de iones de hidrógeno, mientras que las soluciones básicas o alcalinas tienen un mayor número relativo de iones hidroxilo [14]. Esta variación de hidrógeno e hidroxilo en el suelo, afecta directamente a la obtención de nutrientes de la planta, por ello, es fundamental tener definido y en constante observación el valor del grado de acidez (pH), para verificar que esté con un valor adecuado para el tipo de cultivo que se está desarrollando en ese espacio geográfico [15].

#### **1.4.7 Estado Fenológico del Cultivo**

Es el punto específico durante el tiempo de desarrollo de la planta, ya que, durante su vida, cada planta presenta eventos naturales de crecimiento, los cuales representan fenómenos biológicos como la brotación de hojas, la maduración del tallo, maduración del fruto, desarrollo de raíces, entre otros. La importancia de conocer el estado fenológico es que permite vincular, los cambios climáticos y otras variables, con el proceso de desarrollo del cultivo [16].

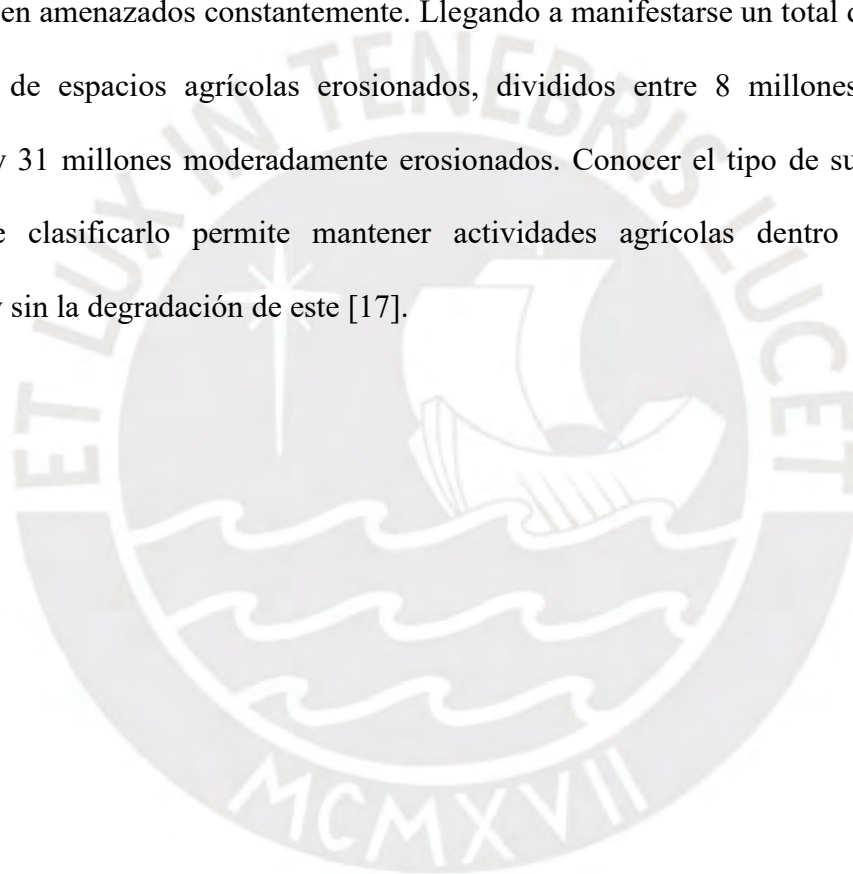
#### **1.4.8 Afección**

Enfermedad de la cual puede padecer un cultivo, esto engloba a las enfermedades, plagas y malformaciones.



### 1.4.9 Tipo de Suelo

Los espacios geográficos que cumplen con los requisitos para ser potencialmente agrícolas son los suelos de mayor escases en todo el territorio peruano. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), esta cantidad de territorio apto para la actividad agrícola es el 7% del total del territorio nacional, además, se debe mencionar que debido a factores naturales en la costa, sierra y selva como la salinización, la erosión y fertilidad, estos espacios agrícolas se ven amenazados constantemente. Llegando a manifestarse un total de 39 millones de hectáreas de espacios agrícolas erosionados, divididos entre 8 millones severamente erosionados y 31 millones moderadamente erosionados. Conocer el tipo de suelo y tener la capacidad de clasificarlo permite mantener actividades agrícolas dentro de márgenes económicos y sin la degradación de este [17].



## CAPÍTULO 2

### **Tecnologías en Sistemas de Registro y Desempeño de Dispositivos de Ubicación**

En este capítulo, se expondrán conceptos de tecnologías que se encuentran en el campo del análisis de geolocalización y tecnologías de registros. Además, se hará una descripción justificada del criterio de cada solución propuesta, teniendo criterios fundamentados para brindar una mejor visión de lo que actualmente se tiene.

#### **2.1 Levantamiento de Información**

Se puede definir como la actividad que sirve para recopilar datos de una situación estudiada, esta actividad tiene el propósito de almacenar y gestionar correctamente cada dato para poder convertirlo en información útil y de rápido acceso. Esta actividad puede ser desarrollada de múltiples maneras y con el uso de diferentes herramientas, a continuación se describirán técnicas usadas en el presente desarrollo de tesis:

##### **Observación**

Se definen dos modalidades de observación:

- Observación general: Mirada amplia del espacio geográfico objetivo.
- Observación específica: Mirada fija sobre lo específicamente evaluado.

##### **Inspección**

Consiste en revisar otras fuentes de información que tienen puntos comunes importantes y fundamentales para poder entender mejor lo evaluado.

##### **Entrevista**

Actividad de interacción entre la persona interesada y las personas involucradas de interés. Se realiza un intercambio de información que responde a una lista de preguntas previamente formuladas por el evaluador con lo cual se podrían conocer propósitos, tiempos, procesos, etapas, etc.

## **2.2 Estado del Arte**

### **2.2.1 Equipos Basados en el Registro de Datos**

Los sistemas e instrumentos capaces de registrar uno o varios datos son diversos, entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

#### **Registrador de Datos Multicanal PCE-KD9 de la compañía PCE Instruments**

El equipo PCE-KD9 es un instrumento que permite registrar valores conectados a sus ranuras de entrada, ver la imagen referencial del equipo en la figura 1. Este registrador de datos con múltiples canales tiene las funciones de detección, registro, visualización, almacenamiento y control sobre los datos. Tiene una memoria con un máximo de 72 entradas analógicas, 36 entradas termopares, 72 entradas binarias y 24 salidas analógicas. Esta cantidad de características permiten de este equipo ser la herramienta con mayor variedad de aplicaciones en el registro y obtención de los datos.

Posee una memoria interna de 90 canales lógicos donde pueden almacenar cada una de las señales del proceso. Los datos pueden ser procesados de 2 maneras, usando 8 reguladores PID o usar la memoria interna de 1.5 GB para almacenar los datos con una velocidad de transmisión de 10Hz. Esto permite registrar hasta 200 valores por segundo. La capacidad total de la memoria es de 2.000.000 valores.

La interacción con el equipo se realiza mediante una pantalla táctil TFT. Esta pantalla permite al usuario visualizar los valores numéricos de los datos obtenidos. Además, el intercambio de datos del equipo con los sensores, transductores o sistemas de control se realiza a través de diferentes interfaces digitales, donde la obtención de datos se realiza insertando, en las correspondientes ranuras, un dispositivo con el estándar RS-485, RS-232, USB o Ethernet.



Figura 1. Registrador multicanal PCE  
Costo: USD 1032

Adicionalmente, el equipo en mención tiene la capacidad de conectarse a dispositivos de interacción como ratón, teclado, u otro dispositivo que tenga estas interfaces establecidas. Opcionalmente, tiene un software de gestión de datos para que el usuario pueda tener una mayor posibilidad de evaluación al momento de realizar el análisis de los datos obtenidos [18].

### **Registrador de Datos MSR255 de la compañía *MSR Electronics***

Este equipo cuenta con 5 sensores diferentes, 4 entradas analógicas y una pantalla LCD para una visualización de los datos medidos. Los sensores con los que cuenta el equipo son los siguientes: sensor de temperatura, sensor de humedad relativa, sensor de presión atmosférica de aire y sensor de intensidad luminosa (ubicados internamente dentro de la caja o externamente haciendo uso de cables que transmitan la información).

Adicionalmente, el equipo cuenta con entradas analógicas las cuales poseen alarma, fuente de conmutación de datos, además tienen una entrada para poder comenzar, pausar y terminar la detección de los datos, ver la imagen referencial en la figura 2.



Figura 2. Registrador MSR255  
Costo: 399 USD

El equipo tiene la capacidad de memoria de 2 millones de parámetros de medición. Además, tiene una batería de polímero de litio con 2300 mAh de capacidad. Cuenta con una pantalla LCD de 4 filas de caracteres y con 4 configuraciones disponibles del modo de visualización de los datos en la pantalla. El intercambio y obtención de la información recopilada puede ser rápidamente transferida a su computadora personal usando un dispositivo periférico USB de almacenamiento de datos [19].

### **Registrador de Temperatura y Humedad COMET R3120 de la compañía Comet System**

Este equipo fue especialmente diseñado con el fin de registrar los valores de temperatura y de la humedad relativa del ambiente, es un modelo compacto y autónomo pensado para la medida de ambas variables. Los valores se almacenan en una memoria flash. La transferencia de datos al ordenador personal para su posterior análisis se realiza a través de un dispositivo periférico USB o mediante un conector RJ-45, el equipo se puede ver en la figura 3. Tiene almacenamiento interno suficiente para almacenar datos durante un largo periodo de tiempo, debido a su batería de litio de larga duración, puede durar hasta los 7 años [20].

Características técnicas:

Variables: Temperatura y humedad, con sonda integrada.

Alimentación: Batería litio 3.6 V, hasta 7 años de vida.

Formato: Carcasa de plástico con una clase de protección IP67.



Figura 3. Registrador COMET R3120  
Costo: 110 USD

### Registrador de Datos Multifuncional TMF100 de la compañía NESA

Este dispositivo tiene como función principal ser un registrador compacto, tiene un consumo muy bajo menor a 0.2 W. Además, el sistema operativo que tiene embebido es Linux, este equipo tiene 8 entradas analógicas, 5 entradas digitales, 4 salidas analógicas y 4 salidas digitales, ver figura 4.



Figura 4. Registrador TMF 100  
Costo: 1 244 USD

Debido a la interacción rápida con su interfaz web, este dispositivo tiene un entorno rápido de entendimiento para usuarios que estén previamente familiarizados con este tipo de equipos. Además, permite la conexión directa con el módulo inalámbrico ZigBee , brindando la oportunidad de conectar hasta 100 sensores inalámbricos adicionales [21].

#### 2.1.2 Sistemas de Localización

La localización, se puede definir como la posición de un punto en el espacio geográfico. Este punto, puede ser definido como un objeto, una fotografía, un vídeo, entre otros. La



información de la posición del lugar donde se ubica a este punto con base en las coordenadas geográficas son la altitud, latitud y longitud.

El desarrollo de la tecnología y la globalización permiten realizar un mayor intercambio de información y por lo cual, los usuarios de internet a nivel global pueden geolocalizar la ubicación de sus fotografías, videos, etc. Por ello, no es de extrañar que incluso algunas cámaras, y/o dispositivos móviles ya cuentan con un sistema de localización como el dispositivo GPS. Es por ello, que a continuación se presentarán sistemas de localización actuales:

### **Global Positioning System**

El sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) se utiliza para poder asignar valores a la posición en la que se localiza un dispositivo alrededor del planeta. Gracias al desarrollo de la tecnología, se ha mejorado la precisión de ubicación, con aproximadamente 15 metros en el 95% del tiempo. Opcionalmente, en caso de que el sistema WAAS/EGNOS/MSAS esté activado, esta precisión en la detección de ubicación mejorará a 1-2 metros. Se debe mencionar que hay variables específicas para que el punto a localizar tenga una mejor precisión en la obtención de los datos de localización, por ejemplo: espacio al aire libre, cantidad de obstáculos alrededor y la cantidad de satélites con los que se puede aplicar la técnica de trilateración para promediar los datos de ubicación [22].

### **Radio Frequency Identification**

El sistema de identificación de radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés) tiene como fin poder intercomunicar datos a través de un canal electromagnético. Principalmente, datos que logren identificar un recurso de evaluación, transmitiendo de este modo la identidad de este. Un sistema basado en RFID consta de 2 partes: equipos lectores y etiquetas RFID. El

equipo lector con tecnología RFID realiza la detección y lectura de datos obtenidos de la etiqueta RFID, brindando al usuario una identidad del recurso con la etiqueta asignada [23].

### **Sistema basado en comunicaciones móviles**

En la actualidad, un método para poder determinar la ubicación de equipos móviles es poder realizar una detección de localización de la señal del equipo desde le grupo de antenas más próximo, es por ello que a mayor número de antena, como en zona urbanas, mayor es la precisión de la ubicación del equipo móvil; por el contrario, en zonas donde es menor la cantidad de antenas, como en zonas rurales, la precisión de la ubicación de los equipos móviles es de menor precisión [24].

### **Módulo Xbee ZigBee**

ZigBee, es el nombre asignado al conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica que es aplicado en algunos equipos de comunicación de bajo consumo. Este conjunto de protocolos está bajo el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN por sus siglas en inglés).

El objetivo principal de este conjunto de protocolos de comunicación es poder suministrar de la capacidad de comunicación a todo sistema que tenga una baja tasa de envío de datos y requiera aprovechar mejor el rendimiento de su consumo de energía para maximizar la durabilidad de su batería [25].

### **2.1.3 Equipo de Telefonía Celular**

El dispositivo de telefonía celular es considerado uno de los equipos que mayor cambio en su desarrollo ha mantenido durante los últimos años. Cada nuevo avance en la exploración de dispositivos y componentes electrónicos más pequeños, con menor consumo de energía, con

mayores capacidades de almacenamiento de datos, entre otros, ha permitido que los equipos de telefonía celular se desarrollen como un equipo con mayores funcionalidades y de mayor desempeño al momento de ser una herramienta de apoyo al usuario.

El dispositivo GPS y la capacidad del acceso a internet en los dispositivos modernos, logran convertir al equipo de telefonía celular en el hardware perfecto para los sistemas de geolocalización. Permite al usuario la capacidad de enlazar su ubicación al recurso digital que desee (fotos, videos, documentos, entre otros) [26].

### 2.3 Marco Teórico

Se requiere un sistema que registre diversos tipos de datos, debe poseer la capacidad para poder almacenar dichos valores ingresados y no solo debe limitarse a los sensores que tenga instalado como ocurre con otros equipos que son registradores de datos, sino que deberá tener la capacidad de conectarse a múltiples sensores de manera remota y obtener los datos de manera automática, administrando en todo momento una red de sensores, ver figura 5 para entender la distribución de intercomunicación entre cada rol de una red de sensores. Así mismo, tiene que ser un sistema que cuente con un dispositivo que permita una comunicación segura y un menor consumo de la energía almacenada.

Los roles de la red de los sensores deberán ser las siguientes:

**Coordinador (C):** Se requiere uno en cada red, se encargará de configurar la red y todo el tiempo debe estar censando el estado de los demás puntos de red.

**Router (R):** Pueden existir múltiples en una misma red y serán los encargados de enviar mensajes de otros puntos de red al coordinador o del coordinador a otros puntos de red.

**Dispositivo final (D):** Será el encargado de recibir el dato del sensor y enviarlo al enrutador correspondiente.

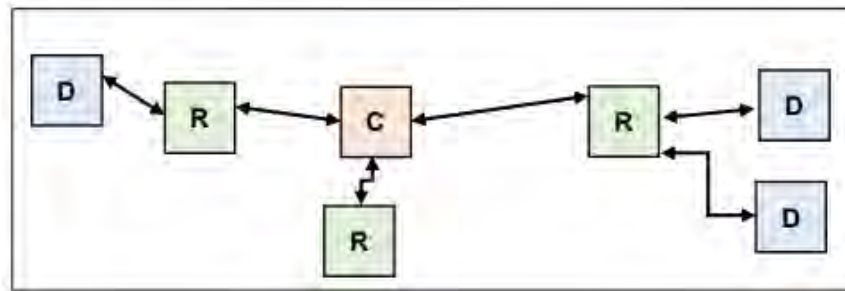


Figura 5. Esquema de una red de sensores propuesta  
D-Dispositivo final, R-Router y C-Coordinador

El modo de ingresar los datos no debe ser ejecutado directamente en el código de programación sino desde una interfaz gráfica amigable e intuitiva (el esquema de interacción que realiza el equipo móvil y la red de sensores se ve representada en la figura 6) y a la misma vez tiene que ser portátil sin la necesidad de usar dispositivos adicionales para ingresar datos como por ejemplo ratón o un teclado. Además, es requisito que este sistema pueda enviar los datos que almacena hacia otro usuario, por lo cual, deberá tener la característica de poder interactuar con la red de internet, mediante una conexión inalámbrica como una red de tecnología de transmisión de datos WI-FI, directamente de una antena de telefonía celular con paquete de datos móviles o por un puerto de Ethernet.

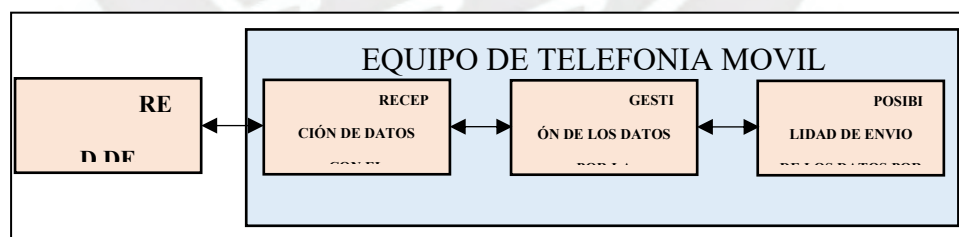
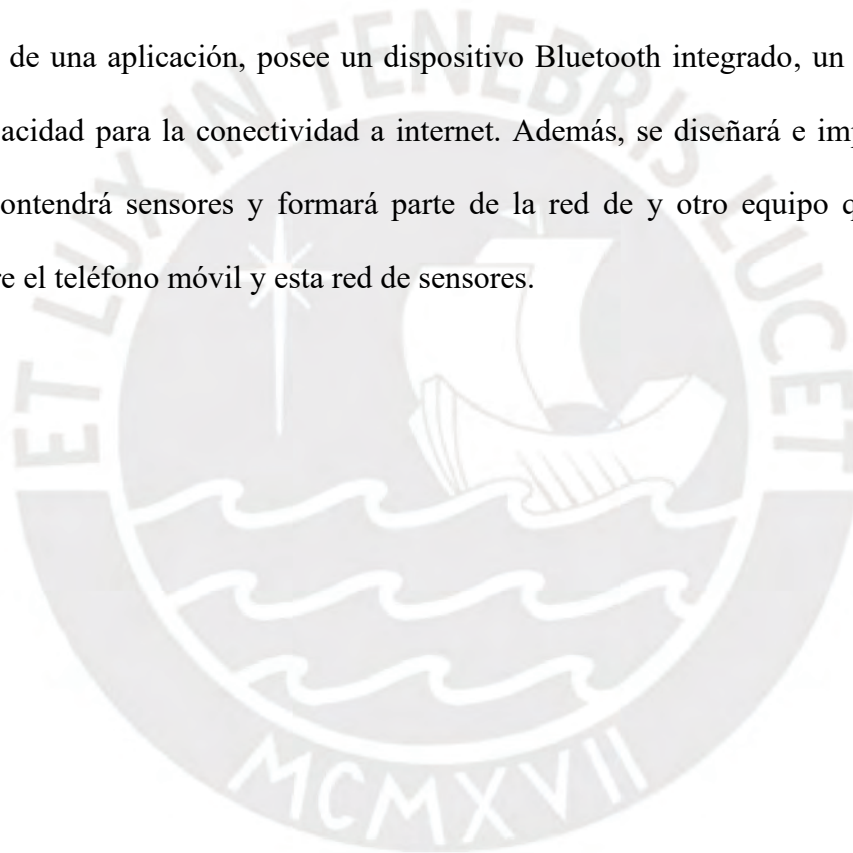


Figura 6. Esquema de flujo de la red de sensores propuesta

Finalmente, cada dato almacenado por la red de sensores y los datos ingresados directamente por el usuario, deberán estar registrados junto a las coordenadas de altitud, latitud y longitud provenientes de un sensor de GPS; luego, estos datos deberán ser gestionados y almacenados en un archivo de formato KML, el cual es un formato de codificación de datos

que tiene como una de sus características, poder ser empleado para codificar datos en un archivo que puede ser leído mediante un navegador geográfico en la internet y/o desde un software de navegación desde el escritorio local de un equipo de cómputo. El formato KML está basado en el estándar Extensible Markup Language (XML) el cual permitirá, como se mencionó anteriormente, revisar esta información en diversos navegadores de reconocimiento de mapas como Google Earth/ Maps, GPS Visualizer, entre otros [27].

En conclusión, se propone usar un equipo de telefonía móvil inteligente, ya que, permite la instalación de una aplicación, posee un dispositivo Bluetooth integrado, un dispositivo de GPS y la capacidad para la conectividad a internet. Además, se diseñará e implementará un equipo que contendrá sensores y formará parte de la red de y otro equipo que permita la conexión entre el teléfono móvil y esta red de sensores.



## CAPÍTULO 3

### **Diseño e Implementación del Sistema de Registro de Datos**

En el presente capítulo, se procederá a realizar una descripción del diseño y la implementación de la solución propuesta. La primera parte del presente capítulo se basa en el diseño del sistema y la segunda parte corresponde a la implementación de la solución descrita. Respecto a la aplicación para el teléfono móvil, se menciona los estándares adoptados para que se logre un mejor aspecto visual y una rápida interpretación por el usuario final. Además, se mostrará una lista de los materiales principales, equipos y sensores utilizados en el desarrollo de esta tesis.

#### **3.1 Diseño del Sistema**

En esta parte del documento de tesis se explicará el diseño del hardware evaluado para posteriormente presentar la estructura final de la solución del sistema. Respecto a la aplicación que se instalará en el teléfono móvil, se mencionarán las características implementadas en el aspecto visual para que tenga una rápida identificación y comprensión por el usuario final.

##### **3.1.1 Arquitectura de Cada Dispositivo a Diseñar: Dispositivo que Contiene los Sensores y el Dispositivo que Comunica la Red de Sensores con el Teléfono Móvil**

De acuerdo con los capítulos anteriores, las tareas que abarcará el sistema de registro de datos a diseñar e implementar, se van a dividir exclusivamente en 3 partes: el dispositivo que contiene los sensores y obtiene sus datos; el dispositivo coordinador, encargado de intercomunicar los datos entre el teléfono móvil y la red de sensores; finalmente, la aplicación en el teléfono móvil, la cual gestionará los datos que reciba desde el módulo y los datos ingresados por el usuario directamente desde la aplicación. Estas tareas del sistema se dividen



de esa forma para evitar delegar la gestión de datos a otro dispositivo externo como una computadora portátil, tableta u otro dispositivo.

Asimismo, se asegura la disponibilidad de uso inmediato y desde un teléfono móvil con o sin conexión a la señal de internet. El diseño de la aplicación que se instalará en el dispositivo móvil debe garantizar que el usuario podrá tener un rápido entendimiento de los pasos a seguir para aprovechar al máximo las capacidades que se encuentran en el equipo móvil.

Para poder brindar una mejor experiencia en el uso de la aplicación, los datos deben estar correctamente gestionados, requiriendo por ello, las siguientes características en los equipos de obtención y transmisión de datos:

1. La arquitectura hardware del dispositivo coordinador y del dispositivo que contendrá los sensores deberá estar preparado para uso externo y por ello estar expuesto a la intemperie.
2. El dispositivo coordinador debe ser lo más pequeño posible, ya que, será el que esté cerca al portador y debe poder ser transportada en la mochila, el bolsillo, adherida al equipo móvil u otro medio.
3. La arquitectura del hardware que contendrá los sensores debe asegurar su manipulación de manera sencilla, se deberá implementar la posibilidad de agregar o retirar sensores del dispositivo sin afectar su correcto funcionamiento.
4. El dispositivo que contendrá los sensores debe tener la capacidad de ser instalada adecuadamente en el suelo.
5. La aplicación móvil debe estar orientada a tener un aspecto que relacione la función del sistema con el trabajo en campo, además, debe ser fácil de manipular por el usuario final.
6. La aplicación móvil debe tener la capacidad de concatenar todos los datos obtenidos por la red de sensores, los datos ingresados directamente por el usuario y el dato de la ubicación que provee el equipo móvil, finalmente guardará todos los datos debidamente gestionados en un archivo de formato KML.

### 3.1.2 Etapas del Diseño de la Arquitectura de Cada Dispositivo

La solución constará de 4 etapas, debido a que se desea que el diseño permita la incorporación de nuevos equipos que alberguen conjuntos de módulos de sensores; además, la posibilidad de una distribución de componentes con diversos niveles internos del hardware, logrando de ese modo una mayor independencia y confiabilidad de los datos, cumpliendo así con los requisitos de arquitectura del diseño indicados a comienzos del capítulo.



Figura 7. Distribución en bloques de los 3 equipos que serán parte del sistema de registro de datos de cultivo.

La solución del sistema es la unión de tres partes: el equipo que contiene los sensores, el equipo de coordinación y el programa instalado en el equipo de telefonía móvil, que a su vez se divide en dos partes: la interfaz gráfica de la aplicación y la etapa lógica de su funcionamiento, así mismo, en la figura 7 se puede observar la distribución general en bloques en cada uno de los equipos:

#### **Etapa 1: Dispositivo que Contiene a los Sensores o Dispositivo Final**

Este dispositivo está dividido en dos partes:

##### **Hardware**

Compuesto por los sensores, el microcontrolador, componentes del microcontrolador, tarjeta impresa, el módulo de comunicación por radiofrecuencia, el chasis que cubrirá todos los componentes y la parte de potencia que suministrará energía al sistema.

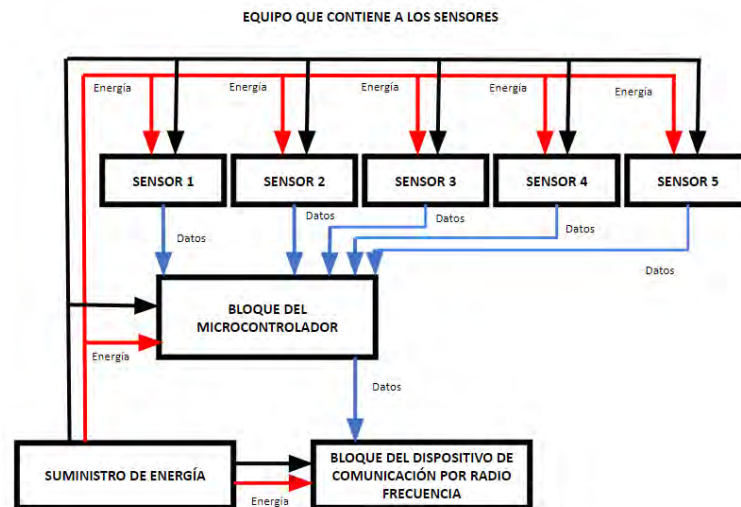


Figura 8. Distribución de los bloques internos del equipo que contiene a los sensores.

## Lógica de Control

La lógica de control se ve expresada en el siguiente diagrama de flujo:

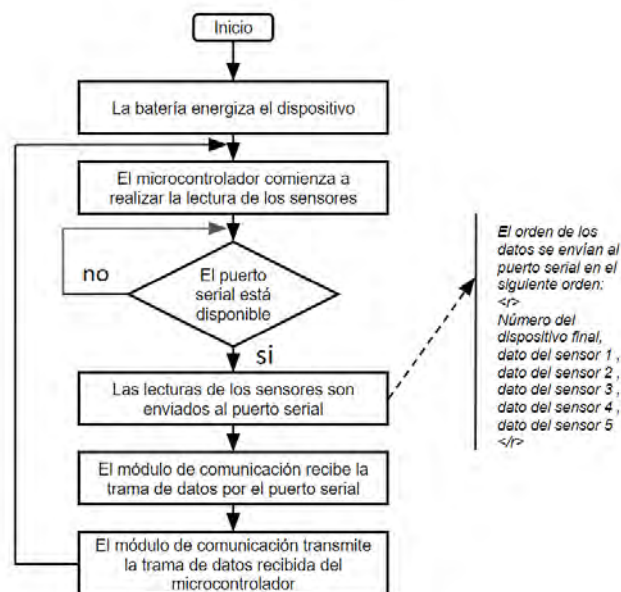


Figura 9. Los caracteres <r> y </r> son usados para identificar donde inicia y termina la trama de datos.

## Etapa 2: Dispositivo de Coordinación

Este dispositivo está dividido en dos partes:

### Hardware

Compuesto por un módulo de comunicación Bluetooth, un módulo de comunicación por radiofrecuencia, un microcontrolador, componentes del microcontrolador, tarjeta impresa, el

chasis que cubrirá todos los componentes y la parte de potencia que suministrará energía al sistema.

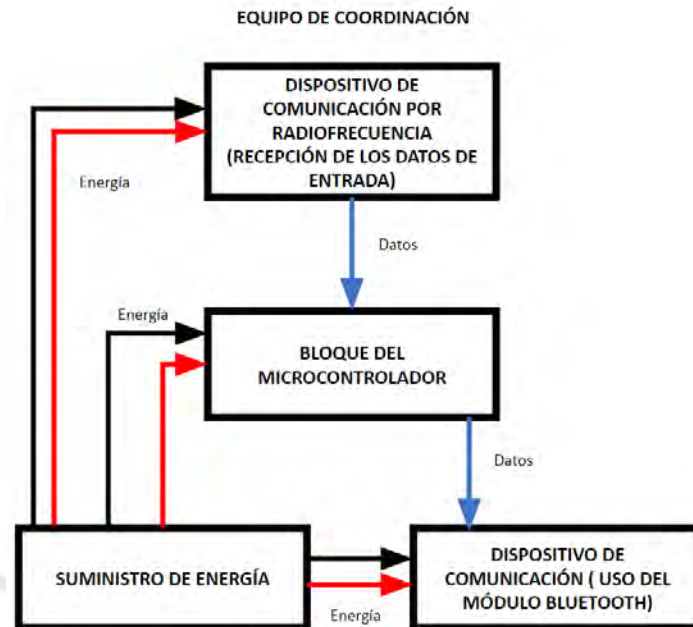


Figura 10. Distribución de los bloques internos del equipo coordinador que es el encargado de gestionar los datos de llegada y enviarlos en la sintaxis adecuada por el bloque de comunicación Bluetooth.

## Lógica de Control

La lógica de control se ve expresada en la figura 11 que se muestra a continuación:

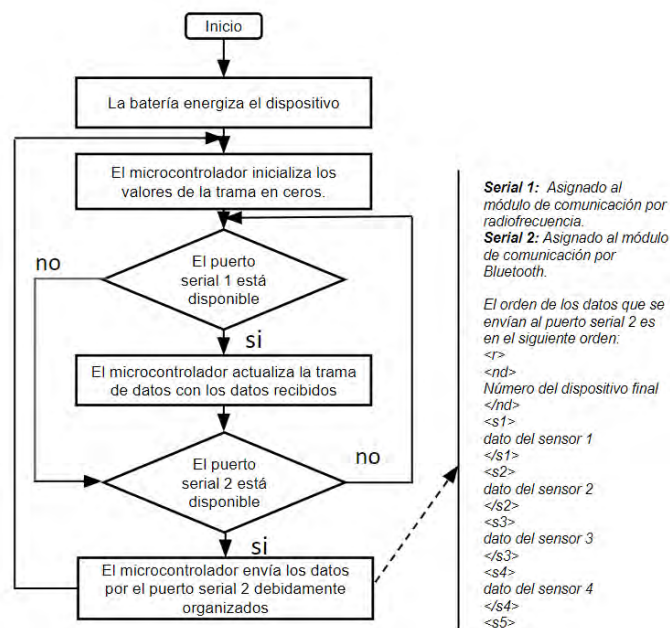


Figura 11. Los caracteres <r>, <nd> y <s#>.

Son usados para identificar donde comienza y donde termina cada dato la trama de datos. Además, permitirá identificar a que dispositivo pertenece.

### Etapa 3: Interfaz Gráfica del Aplicativo Móvil

La aplicación en el teléfono móvil será la encargada de mostrar al usuario como poder obtener y adquirir los datos , ya que, es la encargada de poder gestionar y unir cada uno de los elementos de interés para el usuario en una interfaz gráfica, la cual está sujeta a una lógica de control establecida en el desarrollo de esta. Se muestra una representación del diagrama de flujo en la figura 12.

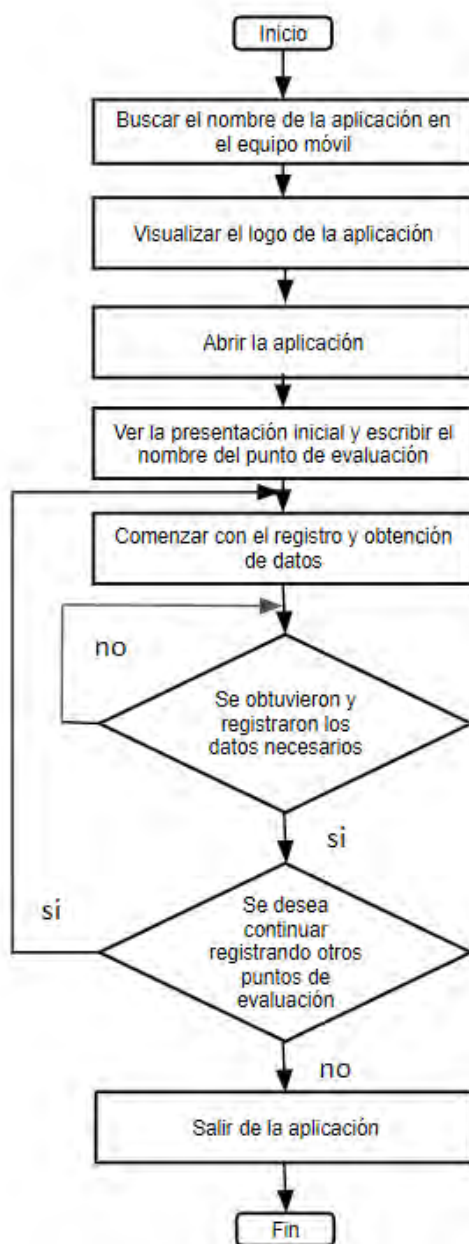


Figura 12. Diagrama de flujo que representa los pasos a usar por el usuario en el equipo móvil antes de usar el sistema y los momentos en los que visualmente interactuará con la aplicación del sistema.

#### Etapa 4: Etapa de Lógica de la Aplicación

La parte lógica de la aplicación tiene como función realizar la conectividad con el equipo de coordinación, generar una interfaz gráfica para el usuario y también es la encargada de gestionar los datos provenientes de tres fuentes diferentes:

- Los datos que son obtenidos de la red de sensores y enviados por el dispositivo emisor.
- Los datos ingresados por el usuario.
- Los datos de geolocalización proveniente del equipo móvil.

Con los datos obtenidos formará un archivo en formato KML, ya que, el archivo debe tener la capacidad de ser reconocido por sistemas de mapas en el cual se desplegarán los datos previamente almacenados.

#### 3.1.4 Consideraciones de las Tarjetas Impresas

Hay diversos tipos de sustratos usados para las placas de los circuitos impresos, de los cuales los más comunes son la placa fenólica o baquelita y la resina de vidrio. Las placas fenólicas son realmente buenas, resistentes al calor y al agua, resistentes al envejecimiento y no tienen un costo elevado; por el contrario, la fibra de vidrio es más costosa (ver tabla 3) es más rígida, resiste mejor el calor, absorbe menos humedad por lo cual presenta mejor aislamiento eléctrico. Para las tarjetas de los dispositivos que se implementarán, se utilizará la fibra de vidrio.

Tabla 3  
Costo del área (cm<sup>2</sup>) en el mercado local.

Material	Costo por cm <sup>2</sup>
Fibra de vidrio	S/. 0.1125
Baquelita	S/. 0.03



### **3.1.5 Elección de componentes**

A continuación, se detallan los componentes seleccionados durante el desarrollo de las partes del diseño e implementación de los equipos que conforman el sistema, el resumen de las hojas de datos técnicos estarán en el anexo A.

#### **3.1.5.1 Módulo Xbee S2**

El módulo Xbee S2C es ideal para la comunicación por radiofrecuencia con un bajo consumo de energía de 3.1 mW al emitir datos y 6.3mW al recibir datos, un alcance de señal si obstáculos de 60 metros, un costo de 120 soles, relativamente menor en comparación a otros dispositivos como el Xbee s2 Pro que cuesta 245 soles.

#### **3.1.5.2 Módulo de comunicación por Bluetooth HC-05**

Este módulo es de bajo consumo de potencia de 2.4 mW, puede ser alimentado por los pines del módulo del microcontrolador y tiene un alcance de transmisión teóricos de 10 m.

#### **3.1.5.3 Sensor humedad DHT11**

Es el sensor del cual se dispone al momento del desarrollo de la tesis, este sensor tiene un rango de trabajo en la medición de la humedad relativa (RH) de 20% hasta el 90%, en la hoja de datos técnicos, el fabricante señala que tiene una precisión de  $\pm 4\%$  con ciclos de lectura de datos que oscilan entre 1 y 2 segundos. El costo de este sensor es de 15 soles en el mercado nacional.

#### **3.1.5.4 Sensor presión BMP180**

Este sensor contiene el bus de serie de datos Inter Integrated Circuits ( $I^2C$ ), viene calibrado y tiene una precisión de  $\pm 1$  hPa.

#### **3.1.5.5 Sensor de humedad de tierra Moisture Sensor**

Componente elegido por la facilidad de su adquisición en el mercado peruano, tiene una precisión de + 8% de humedad relativa y un costo actual de 20 soles.

### 3.1.5.6 Sensor intensidad luminosa TEMT6000

A diferencia de algunos sensores de iluminancia, este sensor tiene un ángulo de recepción de 60°; además, su bajo costo lo hace adecuado para el sistema, ya que su costo en el mercado peruano es de 20 soles, lo cual es de menor precio en comparación a otros sensores como el TSL2561 que cuesta 35 soles o el sensor GY-2561 que cuesta 28 soles.

### 3.1.5.7 Sensor temperatura por infrarrojo MLX90614

Contiene el bus de serie de datos  $I^2C$ , este sensor fue elegido debido a que es con el que se cuenta en el momento del desarrollo de la tesis.

### 3.1.5.8 Bloque del Microcontrolador ATMEGA 328 P

- El microcontrolador elegido es el ATMEGA 328P debido a que es fácil de adquirir en el mercado local y su consumo de corriente en promedio es de 46 mA, menor consumo en comparación a un microcontrolador con capacidades parecidas como el PIC16F84.
- Pulsador de 12mm x 12mm de 4 pines.
- Resistencias de película de carbón, valor de 220 Ohm y de ¼ W de potencia nominal.
- Oscilador de cristal de cuarzo de 16 MHz, encapsulado HC49/4H.
- Condensadores cerámicos de 22 pF y tensión nominal 50 V.

### 3.1.5.9 Componentes del sistema de suministro de energía

- Regulador de voltaje step-down LM7805 de 1.25V – 26V 3<sup>a</sup>
- Regulador de voltaje step-up LM2577 de 3.5V – 40V 3<sup>a</sup>
- Batería de ion litio 3.7V - 2500mAh.
- Batería de ion litio 3.7V - 1000mAh.
- Modulo cargador de baterías de Litio, modelo TP4056, entrada de 1A con conector hembra de tipo micro USB.

### 3.1.5.10 Componentes usados durante el montaje y ensamblaje del sistema

- Alambre de estaño para soldadura y cautín Goot 30w
- Multímetro digital FLUKE 117
- Placa de circuito impreso con base de resina de vidrio 1.5 mm de espesor

### 3.1.6 Diseño del Cargador de Batería

#### Requerimientos de Diseño

A continuación, se muestra la propuesta del diseño del cargador de batería con tecnología basada en paneles fotovoltaicos; sin embargo, se realizará solo la implementación con las baterías y el cargador por el puerto micro USB. En este punto se planteará el diagrama de bloques, diagrama esquemático y diagrama de flujo respectivo. A continuación, se realizarán unas recomendaciones para prolongar la vida útil de la batería: la carga no debe presentar cambios inmediatos en la amplitud del voltaje y corriente, ya que, debido a los cambios en la intensidad de la irradiación solar, los paneles fotovoltaicos presentarían variaciones rápidas; sin embargo, esto puede ser solucionado adicionando al sistema un sistema de regulación de voltaje. Este sistema permitiría mantener constante la energía aun si hay picos de corriente, ya que, si la energía almacenada en la batería está completa, se debería desactivar la conexión con el panel solar o cuando la carga de la batería llegue a niveles bajos que puedan dañarla, se deberá interrumpir el flujo de energía de la batería a la carga.

#### Diagrama de Bloques del Diseño del Cargador de Baterías

Para que la energía de la irradiación solar pueda cargar la batería va a ser necesario un bloque de regulación del voltaje, ya que, el voltaje que emite un panel solar es variable debido a que depende de la irradiación solar.

Para efectos del diseño propuesto, se propone el uso de un panel solar de 12 V, la potencia se estima en base a las potencias requeridas por los dispositivos seleccionados, se

asumen 5 horas de sol diarias en la costa del Perú aproximadamente (Solargis) [28], y una eficiencia del equipo en un 65 % con 24 horas continuas de energía. En la tabla 4 se describe el cálculo que se realizó para hallar la potencia que se necesitará para mantener el equipo contenedor de los sensores y en la tabla 5 se muestra los respectivo al cálculo del equipo coordinador.

Tabla 4

Cuadro de potencias para hallar el valor necesario que debe tener la celda solar en el dispositivo contenedor de los sensores.

EQUIPO	ITEM	CORRIENTE (mA)	Potencia (W)	Tiempo (h)	Energía(Wh)
CONTENEDOR DE LOS SENSORES	Sensor humedad DHT11	2.5	0.03	24	0.72
	Sensor presión BMP180	0.0001	0.0000012	24	0.0000288
	Sensor temperatura DIY LM35D	5	0.06	24	1.44
	Sensor intensidad luminosa TEMT6000	20	0.24	24	5.76
	Sensor temperatura por infrarrojo MLX90614	1.5	0.018	24	0.432
	Módulo Xbee S2	40	0.48	24	11.52
	Microcontrolador Atmega 328	200	2.4	24	57.6
<b>Total de potencia requerida por hora</b>					77.47 Wh
Eficiencia del panel solar	65%	<b>Total potencia requerida con una eficiencia del 65%</b>			119.19 Wh
Horas del sol (h)	5	<b>LO QUE DEBE GENERAR EL PANEL SOLAR</b>			<b>23.84 w</b>

Tabla 5

Cuadro de potencias para hallar el valor necesario que debe tener la celda solar en el dispositivo coordinador.

EQUIPO	ITEM	CORRIENTE (mA)	Potencia (W)	Tiempo (h)	Energía(Wh)
COORDINADOR	Módulo Bluetooth	30	0.36	24	8.64
	Módulo Xbee S2	40	0.48	24	11.52
	Microcontrolador Atmega 328	200	2.4	24	57.6
<b>Total de potencia requerida por hora</b>					77.76 Wh
Eficiencia del panel solar	65%	<b>Total potencia requerida con una eficiencia del 65%</b>			119.63 Wh
Horas del sol (h)	5	<b>LO QUE DEBE GENERAR EL PANEL SOLAR</b>			<b>23.93 w</b>

El panel solar se puede comprar en el mercado local y genera un voltaje de 12V – 30V, y una potencia de 30 W, por lo cual será necesario conectar a un regulador de voltaje que lleve a 5V para que pueda conectarse a la entrada del cargador de la batería. De acuerdo con los requerimientos del punto anterior, se muestra, a continuación, el diagrama de bloques de las conexiones del sistema de batería con panel solar:

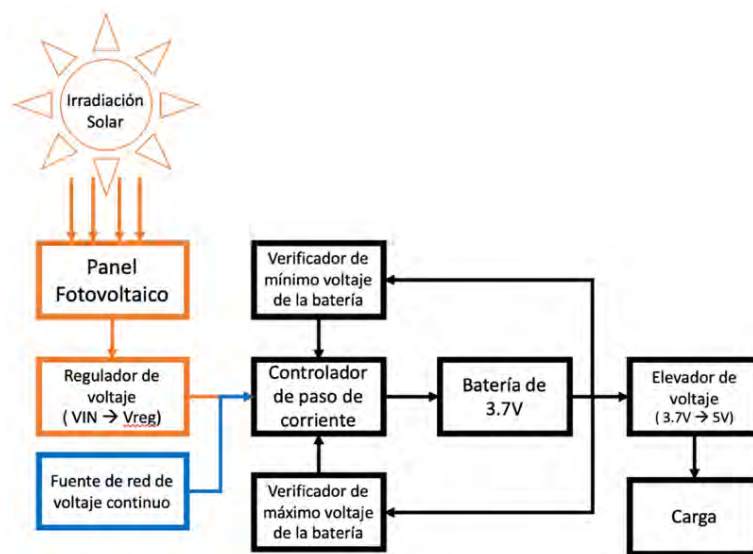


Figura 13. Esquema de conexiones

### Conceptos de los Bloques Propuestos:

#### Irradiación Solar

El lugar o espacio geográfico donde se realizarán los registros de los datos, tendrán condiciones climáticas específicas las cuales definirán la intensidad de irradiación solar.

#### Panel Fotovoltaico

Dependiendo de la intensidad de irradiación solar del lugar donde se realice el registro de los datos, el panel fotovoltaico es el encargado de convertir esta irradiación en corriente que posteriormente enviará a la batería para poder ser almacenado. El detalle de la inclinación del panel receptor deberá ser el adecuado para lograr obtener la mayor cantidad de energía solar y ser más eficiente al momento de entregar esta energía a la batería en el menor tiempo posible.

#### Controlador De Paso De Corriente

Este dispositivo, como su nombre lo indica, será el encargado de realizar los cortes de la circulación de corriente en el equipo, logrando así un control sobre la carga de la batería.

#### Verificador De Máximo Voltaje De Batería

Se encargará de monitorear y gestionar el voltaje de la batería cuando esté en su máximo valor permisible, es decir, cuando la batería esté completamente cargada. Se encargará de gestionar el paso de corriente haciendo uso del controlador de paso de corriente.

### **Batería de Ion de Litio**

Es el encargado de almacenar energía, este dispositivo de almacenamiento será la que recibirá la energía proveniente del panel fotovoltaico y estará siendo monitoreada para poder tener un mayor tiempo de vida útil; así mismo, tendrá la posibilidad de ser cargada por un puerto micro USB.

### **Verificador de Mínimo Voltaje de Batería**

Se encargará de monitorear el voltaje mínimo permisible para la batería, ya que, no debe descender al nivel de entrar en un ciclo profundo de descarga. Cuando se llegue a este estado de aproximadamente 2.75 V, el proceso consiste en cortar la circulación de corriente que existe entre la batería y la carga, esperando a que se pueda ir suministrando de energía a la batería hasta llegar a los niveles normales de funcionamiento, ya que, es ahí cuando nuevamente se permitirá suministrar las cargas de energía eléctrica.

### **Elevador de Voltaje**

Recibirá 3.7 V de entrada y elevará este voltaje hasta 5V que es el voltaje sobre el cual trabajarán los componentes que formarán los equipos necesarios en la presente tesis.

### **Carga**

Material, equipo o sistema a la cual se le suministrará corriente del elevador de voltaje.

### **Diseño Propuesto**



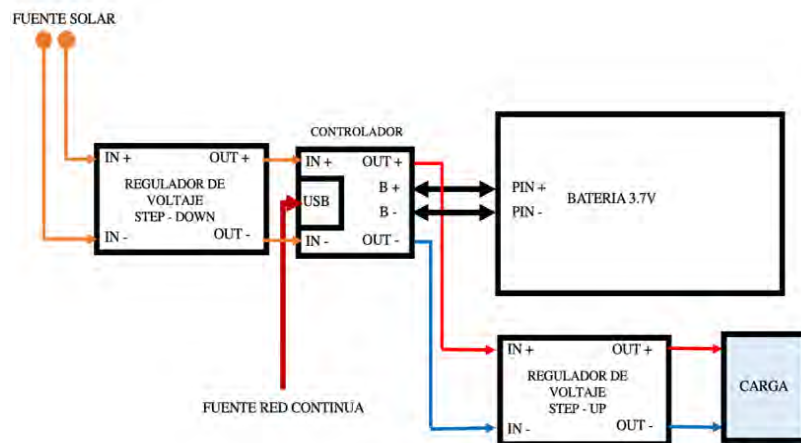


Figura 14. Esquema de conexiones

### Diagrama de Flujo del Diseño Propuesto

Se describe, en la figura 15, el flujo de los procesos que seguirá la parte de potencia que se ha diseñado.

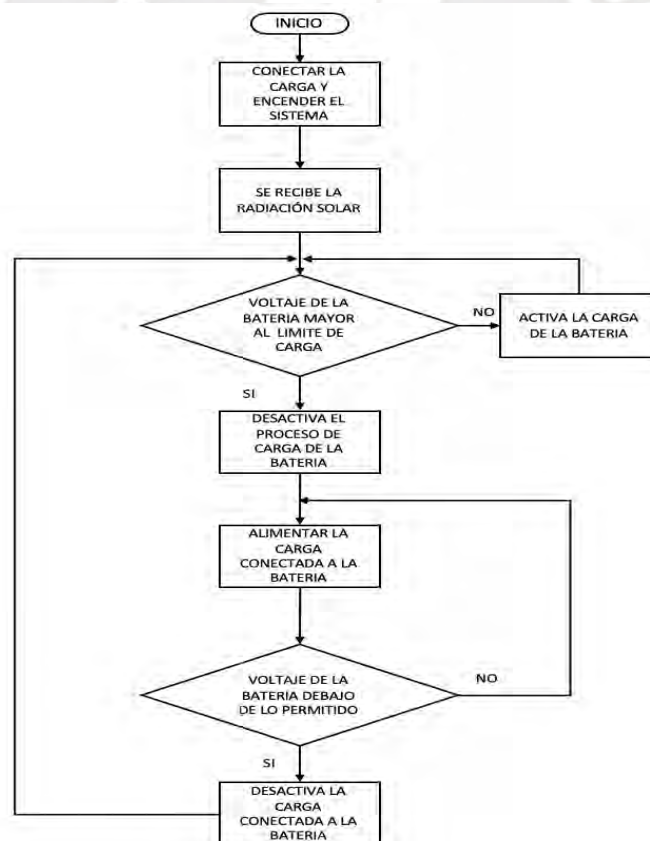


Figura 15. Diagrama de flujo

### 3.3 Construcción de los Equipos Diseñados

A continuación, se presentarán la construcción de las tres partes que conforman esta tesis, cada uno con sus correspondientes pasos de construcción en el orden en el que se realizaron:

#### 3.3.1 Construcción del Dispositivo que Contiene a los Sensores

##### Paso 1: Configuración del Módulo Xbee Modo End Device

El módulo de Xbee S2C será configurado en modo EndDevice, ya que, el diseño permitirá tener múltiples dispositivos a disposición, generando de esa forma, una red de sensores. Así mismo, se podría configurar en modo router y darle la funcionalidad de que siga gestionando más módulos Xbee como se muestra a continuación en la figura 16.

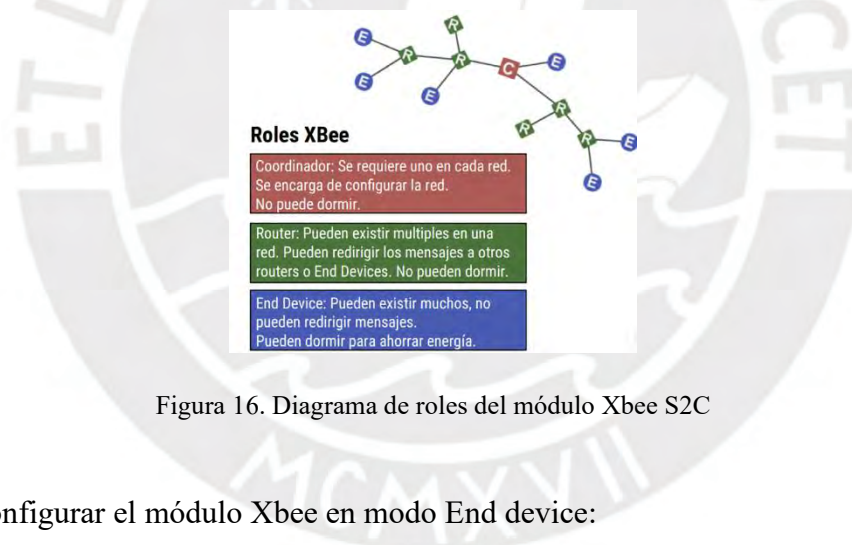


Figura 16. Diagrama de roles del módulo Xbee S2C

Pasos para configurar el módulo Xbee en modo End device:

- Abrir el programa XCTU y conectar el módulo Xbee a la computadora [29].
- Descubrir el dispositivo conectado.
- Ingresar los siguientes parámetros:
- ID PAN ID: **2201**
- JV CHANNEL VERIFICATION: **ENABLE [1]**
- CE COORDINATOR ENABLE: **DISABLE [0]**

- Guardar los cambios.

## Paso 2: Programa del Microcontrolador

El entorno de programación usado para poder programar el microcontrolador ATmega 328P se basa en el entorno de programación del Arduino [30]. El microcontrolador primero debe leer correctamente el dato de cada uno de los sensores, para ello, se definen las librerías necesarias para usar cada sensor según lo indica cada uno de los fabricantes como se ve en la figura 17.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP085_U.h> // Librería del sensor de presión bmp085( altitud)
#include <Adafruit_MLX90614.h> // Librería del sensor temperatura por infrarrojo
#include "DHT.h" // Librería del sensor de humedad y temperatura DHTX
#define DHTPIN 2 // D2
#define DHTTYPE DHT11 // se declara que se usará el sensor DHT11
#define light A1 // Se define el pin de lectura del sensor de intensidad luminosa
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

Adafruit_BMP085_Unified bmp = Adafruit_BMP085_Unified(10085);
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
```

Figura 17. Las librerías Adafruit sensor[24], adafruit bmp085[25], adafruit mlx90614[26], Wire[27] y Dht [28 ]fueron descargadas de la página de gitHube[29].

Se inicializa la velocidad a la que trabajaran los dos puertos seriales, ver figura 18; adicionalmente, se agrega una secuencia de inicio del diodo led conectado al pin digital 4 que cumple la función de mostrar que el dispositivo inicia correctamente.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Se inicia el puerto serie a 9600 baudios por donde se enviará los datos al modulo Xbee S2C
  bmp.begin(); // Inicializa el sensor de presión - conexión I2C
  mlx.begin(); // Inicializa el sensor de temperatura por infrarrojo - conexión I2C
}
```

Figura 18. La velocidad de transmisión es 9600bps.

El dispositivo leerá los datos de cada uno de los sensores, y haciendo uso de la función Serial.print() se enviarán los datos en la sintaxis que se ha establecido para una mejor recepción como se ve en la figura 19.

<pre>void loop() {   int h = dht.readHumidity(); //Se lee la humedad   int t = dht.readTemperature(); // Se lee la temperatura   int ht = 100-(analogRead(A0)/10.23); //Se lee la humedad TIERRA   sensors_event t event;   bmp.getEvent(&amp;event);</pre>	<pre>Serial.print(NT); Serial.print(","); Serial.print(h); Serial.print(","); Serial.print(t); Serial.print(",");</pre>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<pre>float temperature; bmp.getTemperature(&amp;temperature); float seaLevelPressure = SENSORS_PRESSURE_SEALEVELHPA; float p = event.pressure ; int Lvalue = analogRead(light);           // Se lee la intensidad luminosa con valores de                                            // 0 a 1023 bits int mVolt = map(Lvalue,0, 1023, 0, 5000); // Usando la función map() se asigna una                                            // escala de 0-5000 mVolt int lux = mVolt/5;                        // Se asigna el valor en lux int tl = mlx.readObjectTempC(); int Alt = bmp.pressureToAltitude(seaLevelPressure,event.pressure); int NT= 1001                             //código del dispositivo</pre>	<pre>Serial.print(p); Serial.print(","); Serial.print(ht); Serial.print(","); Serial.print(tl); Serial.print(","); Serial.print(Alt); Serial.print(","); Serial.print(lux); Serial.println(","); delay(1000); // Las tramas serán enviadas cada segundo }</pre>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 19. La transmisión de datos se realiza en una sintaxis definida, la cual se envía por serial.

Los datos enviados siempre estarán separados por una [,] y finalizarán con un [salto de línea] como se muestra en la figura 20; además, se puede revisar el código completo en el anexo B.

<pre>Numero de dispositivo,Datos del sensor 1,Datos del sensor 2,Datos del sensor 3,Datos del sensor 4,Datos del sensor 5 Numero de dispositivo,Datos del sensor 1,Datos del sensor 2,Datos del sensor 3,Datos del sensor 4,Datos del sensor 5 Numero de dispositivo,Datos del sensor 1,Datos del sensor 2,Datos del sensor 3,Datos del sensor 4,Datos del sensor 5</pre>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 20. Ejemplo de la sintaxis que se enviará hacia el módulo coordinador.

### Paso 3: Diseño del Esquema del Circuito

El diseño se realiza con ayuda del programa Eagle Autodesk como se muestra en la figura 21 y 22, luego se genera un archivo con el formato *schematic*(.sch). Como parte del diseño, el microcontrolador no se conecta directamente a los sensores, sino a un conjunto de pines que tiene asignado cada pin de cada sensor.

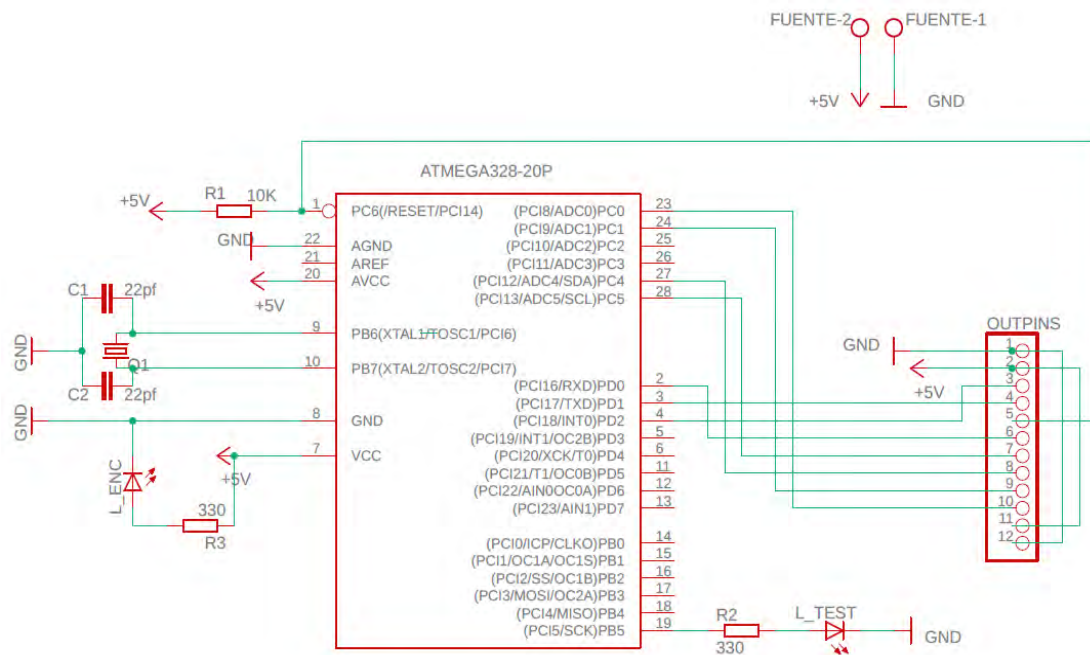


Figura 21. Diagrama de conexiones del archivo de esquemático, se observan las conexiones del microcontrolador y la salida a los pines que se conectarán a la otra tarjeta.

En la otra tarjeta diseñada, se encuentran los sensores y el módulo de comunicación Xbee S2C como se puede observar en la figura 22. El propósito de realizarlo de esa forma es poder separar la parte del microcontrolador ATmega 328P de la parte en donde irán conectados los pines de los sensores y el Xbee S2C.

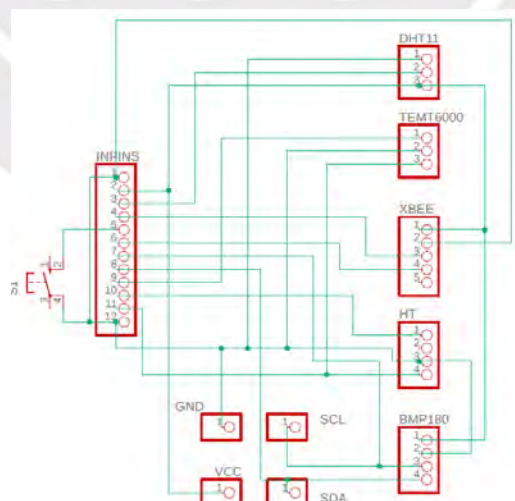


Figura 22. Diagrama de conexiones del esquemático de los pines que serán conectados a los sensores y al módulo de Xbee S2C.

#### Paso 4: Diseño del Circuito Impreso

El entorno de desarrollo de Eagle Autodesk permite diseñar las rutas del circuito trabajado en el esquemático, este diseño tendrá el formato board(.brd). Posteriormente se traslada a un circuito impreso.

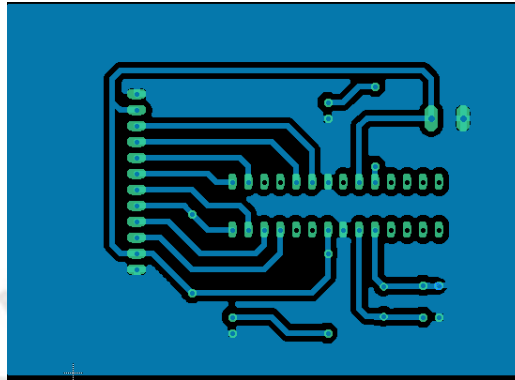


Figura 23. Imagen de las pistas y los pads del circuito que contiene el microcontrolador.

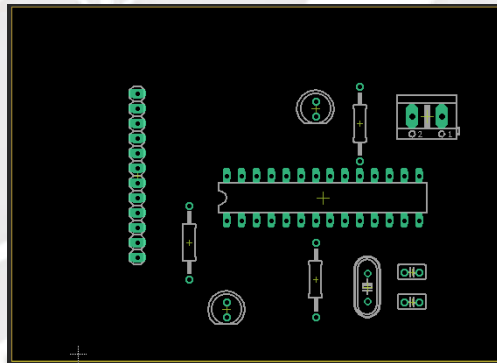


Figura 24. Imagen de las ubicaciones de cada uno de los componentes eléctricos del circuito que contiene el microcontrolador.

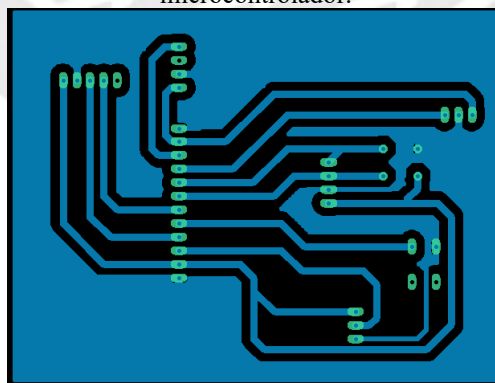


Figura 25. Imagen de las pistas y los pads del circuito que contiene los pines a los que se conectarán los sensores.



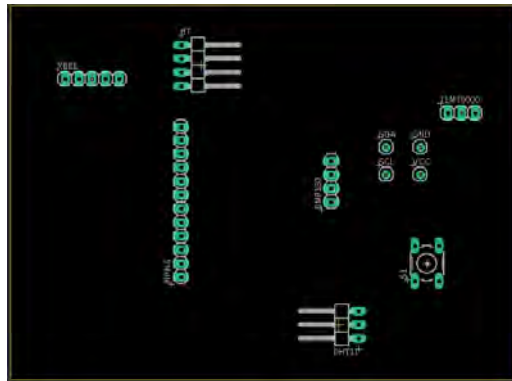


Figura 26. Imagen de las ubicaciones de cada uno de los componentes eléctricos del circuito que contiene los pines a los que se conectarán los sensores.

### Paso 5: Construcción del Circuito Impreso y Soldadura de los Componentes

Para la construcción del circuito impreso se trasladó el diseño realizado de las conexiones hacia una placa de fibra de vidrio, se colocaron los componentes y se procedió a soldar, el circuito impreso con los componentes soldados se observa en las figuras 27 y 28.

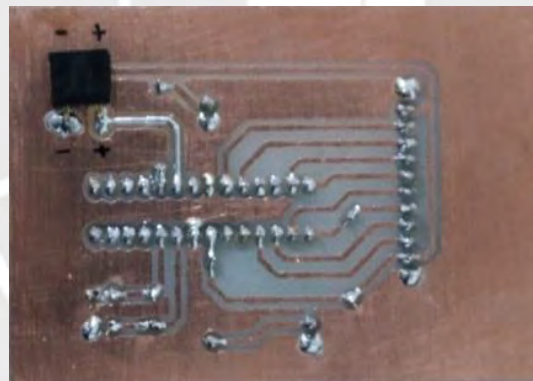


Figura 27. Imagen de las pistas ya soldadas con los pines de los componentes del circuito que contiene al microcontrolador.

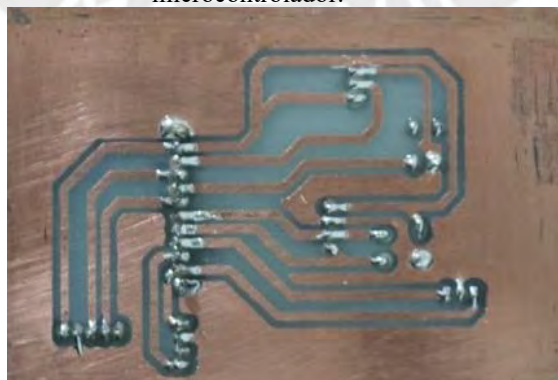


Figura 28. Imagen de las pistas ya soldadas con los pines de los componentes del circuito que contiene los pines a los que se conectarán los sensores.

Luego de tener los circuitos con los componentes colocados, se procedió a colocarlos dentro del chasis provisional al que está sujeto



Figura 29. Imagen de los dos circuitos conectados.



Figura 30. Imagen del equipo experimental que se construyó.

### 3.3.2 Construcción del Dispositivo Coordinador

#### Paso 1: Configuración del Módulo Xbee S2C en Modo Coordinador

De acuerdo con el fabricante Digi International, los módulos XBee están definidas como los dispositivos que responden a ser soluciones que brindan medios de comunicación inalámbricas entre dispositivos que los utilizan. Además, tienen como característica que están desarrollados bajo el protocolo de red IEEE 802.15.4, con lo cual logran crear redes Fast Point-To-Multipoint (punto a multipunto) y también redes Peer-To-Peer (punto a punto) [31].

Pasos en la configurar el módulo Xbee S2C en modo coordinador:

- Abrir el programa XCTU y conectar el módulo Xbee S2C a la computadora.
- Buscar el dispositivo Xbee S2C conectado [32].

- Una vez descubierto el dispositivo, ingresar los siguientes parámetros en el cuadro de parámetros de control:
  - ID PAN ID: **2201**
  - JV CHANNEL VERIFICATION: **DISABLE [0]**
  - CE COORDINATOR ENABLE: **ENABLE [1]**
  - Guardar los cambios.

### **Paso 2: Configuración del Módulo Bluetooth modelo HC-05**

El módulo Bluetooth modelo HC-05, tiene las siguientes configuraciones por defecto de fabrica:

- *Modo de funcionamiento: modo esclavo*
- *Nombre asignado por defecto de fábrica al dispositivo: HC-05*
- *Código de emparejamiento por defecto: 1234*
- *Velocidad de transferencia de datos: 9600*

### **Paso 3: Programa del Microcontrolador**

El microcontrolador seleccionado solo tiene un puerto serial definido; sin embargo, para esta aplicación se va a necesitar que el microcontrolador se pueda comunicar con dos dispositivos, por lo cual, se debe lograr obtener dos puertos seriales habilitados. Por ello se usará la librería *SoftwareSerial.h* del entorno de programación Arduino [33] como se ve en la figura 31.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial Serial_2 (2, 3); // Crea nueva conexión del nuevo puerto serial Pin2(RX) a TX y Pin3(TX) a RX
```

Figura 31. La librería *SoftwareSerial.h* permite generar un nuevo puerto serial, este es asignado a los pines digitales 2 y 3.

Debido a que no recibirá datos independientes, sino una trama de datos, el microcontrolador debe separar correctamente cada trama recibida de la siguiente forma:

- Numero de dispositivo

- Datos del sensor 1 pertenecientes al dispositivo correspondiente
- Datos del sensor 2 pertenecientes al dispositivo correspondiente
- Datos del sensor 3 pertenecientes al dispositivo correspondiente
- Datos del sensor 4 pertenecientes al dispositivo correspondiente
- Datos del sensor 5 pertenecientes al dispositivo correspondiente

Para poder separar correctamente los datos, se hace uso de la librería Separador.h como se ve en la figura 32. Esta librería tiene la función de extraer el dato correspondiente al número de la posición que se le asigne, estos datos están separados dentro de la trama mediante el carácter: [ , ]

```
#include <Separador.h> // librería para separar los datos dentro de una trama de datos
```

Figura 32. La librería Separador.h permite usar la función que separa datos de una trama de datos cada vez que detecta una coma.

Se inicializa la velocidad a la que trabajaran los dos puertos seriales; adicionalmente, se agrega una secuencia de inicio del diodo led conectado al pin digital 4 que cumple la función de mostrar que el dispositivo inicia correctamente.

```
void setup()
{
  Serial_2.begin(9600); // Iniciamos el puerto nuevo Serial_2 a 9600 Baudios
  Serial.begin(9600); // Iniciamos el puerto nuevo Serial a 9600 Baudios
  pinMode(4,OUTPUT); // Configura Pin digital 4 como Salida
}
```

Figura 33. Se inicializa la velocidad del puerto serial1 y el puerto serial 2 (creado) , además, se genera una secuencia en el puerto digital 4 que está conectado a un Led para visualizar el encendido.

En la parte de la función void loop() se ejecuta la función serialEvent(). Solo se ejecutará cuando el puerto serial que está conectado al módulo Xbee S2C esté disponible, ya que, intentará obtener los datos de la trama que reciba.

```
void loop() {  
  if (Serial.available())  
  {  
    serialEvent();  
  }  
}
```

Figura 34. Se llama a la función `serialEvent()` cuando el puerto serial 1, por donde se reciben los datos del Xbee S2C, está disponible.

La función `serialEvent()` es la encargada de separar los datos y enviarlos hacia el módulo Bluetooth con su nueva sintaxis correspondiente para que sea posteriormente disgregada por la lógica de programación de la aplicación del teléfono móvil que se creará; además, se puede revisar el código completo en el anexo B.



```

void serialEvent()
{
String datosrecibidos = Serial.readString();
String elemento1 = s.separa(datosrecibidos, ',',0);// Numero del dispositivo
String elemento2 = s.separa(datosrecibidos, ',',1); // Datos del sensor 1 pertenecientes al dispositivo correspondiente
String elemento3 = s.separa(datosrecibidos, ',',2); // Datos del sensor 1 pertenecientes al dispositivo correspondiente
String elemento4 = s.separa(datosrecibidos, ',',3); // Datos del sensor 2 pertenecientes al dispositivo correspondiente
String elemento5 = s.separa(datosrecibidos, ',',4); // Datos del sensor 3 pertenecientes al dispositivo correspondiente
String elemento6 = s.separa(datosrecibidos, ',',5); // Datos del sensor 2 pertenecientes al dispositivo correspondiente
String elemento7 = s.separa(datosrecibidos, ',',6); // Datos del sensor 4 pertenecientes al dispositivo correspondiente
String elemento7 = s.separa(datosrecibidos, ',',7); // Datos del sensor 5 pertenecientes al dispositivo correspondiente

if (Serial_2.available()) { // Solo envía los datos hacia el modulo Bluetooth si su puerto serial 2 está disponible
int inByte = Serial_2.read();
Serial_2.println((char)inByte);
switch ((char)inByte)
{
case 'r':
Serial_2.println("<r>"); // Indica el inicio de la trama
Serial_2.print("<nt>");
Serial_2.print(elemento0); // Indica la correspondencia de los datos de los sensores con su dispositivo
Serial_2.println("<nt>");
Serial_2.print("<h>");
Serial_2.print(elemento1);
Serial_2.println("<h>");
Serial_2.print("<t>");
Serial_2.print(elemento2);
Serial_2.println("<t>");
Serial_2.print("<p>");
Serial_2.print(elemento3);
Serial_2.println("<p>");
Serial_2.print("<ht>");
Serial_2.print(elemento4);
Serial_2.println("<ht>");
Serial_2.print("<tI>");
Serial_2.print(elemento5);
Serial_2.println("<tI>");
Serial_2.print("<al>");
Serial_2.print(elemento6);
Serial_2.println("<al>");
Serial_2.print("<lx>");
Serial_2.print(elemento7);
Serial_2.println("</lx>");
Serial_2.println("</r>"); // Indica el final de la trama
break;
}
}
}
}

```

*Figura 35.* Se separan los datos de la trama recibida para reenviarlos por el puerto serial 2 (HC-05 ) mediante una sintaxis definida que decodificará la aplicación del teléfono móvil.

#### **Paso 4: Diseño del Esquema del Circuito**

El microcontrolador se conecta a los pines del Xbee S2C y al módulo Bluetooth hc 05 de forma indirecta, es decir, esos módulos no son soldados a la tarjeta, sino que estarán conectados a los pin-heads que ahí se sueldan, de esa forma se asegura un rápido cambio de módulos si así se requiera sin la necesidad de quitar la soldadura de la tarjeta.



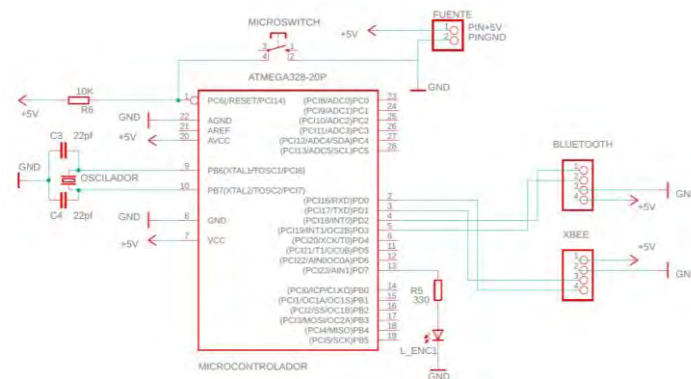


Figura 36. Diagrama de conexiones en un archivo de esquema

### Paso 5: Diseño Circuito Impreso

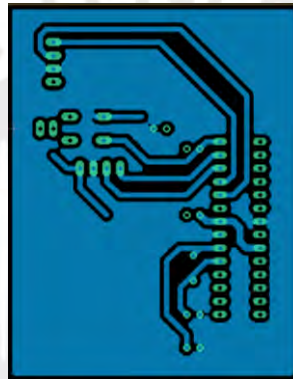


Figura 37. Imagen de las pistas y los pads del circuito que será parte del dispositivo coordinador.

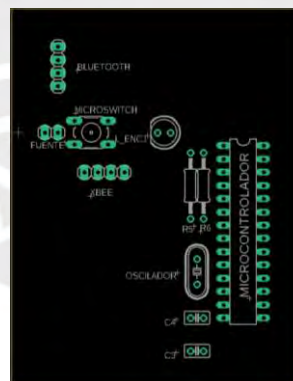


Figura 38. Imagen de las ubicaciones de cada uno de los componentes eléctricos.

### Paso 6: Construcción del Circuito Impreso y Soldadura de los Componentes

Para la construcción del circuito impreso se trasladó el diseño realizado de las conexiones hacia una placa de fibra de vidrio, se colocaron los componentes y se procedió a soldar, el circuito impreso con los componentes soldados se podrá observar en la figura 39.

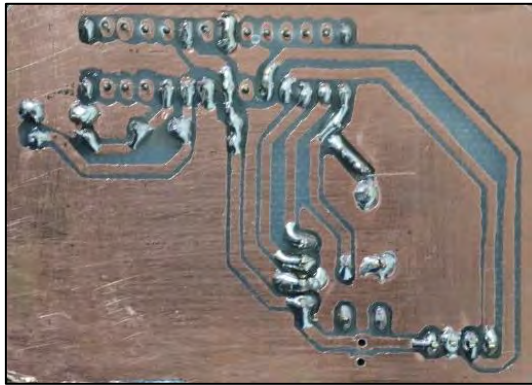


Figura 39. Imagen de las pistas ya soldadas con los pines de los componentes.

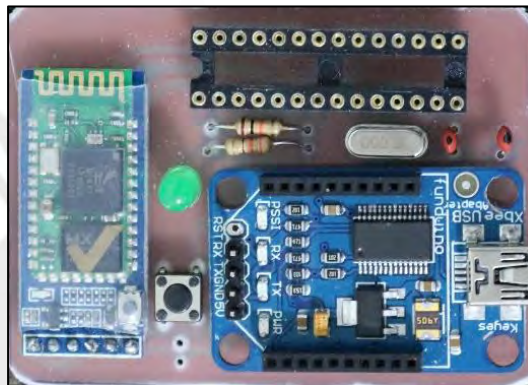


Figura 40. Imagen de los componentes sujetos por soldadura al circuito impreso.



Figura 41. Imagen del equipo experimental que se construyó

### 3.3.3 Construcción de la Aplicación Para el Equipo Móvil

El entorno de desarrollo utilizado para la aplicación en el software en línea del MIT App Inventor 2, este entorno de desarrollo tiene un paquete de librerías y herramientas que permiten crear aplicaciones para teléfonos móviles que tienen el sistema operativo de Android.

La aplicación móvil diseñada y desarrollada para el registro de la información de los campos de cultivo se llamará “DataCampo”. Además, con la finalidad de ser rápido de identificar, tiene asignado el diseño de un dibujo en la imagen que se muestra en el botón de inicio del aplicativo móvil. Esto permitirá poder reconocer a esta aplicación ya sea desde una tableta, desde un teléfono móvil o desde un software de simulación con un sistema operativo basado en Android [34].

Además, para el mejor desempeño del aplicativo móvil será necesario poder gestionar los siguientes permisos en el equipo móvil: Permiso de ubicación, permiso para poder usar la cámara, permiso para leer imágenes guardadas en la memoria interna del dispositivo, permiso de conexión a internet y finalmente el permiso para poder comunicar el equipo mediante el módulo de Bluetooth.

### **Parte 1: Construcción de la Interfaz Gráfica de Usuario**

Los pasos para la construcción del aplicativo móvil comienzan por diseñar y cuadrar correctamente los segmentos gráficos necesarios (cuadros de texto, tamaños, colores, tipos de datos de entrada, tipos de letra, etc.). Una vez terminada esta primera parte, se procede a realizar la organización de los códigos de bloques que le darán soporte lógico, estos bloques y entorno de desarrollo están basado en el MIT App Inventor.

#### **Screen 1**

Se construye la imagen con la que se presenta la aplicación, esta imagen usa principalmente el color verde, ya que, es el color que trasladará al usuario al trabajo de registro de cultivos como se ve en la figura 42.

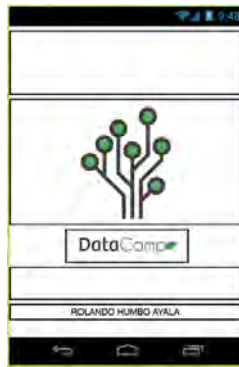


Figura 42. Imagen del logo que es construcción propia.

## Screen 2

Se coloca una imagen que muestra el resumen de los pasos que permite realizar la aplicación, así como también un campo de texto para que se ingrese el nombre del recorrido que se realizará como se ve en la figura 43. Se agrega al final de la pantalla un botón que tiene la función de continuar a la siguiente pantalla.



Figura 43. La imagen de fondo muestra las 3 utilidades básicas de la aplicación.

## Screen 3

Se colocan las indicaciones que deberá seguir el usuario, para que sea una aplicación más intuitiva; además, gracias a la herramienta de texto llamado textbox, el usuario tendrá la posibilidad de colocar el nombre al punto que se registrará, luego, se coloca un botón para guardar la ubicación y 3 etiquetas separadas por una ',' las cuales mostrarán la ubicación guardada al momento de presionar el botón de GPS.

Finalmente, se inserta un mapa para que se pueda ir visualizando el recorrido del usuario en tiempo real como se ve en la figura 44.

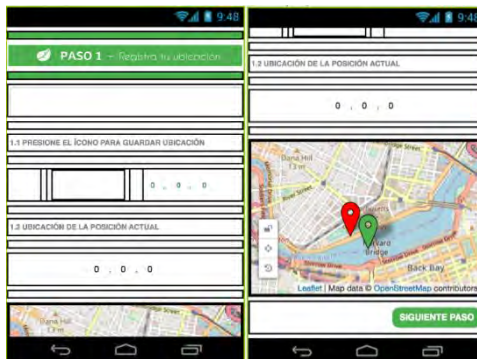


Figura 44. Imagen capturada del desarrollador del MIT App Inventor.

#### Screen 4

Se coloca en la parte superior una etiqueta que indica el segundo paso a realizar por el usuario, luego se colocan las etiquetas correspondientes a los sensores para que estos puedan ser visualizados en tiempo real. Luego, se coloca una etiqueta que indica el tercer paso, el cual se basa en la posibilidad que tiene el usuario para poder ingresar datos de reconocimiento visual y datos que puedan ser brindados por un agricultor local sobre el cultivo evaluado como se ve en la figura 45.



Figura 45. Imagen capturada del desarrollador del MIT App Inventor.

Nota: Se agrega al final de la pantalla un botón que tiene la función de continuar a la siguiente pantalla.

#### Screen 5

Se agrega un botón para poder acceder a la cámara de fotos y capturar imágenes del lugar que se está evaluando. Se agrega un botón que tiene la función de pasar a la pantalla de



la galería de fotos registrados y se agrega un botón que tiene por nombre MicaSense, ya que, esta contiene la dirección de la cámara multiespectral.



*Figura 46.* El dispositivo posee la capacidad de almacenar hasta 100 posiciones para cerrar un recorrido.

Se agrega el botón de nombre CONTINUAR, se programa para que permita generar un trazo que concatena varios puntos evaluados; se agrega un botón de nombre GUARDAR, que genera el archivo KML con los datos registrados hasta el momento y un botón de nombre SALIR que cumple la función de salir de la aplicación.

Adicionalmente, se agrega un mapa con 100 marcadores que indicarán el recorrido que se ha ido registrando hasta el momento, solo cada vez que se pulse el botón de nombre PREVISUALIZAR como se ve en la figura 46.

Teniendo todo debidamente construido y revisado, se realiza la prueba en el simulador del sistema y se procederá a construir la parte de la lógica de la aplicación mediante los bloques de programación. Para mayor referencia revisar el anexo B: Código completo del programa y Diagrama de bloques MIT APP inventor

## **Parte 2: Construcción de los Bloques de Programación**

En el anexo B se encuentra el programa completo y se podrá revisar mayor detalle de lo que se describirá a continuación:

### **Screen 1**



Para que exista una identidad de marca con el aplicativo desarrollado, se hace uso de la herramienta Clock 1 para generar una espera de 5 segundos antes de ir a la siguiente pantalla y así se pueda visualizar el logo, se muestran los bloques en la figura 47.

Así mismo, se inicializan banderas que se usarán posteriormente en las demás pantallas.

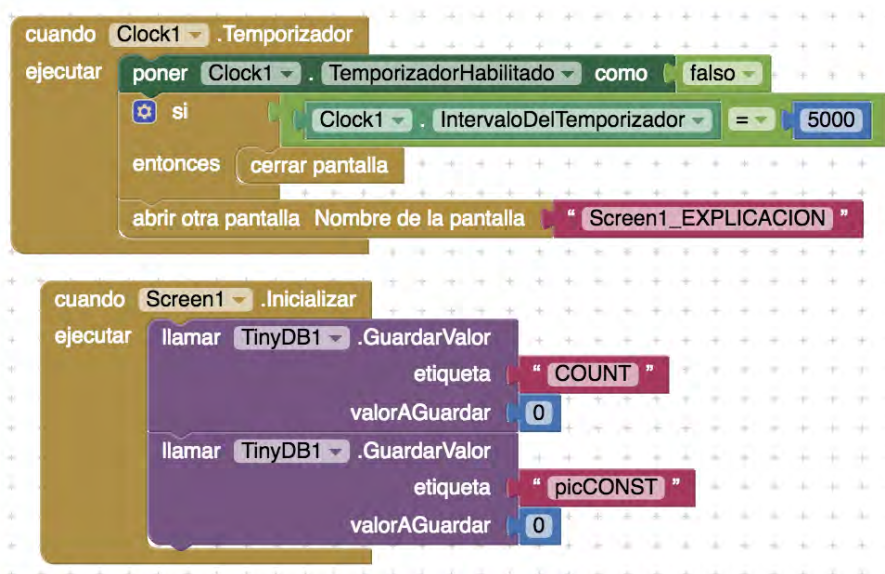


Figura 47. Bloques de funcionamiento del screen 1.

## Screen 2

Se almacena el nombre del recorrido ingresado por el usuario en el cuadro de texto(textBox) con ayuda de la herramienta TinyDB1 como se ve en la figura 48, posteriormente se configura el botón de COMENZAR para ir a la siguiente pantalla.

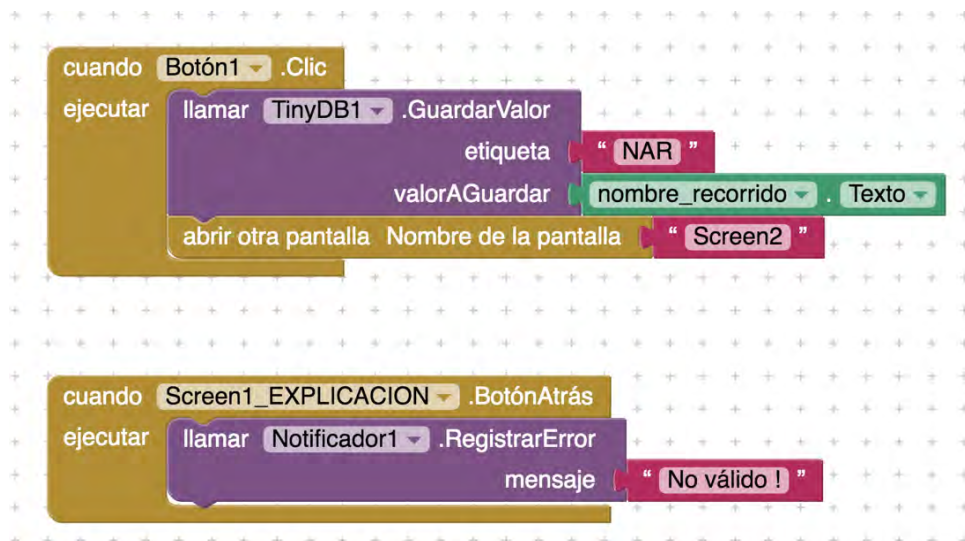


Figura 48. Bloque que permite guardar el nombre del recorrido.

### Screen 3

Primero se configura el módulo GPS del teléfono celular para que pueda ir actualizándose y al mismo tiempo vaya actualizando los marcadores en el mapa como se ve en la figura 49.

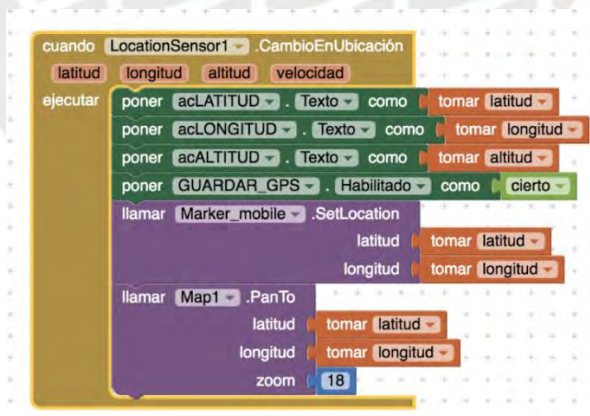


Figura 49. Bloques de obtención de datos del GPS.

Luego, se configura el botón de GUARDAR\_GPS para que guarde los datos del GPS con ayuda de la herramienta TinyDB1, como se ve en la figura 50. Finalmente se configura el

botón CONTINUAR para que se almacene los datos de GPS con una etiqueta particular y pase a la siguiente pantalla, ver la figura 51.

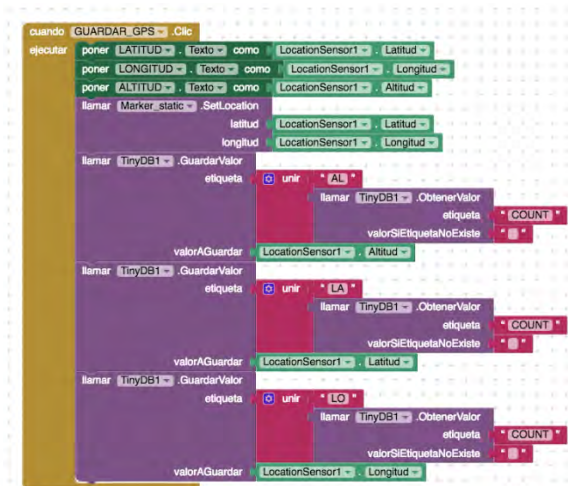


Figura 50. Bloque para guardar los valores de GPS.

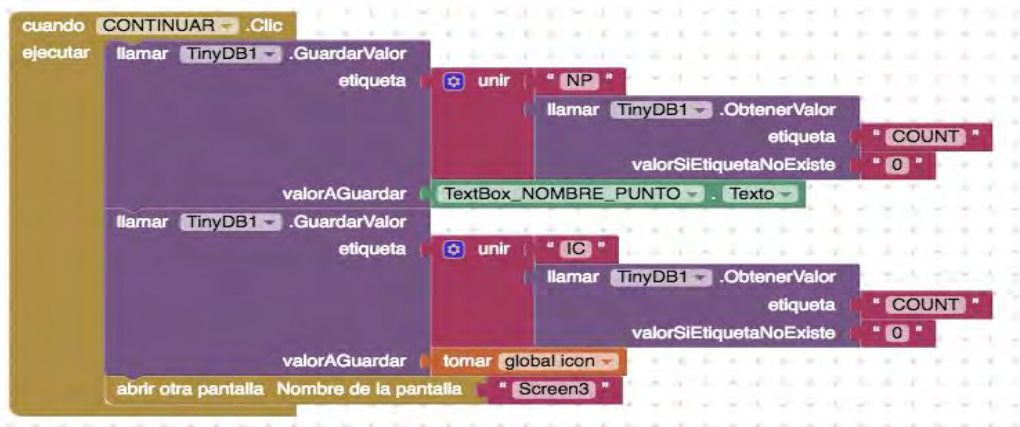


Figura 51. Bloques para continuar con el recorrido generando un nuevo punto de evaluación.

## Screen 4

En primer lugar, se configura el acceso al módulo Bluetooth como en la figura 52, para que pueda conectarse automáticamente al inicializarse la pantalla y cuando recibe datos, los separe cada vez que reciba una “,”.



Figura 52. Bloques para comprobar la disponibilidad del módulo bluetooth



En segundo lugar, como se observa en la figura 53, se configuran los selectores de lista para que el usuario visualice las opciones que requiere para su evaluación.



Figura 53. Bloques que permiten generar una lista de opciones y mostrar el elemento seleccionado en la pantalla.

Finalmente, se configura el botón CONTINUAR, como se ve en los bloques mostrados en la figura 54, para que se almacenen los datos escogidos de los selectores de lista, los valores que se obtuvieron de los sensores y la ubicación del punto evaluado, todo ello antes de volver a evaluar un nuevo punto geográfico.

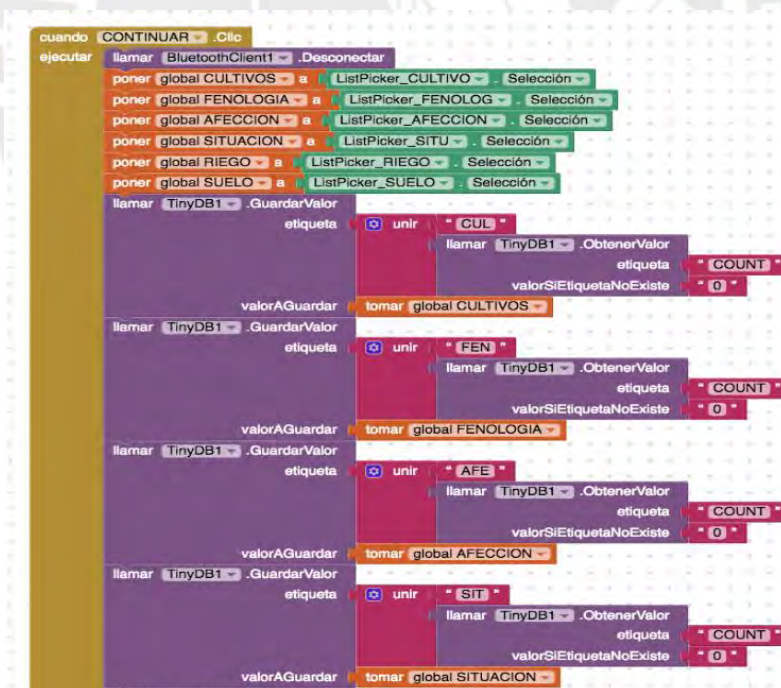


Figura 54. Bloques que muestran la forma en la que se almacenan los datos del punto actual antes de generar un nuevo punto que será parte del recorrido.

## Screen 5

Lo más importante en esta parte es la manera en la que se genera el archivo de formato KML. Con ayuda de la herramienta UNIR del panel de texto, se va concatenando cada dato dentro de lo que le corresponde a un archivo KML. Se hace uso de la herramienta TinyDB1 para llamar a los datos almacenados hasta el momento y se van concatenando con cuadros de texto que contienen las líneas de programación de HTML como se ve en la figura 55.

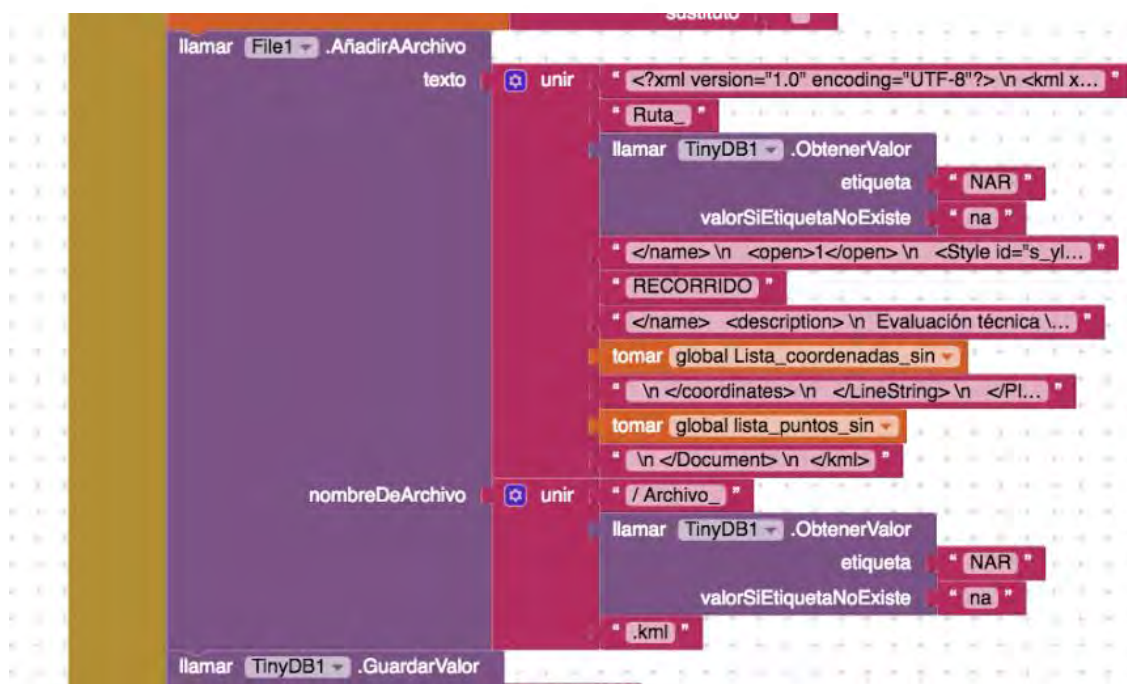


Figura 55. Bloques que hacen uso de la herramienta UNIR para guardar los datos en la sintaxis que formaran el archivo KML.

Finalmente, cuando los bloques de funciones, que dan el soporte lógico a la parte gráfica de la aplicación móvil, son terminados. Se realizan las pruebas de funcionamiento en el simulador de teléfono móvil. Una vez ajustado los parámetros faltantes observados en la simulación, se procede a generar el archivo, en formato APK, que permite instalar la aplicación en el teléfono móvil con sistema operativo Android.

## CAPÍTULO 4

### Comprobación del Funcionamiento del Equipo Implementado y Resultados

En el presente capítulo, se describirá como usar el sistema mientras se van colocando los pasos realizados para las pruebas de campo que se realizaron en unos terrenos que contienen plantaciones de mandarina tecnificada localizada en la provincia de Huaral, Departamento de Lima.

La explicación está centrada en cuatro puntos: Instalación de la aplicación en el teléfono móvil, ubicación del equipo en el lugar que se desea evaluar y el levantamiento de los datos del campo estudiado. Además, se mostrarán fotos de los resultados que se obtuvieron, el código en formato XML que se generó y su visualización en *Google Earth* como parte del resultado.

#### 4.1 Instalación de la Aplicación en el Teléfono Móvil

Requisitos del equipo de telefonía móvil:

- Equipo móvil inteligente con sistema de GPS y módulo Bluetooth.
- Sistema operativo de Android.

A continuación, se detallan los pasos necesarios de instalación de la aplicación en el equipo móvil de su preferencia:

1. Ingresar a la aplicación que le permita gestionar los archivos dentro del equipo móvil.
2. Localizar el archivo de la aplicación que tiene la extensión: .apk.
3. Pulsar sobre el archivo, se abrirá una ventana de instalación, para lo cual previamente se tuvo que haber brindado los permisos para instalar aplicaciones desde cualquier proveedor.
4. En la pantalla de instalación, presione el botón de instalar.
5. En la siguiente pestaña presione el botón de aceptar los términos de instalación.



6. Si los permisos ya fueron brindados, el sistema instalará correctamente la aplicación móvil.

#### 4.2 Ubicación del Equipo en el Lugar Deseado

El equipo que contiene a los sensores tiene que estar ubicado en el lugar escogido bajo las siguientes recomendaciones:

- El sensor de temperatura por infrarrojo debe estar lo más próximo posible a la hoja o el tallo como se observa en la figura 56.
- Verificar el nivel de carga de las baterías de los equipos.
- El sensor de la humedad a tierra tiene que estar enterrado totalmente cubierto para que se puedan generar valores constantes.
- No colocar el equipo sobre superficies lisas, sino tratar de colocarlo firme, ya que, de ese modo se previene una caída o un golpe perjudicial.



Figura 56. Equipo posicionado debajo de hojas de la planta de mandarina.



*Figura 57.* Equipo posicionado de costado apuntando a verificar la temperatura de las hojas del maíz que está en crecimiento.

### 4.3 Pasos a Seguir Para el Correcto Levantamiento de los Datos del Campo Estudiado

A continuación, se detallan los pasos necesarios para el correcto levantamiento de datos:

1. Una vez que esté encendido el equipo terminal con los sensores, se procede a abrir la aplicación en el equipo móvil.
2. Cuando esté abierta la aplicación en el equipo móvil, aparecerá el logo de la aplicación como se observa en la figura 58.



*Figura 58.* Logotipo de la aplicación creada, aparece al inicio de la aplicación para crear una identidad de producto.

3. En la siguiente pantalla, la aplicación brinda un breve resumen de lo que permite realizar y la oportunidad de colocarle nombre al recorrido que vamos a realizar, en el caso de que no se coloque, automáticamente se asignará un nombre alternativo.

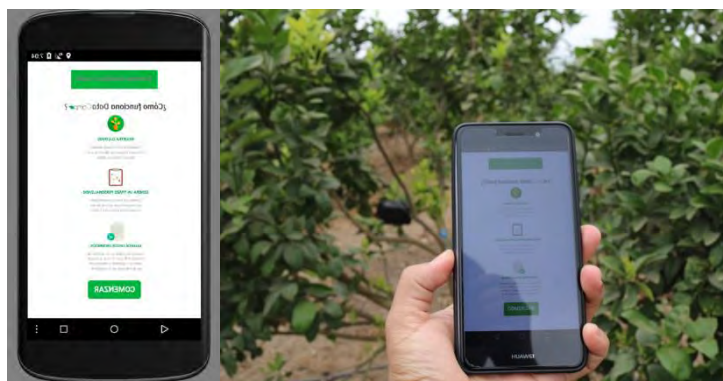


Figura 59. A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo.

4. En la siguiente pantalla, se muestran los pasos que se deben seguir para que sea una experiencia más intuitiva. Se puede colocar opcionalmente el nombre al primer punto de ubicación donde se va a evaluar, al pulsar sobre el icono de ubicación se registrará la ubicación de donde se esté y también se puede visualizar en un mapa en tiempo real la ubicación actual.

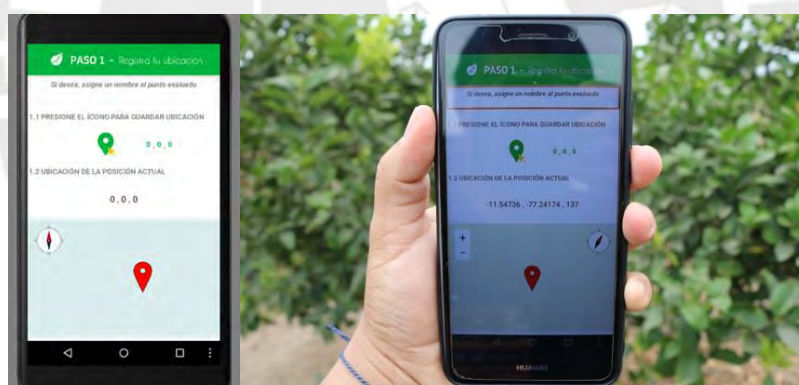


Figura 60. A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo.

5. En la siguiente pantalla, al igual que en la anterior se observa que la aplicación señala los pasos a seguir. En esta pantalla se realiza la conexión al módulo Bluetooth y se reciben los datos desde el equipo que se encuentra instalado al lado de la planta.

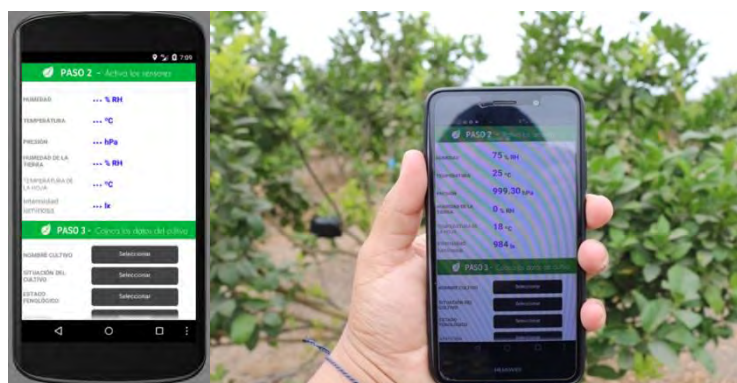


Figura 61. A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo.

Además, en esta pantalla se podrán ingresar los datos que se obtengan por observación, como el estado fenológico, la situación del cultivo, etc.

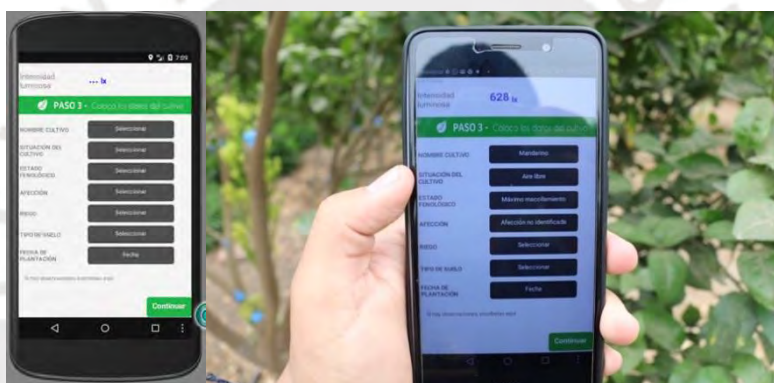


Figura 62. A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo.

6. En esta última pantalla, se puede tomar fotografías desde la cámara del equipo móvil, se puede abrir la pantalla para ver las fotografías de la cámara multiespectral MicaSense; además, se puede escoger agregar un nuevo punto al recorrido evaluado o solo se desea guardar y obtener el archivo generado.





*Figura 63.* A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo.



*Figura 64.* A la izquierda: La imagen del emulador. A la derecha: La imagen del funcionamiento de la aplicación en el campo.

## 4.4 Resultados

### 4.4.1 Levantamiento de Información con la Aplicación Móvil y los Equipos

La prueba que se realizó fue en unos terrenos ubicados en la provincia de Huaral, en la localidad de Pampa el Inca, el terreno (ver la figura 65) donde están las plantas de mandarina tecnificada tiene una extensión de 4 hectáreas.



Figura 65. Imagen frontal del lugar estudiado donde se encuentran las plantas de mandarina tecnificada.

Se realizaron seis puntos de evaluación, de los cuales se presentarán dos y las pruebas totales se encontrarán en el anexo C.

#### Punto de evaluación 1

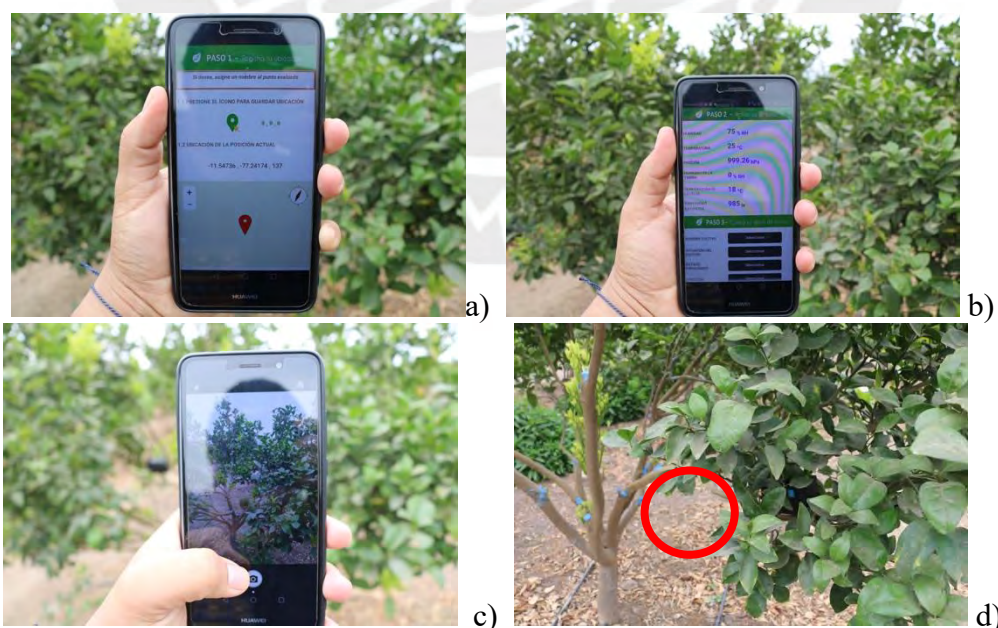


Figura 66. Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación



a. La aplicación muestra la ubicación donde se encuentra el equipo. b. La aplicación muestra la recepción de los valores provenientes de los sensores y las opciones que permiten que pueda llenar lo que observe. c. La aplicación permite tomar fotos que serán referenciadas. d. Foto referencial del lugar donde se captaron los datos.

## Punto de evaluación 2

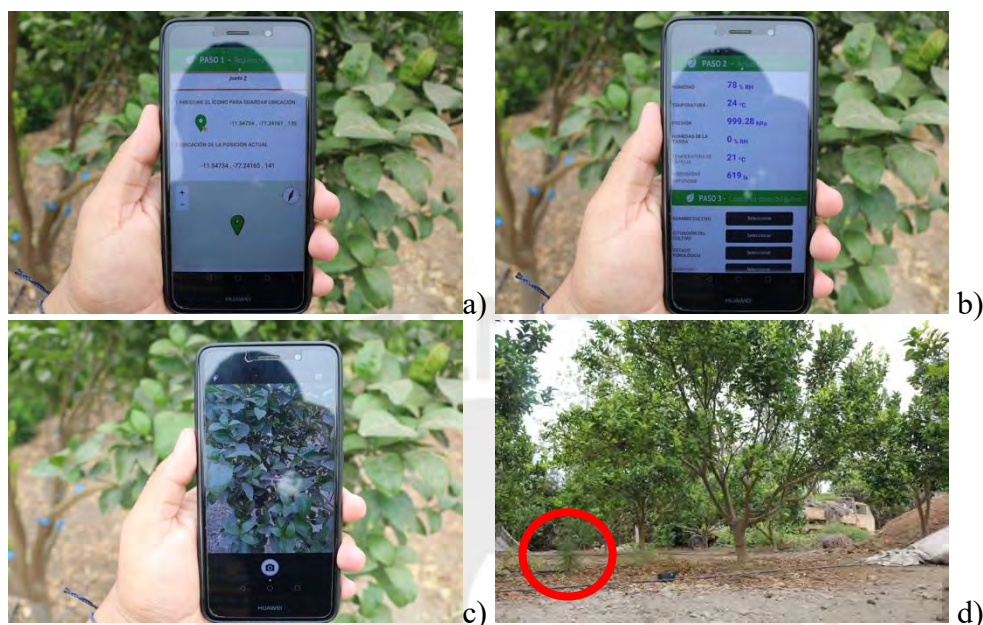


Figura 67. Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación

a. La aplicación muestra la ubicación donde se encuentra el equipo. b. La aplicación muestra la recepción de los valores provenientes de los sensores y las opciones que permiten que pueda llenar lo que observe. c. La aplicación me permite tomar fotos que serán referenciadas al punto evaluado. d. Foto referencial del lugar donde se captaron los datos.

### 4.4.2 Archivo de formato KML Generado en el Recorrido Realizado

El archivo KML que genera la aplicación está basado en el lenguaje XML, en el anexo B se encontrará el archivo KML completo; a continuación, se mostrarán partes del código completo que se generó:

#### Parte de la Sintaxis de un Punto

```
<Placemark>
  <name>Punto 1</name>
  <description>
```

Los datos obtenidos por el técnico son los siguientes:

Nombre del cultivo:

Mandarino

Etapas fenológicas:

Máximo macollamiento

Nombre de la afección:

Afección no identificada

Situación del cultivo:

Aire libre

Tipo de riego aplicado:

Goteo

Tipo de suelo:

Arena

Fecha de la plantación:

22/03/2015

Los datos obtenidos de los sensores son los siguientes:

Humedad:

75 % RH

Temperatura del ambiente:

25 °C

Presión atmosférica:

0.98626 atm

999.26 hPa

Humedad de la tierra:

0 % RH

Temperatura Infrarrojo :

18 °C

Intensidad luminosa :

985 lx </description>

<LookAt>

<longitude>-77.24174</longitude>

<latitude>-11.54736</latitude>

<altitude>137</altitude>

<heading>0.02160623651035862</heading>

<tilt>12.88612327337547</tilt>

<range>132.6453946721579</range> x

<gx:altitudeMode>relativeToSeaFloor</gx:altitudeMode>

</LookAt>

<styleUrl>#m\_ylw-pushpin</styleUrl>

<Point>

<gx:drawOrder>1</gx:drawOrder>

<coordinates>-77.24174,-11.54736,137</coordinates>

</Point>

</Placemark>

## Parte de la Sintaxis de las Líneas del Recorrido

```

<Placemark>
  <name>RECORRIDO</name>
  <description>
    Evaluación técnica
  </description>
  <styleUrl>#m_ylw-pushpin0</styleUrl>
  <LineString>
    <tessellate>1</tessellate>
    <coordinates>
      -77.24174,-11.54736,137    -77.24167,-11.54734,135    -77.24165,-
      11.54731,144
      -77.24157,-11.54732,140    -77.24169,-11.54696,132    -77.24176,-
      11.54678,134
    </coordinates>
  </LineString>
</Placemark>

```

### 4.4.3 Visualización del Archivo KML

El formato KML, como se explicó anteriormente, tiene la capacidad de poder mostrar información de datos geográficos en diversos programas informáticos que se dediquen a desarrollar contenido geográfico. En esta prueba se usará el software de Google Earth Pro para visualizar la información registrada con el sistema.

Abriendo el archivo KML en Google Earth en una computadora portátil, se puede observar el recorrido y los puntos evaluados en la figura 72.



Figura 68. Pantalla del google Earth Pro al abrir el archivo KML



El archivo se puede abrir correctamente en Google Earth, así mismo también puede ser reconocido por el software libre de GPS Visualizer como muestra en la figura 73.

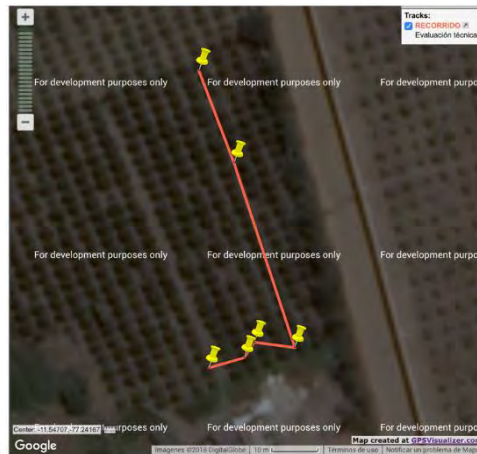
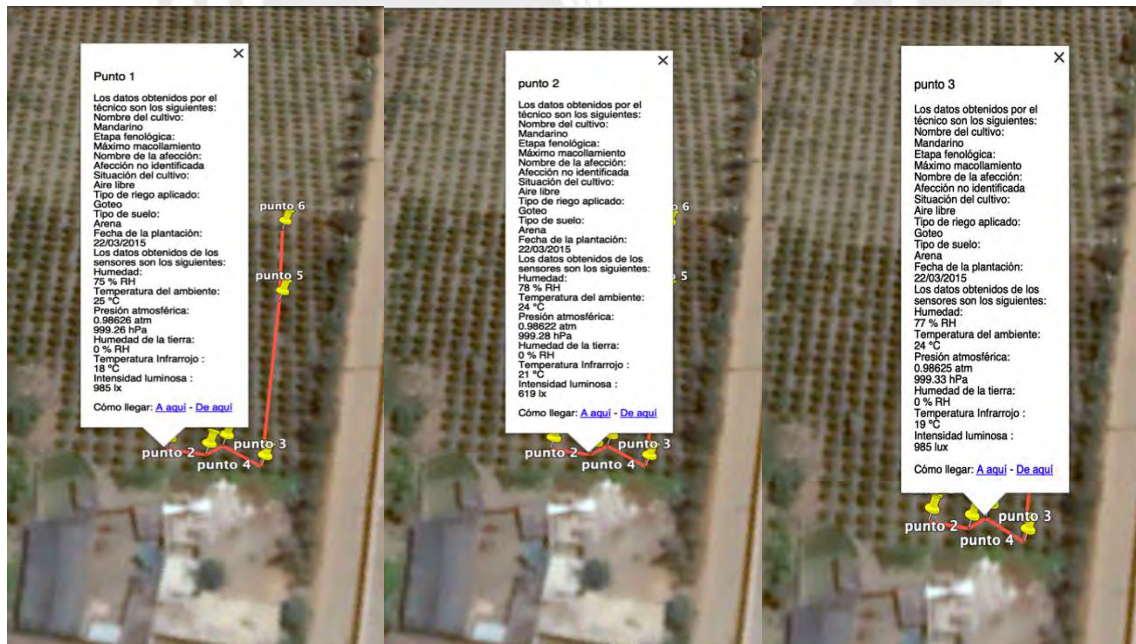


Figura 69. Pantalla del GPS Visualizer al abrir el archivo KML.

En la siguiente figura 70, se muestran los cuadros de texto que se generan con los datos obtenidos al señalar con el puntero cada uno de los 6 puntos, el programa usado es *Google Earth*.



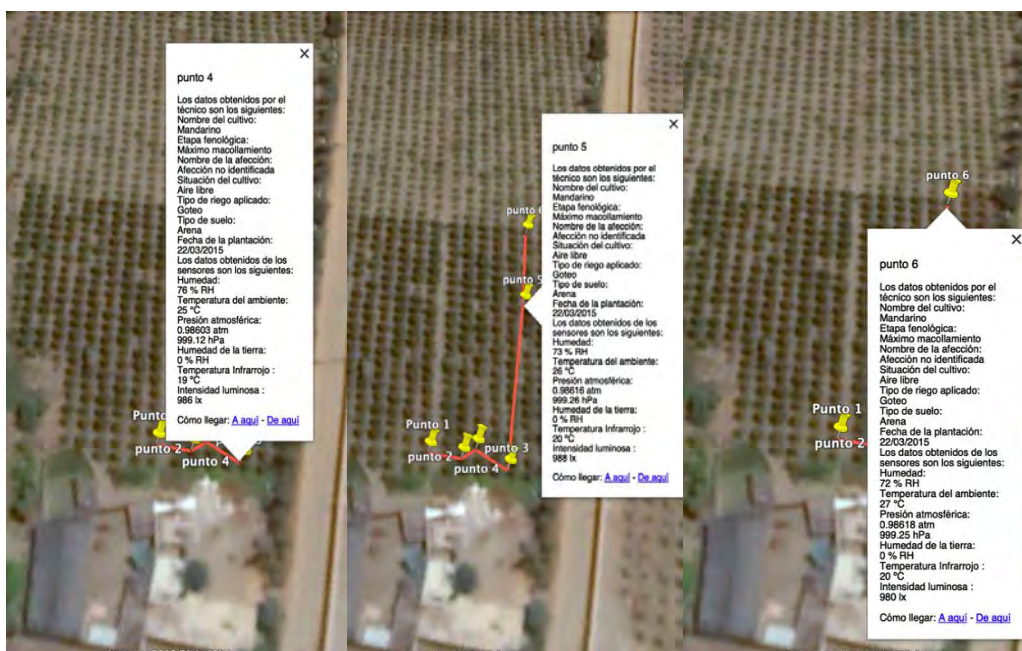


Figura 70. Se muestran los datos en las ventanas emergente, estos datos los que fueron registrados en cada punto.

Cada uno de los puntos mostrados en el programa, están correctamente referenciados con los datos de los sensores que le corresponden, con los datos ingresados directamente por el usuario y la ubicación que en ese instante de tiempo el GPS del equipo móvil detectó.

#### 4.4.4 Presupuesto

El presupuesto que se muestra en la tabla 6 solo indica el precio de los insumos comprados en esta etapa de tesis.

Tabla 6  
Cuadro del costo de cada dispositivo usado

Cantidad	ITEM	Precio Unitario	Precio total
<b>DISPOSITIVOS DE COMUNICACIÓN</b>			
2	Módulo Xbee S2	S/97.00	S/194.00
1	Módulo de comunicación por Bluetooth HC-05	S/21.00	S/21.00
<b>SENSORES PARA MEDIR LAS VARIABLES DESEADAS</b>			
1	Sensor humedad DHT11	S/11.00	S/11.00
1	Sensor presión BMP180	S/6.00	S/6.00
1	Sensor temperatura DIY LM35D	S/10.00	S/10.00
1	Sensor intensidad luminosa TEMENT6000	S/30.00	S/30.00
1	Sensor temperatura por infrarrojo MLX90614	S/45.00	S/45.00

<b>BLOQUE DEL MICROCONTROLADOR</b>			
2	Pulsador de 12mm x 12mm de 4 pines.	S/0.50	S/1.00
2	Microcontrolador ATMEGA 328 P	S/13.00	S/26.00
2	Resistencias de película de carbón, valor de 220 Ohmios y de ¼ W	S/0.20	S/0.40
2	Cristal de 16 MHz	S/1.00	S/2.00
4	Condensadores cerámicos de 22 pF	S/0.40	S/1.60
<b>ALIMENTACIÓN DE ENERGIA</b>			
1	Regulador de voltaje step-Down LM7805 1.25V – 26V 3A	S/8.00	S/8.00
2	Regulador de voltaje step-up LM2577 de 3.5V – 40V 3A	S/8.00	S/16.00
1	Modulo cargador de baterías Litio TP4056 1A Mini USB	S/2.50	S/2.50
1	Batería de litio 3.7V - 2500mAh	S/15.00	S/15.00
1	Batería de litio 3.7V - 1000mAh	S/10.00	S/10.00
<b>OTROS</b>			
1	Alambre de estaño para soldadura	S/15.00	S/15.00
1	Soldador de marca Goot 30w	S/45.00	S/45.00
1	Placa de circuito impreso con base de resina de vidrio 1.5mm de espesor	S/40.00	S/40.00
1	Costo de ingeniería	S/1000.00	S/1000.00
<b>TOTAL, SOLES</b>			<b>1499.50</b>
<b>TOTAL, USD (tipo de cambio de 3.57)</b>			<b>420.02</b>



## Conclusiones

1. La implementación de este sistema tecnológico permite tener un nivel de acceso a variables importantes como la temperatura, humedad del suelo, temperatura del tallo o de la hoja y la geolocalización del lugar donde se realizan las mediciones. Estos datos, bajo el reconocimiento de un profesional en el tema, generará información sobre el cultivo y el suelo evaluados
2. La manipulación de los equipos y del programa es rápido y fácil de entender, lo cual permite que para la recolección de datos no haga falta de una persona con conocimientos técnicos de cada variable, solo una persona que sea previamente entrenada para poder operar el sistema.
3. El diseño del programa permite tener un reconocimiento rápido de lo que se evalúa. Desde la lectura de los sensores, hasta la visualización de los datos en el teléfono móvil hay un desfase máximo de 3 segundos.
4. La conexión remota nos permitiría un monitoreo en tiempo real desde cualquier parte del terreno a través del módulo RF y también tener disponible esa información alrededor del mundo a través de internet, lo cual aparte de eficaz convierte a este sistema en una solución eficiente.

## Recomendaciones

1. La red de sensores demora un máximo de tres segundos en actualizar todos los datos de los sensores usados; sin embargo, luego de la obtención de todos datos, se recomienda contar con un especialista en agricultura para que pueda usar su experiencia y conocimientos en generar conclusiones respecto a los cultivos o terrenos evaluados.
2. Es recomendable tener una batería externa para poder cargar las baterías de los equipos en el caso que se agoten, ya que, al ser trabajos lejos de la ciudad, podría no haber fuentes de energía cercanos a los cuales conectar los equipos.
3. Limpiar con la boquilla de una aspiradora cada uno de los conectores de los sensores, ya que, al ser un equipo de trabajo de campo, se ve expuesto a muchas partículas de polvo.
4. Es necesario generar acciones de mantenimiento a los equipos periódicamente; sin embargo, este no es demasiado complicado y tan solo bastará con capacitar a los trabajadores que usen los equipos.
5. Es altamente recomendable la asesoría legal para evitar cualquier intento de beneficio propio de terceros a través del proyecto propuesto.

### Trabajos futuros

1. Se plantea diseñar un equipo con una mayor cantidad de sensores, para poder controlar una mayor cantidad de variables.
2. Se plantea construir las celdas de panel solar para que las baterías del equipo se carguen mientras permanezcan en los terrenos de cultivo y de esa forma se pueda obtener un monitoreo continuo.
3. Se plantea crear una base de datos que almacene toda la información de los sensores en el transcurso del tiempo. Esto podrá generar un histórico de datos y ver el comportamiento del cultivo en el transcurso del tiempo.



## Bibliografía

- [1] Alfredo Dammert Lira, Fiorella Molinelli Aristondo. (2007). Historia de la minería en el Perú. En Panorama de la Minería en el Perú(50). Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar Lima, Perú : OSINERGMIN .
- [2] Bruno Seminario. (2016). Producción, demanda y precios durante la época colonial: 1700-1824. En El desarrollo de la economía peruana en la era moderna(552). Av. Salaverry 2020 Lima 11, Perú: Universidad del Pacífico.
- [3] José Manuel Hernández Calderón. (2016). Memoria Anual 2016. 2015, de MINAGRI Sitio web: <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/pcm/2018/memoria-anual-2016.pdf>
- [4] José Graziano da Silva, Sergio Gómez E. Rodrigo Castañeda S. (2009). Crecimiento agrícola, pobreza y desigualdad en el Perú rural. 2020, de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Sitio web: <http://www.fao.org/3/a-i0798s.pdf>
- [5] CENAGRO. (2015). SECTOR AGRARIO. 2020, de MINAGRI Sitio web: <http://minagri.gob.pe/portal/marco-legal/58-sector-agrario/sector->
- [6] CENAGRO. (2015). ¿QUÉ ES UN CENSO AGROPECUARIO?. 2020, de MINAGRI Sitio web: <https://proyectos.inei.gob.pe/CenagroWeb/>
- [7] MINAGRI. (2017). Producción Agroindustrial Alimentaria. 2020, de SIEA Sitio web: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/e-economia/e21/b.\\_estadistico\\_prod\\_agroindustrial\\_ivtrim17.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/e-economia/e21/b._estadistico_prod_agroindustrial_ivtrim17.pdf)
- [8] José Graziano da Silva, Sergio Gómez E. Rodrigo Castañeda S.. (2009). Crecimiento agrícola, pobreza y desigualdad en el Perú rural. 2020, de Organización de las

- Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Sitio web:  
<http://www.fao.org/3/a-i0798s.pdf>
- [9] BCRP. (2018). Reporte de Inflación. 2020, de Banco Central de Reserva del Perú Sitio web: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2018/junio/ri-junio-2018-recuadro-1.pdf>
- [10] Ricardo Hausmann and Bailey Klingler . (2008 ). Growth Diagnostics in Peru . 2008 , de Harvard College Sitio web:  
<https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/181.pdf>
- [11] JoAnn Peery. (2017). ¿Cómo influye la humedad en la calidad de los cultivos?. 2017, de Premiere Tech Horticulture Sitio web: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/>
- [12] CANNA. (2009). Influencia de la temperatura ambiental en las plantas. 2009, de CANNA Sitio web:  
[http://www.canna.es/influencia\\_temperatura\\_ambiental\\_en\\_las\\_plantas](http://www.canna.es/influencia_temperatura_ambiental_en_las_plantas)
- [13] José Chen Lopez. (2018). La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo 2018, de Premiere Tech Horticulture Sitio web:  
<https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo/>
- [14] K. Jackson. (2015). An overview on pH measurement technique and application in biomedical and industrial process. 2018, de IEEE Sitio web: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/document/7235898>
- [15] CANNA research. (2014). Influencia del nivel de pH en los cultivos. 2015, de CANNA Sitio web:  
[http://www.canna.es/importancia\\_acidez\\_del\\_ph\\_para\\_tus\\_plantas](http://www.canna.es/importancia_acidez_del_ph_para_tus_plantas)



- [16] MINAGRI. (2016). La fenología como herramienta en la agroclimática. 2018, de MINAGRI Sitio web: [http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/direccion\\_informacion\\_agraria/agroclima/boletin02\\_DIA\\_agroclimatica.pdf](http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/direccion_informacion_agraria/agroclima/boletin02_DIA_agroclimatica.pdf)
- [17] MINAGRI. (2014). La zonificación ecológica económica potencial de los suelos. 2018, de MINAGRI Sitio web: <http://www.minagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo>.
- [18] Instrumentación, P. (2020). Registrador de datos - multicanal PCE-KD9 | PCE Instruments. Retrieved 22 May 2020, from [https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/registrador-de-datos-pce-instruments-registrador-de-datos-multicanal-pce-kd9-det\\_5840447.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/registrador-de-datos-pce-instruments-registrador-de-datos-multicanal-pce-kd9-det_5840447.htm)
- [19] Henggart, M. (2020). Registradores de Datos MSR255 Datalogger LCD con entradas análogas. Retrieved 23 May 2020, from <https://www.msr.ch/es/registradores-de-datos/msr255/>
- [20] Instrumentación, P. (2020). Registrador de datos - multicanal PCE-KD9 | PCE Instruments. Retrieved 22 May 2020, from [https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/registrador-de-datos-pce-instruments-registrador-de-datos-multicanal-pce-kd9-det\\_5840447.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/registrador-de-datos-pce-instruments-registrador-de-datos-multicanal-pce-kd9-det_5840447.htm)
- [21] Instrumentación, P. (2020). Registrador de datos - multicanal PCE-KD9 | PCE Instruments. Retrieved 22 May 2020, from [https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/registrador-de-datos-pce-instruments-registrador-de-datos-multicanal-pce-kd9-det\\_5840447.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/registrador-de-datos-pce-instruments-registrador-de-datos-multicanal-pce-kd9-det_5840447.htm)
- [22] M. Wright ; D. Stallings ; D. Dunn. (2017). IEEE RESEARCH Global Positioning Systems (GPS). 2018, de IEEE Sitio web: <http://technav.ieee.org/tag/3084/global-positioning-systems-gps>

- [23] Sistemas RFID. (2018). Historia de la RFID. 2018, de Sistemas RFID Sitio web:  
<https://sistemas-rfid.es/historia-de-la-rfid>
- [24] Aritz Legarreta Exebarria. (2011). Sistemas de Localización. En Sistema delocalización y seguimiento de personas en interiores mediante cámara PTZbasado en las tecnologías Kinecty UbiSense(31). Universidad del País Vasco.
- [25] DIGI. (2017). XBee/XBee-PRO S2C Zigbee. 2018, de DIGI Sitio web:  
<https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90002002.pdf>
- [26] Arturo Baz Alonso, Irene Ferreira Artime, María Álvarez Rodríguez, Rosana García Baniello . (2015). Dispositivos móviles. 2018, de Universidad de Oviedo Sitio web:  
[http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía\\_movil.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía_movil.pdf)
- [27] Google developers. (2014). Tutorial de KML. 2018, de Google Sitio web:  
[https://developers.google.com/kml/documentation/kml\\_tut](https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut)
- [28] Solargis [Lima, Perú]. Recuperado el 21 de mayo de 2018 de  
<https://solargis.info/imaps/>
- [29] DIGI. (2010). Descarga XCTU. 2018, de DIGI Sitio web:  
[https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001526/tasks/t\\_download\\_and\\_install\\_xctu.htm](https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001526/tasks/t_download_and_install_xctu.htm)
- [30] Arduino. (2018). Frequently Asked Questions. 2020, de Arduino Sitio web:  
<https://www.arduino.cc/en/Main/FAQ>
- [31] DIGI. (2015). DIGI XBEE® AND DIGI XBEE-PRO® ZIGBEE. 2018, de DIGI Sitio web: [https://www.digi.com/pdf/ds\\_xbee\\_zigbee.pdf](https://www.digi.com/pdf/ds_xbee_zigbee.pdf)
- [32] DIGI. (.). XCTU SOFTWARE, Pasos para la instalación del softwareXCTU. 2018, de DIGI Sitio web:  
[https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001526/tasks/t\\_download\\_and\\_install\\_xctu.htm](https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001526/tasks/t_download_and_install_xctu.htm)

- [33] SoftwareSerial Library. 2019, de ARDUINO Sitio web:  
<https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>
- [34] MIT App Inventor. (2012). About us. 2018, de Google Sitio web:  
<http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>
- [35] Hoja de datos del módulo RF Xbee, de DIGI sitio web:  
<https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90002002.pdf>
- [36] Hoja de datos del módulo Bluetooth HC-05, de ITEAD STUDIO sitio web:  
[https://components101.com/sites/default/files/component\\_datasheet/HC-05%20Datasheet.pdf](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/HC-05%20Datasheet.pdf)
- [37] Hoja de datos del sensor de humedad DHT11, de AOSONG sitio web:  
[https://components101.com/sites/default/files/component\\_datasheet/DHT11-Temperature-Sensor.pdf](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/DHT11-Temperature-Sensor.pdf)
- [38] Hoja de datos del sensor presión BMP180, de BOSCH sitio web:  
<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf>
- [39] Hoja de datos del sensor de humedad de tierra, de SPARKFUN sitio web:  
<https://www.sparkfun.com/products/13322>
- [40] Hoja de datos del sensor intensidad luminosa TEMENT6000, de VISHAY sitio web:  
<https://drive.google.com/file/d/0BzaKjvCRihgbSSDdiaUYtakpxdZA/view>
- [41] Hoja de datos del sensor temperatura MLX90614, de MELEXIS sitio web:  
[https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614\\_rev001.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614_rev001.pdf)
- [42] Hoja de datos del Microcontrolador ATMEGA 328 P, de ATMEL sitio web:  
[https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)

## Anexos

### Anexo A: Resumen de las hojas de datos técnicos de los equipos y sensores seleccionados

#### Módulo Xbee S2C

##### Descripción:

El módulo Xbee propuesto es de la serie S2C, esto significa una mejora en la potencia de salida, a su vez, estos módulos permiten crear redes de malla complejas que están basadas en el firmware XBee ZB ZigBee mesh. Se debe mencionar que el módulo XBee / XBee-PRO ZB (S2C) adicionalmente introduce la interfaz serial SPI [35].

Tabla 7

*Tabla resumen de sus características técnicas*

<b>Especificación</b>	<b>XBee Zigbee S2C</b>
Alcance interior/externo	Hasta 60 metros
Alcance de la línea de visión de RF al aire libre	Hasta 1200 metros
Tasa de transmisión de RF	250 000 b/s
Voltaje de alimentación	2.1 – 3.6 V
Transmisión de corriente (nominal a 3.3 V)	45 mA (8 dBm, modo boost) 33 mA (5 dBm, modo normal)
Transmisión de corriente en estado inactivo (nominal a 3.3 V)	31 mA (modo boost) 28 mA (modo normal)
Operación, banda de frecuencia	ISM 2.4 - 2.5 GHz
Dimensiones	orificio pasante: 2.438 x 2.761 cm montaje en superficie: 2.199 x 3.4 x 0.305 cm
Temperatura de operación	-40 a 85 °C (industrial)
Opciones de antena	Orificio pasante: antena PCB, conector U.FL, conector RPSMA o alambre integrado Montaje en superficie: almohadilla RF, antena PCB o conector U.FL

Datos técnicos del módulo Xbee S2 sacados de su hoja de datos:

Tabla 8

*Tabla de especificaciones de desempeño*

Specification	XBee Zigbee S2C	XBee-PRO Zigbee S2C
Indoor/urban range	Up to 60 m (200 ft)	Up to 90 m (300 ft)
Outdoor RF line-of-sight range	Up to 1200 m (4000 ft)	Up to 3200 m (2 mi)
Transmit power output (maximum)	6.3 mW (+8 dBm), boost mode 3.1 mW (+5 dBm), normal mode channel 26 max power is +3 dBm	63 mW (+18 dBm)
RF data rate	250,000 b/s	
Receiver sensitivity	-102 dBm, boost mode -100 dBm, normal mode	-101 dBm

Tabla 9

*Tabla de requerimientos de energía.*

Specification	XBee	XBee-PRO
Supply voltage	2.1 - 3.6 V	2.7 - 3.6 V
Transmit current (typical, VCC = 3.3 V)	45 mA (8 dBm, Boost mode) 33 mA (5 dBm, Normal mode)	120 mA (18 dBm)
Idle / receive current (typical, VCC = 3.3 V)	31 mA (Boost mode) 28 mA (Normal mode)	31 mA
Power-down current	<1 uA @ 25C	<1 uA @ 25C

Tabla 10

*Tabla de especificaciones generales*

Specification	XBee Zigbee S2C	XBee-PRO Zigbee S2C
Operating frequency band	ISM 2.4 - 2.5 GHz	

Tabla 11

*Tabla de especificaciones de redes y seguridad.*

Specification	XBee Zigbee S2C	XBee-PRO Zigbee S2C
Supported network topologies	Point-to-point, point-to-multipoint, peer-to-peer, and DigiMesh	
Number of channels	16 Direct sequence channels	15 Direct sequence channels
Interface immunity	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)	
Channels	11 to 26	
Addressing options	PAN ID and addresses, cluster IDs and endpoints (optional)	



Tabla 12

*Tabla de especificaciones de interfaz de comunicación.*

Interface options	
UART	250 Kb/s maximum
SPI	5 Mb/s maximum (burst)

Tabla 13

*Tabla de especificaciones de comunicación serial: UART*

Specifications	Device pin number	
	XBee (surface-mount)	XBee (through-hole)
DOUT	3	2
DIN / $\overline{\text{CONFIG}}$	4	3
$\overline{\text{CTS}}$ / DIO7	25	12
$\overline{\text{RTS}}$ / DIO6	29	16

Tabla 14

*Tabla de especificaciones de comunicación serial: SPI*

Specifications	Device pin number	
	XBee (surface-mount)	XBee (through-hole)
SPI_SCLK	14	18
SPI_SSEL	15	17
SPI_MOSI	16	11
SPI_MISO	17	4

## Módulo de comunicación por Bluetooth HC-05

Descripción:

El módulo Bluetooth modelo HC-05 es fácil de usar debido a que está configurado con conexión de serie (protocolo de puerto serie) inalámbrica transparente [36].

Tabla 15

*Tabla resumen de sus características técnicas*

<b>Especificaciones</b>	<b>Módulo HC-05</b>
Sensibilidad típica	-80dBm
Potencia de transmisión	+4 dBm
Frecuencia de operación	2.4 GHz banda ISM
Voltaje de operación	3.6 – 6 VDC
Consumo de corriente	30 mA – 50 mA
Interfaz	Serial TTL
Antena	Integrada en el PCB
Baudios soportados	9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800
Temperatura de trabajo	-20 a 75 °C
Dimensiones	4.4 x 1.6 x 0.7 cm

Datos técnicos de módulo HC-05 sacados de su hoja de datos:

Tabla 16

*Tabla de especificaciones generales*

<b>PIN Name</b>	<b>PIN #</b>	<b>Pad type</b>	<b>Description</b>	<b>Note</b>
USB_+	20	Bi-Directional		
NC	14			
PCM_CLK	5	Bi-Directional	Synchronous PCM data clock	
PCM_OUT	6	CMOS output	Synchronous PCM data output	
PCM_IN	7	CMOS Input	Synchronous PCM data input	
PCM_SYNC	8	Bi-Directional	Synchronous PCM data strobe	

<b>GND</b>	13 21 22	<b>VSS</b>	<b>Ground pot</b>	
<b>3.3 VCC</b>	12	<b>3.3V</b>	<b>Integrated 3.3V (+) supply with On-chip linear regulator output within 3.15-3.3V</b>	
<b>AIO0</b>	9	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>AIO1</b>	10	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO0</b>	23	<b>Bi-Directional RX EN</b>	<b>Programmable input/output line, control output for LNA(if fitted)</b>	
<b>PIO1</b>	24	<b>Bi-Directional TX EN</b>	<b>Programmable input/output line, control output for PA(if fitted)</b>	
<b>PIO2</b>	25	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO3</b>	26	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO4</b>	27	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO5</b>	28	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO6</b>	29	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO7</b>	30	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO8</b>	31	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO9</b>	32	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO10</b>	33	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>PIO11</b>	34	<b>Bi-Directional</b>	<b>Programmable input/output line</b>	
<b>RESETB</b>	11	<b>CMOS input with weak internal pull-up</b>	<b>Reset if low, input debounced so must be low for &gt;5MS to cause a reset</b>	
<b>UART_RTS</b>	4	<b>CMOS output, tri-stable with weak internal pull-up</b>	<b>UART request to send, active low</b>	
<b>UART_CTS</b>	3	<b>CMOS input with weak internal pull-down</b>	<b>UART clear to send, active low</b>	
<b>UART_RX</b>	2	<b>CMOS input with weak internal pull-down</b>	<b>UART Data input</b>	
<b>UART_TX</b>	1	<b>CMOS output, Tri-stable with weak internal pull-up</b>	<b>UART Data output</b>	
<b>SPI_MOSI</b>	17	<b>CMOS input with weak internal pull-down</b>	<b>Serial peripheral interface data input</b>	
<b>SPI_CSB</b>	16	<b>CMOS input with weak internal pull-up</b>	<b>Chip select for serial peripheral interface, active low</b>	
<b>SPI_CLK</b>	19	<b>CMOS input with weak internal pull-down</b>	<b>Serial peripheral interface clock</b>	
<b>SPI_MISO</b>	18	<b>CMOS input with weak internal pull-down</b>	<b>Serial peripheral interface data Output</b>	
<b>USB_</b>	15	<b>Bi-Directional</b>		

## Sensor humedad DHT11

### Descripción:

El sensor digital de humedad modelo DHT11 es un dispositivo que permite monitorear los valores de temperatura y humedad del ambiente. El sensor incluye un conjunto de elementos que contienen un elemento resistivo, un sensor de temperatura NTC y un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento [37].

Tabla 17

*Tabla resumen de sus características técnicas*

<b>Especificaciones</b>	<b>Sensor humedad DHT11</b>
Humedad relativa	resolución : 16Bit Repetibilidad : $\pm 1\%RH$ Precisión : $25^{\circ}C \pm 5\%RH$ Tiempo de respuesta : 1/e (63%) $25^{\circ}C$ 6s 1m/s aire Histéresis : $< \pm 0.3\%RH$
Temperatura	Resolution : 16Bit Repetibilidad : $\pm 1^{\circ}C$ Precisión : $25^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ Tiempo de respuesta : 1/e (63%) 10S
Características eléctricas	Fuente de alimentación: DC 3.3 - 5.5V Corriente de alimentación: midiendo 0.3mA - inactivo 60 $\mu A$
Descripción de PIN	1. VDD alimentación 3.3 - 5.5V DC 2. DATA serial data, single-bus 3. NC NC 4. GND tierra, energía negativa

## Sensor presión BMP180

Descripción:

El dispositivo para monitorear la presión atmosférica de modelo BMP180 está compuesto por electrónica de bajo voltaje y baja potencia, este sensor está optimizado para que sea usado en dispositivos portátiles como teléfonos móviles, PDA, dispositivos de navegación GPS y equipos para exteriores. Además, tiene la posibilidad de conexión a diversos equipos mediante la interface  $I^2C$  [38].

Tabla 18

Tabla resumen de sus características técnicas

Especificaciones	Sensor presión BMP180
Rango de presión	300 ... 1100hPa (+9000m ... -500m respecto al nivel del mar)
Voltaje de alimentación	1.8 ... 3.6V (VDD) 1.62V ... 3.6V (VDDIO)
Empaque	LGA package con metal liquido Small footprint: 3.6mm x 3.8mm Super-flat: 0.93mm altura
Interfaz $I^2C$	si

Datos técnicos del sensor BMP180 sacado de su hoja de datos:

Tabla 19

Tabla de índices absolutos máximos de operación.

Parameter	Condition	Min	Max	Units
Storage temperature		-40	+85	°C
Supply voltage	all pins	-0.3	+4.25	V
ESD rating	HBM, R = 1.5kΩ, C = 100pF		±2	kV
Overpressure			10,000	hPa



Tabla 20  
 Tabla de especificaciones eléctricas

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Operating temperature	$T_A$	operational	-40		+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Supply voltage	$V_{DD}$	ripple max. 50mVpp	1.8	2.5	3.6	V
			1.62	2.5	3.6	
Supply current @ 1 sample / sec. 25°C	$I_{DDLOW}$	ultra low power mode		3		µA
	$I_{DDSTD}$	standard mode		5		µA
	$I_{DDHR}$	high resolution mode		7		µA
	$I_{DDUHR}$	Ultra high res. mode		12		µA
	$I_{DDAR}$	Advanced res. mode		32		µA
Peak current	$I_{peak}$	during conversion		650	1000	µA
Standby current	$I_{DSSBM}$	@ 25°C		0.1	4 <sup>1</sup>	µA
Relative accuracy pressure $V_{DD} = 3.3V$		950 ... 1050 hPa @ 25 °C		±0.12		hPa
		700 ... 900hPa 25 ... 40 °C		±1.0		m
Absolute accuracy pressure $V_{DD} = 3.3V$		300 ... 1100 hPa 0 ... +65 °C	-4.0	-1.0*	+2.0	hPa
		300 ... 1100 hPa -20 ... 0 °C	-6.0	-1.0*	+4.5	hPa
Resolution of output data		pressure		0.01		hPa
		temperature		0.1		°C
Noise in pressure		see table on page 12-13				
Absolute accuracy temperature $V_{DD} = 3.3V$		@ 25 °C	-1.5	±0.5	+1.5	°C
		0 ... +65 °C	-2.0	±1.0	+2.0	°C
Conversion time pressure	$t_{c\_p\_low}$	ultra low power mode		3	4.5	ms
	$t_{c\_p\_std}$	standard mode		5	7.5	ms
	$t_{c\_p\_hr}$	high resolution mode		9	13.5	ms
	$t_{c\_p\_uhr}$	ultra high res. mode		17	25.5	ms
	$t_{c\_p\_ar}$	Advanced res. mode		51	76.5	ms
Conversion time temperature	$t_{c\_temp}$	standard mode		3	4.5	ms
Serial data clock	$f_{SCL}$				3.4	MHz
Solder drifts		Minimum solder height 50µm	-0.5		+2	hPa
Long term stability**		12 months		±1.0		hPa

## Sensor de humedad de tierra Moisture Sensor

### Descripción:

Este sensor de humedad de tierra es un sensor capacitivo que permite medir la humedad relativa en el punto del suelo donde se ubique, esta recopilación de datos utiliza el principio de la capacitancia entre electrodos para poder obtener los valores requeridos. Además, el electrodo posee una capa de protección anticorrosión para una mayor duración (no se oxida como el sensor resistivo) y es compatible con Arduino [39].

Tabla 21

*Tabla resumen de sus características técnicas*

<b>Especificaciones</b>	<b>Sensor de humedad de tierra</b>
Corriente de operación	5 mA
Voltaje de alimentación	3.3 - 5V (VDD)
Voltaje de la señal de salida	0 – 5V
Dimensiones	98 x 23 mm

## Sensor intensidad luminosa TEMT6000

Descripción:

El sensor actúa como un transistor, específicamente su componente principal está basado en un fototransistor plano epitaxial NPN de silicio, el encapsulado se basa en un molde transparente en miniatura que está diseñado para realizar un montaje de superficie. El sensor de intensidad luminosa es sensible al espectro visible, es decir cuanto mayor sea la luz entrante, mayor es el voltaje analógico en el pin señal [40].

Tabla

22

Tabla resumen de sus características técnicas

Especificaciones	Sensor intensidad luminosa TEMT6000
Longitud de onda de máxima sensibilidad	570 nm
Voltaje de alimentación	5V
Corriente del colector	20 mA
Pines	S para la señal analógica de salida; G para tierra y V para Vcc

Datos técnicos del fototransistor del sensor TEMT6000 sacado de su hoja de datos:

Tabla 23

Tabla de especificaciones generales

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Collector Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 0.1 \text{ mA}$	$V_{CE0}$	6			V
Collector dark current	$V_{CE} = 5 \text{ V}, E = 0$	$I_{CEO}$		3	50	nA
Collector-emitter capacitance	$V_{CE} = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}, E = 0$	$C_{CEO}$		16		pF
Collector Light Current	$E_V = 20 \text{ lx}, \text{ standard light A}$	$I_{ca}$	3.5	10	16	$\mu\text{A}$
	$E_V = 100 \text{ lx}, \text{ standard light A}$	$I_{ca}$		50		$\mu\text{A}$
Angle of Half Sensitivity		$\varphi$		$\pm 60$		deg
Wavelength of Peak Sensitivity		$\lambda_p$		570		nm
Range of Spectral Bandwidth		$\lambda_{0.1}$		360 to 970		nm
Collector Emitter Saturation Voltage	$E_V = 20 \text{ lx}, 0.45 \mu\text{A}$	$V_{CEsat}$		0.1		V

Tabla 24

Tabla de índices absolutos máximos de operación.

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Collector Emitter Voltage		$V_{CE0}$	6	V
Emitter Collector Voltage		$V_{ECO}$	1.5	V
Collector current		$I_C$	20	mA
Total Power Dissipation	$T_{amb} \leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	100	mW
Junction Temperature		$T_J$	100	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range		$T_{amb}$	- 40 to + 85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_{stg}$	- 40 to + 85	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	$t \leq 3 \text{ s}$	$T_{sd}$	260	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance Junction/ Ambient		$R_{thJA}$	450	K/W

## Sensor temperatura por infrarrojo MLX90614

### Descripción:

El sensor de temperatura modelo MLX90614 es un dispositivo que usa la luz infrarroja para realizar las mediciones de temperatura sin la necesidad de un contacto directo. Tanto el chip detector de termopila sensible a infrarrojos, así como el chip de acondicionamiento de señal están integrados en la misma cápsula TO-39. Este dispositivo cuenta con un amplificador de bajo ruido, ADC de 17 bits y una potente unidad DSP, con ello se logra una alta precisión y resolución de datos del termómetro, el cual viene calibrado de fábrica con salida PWM digital y SMBus. Adicionalmente, el PWM de 10 bits está configurado para transmitir continuamente la temperatura medida en un rango de -20 hasta los 120 °C y con una resolución de salida de 0.14 °C [41].

Tabla 25

*Tabla resumen de sus características técnicas*

<b>Especificaciones</b>	<b>Sensor intensidad luminosa TEMA6000</b>
Voltaje de alimentación	Disponible en versiones de 3V y 5V
Resolución de medida	0.02 °C
Rango de medición	-40 a 125 °C para temperatura del ambiente y -70 a 380 °C para temperatura de un objeto

Datos técnicos del sensor MLX90614 sacado de su hoja de datos:

Tabla 26

*Tabla de especificaciones eléctricas*

EEPROM					
Data retention		Ta = +85°C	10		years
Erase/write cycles		Ta = +25°C	100,000		Times
Erase/write cycles		Ta = +125°C	10,000		Times
Erase cell time	Terase			5	ms



Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>SMBus compatible 2-wire interface</b>						
Input high voltage	$V_{IH}$		1.8	2	2.2	V
Input high voltage	$V_{IH}(Ta, V)$	Over temperature and supply	1.6		2.4	V
Input low voltage	$V_{IL}$		0.7	1.0	1.3	V
Input low voltage	$V_{IL}(Ta, V)$	Over temperature and supply	0.5		1.5	V
Output low voltage	$V_{OL}$	SDA pin in open drain mode, over temperature and supply, $I_{sink} = 2\text{mA}$			0.2	V
SCL leakage	$I_{SCL,leak}$	$V_{SCL}=4V, Ta=+85^{\circ}\text{C}$			30	$\mu\text{A}$
SDA leakage	$I_{SDA,leak}$	$V_{SDA}=4V, Ta=+85^{\circ}\text{C}$			0.3	$\mu\text{A}$
SCL capacitance	$C_{SCL}$				10	pF
SDA capacitance	$C_{SDA}$				10	pF
Slave address	SA	Factory default		5Ah		hex
SMBus Request	$t_{REQ}$	SCL low	1.024			ms
Timeout, low	$T_{timeout,L}$	SCL low			30	ms
Timeout, high	$T_{timeout,H}$	SCL high			50	$\mu\text{s}$
Acknowledge setup time	$T_{suac}(MD)$	8-th SCL falling edge, Master	0.5		1.5	$\mu\text{s}$
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(MD)$	9-th SCL falling edge, Master	1.5		2.5	$\mu\text{s}$
Acknowledge setup time	$T_{suac}(SD)$	8-th SCL falling edge, Slave	2.5			$\mu\text{s}$
Acknowledge hold time	$T_{hdac}(SD)$	9-th SCL falling edge, Slave	1.5			$\mu\text{s}$

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>Supplies</b>						
External supply	$V_{DD}$		4.5	5	5.5	V
Supply current	$I_{DD}$	No load			1	mA
Supply current (programming)	$I_{DDpr}$	No load, erase/write EEPROM operations			1.5	mA
Zener voltage	$V_Z$	$I_Z = 75 \dots 400 \mu\text{A}$	5.6	5.75	5.8	V
Zener voltage	$V_Z(Ta)$	$I_Z = 70 \dots 400 \mu\text{A}$ , full temperature range	5.15	5.75	6.24	V
<b>Power On Reset</b>						
POR level	$V_{POR}$	Power-up, power-down and brown-out	2.7	3.0	3.3	V
$V_{DD}$ rise time	$T_{POR}$	Ensure POR signal			3	ms
Output valid (result in RAM)	$T_{valid}$	After POR		0.15		s
<b>Pulse width modulation<sup>1</sup></b>						
PWM resolution	$PWM_{res}$	Data band		10		bit
PWM output period	$PWM_{T,def}$	Factory default, internal oscillator factory calibrated		1.024		ms
PWM period stability	$dPWM_T$	Internal oscillator factory calibrated, over the entire operation range and supply voltage	-4		+4	%
Output high Level	$PWM_{HI}$	$I_{source} = 2 \text{mA}$	$V_{DD}-0.2$			V
Output low Level	$PWM_{LO}$	$I_{sink} = 2 \text{mA}$			$V_{SS}+0.2$	V
Output drive current	$I_{drive\_PWM}$	$V_{out,H} = V_{DD} - 0.8V$		20		mA
Output sink current	$I_{sink\_PWM}$	$V_{out,L} = 0.8V$		20		mA



Tabla 27

*Tabla de índices absolutos máximos de operación.*

Parameter.	MLX90614AAA MLX90614ABA	MLX90614BAA MLX90614BBA	MLX90614AAB MLX90614ABB	MLX90614BAB MLX90614BBB
Supply Voltage, $V_{DD}$ (over voltage)	7V	5V	7V	5V
Supply Voltage, $V_{DD}$ (operating)	5.5 V	3.6V	5.5V	3.6V
Reverse Voltage	0.4 V			
Operating Temperature Range, $T_A$	-40 to +125°C		-40...+85°C	
Storage Temperature Range, $T_S$	-40...+125 °C		-40...+105°C	
ESD Sensitivity (AEC Q100 002)	2kV			
DC current into SCL/Vz (Vz mode)	2 mA			
DC sink current, SDA/PWM pin	25 mA			
DC source current, SDA/PWM pin	25 mA			
DC clamp current, SDA/PWM pin	25 mA			



## Microcontrolador ATMEGA 328 P

Descripción:

Microcontrolador AVR de 8 bits con 32K Bytes en el sistema y flash programable [42].

Tabla 28

Tabla resumen de sus características técnicas

Especificaciones	ATmega 328 P
Flash( Kbytes)	32
EEPROM(bytes)	1 K
SRAM de propósito general (bytes)	2048
Max Pines I/O	23
F.max (MHz)	20
V <sub>cc</sub> (V)	2.7 – 5.5
16-bit Timers	1
8-bit Timer	2
PWM (canales)	6
RTC	Si
USART	1

Datos técnicos del microcontrolador Atmega 328 P sacado de su hoja de datos:

Tabla 29

Tabla de especificaciones eléctricas

Parameter	Condition	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input low voltage, except XTAL1 and RESET pin	V <sub>CC</sub> = 2.7V to 5.5V	V <sub>IL</sub>	-0.5		0.3V <sub>CC</sub> <sup>(1)</sup>	V
Input high voltage, except XTAL1 and RESET pins	V <sub>CC</sub> = 2.7V to 5.5V	V <sub>IH</sub>	0.6V <sub>CC</sub> <sup>(2)</sup>		V <sub>CC</sub> + 0.5	V
Input low voltage, XTAL1 pin	V <sub>CC</sub> = 2.7V to 5.5V	V <sub>IL1</sub>	-0.5		0.1V <sub>CC</sub> <sup>(1)</sup>	V
Input high voltage, XTAL1 pin	V <sub>CC</sub> = 2.7V to 5.5V	V <sub>IH1</sub>	0.7V <sub>CC</sub> <sup>(2)</sup>		V <sub>CC</sub> + 0.5	V

Tabla 30

Tabla de índices absolutos máximos de operación.

Parameters	Min.	Typ.	Max.	Unit
Operating temperature	-55		+125	°C
Storage temperature	-65		+150	°C
Voltage on any pin except RESET with respect to ground	-0.5		V <sub>CC</sub> + 0.5	V
Voltage on RESET with respect to ground	-0.5		+13.0	V
Maximum operating voltage		6.0		V
DC current per I/O pin		40.0		mA
DC current V <sub>CC</sub> and GND pins		200.0		mA
Injection current at V <sub>CC</sub> = 0V		±5.0 <sup>(1)</sup>		mA
Injection current at V <sub>CC</sub> = 5V		±1.0		mA

## Anexo B: Código completo del programa y Diagrama de bloques MIT APP inventor

### Código del programa en ARDUINO - Coordinador

```

#include <Separador.h>
#include <SoftwareSerial.h>
    #define DEBUG(a) Serial_2.println(a);
#define DEBUG2(a) Serial.println(a);

SoftwareSerial Serial_2 (2, 3); // Crea nueva conexion- Pin2(RX) a TX y Pin3(TX) a RX

Separador s;

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    Serial_2.begin(9600); // Iniciamos el puerto nuevo Serial_2 a 9600 Baudios
    Serial.begin(9600);
    pinMode(4,OUTPUT); // Configura Pin 13 como Salida
    digitalWrite(4,HIGH);
    delay(300);
    digitalWrite(4,LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(4,HIGH);
    delay(300);
    digitalWrite(4,LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(4,HIGH);
}

void loop() {
    // loop
    if (Serial.available())
    {
        serialEvent();
    }
}

void serialEvent()
{
    String datosrecibidos = Serial.readString();
    String elemento1 = s.separa(datosrecibidos, ',',0);
    String elemento2 = s.separa(datosrecibidos, ',',1);
    String elemento3 = s.separa(datosrecibidos, ',',2);
    String elemento4 = s.separa(datosrecibidos, ',',3);
    String elemento5 = s.separa(datosrecibidos, ',',4);
    String elemento6 = s.separa(datosrecibidos, ',',5);
    String elemento7 = s.separa(datosrecibidos, ',',6);

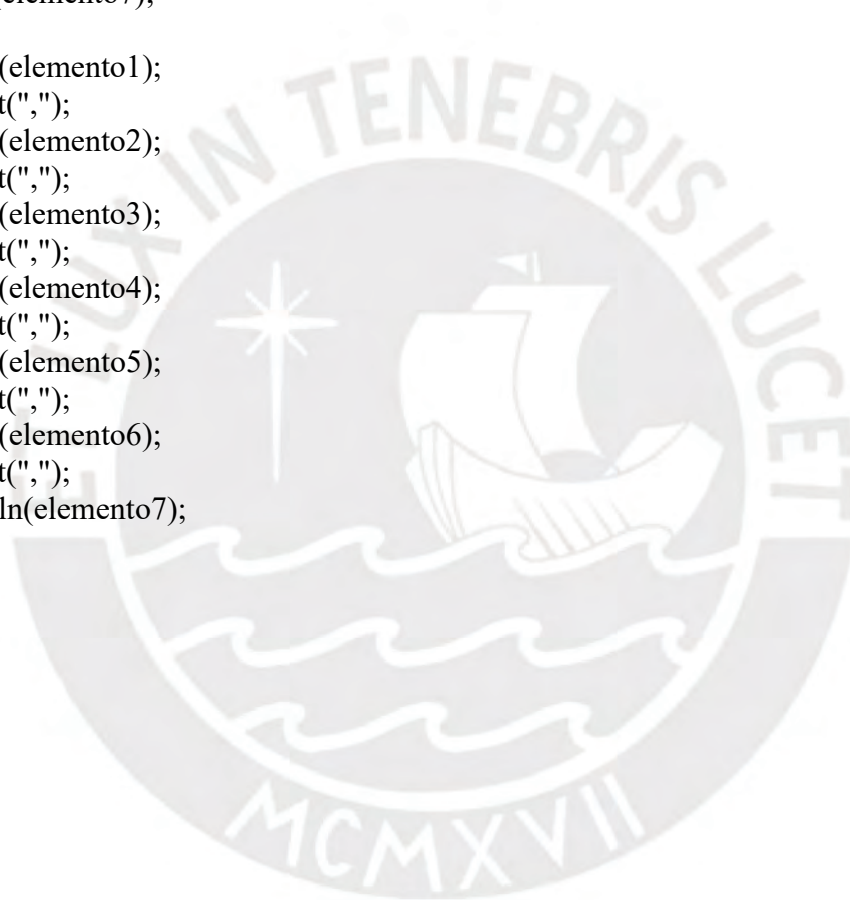
    Serial.print(elemento1);

```

```
Serial.print(",");  
Serial.print(elemento2);  
Serial.print(",");  
Serial.print(elemento3);  
Serial.print(",");  
Serial.print(elemento4);  
Serial.print(",");  
Serial.print(elemento5);  
Serial.print(",");  
Serial.print(elemento6);  
Serial.print(",");  
Serial.println(elemento7);
```

```
Serial_2.print(elemento1);  
Serial_2.print(",");  
Serial_2.print(elemento2);  
Serial_2.print(",");  
Serial_2.print(elemento3);  
Serial_2.print(",");  
Serial_2.print(elemento4);  
Serial_2.print(",");  
Serial_2.print(elemento5);  
Serial_2.print(",");  
Serial_2.print(elemento6);  
Serial_2.print(",");  
Serial_2.println(elemento7);
```

```
}
```



## Código del programa en ARDUINO – END DEVICE

```

/* Conexiones SENSOR PRESION BMP180
=====
Connect SCL to analog 5
Connect SDA to analog 4
Connect VDD to 3.3V DC
Connect GROUND to common ground
*/
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP085_U.h> //SENSOR DE PRESION ( ALTITUD)
#include <Adafruit_MLX90614.h> // SENSOR TEMPERATURA POR INFRAROJO
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 // D2
#define DHTTYPE DHT11 // SENSOR DE HUMEDAD AMBIENTE
#define light A1 // SENSOR TEMPERATURA INFRAROJO
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

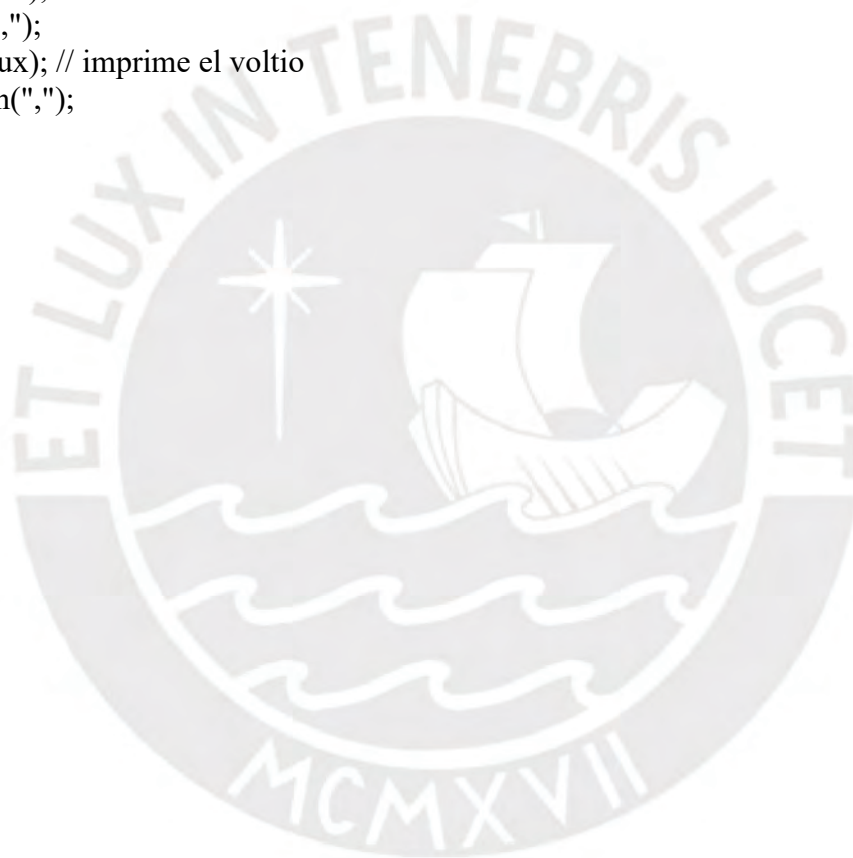
Adafruit_BMP085_Unified bmp = Adafruit_BMP085_Unified(10085);
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

void setup() {
  // Se inicia el puerto serie a 9600 baudios
  Serial.begin(9600);
  bmp.begin();
  mlx.begin();
}
void loop()
{
  int h = dht.readHumidity(); //se lee la humedad
  int t= dht.readTemperature(); // se lee la temperatura
  int ht = 100-(analogRead(A0)/10.23); //se lee la humedad TIERRA
  sensors_event_t event;
  bmp.getEvent(&event);
  float temperature;
  bmp.getTemperature(&temperature);
  float seaLevelPressure = SENSORS_PRESSURE_SEALEVELHPA;
  float p = event.pressure ;
  int Lvalue = analogRead(light);// Lectura de luz
  int mVolt = map(Lvalue,0, 1023, 0, 5000);// lectura analógica de altura 5000mV
  float volt =(double)mVolt/1000;// convierte de milivoltio a voltio
  int tI = mlx.readObjectTempC();
  int Alt = bmp.pressureToAltitude(seaLevelPressure,event.pressure);
  int lux = mVolt/5;
  if (tI > 126)
  {

```



```
    tI = 0;
  }
  Serial.print(h);
  Serial.print(",");
  Serial.print(t);
  Serial.print(",");
  Serial.print(p);
  Serial.print(",");
  Serial.print(ht);
  Serial.print(",");
  Serial.print(tI);
  Serial.print(",");
  Serial.print(Alt);
  Serial.print(",");
  Serial.print(lux); // imprime el voltio
  Serial.println(",");
  delay(1000);
}
```



## Diagrama de bloques de la aplicación

### Pantalla inicial (Screen 1)

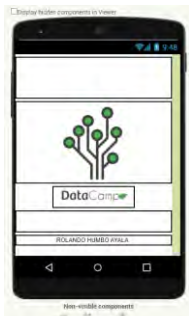


Figura 711. Se muestran la pantalla inicial de la aplicación en modo de edición.

### Diagrama de bloques:

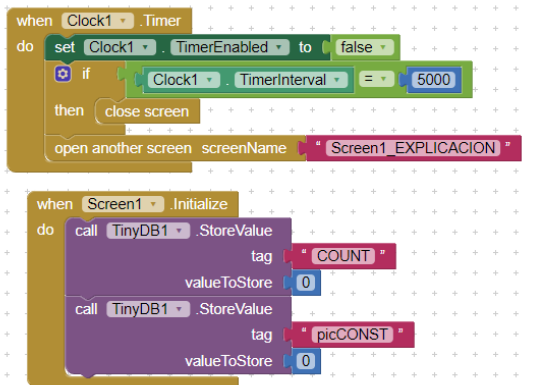


Figura 722. Se configura el tiempo (Clock 1) y la duración de tiempo que se mostrará la pantalla inicial (Screen 1) de la aplicación.

### Pantalla introducción (Screen 1 - introducción)



Figura 733. Se muestran la pantalla introductoria de la aplicación en modo de edición.

Diagrama de bloques:

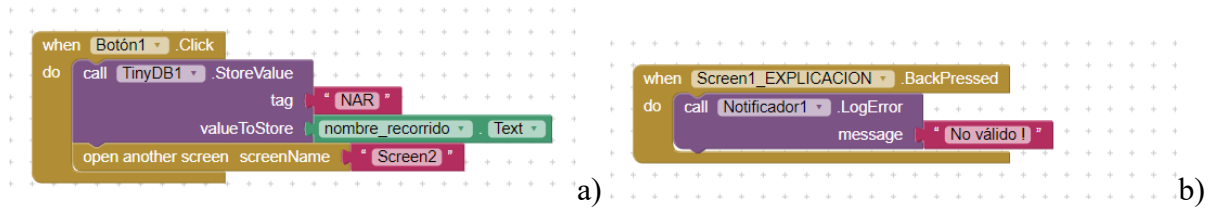


Figura 744. Bloques de guardado y mostrar mensaje.

- a) El bloque guarda en una variable llamada: nombre\_recorrido, el nombre que escribió el usuario en la pantalla.
- b) Bloque para mostrar el mensaje: No válido!, al usuario.

### Pantalla 2 (Screen 2)



Figura 755. Se muestran la pantalla desde donde se comienza a ingresar los datos del punto de campo de cultivo evaluado por el usuario.

Diagrama de bloques:

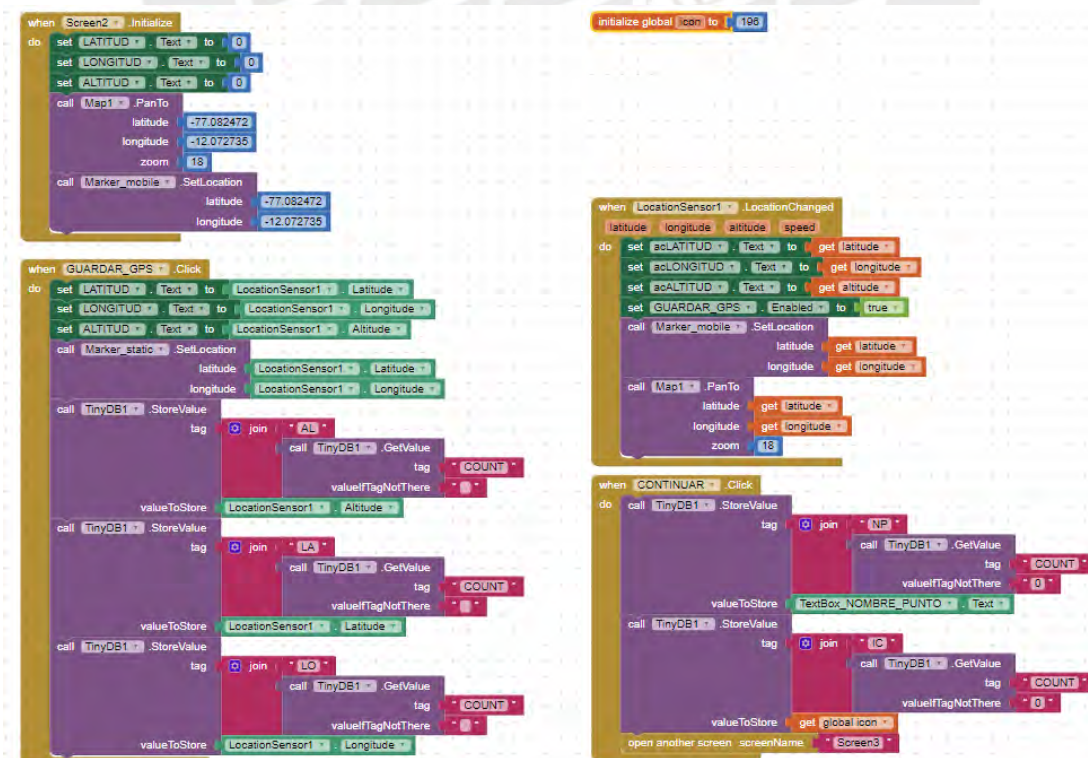


Figura 766. Se almacenan los datos ingresados en diversas variables y se configura el sensor de localización del equipo celular.

### Pantalla 3 (Screen 3)



Figura 777. Se muestran la pantalla de registro de datos de los sensores de la aplicación en modo de edición.

### Diagrama de bloques:



Figura 788. Bloques de listas de las opciones para cada variable que se le presentará al usuario para su posterior registro.

a)

```

when DatePicker_FECIAS is TouchDown
do call BluetoothClient1 Disconnected

when DatePicker_FECIAS is AfterDataSet
do set DatePicker_FECIAS Text to join DatePicker_FECIAS Day
DatePicker_FECIAS Month
DatePicker_FECIAS Year

when Clock3 Timer
do evaluate but ignore result call BluetoothClient1 Connect
address 08D331FC8094HC05
set Clock3 TimerEnabled to false

when Screen3 Initialize
do if
call LimDB1 GetValue tag COUNT
valueIfTagNotThere
then set Label_HUMEDAD Text to
set Label_TEMP Text to
set Label_PRES Text to
set Label_HUMIDTIERRA Text to
set Label_temperatura_infrarrojo Text to
set Label_LUX Text to
set Clock3 TimerEnabled to true
    
```

b)

```

initialize global LISTA to create empty list
initialize global DATOS_LLEGADA_BT to
initialize global HUMEDAD to 0
initialize global TEMPERATURA to 0
initialize global PRESION to 0
initialize global HUMEDADTIERRA to 0
initialize global temperatura_infrarrojo to 0
initialize global altitud_sensor to 0
initialize global Lux to 0
    
```

c)

```

when Clock3 Timer
do call BluetoothClient1 isCommanded
then
call CustomGrip11 SystemAnalyticsToReceive
call CustomGrip12 ReceiveText
call CustomGrip13 ReceiveBytes
call BluetoothClient1 SystemAnalyticsToReceive
set global LISTA to
set global DATOS_LLEGADA_BT to
set global HUMEDAD to
set global TEMPERATURA to
set global PRESION to
set global HUMEDADTIERRA to
set global temperatura_infrarrojo to
set global altitud_sensor to
set global Lux to
set global LISTA to create empty list
    
```

Figura 799. Bloques de inicialización y recepción de datos.

a) Bloques de inicialización del dispositivo bluetooth del equipo celular. b) Bloques de inicialización de variables con valor cero. c) Bloques de recepción de los valores del dispositivo bluetooth



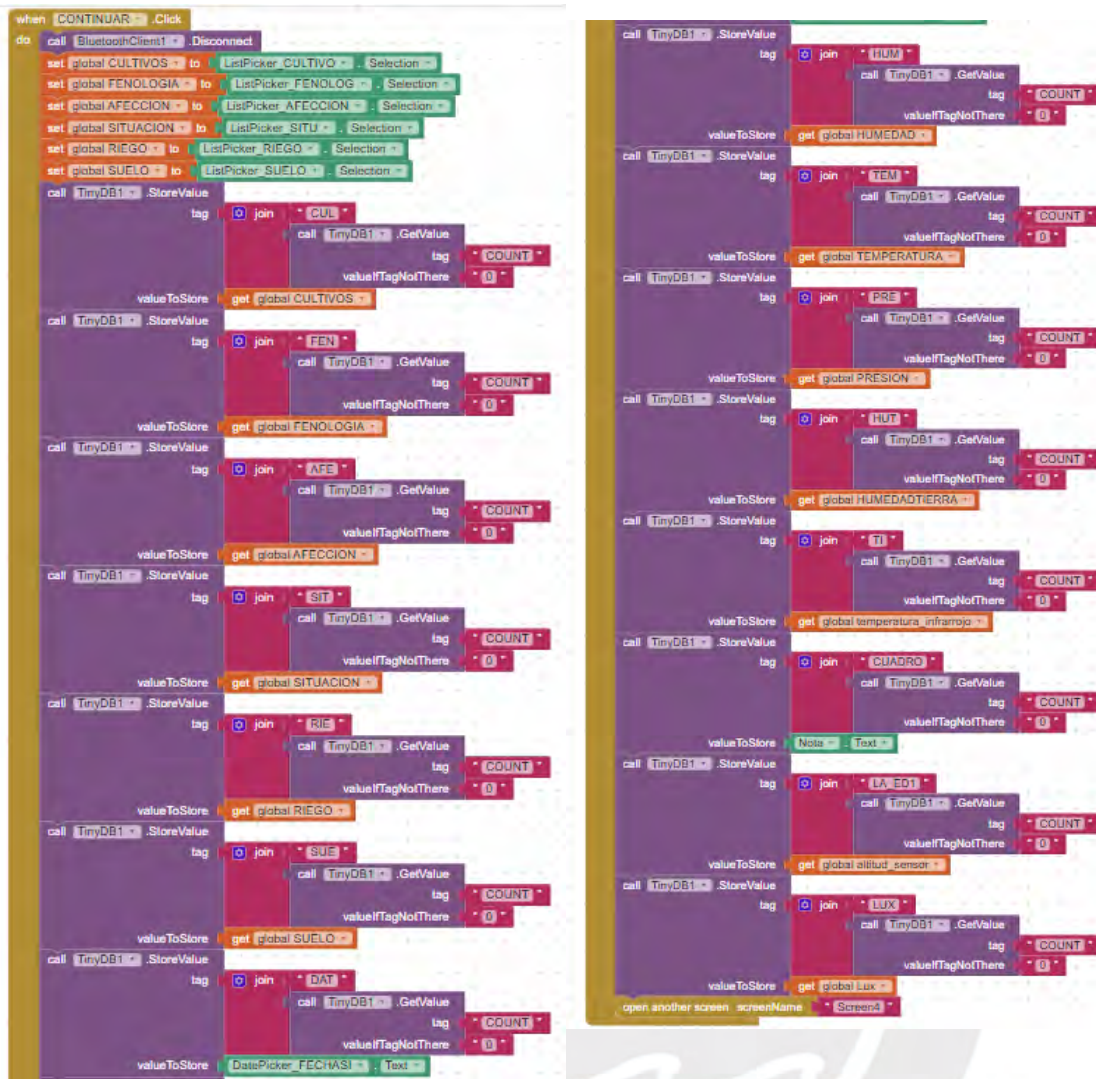


Figura 80. Bloques de almacenamiento de los datos del registrador. Esta acción se realiza cuando se presiona el botón : Continuar.

**Pantalla 4 (Screen 4)**



Figura 81. Se muestran la pantalla de registro de datos de los dispositivos del equipo celular en modo de edición.

Diagrama de bloques:

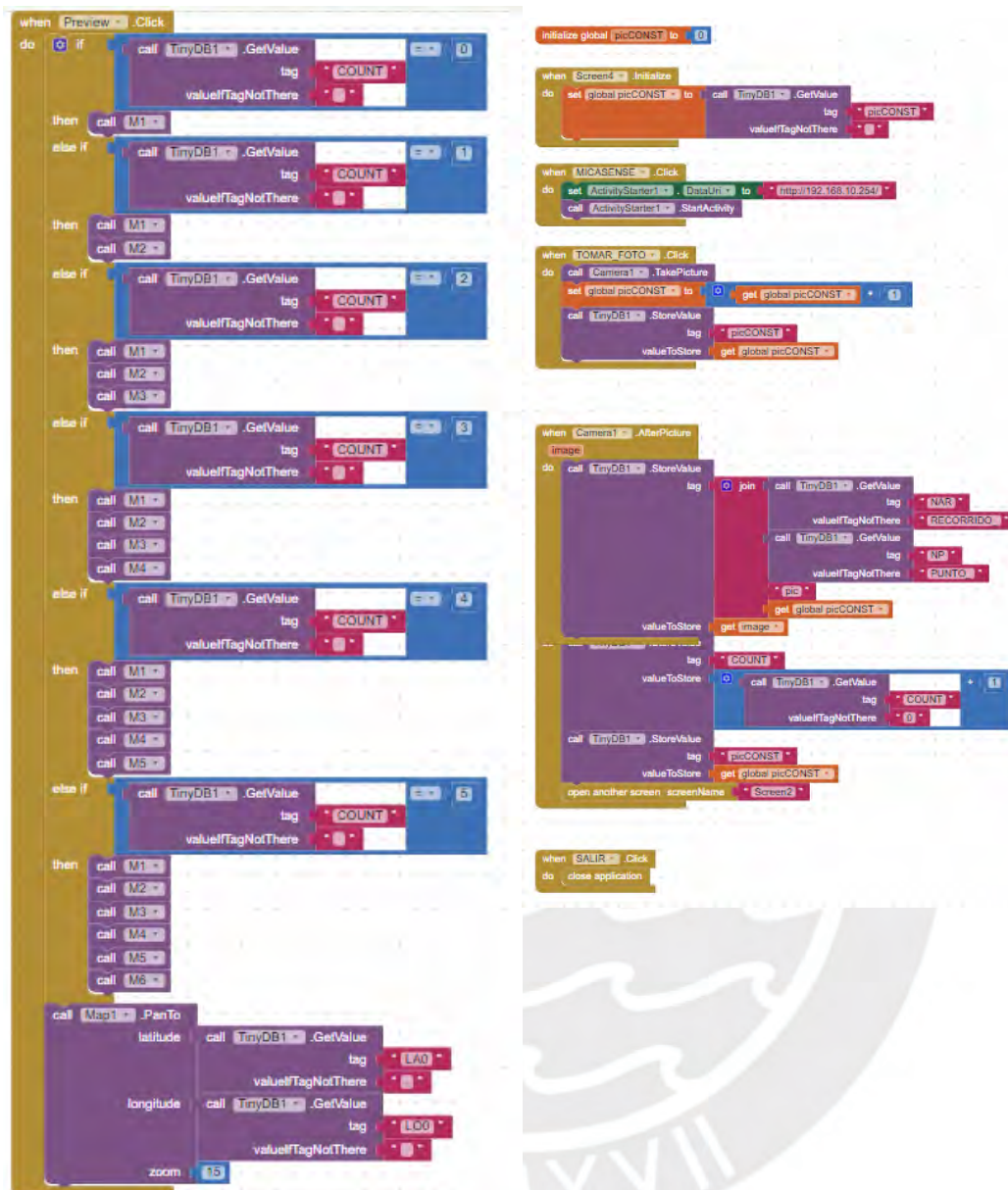


Figura 82. Configuración de los parámetros de la cámara del equipo celular.







The image displays a grid of 36 screenshots, each representing a different marker from M10 to M34. Each screenshot shows a code snippet with the following structure:

- do** call **Marker6** .SetLocation latitude longitude
- call **TinyDB1** .GetValue tag valueIfTagNotThere
- call **TinyDB1** .GetValue tag valueIfTagNotThere
- set** **Marker6** .Title to call **TinyDB1** .GetValue tag valueIfTagNotThere
- set** **Marker6** .Visible to true

Each code snippet is accompanied by a set of tags in red boxes, such as **LAS**, **LOS**, **NPS**, **PS**, and **visible**. Some screenshots also feature a **Show Warnings** button and a **side** property.



The image displays several Scratch code snippets for a marker application. The snippets are organized as follows:

- Snippet M33:** A 'do' block for setting a marker's location. It calls 'TinyDB1' to get 'latitude' (tag EA3) and 'longitude' (tag EA9). It then sets 'Marker0' title to 'call TinyDB1' (tag NP3) and 'Visible' to 'true' (tag E6).
- Snippet M41:** Similar to M33, but with different tag values: EA3, EA9, NP3, E6.
- Snippet M45:** Similar to M33, with tag values EA3, EA9, NP3, E6.
- Snippet M49:** Similar to M33, with tag values EA3, EA9, NP3, E6.
- Snippet M47:** Similar to M33, with tag values EA3, EA9, NP3, E6.
- Snippet M50:** Similar to M33, with tag values EA3, EA9, NP3, E6.
- Global Variable Snippets:** A series of 'validate global' blocks for 'Numero puntos', 'Lista coordenadas', 'Numero contador', and 'Numero puntos'.
- when GUARDAR is Clicked:** A large block containing logic to set global variables, loop through a list of coordinates, and update a counter. It includes 'set global Numero puntos', 'while test' loops, 'do' blocks for 'add items to list', and 'set global' blocks for 'Numero contador' and 'Numero puntos'.
- when GUARDAR is Clicked (Detailed):** A very large and complex block showing the full implementation of the 'GUARDAR' event. It includes a 'while test' loop that iterates through a list of coordinates. For each coordinate, it calls 'TinyDB1' to get 'tag' and 'value', then sets 'Numero contador' and 'Numero puntos' based on the data. It also includes a 'set global' block for 'Numero puntos' and a 'while test' loop for 'Numero puntos'.



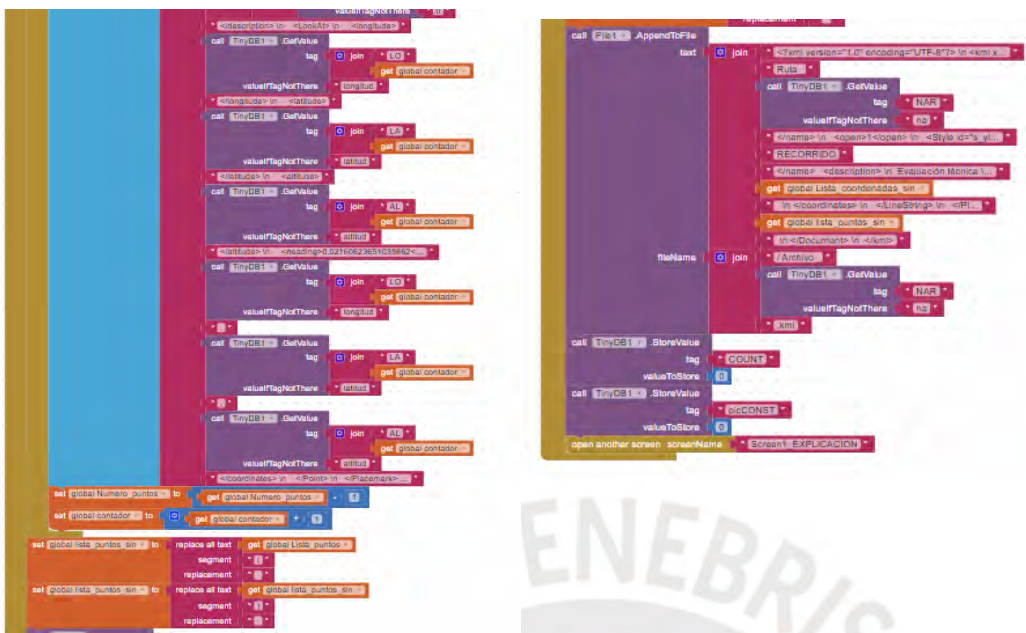


Figura 83. Bloques de almacenamiento de datos de cada posible imagen capturada por el equipo celular con asignación de nombre por cada captura de imagen.

**Pantalla 5 (Screen 5)**



Figura 84. Se muestran la pantalla de registro de las imágenes capturadas por el dispositivo de captura de imagen del equipo celular.

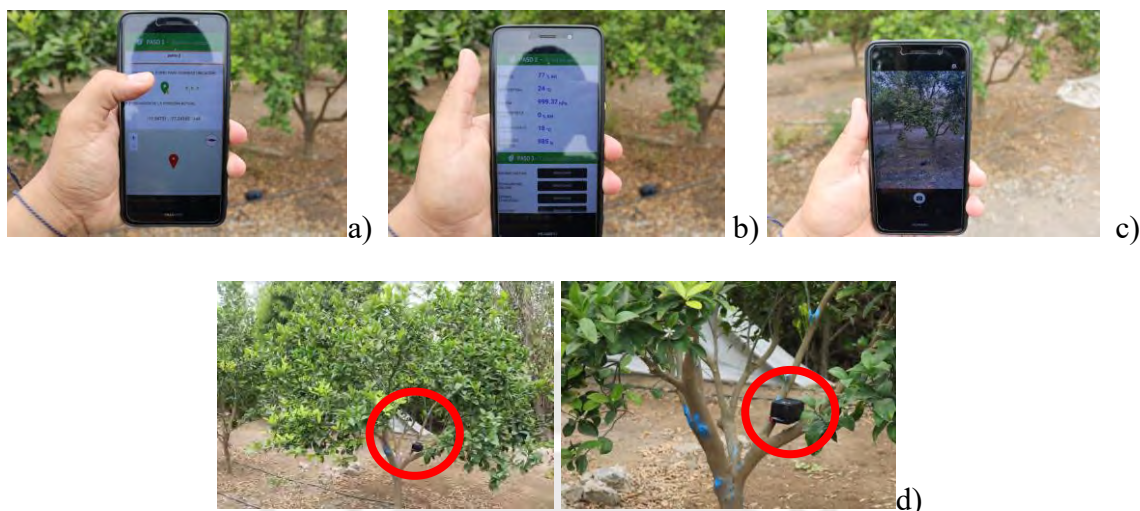
**Diagrama de bloques**



Figura 85. Bloques que permiten la visualización de las imágenes capturadas y almacenadas en el equipo celular.

## Anexo C: Pruebas de los puntos de evaluación

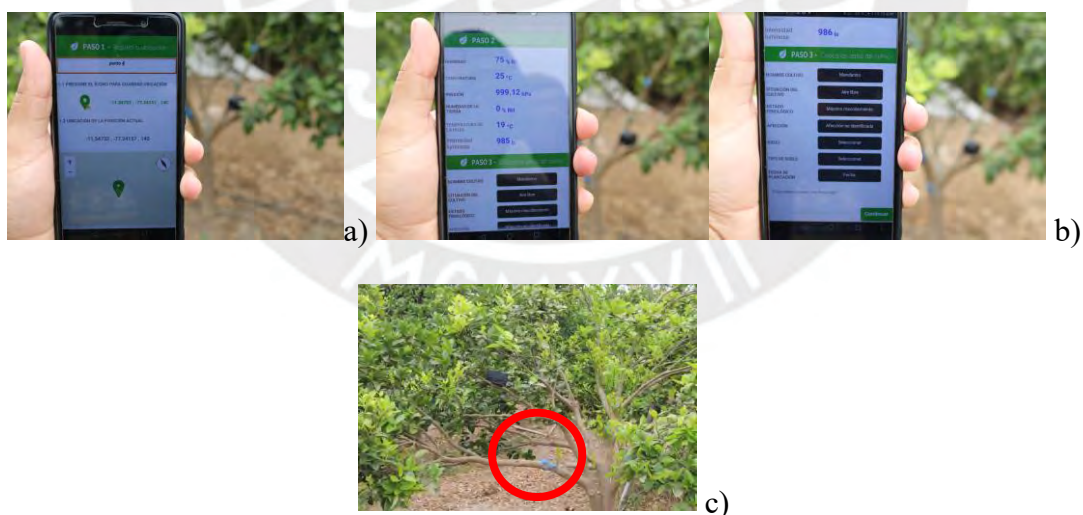
### Punto de evaluación 3



*Figura 86.* Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación

- La aplicación muestra la ubicación donde se encuentra el equipo.
- La aplicación muestra la recepción de los valores provenientes de los sensores y las opciones que permiten que pueda llenar lo que observe.
- La aplicación permite tomar fotos que serán referenciadas.
- Foto referencial del lugar donde se capturaron los datos.

### Punto de evaluación 4

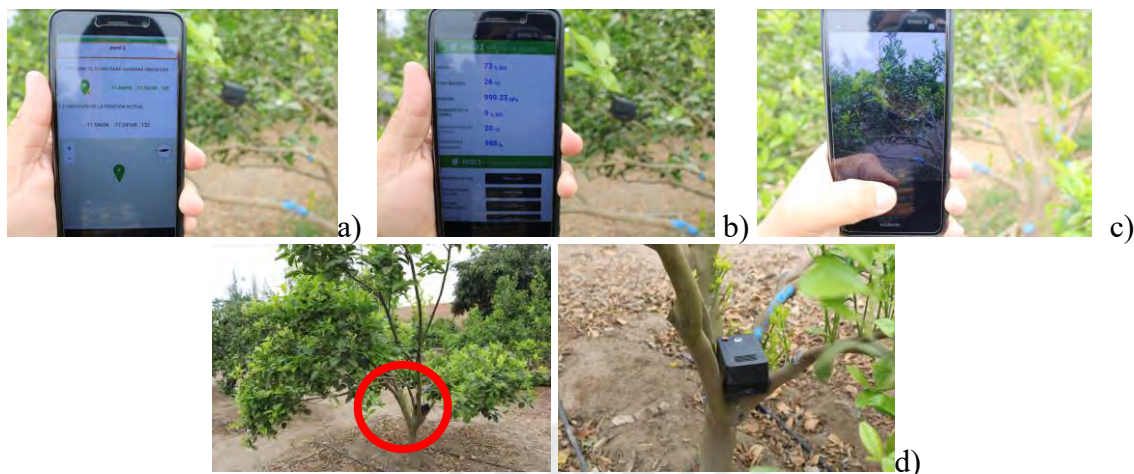


*Figura 87.* Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación

- La aplicación muestra la ubicación donde se encuentra el equipo.
- La aplicación muestra la recepción de los valores provenientes de los sensores y las opciones que permiten que pueda llenar lo que observe.
- Foto referencial del lugar donde se capturaron los datos.



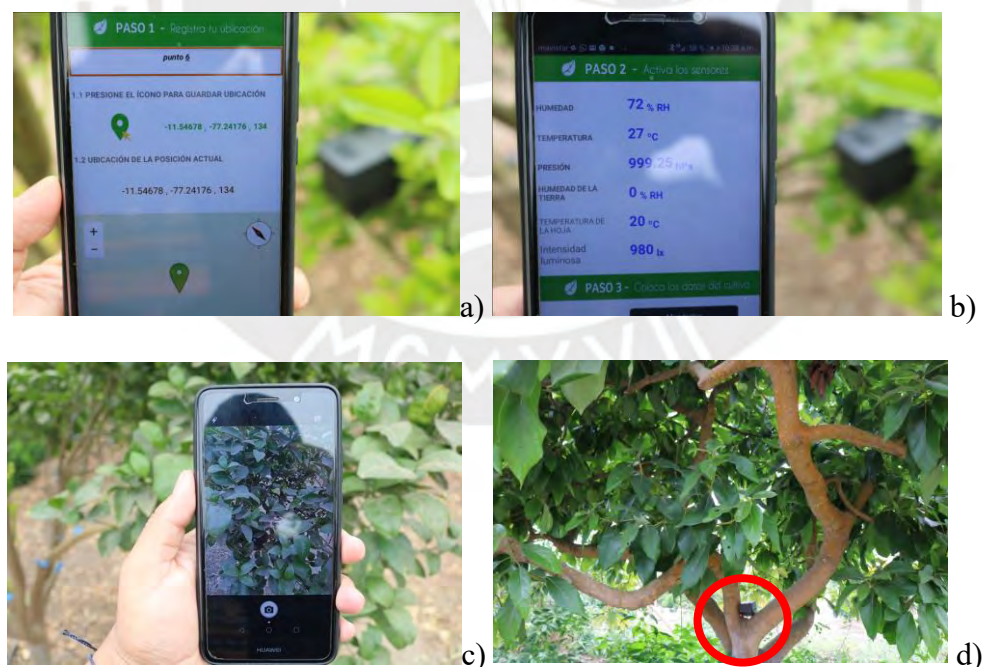
### Punto de evaluación 5



*Figura 88.* Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación

- La aplicación muestra la ubicación donde se encuentra el equipo.
- La aplicación muestra la recepción de los valores provenientes de los sensores y las opciones que permiten que pueda llenar lo que observe.
- La aplicación permite tomar fotos que serán referenciadas.
- Foto referencial del lugar donde se capturaron los datos.

### Punto de evaluación 6



*Figura 89.* Se pueden observar el correcto funcionamiento de la aplicación

- La aplicación muestra la ubicación donde se encuentra el equipo.
- La aplicación muestra la recepción de los valores provenientes de los sensores y las opciones que permiten que pueda llenar lo que observe.
- La aplicación me permite tomar fotos que serán referenciadas al punto evaluado.
- Foto referencial del lugar donde se capturaron los datos.