



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

TEMA:

“SISTEMA DE MONITOREO AGRÍCOLA CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA LA PREVENCIÓN TEMPRANA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA EN LA PARROQUIA QUIMIAG DEL CANTÓN RIOBAMBA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Inalámbricas
AUTOR: Juan Miguel Sánchez Toapanta
PROFESOR REVISOR: Ing. Edgar Freddy Robalino Peña, Mg.

Ambato - Ecuador

Agosto - 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema: “SISTEMA DE MONITOREO AGRÍCOLA CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA LA PREVENCIÓN TEMPRANA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA EN LA PARROQUIA QUIMIAG DEL CANTÓN RIOBAMBA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, del señor Sánchez Toapanta Juan Miguel, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato

Ambato, agosto 2016

EL TUTOR

Ing. Edgar Freddy Robalino Peña, Mg

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: SISTEMA DE MONITOREO AGRÍCOLA CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA LA PREVENCIÓN TEMPRANA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA EN LA PARROQUIA QUIMIAG DEL CANTÓN RIOBAMBA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, es absolutamente original, auténtico y personal, con tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Agosto 2016

Sánchez Toapanta Juan Miguel

CC: 180422558-7

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, Agosto 2016

Juan Miguel Sánchez Toapanta

CC: 1804225587

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. MSc. Carlos Alberto Serra Jimenez e Ing. Mg. Santiago Altamirano Meléndez , revisó y aprobó el Informe Final del proyecto de investigación titulado “SISTEMA DE MONITOREO AGRÍCOLA CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA LA PREVENCIÓN TEMPRANA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA EN LA PARROQUIA QUIMIAG DEL CANTÓN RIOBAMBA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO” , presentado por el señor Sánchez Toapanta Juan Miguel de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. José Vicente Morales Lozada, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Alberto Serra Jiménez MSc.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Santiago Altamirano Meléndez, Mg
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, a mi hermana y a mis amigos que han colaborado incondicionalmente en este proyecto, siempre alentando al esfuerzo y sacrificio físico, mental y espiritual.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ayudarme a cumplir esta meta, a muchos maestros que supieron impartir sus conocimientos y brindar su amistad, a mis queridos padres José y Teresa, a mi hermana Amalia, de manera muy especial al Ing. Antonio Salas Director del INAMHI de la ciudad de Riobamba, al Ing. Danilo Basantes Director de la Unidad Zonal de Información del MAGAP, a todas mis amigos que se encuentran en el extranjero gracias por ese aprecio y esas sabias palabras de aliento.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xviii
ACRÓNIMOS	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Delimitación.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 General	4
1.5.2 Específicos	5

CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes Investigativos	6
2.2 Fundamentación Teórica	7
2.2.1 Sistemas Electrónicos Digitales.....	7
2.2.2 Sistemas Electrónicos Basados en Microprocesadores y Microcontroladores...	9
2.2.3 Sensores.....	10
2.2.4 Características de los sensores y parámetros fundamentales.....	13
2.2.5 Actuadores y Transductores de Salida.....	14
2.2.6 Sistemas de Comunicación.....	15
2.2.7 Medios de Transmisión.....	15
2.2.8 Tecnologías de Comunicación Inalámbricas Celular.....	17
2.2.9 Sistemas de Monitoreo Electrónico Agrícola.....	19
2.2.10 Software de los Sistema de Monitoreo.....	20
2.2.11 Estaciones Meteorológicas	24
2.2.12 Características y requerimientos generales de las estaciones meteorológicas..	25
2.2.13 Características de los Elementos Meteorológicos.....	27
2.2.14 Las Plagas y Enfermedades Agrícolas.....	33
2.2.15 El cultivo de papa	34
2.3 Propuesta de Solución	36
CAPITULO III.....	38
METODOLOGÍA	38
3.1 Modalidad Básica de la investigación.....	38
3.2 Población y muestra.....	38
3.3 Recolección de información.....	39
3.4 Procesamiento y análisis de datos.....	39
3.5 Desarrollo del Proyecto.....	39
CAPÍTULO IV	41
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	41
4.1 Medición de las condiciones ambientales del sector.....	42
4.2 Investigación de las plagas y enfermedades en cultivos de papa.....	46

4.2.1	Enfermedades causadas por Oomicetos y Hongos	47
4.3	Análisis de las plagas en cultivos de papa que se producen en el sector por las condiciones climáticas.	53
4.4	Propuesta de solución.....	71
4.5	Investigación de las tecnologías inalámbricas existentes.....	72
4.5.1	Redes de área personal inalámbrica (WPAN:wireless Personal Area Networks).	72
4.5.2	Redes locales inalámbricas (WLAN)	73
4.5.3	Redes de gran alcance inalámbricas (WWAN).	74
4.6	Determinación de la tecnología inalámbrica óptima para el lugar.....	75
4.7	Selección de los dispositivos electrónicos a utilizarse en el desarrollo del sistema de monitoreo.	76
4.7.1	Sensores.	76
4.7.2	Dispositivos de adquisición y procesamiento de datos.	82
4.7.3	Dispositivo de transmisión y recepción de datos.....	84
4.8	Elaboración del esquema de diseño del prototipo, sensores, actuadores y unidad de procesamiento y software.....	86
4.8.1	Esquema de conexión de sensores.....	86
4.9	Diseño del prototipo del sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica.....	88
4.9.1	Diseño del circuito electrónico de adquisición y envío de datos.....	88
4.9.2	Diseño del esquema equipo de recepción de datos y envío de alertas.....	89
4.9.3	Diseño del software de gestión de datos.....	91
4.9.4	Diseño del modelo de selección de plagas y enfermedades.	92
4.10	Elaboración del prototipo del sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica.....	94
4.10.1	Ensamble y elaboración de la estación de monitoreo.....	94
4.10.2	Recepción de datos.	98
4.11	Pruebas de funcionamiento del prototipo.....	103
4.12	Corrección de errores y pruebas finales.	104
4.13	Estudio Económico	104
CAPITULO V		108

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
5.1 Conclusiones	108
5.2 Recomendaciones.....	109
BIBLIOGRAFIA	110
ANEXOS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Fig. 2. 1: Clasificación de sensores por su funcionamiento.....	11
Fig. 2. 2: Clasificación de sensores por la forma de proporcionar su señal.....	12
Fig. 2. 3: Clasificación de sensores por su funcionamiento.....	13
Fig. 2. 4: Modulo de un sistema de comunicación digital	15
Fig. 2. 5: Clasificación de los medios de transmisión	16
Fig. 2. 6: Una estructura de células hexagonales se muestra como la más adecuada para cubrir un territorio por ondas de radio.	18

CAPITULO IV

Fig. 4. 1: Valores de temperatura del sector de Quimiag.	44
Fig. 4. 2: Valores de presión de vapor, humedad relativa, punto de rocío, del sector de Quimiag	45
Fig. 4. 3: Valores de precipitación, evaporación, y nubosidad del sector de Quimiag... ..	45
Fig. 4. 4: Valores de velocidad y dirección del viento del sector de Quimiag.	46
Fig. 4. 5: Psicómetro	60
Fig. 4. 6: Datos psicométricos de temperatura con ventilación artificial.....	61
Fig. 4. 7: Descripción gráfica del prototipo a implementarse.....	71
Fig. 4. 8: Paquetes de mensajes escritos de Claro.....	76
Fig. 4. 9: Descripción gráfica de los sensores del prototipo.	87
Fig. 4. 10: Figura. Distribución de pines del Arduino Mega	88
Fig. 4. 11: Conexión de los Dispositivos electrónicos.....	89
Fig. 4. 12: Diseño esquemático del equipo de recepción de datos y envío de alertas	90
Fig. 4. 13: Distribución de pines del Arduino Uno.....	90
Fig. 4. 14: Recepción de datos y envío de alerta	91
Fig. 4. 15: Diseño esquemático de la base de datos.....	92
Fig. 4. 16: Diseño esquemático del procedimiento de selección de plagas y enfermedades	93
Fig. 4. 17: Materiales y dispositivos para la estación de monitoreo	94

Fig. 4. 18: Conexión de los sensores y el Arduino Mega	95
Fig. 4. 19: Conexión de los sensores y el Arduino Mega y Modulo SIM 900	95
Fig. 4. 20: Materiales y dispositivos para la estación de monitoreo	96
Fig. 4. 21: Diagrama de flujo del software para la estación de monitoreo	97
Fig. 4. 22: Receptor de datos y emisor de alerta.....	99
Fig. 4. 23: Flujograma del receptor de datos y emisor de alerta.....	100
Fig. 4. 24: Diseño de la página web.....	102
Fig. 4. 25: Pagina Web de resultados.....	102
Fig. 4. 26: Lectura de datos del sensor de presión barométrica y de temperatura	103
Fig. 4. 27: Lectura los sensores utilizados y envío de datos al receptor	103

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO IV

Tabla 4. 1: Toma de datos de la estación aeronáutica del aeropuerto Riobamba, desde el 1 de agosto del 2015 hasta el 14 de Agosto del 2015.	43
Tabla 4. 2: Enfermedades que se desarrollan en diferentes condiciones ambientales....	54
Tabla 4. 3: Enfermedades que se desarrollaron en el mes de mayo del 2015 en la semana 1y 2 en la parroquia Quimiag.	57
Tabla 4. 4: Parámetros para el cálculo del modelo de regresión lineal múltiple	63
Tabla 4. 5: Datos para aplicar el modelo de regresión lineal múltiple con velocidades de viento menores o iguales a 2ms	66
Tabla 4. 6: Valores obtenidos de las constantes del modelo de regresión lineal múltiple	68
Tabla 4. 7: Pronostico de temperaturas mínimas en el mes de abril 2016.....	70
Tabla 4. 8: Comparacion entre tecnologías Bluetooth, Dect, IrDa, NFC, y Zigbee.	72
Tabla 4. 9: Características de las redes WLAN	74
Tabla 4. 10: Tabla comparativa para la selección del Pluviómetro	77
Tabla 4. 11: Tabla comparativa para la selección del Anemómetro.....	77
Tabla 4. 12: Tabla comparativa para la selección del sensor de dirección de viento	78
Tabla 4. 13: Tabla comparativa para la selección del sensor de temperatura y humedad	79
Tabla 4. 14: Tabla comparativa para la selección del sensor de luz ambiental	80
Tabla 4. 15: Tabla comparativa de sensores de presión barométrica	81
Tabla 4. 16: Tabla comparativa de módulos de tiempo real para arduino.....	82
Tabla 4. 17: Tabla comparativa para la selección del microcontrolador.	82
Tabla 4. 18: Tabla comparativa para la selección del transmisor y receptor inalámbrico	84
Tabla 4. 19: Descripción de costos del transmisor	105
Tabla 4. 20: Descripción de costos del transmisor	106
Tabla 4. 21: Costos de hosting y pc	106
Tabla 4. 22: Costo total del proyecto	107

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1: Programa lectura y envío de datos del transmisor	113
Anexo No. 2: Programa receptor	127
Anexo No. 3: Revista de estudio de plagas en Ecuador	130

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se fundamentó en el desarrollo de un prototipo de un Sistema de Monitoreo Agrícola con Tecnología Inalámbrica y Generación de Alertas para la Prevención Temprana de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Papa en la Parroquia Quimiag del Cantón Riobamba de la Provincia de Chimborazo. Gran parte de la población de esta localidad se dedica a la agricultura, sin embargo las variaciones climáticas que afectan a esta zona producen gran cantidad de plagas y enfermedades ocasionando una disminución en el rendimiento de los cultivos.

Las información recopilada por el MAGAP del sector de Quimiag en la provincia de Chimborazo ha permitido determinar las enfermedades y plagas que se desarrollan en el cultivos de papa, en base a los resultados ha planificado el desarrollo del presente proyecto, en el cual se planteó monitorear las variables ambientales que se producen en el campo y en base de los resultados obtenidos, alertar al agricultor de las posibles plagas y enfermedades que se pueden desarrollar, para el muestreo climático y envío de la alerta se hizo uso de la red celular GSM, los datos obtenidos del sector son recopilados para estudios posteriores de quien lo requiera.

Para el diseño, construcción del prototipo se hizo uso de hardware y software libre por su bajo costo, al finalizar el proyecto se obtuvo un alto grado rendimiento, funcionalidad para detectar plagas y enfermedades en cultivos de papa, además con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico de predicción de temperaturas mínimas para el siguiente día y determinar posibles heladas o temperaturas bajas que causan daños a diferentes variedades de papa.

ABSTRACT

This research work was based on the development of a prototype of a system for monitoring agricultural with wireless technology and generation of alerts for the early prevention of pests and diseases in the cultivation of potato in the parish Quimiag of Canton Riobamba of the province of Chimborazo. Much of the population of this town is dedicated to agriculture, however the climatic variations affecting this area produce lots of pests and diseases causing a decrease in the yield of crops.

The information collected by MAGAP of Quimiag in the province of Chimborazo sector allowed determining diseases and pay that are developed in the potato crops, based on the results has planned the development of this project, which was raised to monitor the environmental variables that occur in the field and on the basis of the results obtained alert the farmer from possible pests and diseases that can develop, for climate sampling and sending the alert made use of the GSM cellular network, data obtained from the sector are collected for further studies of those who need it.

For the design, construction of the prototype was made use of hardware and free software by its low cost, at the end of the project was obtained a high degree of performance, functionality for pest and diseases in crops of Pope, in addition to the data obtained was performed a statistical analysis of prediction of minimum temperatures for the next day and determine possible frost or low temperatures that cause damage to different varieties of potato.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Algoritmos

Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas., 7

E

El rocío

temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, 28

F

Fertilización

Proceso a través del cual se preparará a la tierra añadiéndole diversas sustancias que tienen el objetivo de hacerla más fértil y útil, 1

M

Microcontroladores

circuito integrado programable, 8, 19, 82, 83

O

Oomicetos

Tipo de hongo, ix, 45

P

Phytophthora infestans

Parásito de las plantas y produce una enfermedad conocida como tizón tardío, 2, 45, 53

S

Solanum tuberosum

Nombre científico de la patata o papa, 1

T

Tubérculo

Parte de un tallo subterráneo o de una raíz que se desarrolla y se engruesa por acumular en sus células sustancias de reserva., 1

ACRÓNIMOS

FPGA	Field Programmable Gate Array (Programación de arreglos de compuertas)
GPRS	General Packet Radio Service (Servicio general de paquete de radio)
GSM	Global System for Mobile (Sistema Global para las comunicaciones Móvil)
INAMHI	Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología
LSI	Large-Scale Integration (Integración a Gran Escala)
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
Mbps	Megabit por Segundo
MHz	Megahercio
°C	Unidad de Medida de la Temperatura
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PLD	Programmable Logic Device (Dispositivo Lógico Programable)
qq/Ha	Quintales por Hectarea
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System(Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal)

INTRODUCCIÓN

La agricultura y principalmente el cultivo de papa según la información recopilada por el MAGAP [1], forma parte fundamental de las poblaciones de la región andina del Ecuador, al ser un producto empleado en el menú nutricional diario con un 7% de la canasta básica tiene una gran demanda comercial, lamentablemente su producción se ve afectada por plagas y enfermedades que se desarrollan en los cultivos por variaciones climáticas, esto afecta notoriamente al agricultor que incrementa los costos de producción y reduce su margen de utilidad.

En la presente investigación se planificó, el desarrollo del prototipo de un Sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica y generación de alertas para la prevención temprana de plagas y enfermedades en el cultivo de papa en la parroquia Quimiag del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo”. El constante desarrollo de la tecnología inalámbrica ha permitido realizar investigaciones haciendo uso de la red celular para envío de información de manera automática. El prototipo está construido con una serie de sensores de bajo costo y de fácil adquisición comercial que se encuentran dentro de los parámetros de precisión y requerimientos del estudio.

El desarrollo de este modelo conjuntamente con un tratamiento agrícola correcto ayuda a minimizar costos de producción, además es un punto de partida para nuevas investigaciones que requieran aplicar a otros tipos de cultivos e incluso implementar controles automáticos.

El primer capítulo del proyecto de investigación es de suma importancia, aquí se realiza un análisis detallado de la aparición de plagas, enfermedades y la reducción del rendimiento del cultivo, seguido del cual se propuso los objetivos que forman parte del resultado final, además la justificación que conlleva a validar el tema planteado y su realización.

En el segundo capítulo se realizó un análisis de la información requerida para una posterior planificación del desarrollo del proyecto, se consideró el marco teórico que fundamenta el uso de diferentes componentes electrónicos y tecnologías inalámbricas usadas, además tras la investigación de trabajos similares permitieron conocer con mayor detalle el uso de la electrónica en cultivos agrícolas.

En el tercer capítulo se define la metodología utilizada en la investigación, se desarrolló un cronograma de actividades que se da cumplimiento de manera sistemática, el uso correcto ha permitido que la investigación se realice de manera fácil y se dé cumplimiento a cada una de las tareas propuestas.

En el cuarto capítulo se explica el desarrollo del sistema electrónico, detallando el diseño y parámetros tomados en consideración para obtener los resultados esperados, luego se procede a la construcción y del prototipo para proseguir con las pruebas de su funcionamiento, análisis de los datos obtenidos para concluir con las correcciones requeridas del sistema.

En el quinto capítulo se describe las conclusiones obtenidas en el desarrollo del proyecto y posterior a las pruebas realizadas, del mismo modo las recomendaciones que se debería hacer el futuros trabajos relacionados con el Sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica y generación de alertas para la prevención temprana de plagas y enfermedades en el cultivos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de Investigación

SISTEMA DE MONITOREO AGRÍCOLA CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA Y GENERACIÓN DE ALERTAS PARA LA PREVENCIÓN TEMPRANA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA EN LA PARROQUIA QUIMIAG DEL CANTÓN RIOBAMBA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

1.2 Planteamiento del problema

El incremento de la población mundial en el siglo XXI ha generado una gran demanda de productos agrícolas, de acuerdo al último informe presentado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción de papa “*Solanum tuberosum*”, ha sobrepasado los 325 millones de toneladas en el 2007, en el que se tiene como principal productor a la República Popular China con 72 millones de toneladas que representan aproximadamente una tercera parte de la producción mundial, luego de este le siguen países como: Rusia, India, Ucrania Estados Unidos de América y Alemania entre los principales [2]. La alta demanda mundial de este tubérculo ha generado fuentes de empleo y ha mejorado la economía de los productores, la decisión de los agricultores por el cultivo de este producto siempre estará bajo la influencia de las condiciones ambientales, pese que la papa es una planta que se adapta a diferentes tipos de suelos y climas que oscilan entre los 10°C hasta los 30°C, existen tres grupos de vital importancia como son: el tiempo y el clima; suelos, fertilización y relieve;

plagas y enfermedades, el cultivo de papas sin tener en cuenta estos factores afecta el rendimiento y el uso posterior a la cosecha [3].

La papa es uno de los cultivos importantes y tradicionales en el Ecuador, su producción se encuentra principalmente en la región Andina, en la misma están vinculados 82 mil productores en un total de 90 cantones, obteniendo mayores rendimientos en la parte norte del país. El nivel de producción nacional ha tenido un incremento considerable aunque no en la cantidad esperada, esto se debe a que se tiene una mayor cantidad de cultivos pero con bajos niveles porcentuales de producción. Los pequeños productores con superficies menores a 2 hectáreas de terreno representan el 50% de los productores [4]. Los cultivos de papas en el Ecuador se ven afectados muy comúnmente por los aspectos antes citados [3], pero en especial la inestabilidad del clima en la sierra ecuatoriana genera la proliferación de plagas como la lancha “*Phytophthora infestans*”, que es una de las enfermedades de mayor importancia esta puede causar pérdidas en el cultivo desde un 10 hasta un 100%, el mayor daño ocurre cuando el clima es húmedo alternado con días soleados y aún más si hay neblina [5].

La provincia de Chimborazo es la tercera provincia al nivel nacional dedicada al cultivo de papa, los vientos cálidos de la zona amazónica afectan a la franja de la Cordillera Oriental formando parte de ella el cantón Riobamba y el cantón Chambo [1]. Las corrientes suavizan el clima pero el riesgo por granizadas, lloviznas constantes y heladas se presentan durante varios meses del año, el registro climatológico del INAMHI y el seguimiento de los cultivos de papa que ha realizado el MAGAP han determinado que durante los meses de enero, marzo, julio, agosto y diciembre se producen más cambios ambientales, siendo esto una de las causas se desarrollan en gran cantidad enfermedades y plagas ocasionando un bajo rendimiento en el cultivo de papas [6]. Muchos de los pobladores de la parroquia Quimiag del cantón Riobamba se dedican a esta actividad, pero la falta de control, alerta y monitoreo constante de los sembríos produce pérdida económica.

1.3 Delimitación

Área académica: Comunicaciones.

Línea de Investigación: Tecnologías de Comunicación.

Sublíneas de investigación: Comunicaciones Inalámbricas.

Delimitación Espacial:

El proyecto de investigación se realizará en un cultivo de Papa en la parroquia Quimiag del cantón Riobamba. El prototipo desarrollado fue para el Ministerio de Agricultura ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP).

Delimitación Temporal:

La presente investigación se desarrollara en seis meses a partir de la aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4 Justificación

La falta de capacitación de los agricultores genera controles empíricos ineficientes en el cultivo de papa, la vulnerabilidad de la semilla seleccionada junto con los cambios climáticos inesperados genera plagas y enfermedades agrícolas, por lo cual los productores obtienen una disminución en el rendimiento en los cultivos esto conlleva a obtener pérdidas económicas.

El Sistema de Monitoreo Agrícola con Tecnología Inalámbrica y Generación de Alertas para la Prevención Temprana de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Papa es factible realizar haciendo uso de hardware y software libre para que el prototipo sea de fácil adquisición, en el desarrollo del proyecto se propuso:

La medición automática de los parámetros ambientales que intervienen en el cultivo de papa, con esta información se determinó si se encuentra afectado por alguna enfermedad de acuerdo al desbalance de los datos antes adquiridos ya que serán comparados con información obtenida de investigaciones anteriores que determinan los niveles óptimos para el buen desarrollo de un producto agrícola. En desarrollo del proyecto se contará con la coordinación y supervisión de la Unidad Zonal de información del Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca MAGAP, del mismo modo se contará con el control continuo y colaboración de los señores docentes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

Los beneficiarios del proyecto serán los productores de papa, quienes tendrán un mejor control y monitoreo de sus cultivos incrementando su producción y disminuyendo la inversión. El estudio, toma de datos, pruebas e implementación del prototipo se lo realizara en una hectárea de cultivo de la parroquia Quimiag del cantón Riobamba provincia de Chimborazo. Los resultados obtenidos tras el proceso de investigación, diseño del prototipo y pruebas realizadas en los sembríos de papa estarán a disposición de las personas que lo soliciten, lo cual permitirá una futura implementación en otros sectores donde se requiera el sistema.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Desarrollar el prototipo de un Sistema de Monitoreo Agrícola con Tecnología Inalámbrica y Generación de Alertas para la Prevención Temprana de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Papa en la Parroquia Quimiag del Cantón Riobamba.

1.5.2 Específicos

- Analizar los parámetros para la prevención temprana de plagas en cultivos de papa.
- Determinar las tecnologías inalámbricas para el desarrollo del sistema de monitoreo agrícola.
- Implementar un prototipo del Sistema de Monitoreo con Tecnología Inalámbrica.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Para el desarrollo del proyecto se ha hecho referencia a los siguientes trabajos de investigación, los cuales han servido de guía y sustento técnico.

Se ha realizado un estudio por Mario Erazo y José Sánchez la para la obtención del título de ingenieros en electrónica e instrumentación, en el que se trata del control y supervisión de variables en un sistema antiheladas, regadío y ventilación desarrollado para optimizar los cultivos bajo invernaderos, que permitan en forma eficiente el sano desarrollo de las plantas de rosas, en el que se concluye que mediante el uso del sistema implementado, se optimiza la calidad del cultivo y se ha logrado la disminución de los daños que producen las condiciones ambientales diferentes [7].

La investigación realizada por Edgar Javier Cobos Hernández para la obtención de su título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, en el cual se realiza un estudio de las redes sensoriales de comunicación inalámbrica , haciendo énfasis en las nuevas aplicaciones donde se consideran dispositivos con capacidad de procesamiento de datos que se pueden comunicar de forma inteligente permitiendo el uso y desarrollo de redes de sensores inalámbricos, además se realiza el análisis del tráfico de datos en la red

usada para el envío de la información de cada sensor, también se muestra un minucioso estudio de los protocolos de enrutamiento que son los encargados de prolongar el tiempo de vida de la red, obteniendo redes escalables y robusta [8].

Del mismo modo se ha realizado una investigación por Geovanna Cecilia Narváez Ortiz para obtener el título de ingeniera en electrónica y telecomunicaciones, en el que se desarrolla la automatización de un sistema de riego dedicado a la producción florícola basado en las tecnologías de agricultura de precisión y en telemetría utilizando la plataforma de comunicaciones de telefonía móvil GPRS, consistió en conectarse a través de la red celular utilizando dispositivos que permitan esta conexión módems celulares y obtener un punto remoto de control y monitoreo prototipo realizado en la florícola Gerflores, en el que se concluye que la utilización de sistemas electrónicos en el campo agrícola mejorara significativamente la estructura productiva que se refleja en el incremento y la calidad de la producción obtenida demostró que la red diseñada cubre las necesidades de comunicaciones requeridas por los clientes de Israriego y de esta manera que el proyecto es viable para mejorar el control de los sistemas de riego de las empresas florícolas [9].

Además se encontró información referente a modelos mecanicistas de pronóstico de heladas usados para otras latitudes diferente a la ecuatorial que se usan para comparar y desarrollar modelos empíricos de acuerdo a las condiciones de la zona, en el informe se logra desarrollar un modelo experimental con la probabilidad del 75% y con un grado de error del ± 2 °C. [1]

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Sistemas Electrónicos Digitales.

Un sistema electrónico digital se define como aquellos circuitos que realizan operaciones numéricas y lógicas en sistema binario, la representación electrónica en un sistema binario está relacionado por:

- El cero por cero voltios.
- El uno por una tensión fija determinada (10 o 5 voltios por ejemplo).

El procesado de la información cuando esta se codifica en formato digital, realiza un proceso sobre un conjunto de datos de entrada y produce una información de salida, como resultado de aplicar un algoritmo determinado [10], Según como se realice el procesamiento de los datos de presentan dos alternativas para su implementación:

➤ Sistemas Cableados

En este tipo de sistemas el algoritmo queda definido por la conexión física entre los diferentes elementos lógicos, de forma que cada algoritmo supone un circuito diferente [11].

Características de los sistemas cableados:

- Tiempo de procesamiento reducido.
- Diseño poco flexible una vez estableció el circuito el algoritmo a ejecutar siempre es el mismo.
- Desarrollo costoso.
- Diseño para aplicación específica.

Los sistemas electrónicos digitales cableados suelen estar contruidos de circuitos integrados combinatoriales y secuenciales, en aplicaciones que requieran cierto grado de integración, está extendido el empleo de dispositivos lógicos programables también conocidos como PLD, de modo opuesto en aplicaciones más específicas el uso de FPGA (Field Programmable Gate Array), es una solución más adecuada [11].

➤ Sistemas Programables

En estos sistemas el algoritmo se ejecuta como una secuencia de instrucciones, de tal manera que un mismo sistema puede ejecutar diferentes algoritmos tan solo cambiando el programa.

Características de los sistemas programables:

- Tiempo de procesamiento elevado comparado con los sistemas cableados.
- Diseños flexibles, fáciles de adaptar a cambios en las especificaciones, con solo el cambio del programa a ejecutar.
- Los sistemas electrónicos digitales programables se ajustan a las necesidades particulares del usuario.

Los sistemas electrónicos digitales programables suelen estar contruidos de microcontroladores (uC) y microprocesadores (uP), además el empleo de algunos componentes lógicos cableados, la selección de un tipo de sistema u otro no es obvia y depende de las necesidades del usuario. Actualmente es muy habitual encontrar sistemas que están implementados en forma híbrida empleando tanto circuitos lógicos cableados como elementos programables, así de este modo se logra optimizar el producto final [11]

2.2.2 Sistemas Electrónicos Basados en Microprocesadores y Microcontroladores

➤ Sistemas Electrónicos Basados en Microprocesadores

La electrónica han experimentado un progreso muy importante para el desarrollo de nuevos dispositivos, los circuitos integrados de gran nivel de integración (LSI) realizan funciones de un alto grado de complejidad, es decir pueden ejecutarse muchas funciones de las microcomputadoras o de la aplicación a la que estén destinadas.

La técnica de los microprocesadores implica una unión indisoluble entre el hardware y el software no sería útil si no se trabaja en ambos sentidos depende de la velocidad del proceso, el sistema operativo que se correrá e incluso una importante porción del consumo energético del equipo y el costo del sistema [12].

➤ Sistemas Electrónicos Basados en Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado digital monolítico, que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de arquitectura, esta específicamente orientado a tareas de control y comunicaciones.

Por su pequeño tamaño los microcontroladores permiten empotrar un procesador programable en muchos productos industriales o domésticos esto reduce su costo y consumo de energía como por ejemplo electrodomésticos (televisor, lavadora, microondas, etc), sistemas informáticos (ratón, impresora, etc.), sistemas de telecomunicaciones (teléfonos móviles y fijos), sistemas de control de una maquinaria etc. [13].

2.2.3 Sensores.

Los dispositivos de adquisición de datos tiende a componerse de varios componentes que juntos se utilizan para realizar una medida y suavizar o registrar el resultado. Estos componentes son un dispositivo de entrada que recibe la señal de entrada y la convierte en un formato ideal para el siguiente componente, que acondiciona la señal la que se usa en el siguiente componente de manera que se pueda procesar, estos componentes de entrada se conocen a menudo como sensores, detectores, captadores, sondas y más frecuente transductores [14].

➤ Señales Digitales y Analógicas

Se denominan señales analógicas o digitales a toda magnitud eléctrica cuyas variaciones llevan información sobre un proceso o magnitud física. Las señales cuya amplitud varía de forma continua en el tiempo se denominan analógicas. Aquellas que solo pueden tomar una serie de valores concretos, se denominan señales de amplitud discreta continuas en el tiempo.

Las señales que solo pueden tomar valores de amplitud discretos en instantes concretos, se denominan digitales que se las representa físicamente con valores o niveles de tensión 0 y 1, una secuencia de estos códigos binarios es lo que representa o se denomina comúnmente una señal digital [15]

➤ Clasificación de los sensores

Los sensores pueden ser clasificados de acuerdo a diferentes parámetros y características.

Por su funcionamiento:

- Activos.- necesitan ser alimentados con una fuente de energía externa para su funcionamiento.
- Pasivos.- no necesitan ser alimentados con una fuente de energía externa, las condiciones medioambientales son suficientes para su operación.

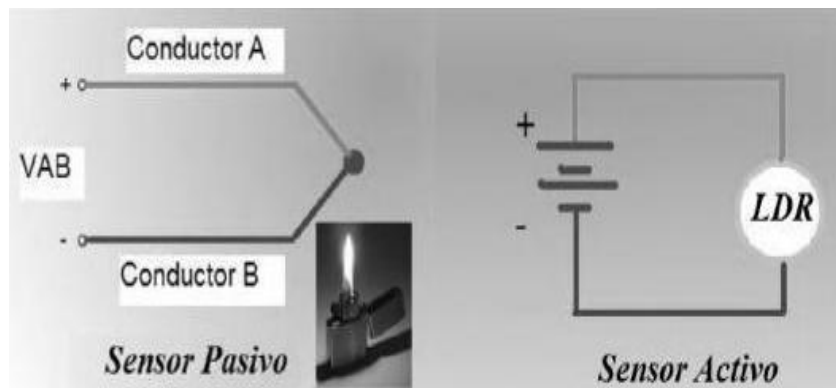


Fig. 2. 1: Clasificación de sensores por su funcionamiento

Fuente: Guía práctica de sensores [16]

Por la forma de su señal:

- Analógicos.- proporcionan información mediante una señal analógica.
- Digitales.- proporcionan información por medio de una señal digital.

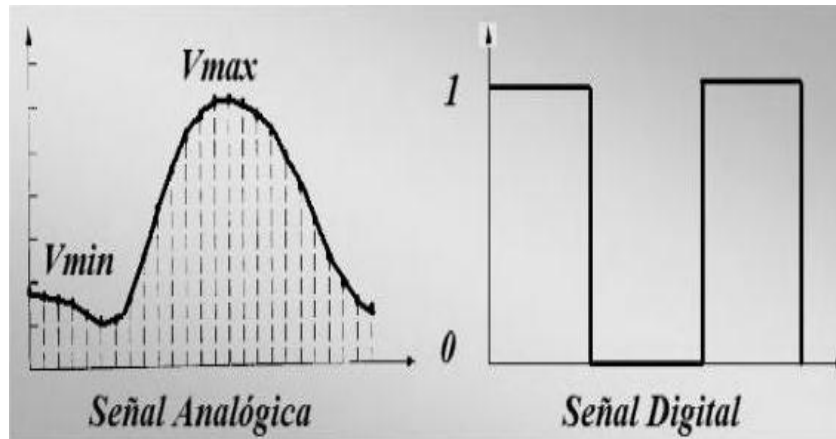


Fig. 2. 2: Clasificación de sensores por la forma de proporcionar su señal
Fuente: Guía práctica de sensores [16]

Por la naturaleza de su funcionamiento:

Se dispone de una amplia gama pero a continuación se describen los más usuales y comunes.

- Posición.- son aquellos que experimentan variaciones en función de la posición que ocupan en cada instante los elementos que lo componen.
- Fotoeléctricos.- experimentan variaciones en función de la luz que incide sobre ellos.
- Magnéticos.- experimentan variaciones en función de los campos magnéticos que los atraviesan.
- Temperatura.- experimentan variaciones en función a la temperatura del lugar donde se encuentren ubicados.
- Humedad.- experimentan cambios en función del nivel de humedad del medio en el que se encuentren ubicados.



Fig. 2. 3: Clasificación de sensores por su funcionamiento
Fuente: Guía práctica de sensores [16].

Por los elementos utilizados en su fabricación:

- Mecánicos.- utilizan contactos mecánicos para generar diferentes estados.
- Resistivos.- están fabricados con elementos resistivos.
- Capacitivos.- utilizan condensadores para su fabricación.
- Inductivos.- utilizan bobinas en su fabricación.
- Piezoeléctricos.- utilizan cristales de cuarzo en su fabricación.
- Semiconductores.- utilizan elementos y materiales semiconductores para su elaboración.

2.2.4 Características de los sensores y parámetros fundamentales.

La finalidad de un sensor es dar una salida eléctrica que corresponda con una determinada magnitud aplicada a su entrada, en consecuencia se detallara las principales características.

Características estáticas:

- Calibración.- consiste en aplicar sucesivos valores de la magnitud de entrada, cuyo valor se determina con un sistema de medida de calidad superior al que se está calibrando, en la calibración se aplica varias veces la misma magnitud de entrada y se va anotando los valores de salida, la línea que une los puntos obtenidos se denomina curva de calibración.

- Sensibilidad.- se define como la pendiente de la curva de calibración, si la línea es una recta la sensibilidad es constante y se dice que el sensor es lineal, caso contrario el sensor puede ser exponencial o logarítmico.
- Exactitud.- es el grado de coincidencia entre el valor real de entrada y el valor calculado a partir de la salida obtenida y de la sensibilidad. La diferencia de estos valores se denomina error absoluto, el cociente entre el valor absoluto y el valor real se denomina error relativo.
- Resolución.- es el mínimo cambio de la entrada que se puede percibir a la salida, la resolución del sensor no es un factor limitante en aplicaciones industriales, por lo que es posible disponer una etapa posterior con ganancia suficiente para poder percibir pequeños cambios.

En la selección de un sensor intervienen otros factores relativos al entorno de aplicación, en primer lugar el margen de medida, límites de la tensión de alimentación, temperatura, humedad, vibraciones, presencia de sustancias corrosivas etc [17].

Características dinámicas:

- Retardo y el error dinámico.
- El retardo es el tiempo que transcurre desde que el sensor recibe un cambio en su entrada hasta alcanzar un valor fijo o estacionario en la salida.
- El error dinámico afecta a las señales rápidas y en muchos casos son ocasionados por elementos que almacenan o generan energía [17].

2.2.5 Actuadores y Transductores de Salida.

Un actuador es un dispositivo de salida, en forma fundamental estos están presentes en toda instalación automatizada, este elemento actúa sobre el exterior, afectando físicamente sobre ciertos elementos de la instalación, estos elementos llevan a cabo órdenes recibidas por otros dispositivos del sistema (sensores u otros elementos de control), permitiendo transformar la información digital procesada en un tipo de trabajo sea mecánico o térmico [18].

2.2.6 Sistemas de Comunicación.

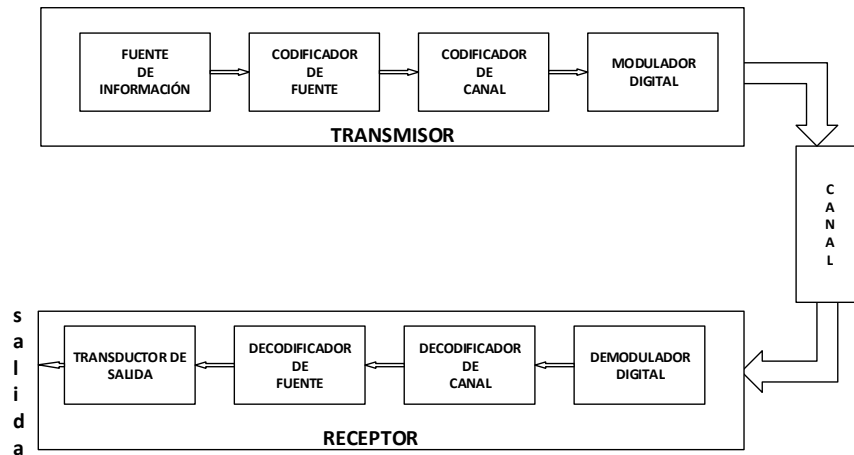


Fig. 2. 4: Módulo de un sistema de comunicación digital

Fuente: Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela [17].

Los sistemas de comunicaciones son los que permiten el intercambio de la información, se encargan del transporte utilizando diferentes medios de transmisión y dispositivos [19].

Elementos de un sistema de comunicaciones:

- Transductor de entrada, es un dispositivo físico que transforma la información o mensaje a transmitir en impulsos eléctricos, óptica.
- Emisor o transmisor, es el subsistema electrónico que recibe la señal procedente del transductor de entrada y la acondiciona para ser transmitida
- Receptor, es un subsistema electrónico que recibe la señal procedente del medio de transmisión y la acondiciona para entregar al transductor de salida.
- Transductor de salida, interpreta la señal entregada por del receptor y presenta en forma de audio, video, etc.
- Medio o canal de transmisión, se considera al medio físico por donde viaja la señal de información procedente del emisor con destino al receptor.

2.2.7 Medios de Transmisión.

Los medios alámbricos de transmisión por lo general se utilizan en las redes de cómputo pero tienen muchas aplicaciones de transmisión. Se refiere al medio físico por el cual se transporta la información y permite tener el intercambio y enlace con estaciones de trabajo, por lo general son líneas de cobre [20].

En el siguiente gráfico se puede apreciar los tipos de medios de transmisión.

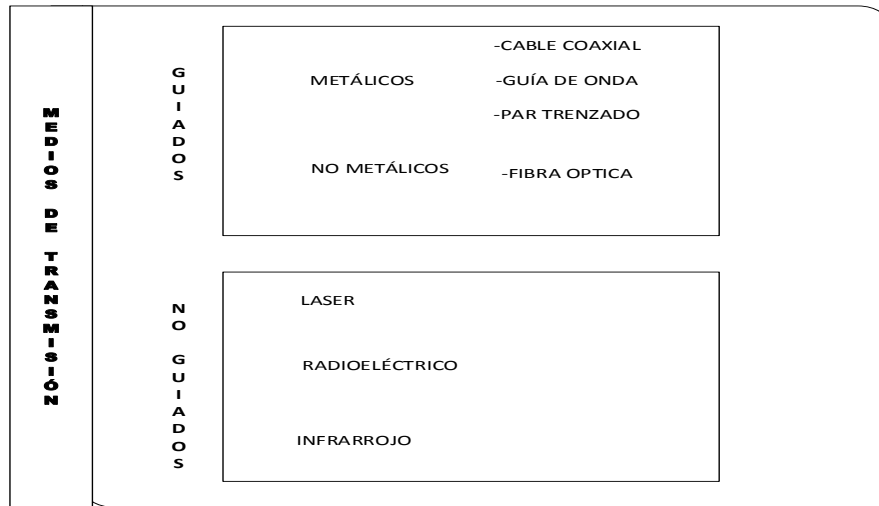


Fig. 2. 5: Clasificación de los medios de transmisión
Elaborado por: Juan Sánchez

Para la selección del medio alámbrico se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de ambiente donde se va a instalar.
- Tipo de equipo por conectar.
- Tipo de aplicación o requerimiento.
- Capacidad económica, relación esperada costo / beneficio.

➤ Medios de transmisión guiados

Las ondas electromagnéticas circulan a través de un medio sólido, como un cable de cobre una guía de onda, o también una fibra óptica por medio de un haz de luz, cada uno con diferentes características y aplicaciones.

➤ Medios de Transmisión Ópticos

La fibra óptica es una nueva tecnología que se utiliza para transferir información a grandes velocidades, consiste en un núcleo de vidrio muy delgado con un alto índice de refracción de la luz. Alrededor del núcleo hay un revestimiento también de base de vidrio pero con índice de refracción más bajo que protege al núcleo de la contaminación y provoca reflexión interna [20].

➤ Medios de Transmisión Electromagnéticos

Otro medio de transmisión de la información es el espacio libre, se trata de un medio electromagnético, es decir los datos viajan en base de campos eléctricos y magnéticos que se los conoce como ondas de radio. Gracias a estas ondas las distancias se han reducido haciendo que las relaciones de carácter económico, político y social entre los países sean más evidentes que nunca, lo cual da origen a la globalización. Esta forma de transmitir la información enlaza a los lugares de difícil acceso, en envío y recepción de la información se lo lleva a cabo mediante el uso de antenas las que se encargan de transformar la energía eléctrica en electromagnética [20].

➤ Medios de transmisión no guiado

La señal no circula por ningún medio físico y las transmisiones son inalámbricas, transportan las señales electromagnéticas mediante frecuencias de microondas y radio frecuencias que representan dígitos binarios de las comunicaciones de datos.

Las microondas permiten transmisiones terrestres como con satélites van en el rango de frecuencias comprendidas entre 1 y 10 GHz transmiten a velocidades del orden de 10 Mbps, además requieren de licencias para su uso. Los sistemas infrarrojos, utilizan señales de luz infrarroja que transporta los datos entre dispositivos, debe existir visibilidad directa entre los dispositivos que transmiten y los que reciben ya que de lo contrario se puede ver interrumpida la comunicación.

2.2.8 Tecnologías de Comunicación Inalámbricas Celular.

La telefonía móvil consiste en ofrecer el acceso vía radio a los abonados de telefonía, de tal manera que puedan realizar y recibir llamadas dentro del área de cobertura del sistema.

Dentro de la telefonía móvil hay que tener en cuenta entre los denominados de amplia cobertura y los denominados sin hilos o cordless de cobertura limitada, aun cuando los dos utilizan el espectro radioeléctrico para enlazar con las estaciones base conectadas a las centrales telefónicas las aplicaciones del uno y del otro son distintas.

Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que pretende dar servicio en células normalmente hexagonales de mayor o menor tamaño, cada una de estas son atendidas por una estación de radio que restringe las zonas de cobertura a la misma aprovechando el alcance limitado de la propagación de las ondas de radio a frecuencias elevadas. [21]

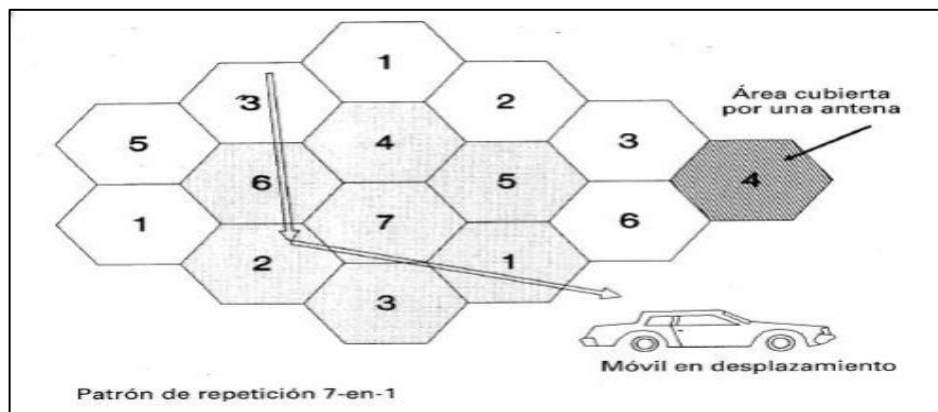


Fig. 2. 6: Una estructura de células hexagonales se muestra como la más adecuada para cubrir un territorio por ondas de radio.

Fuente: Transmisión y redes de datos [21].

- Características de una red celular
- Gran capacidad de usuarios.
- Amplia cobertura.
- Utilización eficiente del espectro.

➤ Tecnología GSM.

GSM es un estándar de la telefonía celular móvil, es el punto de partida el primer estándar para la telefonía móvil digital de aplicación mundial opera en la banda de frecuencia de 75 MHz hasta 1800 MHz. La cobertura o rango de alcance de GSM depende básicamente de la orografía. En el espacio libre puede alcanzar hasta distancias de 35Km y más. Para distancias más grandes, el retardo de la señal impide la comunicación entre la radio base y el móvil además depende en las ciudades de la atenuación que se puede ocasionar entre los edificios [22].

➤ Tecnología GPRS

Es el sistema General Packet Radio Service, permite tener una velocidad de máxima transferencia de 56 a 114 Kbps se conoce como la segunda generación y media en sistemas móviles. El sistema GPRS utiliza la misma red que GSM lo cual permite reducir costos de implantación.

Se ocupa una línea durante el tiempo que está abierta la conexión, al acabar la línea se libera para que la pueda utilizar otra llamada. El sistema GPRS permite el cobro por cantidad de datos transmitidos, en lugar de por tiempo de conexión [23].

➤ Tecnología UMTS

Se le llama la tercera generación en tecnología móvil, siendo la sucesora de GSM, así como GPRS era una evolución de GSM, la tecnología UMTS utiliza protocolos y lenguajes nuevos, permitiendo llegar hasta los 2 Mbps.

El ancho de banda permite aplicaciones que hasta ahora eran imposibles en un móvil como la video llamada. El despliegue de UMTS requiere un cambio importante en todas las infraestructuras de comunicación móvil es decir implica redes totalmente nuevas tanto como para acceso como para conmutación [23].

2.2.9 Sistemas de Monitoreo Electrónico Agrícola.

El sistema consiste en monitorear electrónicamente variables físicas que se producen en el medio ambiente y son de vital importancia en la agricultura y desarrollo de diferentes cultivos.

➤ Indicadores

Los indicadores de un sistema de monitoreo son de suma importancia ya que en función de estos valores relacionados con las tomas de datos del sector en análisis se puede determinar una característica del sector de estudio y proyectar los datos a un futuro, además se contempla la forma de presentar los resultados de la investigación o de la adquisición de los datos puede presentarse en dispositivos móviles, páginas web, pantallas touch, displays, lcds, etc. Para de este modo llegar a mas sectores que necesiten hacer uso de la información obtenida.

➤ Sistemas de Monitoreo y Control de Procesos

Los sistemas de monitoreo y control de procesos utilizan teoría básica de control óptimo, adaptativo y estocástico que antecede a la llamada “era de la informática”, estos sistemas se benefician de los nuevos paradigmas en la medida que pueden utilizar la miniaturización y reducción de costos permitiendo una electrónica avanzada con sensores y transmisores de menor tamaño, más eficientes y más económicos. Junto a ello se desarrolla la posibilidad de usar microcontroladores o microprocesadores, orientados al tratamiento de datos, este procedimiento ha generado una mayor facilidad para los agricultores que hacen uso de equipos de monitoreo que se pueden adaptar al trabajo agrícola. [24]

2.2.10 Software de los Sistema de Monitoreo.

El usuario utiliza una consola de programación para configurar y controlar los dispositivos electrónicos de acuerdo a su necesidad, muchas empresas desarrollan software que permiten configurar el hardware de manera fácil pero también se puede acceder a interfaces en software libre a bajos costos. [25]

➤ Base de datos

Es básicamente un sistema computarizado para llevar registros que permite agregar, insertar, recuperar, modificar y eliminar archivos, se considera a una base de datos como un armario electrónico. En la actualidad se puede usar diferentes tipos de software pagado y libre que permiten desarrollar estas aplicaciones. [26]

➤ Gestores de base de datos de libre adquisición

a) MySQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional, fue creada por la empresa sueca MySQL AB, la cual tiene el copyright del código fuente del servidor SQL, así como también de la marca. MySQL es un software de código abierto, licenciado bajo la GPL de la GNU, aunque MySQL AB distribuye una versión comercial, en lo único que se diferencia de la versión libre, es en el soporte técnico que se ofrece, y la posibilidad de integrar este gestor en un software propietario, ya que de otra manera, se vulneraría la licencia GPL.

Características:

- Aprovecha la potencia de sistemas multiprocesador, gracias a su implementación multihilo.
- Soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas.
- Dispone de API's en gran cantidad de lenguajes (C, C++, Java, PHP, etc).
- Gran portabilidad entre sistemas.
- Soporta hasta 32 índices por tabla.
- Gestión de usuarios y passwords, manteniendo un muy buen nivel de seguridad en los datos.
- Condición de open source de MySQL hace que la utilización sea gratuita y se puede modificar con total libertad.
- Se puede descargar su código fuente. Esto ha favorecido muy positivamente en su desarrollo y continuas actualizaciones.
- Es una de las herramientas más utilizadas por los programadores orientados a Internet.

- Infinidad de librerías y otras herramientas que permiten su uso a través de gran cantidad de lenguajes de programación.
- MYSQL, es el manejador de base de datos considerado como el más rápido de Internet.
- Gran rapidez y facilidad de uso.
- Infinidad de librerías y otras herramientas que permiten su uso a través de gran cantidad de lenguajes de programación.
- Fácil instalación y configuración.

Ventajas:

- Velocidad al realizar las operaciones, lo que le hace uno de los gestores con mejor rendimiento.
- Bajo costo en requerimientos para la elaboración de bases de datos, ya que debido a su bajo consumo puede ser ejecutado en una máquina con escasos recursos sin ningún problema.
- Facilidad de configuración e instalación.
- Soporta gran variedad de Sistemas Operativos Baja probabilidad de corromper datos, incluso si los errores no se producen en el propio gestor, sino en el sistema en el que está. Conectividad y seguridad.

Desventajas:

- Un gran porcentaje de las utilidades de MySQL no están documentadas. No es intuitivo, como otros programas. [27]

b) PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado y en sus últimas versiones no tiene nada que envidiarle a otras bases de datos comerciales.

Características:

- Soporta distintos tipos de datos: además del soporte para los tipos base, también soporta datos de tipo fecha, monetarios, elementos gráficos, datos sobre redes (MAC, IP), cadenas de bits, etc.
- También permite la creación de tipos propios.
- Incluye herencia entre tablas, por lo que a este gestor de bases de datos se le incluye entre los gestores objeto-relacionales.
- Copias de seguridad en caliente (Online/hot backups)
- Unicode
- Juegos de caracteres internacionales
- Regionalización por columna
- Multi-Version Concurrency Control (MVCC)
- Múltiples métodos de autenticación
- Acceso encriptado vía SSL
- SE-postgres
- Completa documentación
- Licencia BSD
- Disponible para Linux y UNIX en todas sus variantes (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64) y Windows 32/64bit.

Ventajas:

- Ampliamente popular - Ideal para tecnologías Web.
- Fácil de Administrar.
- Su sintaxis SQL es estándar y fácil de aprender.
- Bajo de memoria, bastante poderoso con una configuración adecuada.
- Multiplataforma.
- Capacidades de replicación de datos.
- Soporte empresarial disponible.

Desventajas:

- En comparación con MySQL es más lento en inserciones y actualizaciones, ya que cuenta con cabeceras de intersección que no tiene MySQL.

- Soporte en línea: Hay foros oficiales, pero no hay una ayuda obligatoria.
- Consume más recursos que MySQL.

La sintaxis de algunos de sus comandos o sentencias no es nada intuitiva. [28]

➤ Páginas web

Es un documento electrónico que contiene información textual, visual y/o sonora que se encuentra alojado en un servidor y puede acceder mediante el uso de navegadores, una página web forma parte de una colección de otras páginas webs dando lugar al denominado sitio web el cual se encuentra identificado bajo el nombre de un dominio.

Consideraciones para el diseño de la página web:

- Establecer el propósito por el cual se desarrolla.
- Colocar las características específicas.
- Definir las secciones principales.
- Describir su contenido.
- Seleccionar un estilo y apariencia.
- Evaluar el diseño, estructura y funcionalidad.
- Publicar el sitio web.

2.2.11 Estaciones Meteorológicas

Se considera una estación meteorológica el lugar donde se evalúan uno o varios elementos meteorológicos para una aplicación determinada, a continuación se realiza un breve análisis de la clasificación [26]

Las estaciones pueden clasificarse por el número de instrumentos que poseen y por las diferentes funciones que desempeñan.

Por el número de instrumentos que poseen se clasifican en:

- Estaciones de primer orden, se las conoce como estaciones de tipo A, o completas, en estas se miden temperatura, precipitación, nubosidad, viento, presión atmosférica, humedad, evaporación, etc.
- Estaciones de segundo orden, tipo B, o termopluiométricas (Tp), en ellas se miden sólo temperatura y precipitación.
- Estaciones de tercer orden, tipo C, o pluviométricas (Pv) y pluviográficas (Pg), son encargadas de medir solo precipitación.

Por la función que desempeñan, las estaciones se clasifican en:

- Estaciones Climatológicas: aquellas cuyos datos sirven para determinar las características del clima.
- Estaciones Sinópticas: las que realizan observaciones de superficie y de la atmósfera libre para los análisis del estado del tiempo a horas establecidas internacionalmente.
- Estaciones Aeronáuticas: estaciones donde se efectúan observaciones e informes meteorológicos para la navegación aérea, tanto nacional como internacional, también eventualmente realizan mediciones climatológicas.
- Estaciones Aerológicas: Son las estaciones dedicadas a la observación de la atmósfera libre. Miden la temperatura, la humedad, la presión atmosférica y la dirección y velocidad del viento a diferentes niveles.
- Estaciones Especiales: Comprenden todas las estaciones instaladas para cubrir fines no contemplados por las anteriores tales como:
 - Parásitos atmosféricos.
 - Electricidad atmosférica.
 - Localización de nubes e hidrómetros con radar.
 - Rastreo satelital del tiempo,
 - Agricultura,
 - Ozono.
 - Microclimatología.
 - Química atmosférica, etc.

2.2.12 Características y requerimientos generales de las estaciones meteorológicas.

Las observaciones meteorológicas se realizan por diferentes razones, en muchos casos para análisis e investigación o predicciones meteorológicas, y los resultados obtenidos son usados en el manejo de vuelos aplicaciones de hidrológica, desarrollo de ciertas enfermedades o bacterias, etc.

➤ Representatividad

La cantidad de datos y resolución requerida para alguna aplicación está relacionada con las escalas temporales y espaciales apropiadas para los fenómenos a analizarse, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) clasifica las escalas horizontales de los fenómenos meteorológicos de la siguiente manera.

- Microescala: menos de 100 m.
- Topoescala o escala local: de 100 m a 3 km.
- Mesoescala : de 3 a 100 Km.
- Gran escala: de 100 a 3000 Km.
- Escala planetaria: más de 3000 Km.

➤ Observadores

Son personas encargadas de supervisar el correcto funcionamiento de las estaciones y realizar las observaciones suplementarias o de reserva cuando el equipo automático no hace las observaciones de todos los elementos requeridos cuando está fuera de servicio.

➤ Emplazamiento y exposición

Es referente a la selección del lugar donde estará colocada la estación y a los requisitos que se deben cumplir sobre la exposición de instrumentos sin embargo los mismos podrían variar dependiendo del tipo de estación y aplicación que se esté realizando, a continuación se presenta un ejemplo de un ejemplo, las consideraciones se aplica a la selección del emplazamiento y a los requisitos de exposición de los instrumentos de una estación sinóptica o climatológica típica de una red regional o nacional [27].

- Los instrumentos deben instalarse en un terreno llano no menor de 25 metros por 25 metros en el caso que se tenga muchas instalaciones, pero caso contrario

podría ser de 7 metros por 10 metros, el terreno debería estar cubierto de hierba corta o de una superficie representativa de la localidad, rodeada de una cerca de estacas para impedir el paso de personas no autorizadas, se reserva una parcela de 2 por 2 metros para las observaciones referentes al estado del suelo, y su temperatura a profundidad iguales o inferiores a 20 cm.

- No debería haber laderas empinadas en las proximidades, y el emplazamiento no debería encontrarse en una hondonada. Si no cumplen estas condiciones, las observaciones pueden presentar peculiaridades de importancia local.
- El sector seleccionado debería estar alejado de los árboles, edificios, muros u otros obstáculos. La distancia entre cualquiera de estos obstáculos (incluida las vallas) y el pluviómetro no debe ser inferior al doble de la altura del objeto por encima del borde del aparato, y preferentemente debería cuadruplicar la altura.
- El registrador de luz solar, el pluviómetro y el anemómetro han de exponerse de manera que satisfagan sus requisitos.
- Cabe señalar que el recinto tal vez no sea el mejor lugar para estimar la velocidad y dirección del viento, por lo que posiblemente convenga elegir un punto de observación más expuesto al viento.

La OMM recomienda que los instrumentos manuales deben estar dentro de una garita o caja protectora, esta debe tener las siguientes características:

- Caja de madera, pintada de color blanco y esmaltada para reflejar bien la radiación.
- Debe tener buena ventilación.
- El techo debe ser doble y circulación del aire entre los dos tejados para evitar el calentamiento del aire cuando la radiación es muy intensa.
- La puerta debe estar orientada al norte, esto va a depender de los hemisferios donde se encuentre, ya que esto es para evitar que al realizar las observaciones los rayos solares incidan sobre los instrumentos.
- El techo debe tener una inclinación para dejar escurrir el agua de lluvia, la inclinación va a depender del sitio y de la cantidad de lluvia del sector.

2.2.13 Características de los Elementos Meteorológicos.

Los elementos mínimos de una estación y los parámetros fundamentales pueden ser los siguientes ya que va a depender del tipo de investigación que se realice o la aplicación que se requieran los parámetros meteorológicos, esta información se la puede encontrar con mayor detalle en “Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos de la OMM.” [27].

➤ Temperatura

La temperatura es la condición que determina la dirección de flujo neto de calor entre dos cuerpos, la temperatura es un gas que es directamente proporcional al promedio de energía cinética de sus moléculas.

La temperatura termodinámica (T) se expresa en grados Kelvin es la temperatura básica. En el campo meteorológico se usa la mayoría de veces la temperatura (t) expresada en grados Celsius definida por la ecuación.

$$t = T - 273,16$$

Una diferencia de temperatura de un grado Celsius (°C) es igual a un grado Kelvin (°K), la meteorología utiliza algunas variables basadas en la temperatura, las mismas que pueden ser divididas en primarias y secundarias.

- Primaria, medidas a una altura de 1.5 m.
- Secundaria, medidas a una altura de 1.5 m. por un periodo de 24 horas, se obtiene la temperatura máxima y mínima del aire.

La temperatura también tiene algunos requisitos operacionales, se hará referencia a una observación de la temperatura del aire a 150 centímetros sobre el nivel del suelo.

- Rango operacional del termómetro de - 30 a + 45 °C pero existen lugares donde nunca se tendrá esas temperaturas extremas, esto se aplica a los valores momentáneos, promedios y extremos.
- Resolución requerida en un termómetro es de alrededor de 0.1 °C.

- Exactitud requerida en la temperatura del aire a una altura de 150 cm es de 0.2 °C.

Frecuencia de observación requerida, en muchos casos se realiza cada 24 horas, se realiza a las 7 am, pero también depende del estudio que se realice con los parámetros y se deja a criterio del investigador además el software que utiliza una estación automática es configurable.

➤ Humedad

Conocida como Humedad Relativa, es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. La humedad parámetro importante en la mayoría de los ámbitos de las actividades meteorológicas. La unidad estándar válida para el Sistema Internacional el porcentaje %.

La forma de medir la humedad se derivan en:

- Primarias, las medidas que se realizan a una altura de 1.5 m sobre el nivel de la superficie a una hora específica.
- Secundarias, las medidas a una altura de 1.5 m. por un periodo de 24 horas, también conocida como humedad relativa promedio.

Existen algunos requerimientos operaciones de la humedad que se deben tener en cuenta para una medición correcta.

- El rango establecido por la OMM, para las observaciones de la humedad relativa es de 5 - 100 %.
- La resolución, es aconsejable en escalas de 1%.
- La exactitud requerida es de 5% y un margen de error de un 3%.

Los tiempos de toma de datos se dejan a consideración de los investigadores, ya que para cada aplicación puede ser diferente a los requeridos en la investigación.

Se dispone de ciertas condiciones de ubicación de los sensores, la información se encuentra disponible con mayor detalle en la “Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos” de la OMM.

➤ Presión atmosférica

Es la fuerza que ejerce por unidad de superficie como resultado del peso de la atmósfera por encima del punto de medición, la unidad de medida estándar es el pascal (Pa) que es equivalente a un Newton por metro cuadrado, pero cabe destacar que algunos barómetros miden en milibares, un milibar es equivalente a cien pascales, se recomienda usar milibares como unidad de medida.

La presión atmosférica se puede medir en cualquier instante dependiendo del tipo de investigación que se realice, se tiene a continuación una serie de requerimientos operacionales.

- El rango establecido por la OMM, para las observaciones de la presión atmosférica es de 980 - 1080 hPa.
- La resolución necesaria es de 0,01 hPa.
- La exactitud requerida por la OMM para las mediciones de la presión atmosférica deben estar dentro de ± 0.3 hPa.

El muestreo de los datos van a depender del criterio del investigador o de la entidad encargada en la recopilación de los parámetros, pero la mayoría de veces se lo realiza a las 7 de la mañana en las estaciones manuales y en las automáticas se realiza cada 30 minutos las 24 horas del día.

➤ Viento

En una forma simple se denomina como el movimiento del aire, pero para fines meteorológicos se considera como una cantidad vectorial de dos dimensiones establecidas por números que representan su velocidad y su dirección en un tiempo dado, se mide en grados a partir del norte en sentido de las manecillas del reloj.

Las unidades son:

- Velocidad del viento: m/s

- Dirección del viento: grados
- Ráfaga del viento: m/s

En la meteorología de aviación se utiliza por lo general la ráfaga de viento (Kts), 1 nudo, a continuación se presenta las siguientes variables del viento.

- La velocidad del viento, es la velocidad horizontal del aire en metros por segundo.
- El promedio de la velocidad del viento, se refiere al promedio de la velocidad horizontal del aire cuando pasa por un punto geográfico en un periodo de tiempo definido.
- La velocidad de la ráfaga de viento, se refiere a la velocidad máxima del viento en un determinado tiempo.
- La dirección de viento desde un punto geográfico dado es la dirección de desplazamiento horizontal del aire.
- La velocidad del viento, es el promedio de la velocidad o desplazamiento que se calcula no solo tomando la velocidad normal si no también la dirección hacia donde el viento se desplaza.

➤ Requerimientos operacionales.

El rango operacional para las observaciones de velocidad del viento y dirección dadas por la OMM son:

- La velocidad promedio del viento: 0 - 70 m/s; las ráfagas del viento: 5 - 75 m/s.
- La dirección del viento: >0 y 360 grados.
- La resolución requerida para aeropuertos es de 10°.
- La resolución de la medida de velocidad del viento es de 0.5 m/s.
- La resolución de la medida para las ráfagas de viento es de 1 m/s.
- La exactitud requerida es la dirección del viento: ± 5 grados, la media velocidad del viento: ± 0.5 m/s para ≤ 5 m/s, $\pm 10\%$ para > 5 m/s, las ráfagas: $\pm 10\%$.

El tiempo de toma de los datos por lo general se lo realiza cada 30 minutos con corte del registro a las 7 de la mañana pero esto va a depender de los datos que se requiera por el investigador o la entidad que requiera esta información, además se dispone de parámetros de instalación y ubicación de los sensores que especifica la OMM.

➤ Precipitación

Se define como el producto líquido o sólido de la condensación de vapor de agua que cae de las nubes o el aire y se deposita en el suelo, en la mayoría de casos se puede tener lluvia o granizo, pero en otros sectores también nieve, la escarcha la precipitación en neblina y el rocío, la unidad de precipitación es la profundidad lineal normalmente en milímetros para la precipitación líquida, en otras palabras es la medición de cuantos litros de agua cae en un metro cuadrado de terreno en un determinado tiempo.

La precipitación tiene algunos requerimientos operacionales que se deben tener en cuenta.

- El rango operacional, las dimensiones para las observaciones de cantidad total de agua líquida es de 0 a >400 mm.
- La resolución requerida en meteorología sinóptica y para observaciones de climatología la cantidad de precipitación es de 0.2 mm.
- La exactitud requerida (margen de error) en la cantidad de agua líquida medida no debe ser mayor que: ± 0.1 mm para ≤ 5 mm y $\pm 2\%$ para > 5 mm.

El muestreo de los datos se los realiza cada 24 horas a las 7 de la mañana, pero en otras ocasiones se las realiza cada 30 minutos con corte de registro a las 7 de la mañana, va a depender del requerimiento del investigador, adicionalmente se tiene algunas especificaciones para la ubicación y selección del lugar, la información se encuentra disponible en la “Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos” de la OMM.

➤ Radiación

La radiación solar es la energía que proviene del sol y recibe la tierra, las unidades de esta magnitud en el W/m^2 (vatio por metro cuadrado).

Se tienen diferentes variables para la radiación.

- Primarias, medidas cada 30 minutos, promedio, máxima, mínima, desviación estándar.
- Secundarias, en un periodo de 24 horas, total de radiación neta.

La radiación tiene algunos requisitos operacionales que hay que tener en cuenta.

- El rango operacional, para la radiación es de 0 a 1373 W/m², este último se llama constante solar que se define como la máxima energía del sol, pero en la noche suelen obtenerse valores menores a cero que deben registrarse a cero.
- La resolución requerida en meteorología por la OMM es de ± 1 W/m² para los equipos de alta calidad y 5 W/m² para los de buena calidad.
- La exactitud requerida o margen del error para la radiación global debe ser de $\pm 2\%$ y de $\pm 5\%$ para la radiación neta.

No se realiza ninguna medición manual de este tipo de variable, pero la radiación en equipos automáticos se registra el promedio, máxima, mínima y desviación estándar de la radiación cada 30 minutos iniciando a las 4:30 de la mañana y terminando a las 6:30 de la tarde, además se registra la radiación total acumulada durante el mismo periodo. Se dispone de ciertas condiciones para la ubicación de los sensores, la información se encuentra disponible con mayor detalle en la “Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos” de la OMM.

2.2.14 Las Plagas y Enfermedades Agrícolas.

Las plagas y enfermedades son unos de los factores que más negativamente inciden en la producción agropecuaria y siendo el sector agropecuario de gran importancia.

➤ Plagas

En la práctica agrícola, se usa para calificar cualquier nivel o grado de un insecto nocivo, aun cuando este se encuentre en un nivel de población que este no represente peligro o pérdida económica al cultivo. Este término se usa de manera regular y generalizada para aplicar drásticas medidas que son desfavorables para el deterioro del agroecosistema [27]

Las plagas por lo general se dividen en diferentes grupos:

- Plaga de tipo I estas producen el debilitamiento de las plantas y pérdida en su vigor.
- Plaga de tipo II ocasionan la muerte de la planta.

El daño directo es el que se produce tanto en el rendimiento del cultivo como el producido en el producto.

➤ Enfermedades

Las enfermedades se producen por hongos, bacterias y virus estos esta progresivamente ocasionando los mayores daños, se identifican según su incidencia sobre las diferentes partes de la planta, como enfermedades de germinación, de las hojas, pudriciones en el tallo, del tubérculo y enfermedades poscosecha. [28]

Las diferentes enfermedades tienen más proliferación en diferentes sectores debido a un mayor desarrollo por el clima del sector.

2.2.15 El cultivo de papa

La papa es cultivada en más de 100 países, se adapta fácil mente a diferentes tipos de climas como en clima templado, subtropical y tropical pero con una mejor adaptación y rendimiento en climas templados, se cultiva en temperaturas promedio entre 10°C y 30°C, sin embargo también es vulnerable a muchas plagas y enfermedades, muchos agricultores para frenar el desarrollo de patógenos en el suelo evitan cultivar el producto en las mismas tierras.

“La papa se siembra a principios de la primavera en las zonas templadas y a fines del invierno en las regiones más cálidas, y en los lugares de clima tropical caliente se cultiva durante los meses más frescos del año. En algunas tierras altas subtropicales, las temperaturas benignas y la elevada radiación solar permite a los agricultores cultivar la papa todo el año, y cosechar los tubérculos a los 90 días de haberlos sembrado (en climas más fríos, como en el norte de Europa, pueden ser necesarios hasta 150 días)” [2]

Factores que Intervienen en el Cultivo de Papa.

➤ Factores Bióticos.

Al momento de decidirse por un tipo de cultivo intervienen diferentes factores como las condiciones locales y particulares que se realice en el cultivo, caracteres anatómicos u organográficos de las plantas a cultivar y por ultimo las propiedades fisiológicas [28].

Los factores bióticos más importantes que afectan al cultivo son plagas, enfermedades y malezas.

➤ Factores Abióticos.

Las variaciones del clima y el cambio climático tienen efectos directos e indirectos sobre todo tipo d cultivos, estas variaciones y cambios han expresado en la ocurrencia de fenómenos meteorológicos como sequía, heladas, granizo, alta temperatura, mayor velocidad del viento y la alta radiación solar generalmente estos son adversos para el cultivo de la papa [29].

➤ Determinación de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Papa.

Las alteraciones causadas por virus y agentes en una planta presentan diferentes síntomas que son evaluados por medio de una visita técnica al cultivo, se tienen las siguientes que determina que un cultivo se encuentra en mal estado [30].

- Aclaramiento de las venas, el color es más claro que el normal.
- Mosaico o moteado. Son áreas pálidas o cloróticas en las hojas.
- Amarillamientos, esto indica la perdida de color verde en las hojas.
- Pigmentación anormal. La producción excesiva de algunas sustancias en el cultivo.
- Desviaciones de forma tamaño y textura d la hoja.
- Desviaciones macroscópicas en los tubérculos.

➤ Prevención, Control de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Papa.

El manejo de la salud de la planta dentro del ecosistema agrícola consiste en manipular los factores de producción para obtener las condiciones necesarias que optimicen las condiciones de la planta y el desarrollo minimizando la proliferación de las plagas [29].

- Primer nivel consiste en el uso de prácticas dirigidas a excluir o evadir los insectos-plagas o parásitos.
- Segundo nivel en el consiste el uso de prácticas para limitar la población inicial de plagas que no pueden ser evitadas.
- Tercer nivel se trata de prácticas que minimizan el desarrollo de la epidemia de una plaga, durante el desarrollo del cultivo.

➤ **Prevención y Monitoreo Mediante el Uso de la Tecnología.**

El uso de las nuevas tecnologías de la información en el agro permite mantener un mejor control y difundir la información de un cultivo en específico para comparar parámetros con otros cultivos y aplicar tratamientos y soluciones ante un evento inesperado en la producción agrícola que se esté realizando.

Los agricultores se encuentran constantemente en el monitoreo de las tendencias del mercado precios manejo de nuevos insumos químicos, el clima que es el factor de suma importancia en el desarrollo del cultivo. La creación de infocentros permite tener datos históricos de cultivos e infecciones que han afectado al sector [31].

2.3 Propuesta de Solución

Implementación de un prototipo del Sistema de Monitoreo Agrícola con Tecnología inalámbrica y Generación de Alertas para la Prevención Temprana de Plagas, Enfermedades y Alertas en el Cultivo de Papa en la parroquia Quimiag del Cantón Riobamba permitirá detectar cierta cantidad de las plagas y enfermedades en cultivos agrícolas, precautelar la inversión y economía de zona.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad Básica de la investigación.

Se tomará en cuenta una investigación aplicada, cumpliendo objetivos fundamentales como el resolver problemas prácticos que otorgue el desarrollo de la investigación. Se realizará una investigación de campo en el sector que se va a desarrollar el proyecto, con la finalidad de identificar el sitio que tenga mayor cantidad de variables que afecten a los cultivos de este modo obtener información que sea relevante y relacionada con los demás cultivos del sector.

Se realizará una investigación bibliográfica-documental que registrará una descripción concreta y concisa de los avances que se obtengan durante el presente desarrollo del proyecto de investigación, estudiando los problemas con el propósito de solucionarlos y hacer énfasis en el conocimiento según los requerimientos del proyecto de investigación presente.

3.2 Población y muestra.

En este proyecto de investigación no es necesario la selección de población y muestra ya que en investigaciones del MAGAP se ha determinado el sector de estudio, en función del cual se ha planificado la elaboración de un prototipo, además considerando

que la información necesaria se encuentra disponible en las fuentes bibliográficas utilizadas para el desarrollo del proyecto de investigación.

3.3 Recolección de información.

Para la recolección de información se tomará en cuenta diferentes tipos de sensores que se instalaran en el cultivo estos datos obtenidos servirán para relacionar con fuentes bibliográficas, también llamadas de referencia, las cuales son documentos secundarios que recogen la referencia, la presentación de otros documentos como los repositorios de publicaciones disponibles dentro de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial en la Universidad Técnica de Ambato además se tendrá el asesoramiento de agronomía proporcionado por la Unidad Zonal de Información del MAGAP.

3.4 Procesamiento y análisis de datos.

Para la realización del procesamiento y análisis de datos se tomarán en cuenta las siguientes actividades:

- Análisis de la información recolectada para el planteamiento de objetivos estratégicos para la solución del problema que el proyecto presenta.
- Recolección de información mediante Internet, investigación, videotecas, librerías, artículos técnicos, tesis, libros.

3.5 Desarrollo del Proyecto.

El desarrollo del proyecto se realizara de acuerdo a los siguientes ítems:

- Medición de las condiciones ambientales de la zona.
- Investigación de las plagas y enfermedades en cultivos de papa.
- Análisis de las plagas en cultivos de papa que se producen en el sector por las condiciones climáticas.
- Investigación de las tecnologías inalámbricas existentes.
- Determinación de la tecnología inalámbrica óptima para el lugar.

- Selección de los dispositivos electrónicos a utilizarse en el desarrollo del sistema de monitoreo.
- Elaboración del esquema de diseño del prototipo en el que intervienen sensores, actuadores y unidad de procesamiento.
- Diseño del prototipo del sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica.
- Elaboración del prototipo del sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica.
- Pruebas de funcionamiento del prototipo.
- Corrección de errores y pruebas finales.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Introducción:

En la provincia de Chimborazo, El Ministerio de Ganadería Acuacultura y Pesca ha identificado el sector de Quimiag con el nombre “Callejón Quimiag” y el código para el cultivo de papa es “PAPA_04_Z3”, este sector cuenta con una superficie aproximada de 305 hectáreas dedicada a esta actividad agrícola.

En esta zona se cultivan las siguientes variedades de papa:

- Superchola 40%.
- Fri papa 20%
- Gabriela 20%
- Uvilla 5%
- Cecilia 5%
- Semi uvilla 5%
- Única 5%

Los tipos de semillas que se usan corresponden a:

- Semilla reciclada 75%
- Semilla certificada en 25%

El rendimiento del cultivo depende de algunos factores como son:

- Cambio climático.
- Cuidado agrícola.
- Tipo de semilla.
- Nutrientes del terreno.

Por lo cual en promedio se tiene una producción de entre 250 y 300 qq/Ha.

El cultivo de papa en el sector es transitorio, las siembras se realizan en diferentes épocas del año, pero las cosechas se incrementan en los meses de agosto, septiembre y octubre, la producción es distribuida de la siguiente manera: 5% para el autoconsumo, 15% para semilla y 80% para la comercialización.

El presente proyecto de investigación está orientado al sector agrícola que produce papa en la parroquia Quimiag del cantón Riobamba, en su desarrollo se emplea una serie de sensores, los que permiten tomar muestras de parámetros ambientales en diferentes horas del día, los datos obtenidos son enviados a un receptor en forma de un mensaje de texto por medio de la red celular, posterior a ello los parámetros son procesados y almacenados en una base de datos, esto permite generar información de las posibles plagas y enfermedades que se desarrollan en el cultivo, por medio de una página web se puede observar los resultados de la investigación y las condiciones usadas en la generación de alertas, adicionalmente se envía un mensaje de texto con el estado del cultivo.

4.1 Medición de las condiciones ambientales del sector.

La parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba se encuentra a una altitud desde los 2.400 m.s.n.m. hasta los 5.719 m.s.n.m, además registra una temperatura de -15°C a 22°C. En esta zona existen lugares donde las condiciones ambientales permiten el cultivo de papa, pero conjuntamente existen variaciones de parámetros ambientales que producen una gran cantidad de plagas y enfermedades, muchos de los agricultores desconocen el estado actual de su cultivo.

Para el desarrollo de la investigación se obtuvo datos de la estación meteorológica más cercana al sector, en este caso la estación del aeropuerto de la ciudad de Riobamba.

Tabla 4. 1: Toma de datos de la estación aeronáutica del aeropuerto Riobamba, desde el 1 de agosto del 2015 hasta el 14 de Agosto del 2015.

MES	TEM.	HUM. REL.	LUZ	VEL. VIENT.	DIR. VIENT.	PRES. BAR.
01/08/2015	18°C max	67% media	Pocas nubes	28km/h	NE	1031 mb
02/08/2015	6.5°C min	82% media	Pocas nubes	22 km/h	NE	1030 mb
03/08/2015	19°C max	100% media	Parcialmente cubierto	41 km/h	N	1030 mb
04/08/2015	5.5°C min	78% media	Parcialmente cubierto	37 km/h	NE	1031 mb
05/08/2015	20°C max	100% media	Parcialmente cubierto	33 km/h	NE	1032 mb
06/08/2015	4.5°C min	100% media	Pocas nubes	37 km/h	NE	1030 mb
07/08/2015	20°C max	100% media	Parcialmente cubierto	26 km/h	NE	1031 mb
08/08/2015	7°C min	94% media	Parcialmente cubierto	22 km/h	NE	1031 mb
09/08/2015	17°C max	100% media	Parcialmente cubierto	28 km/h	NE	1031 mb
10/08/2015	7°C min	100% media	Parcialmente cubierto	40 km/h	N	1031 mb
11/08/2015	19°C max	100% media	Parcialmente cubierto	56 km/h	NE	1030 mb
12/08/2015	3°C min	100% media	Parcialmente cubierto	41 km/h	NE	1030 mb
13/08/2015	21°C max	94% media	Parcialmente cubierto	46 km/h	NE	1031 mb
14/08/2015	5°C min	100% media	Cubierto	22 km/h	NE	1031 mb

Fuente: Estación meteorológica: RIOBAMBA AEROPUERTO a 4,2km de Riobamba

Ubicación de la estación: Lat. -1.650 Long. -78.667 Elevación 2796m

Elaborado por: Juan Sánchez

Los datos obtenidos sirvieron para tener una referencia de las condiciones ambientales actuales del sector, en esta sección se pudo evidenciar que en el transcurso de los primeros 15 días del mes de agosto del 2015, el sector presentó un clima lluvioso con leves cambios de temperatura y ausencia de heladas. Además se obtuvo datos históricos del mes de mayo del 2015 de la estación convencional M1260 que el INAMI disponía en el sector de Quimiag, los mismos que se presentan a continuación.

***** INAMHI ***** ESTADISTICA MENSUAL DE LAS OBSERVACIONES METEOROLOGICAS												
INFORMATICA												07/06/15
ESTACION: M1260 QUIMIAG												MAYO / 2015
DIA	-TEMPERATURAS EXTREMAS-				---TERMOMETRO SECO---				---TERMOMETRO HUMEDO---			
	MAX.	MIN.	OSC.	MED.	07	13	19	MED.	07	13	19	MED.

1	18.6	4.8	13.8	11.7	10.2	15.2	12.4	12.6	9.8	13.4	11.8	11.7
2	21.2	1.8	19.4	11.5	7.2	19.6	12.4	13.1	6.8	15.8	11.8	11.5
3	21.2	4.2	17.0	12.7	9.8	19.0	12.6	13.8	8.8	15.6	11.8	12.1
4	19.6	5.2	14.4	12.4	10.8	16.2	11.4	12.8	9.6	14.8	10.4	11.6
5		5.0			10.6	18.2	11.4	13.4	10.6	14.3	10.6	11.8
6	17.0	4.8	12.2	10.9	10.4	14.4	10.6	11.8	10.4	12.8	10.0	11.1
7	18.0	1.8	16.2	9.9	6.8	15.4	11.2	11.1	6.6	13.6	11.0	10.4
8	19.0	5.4	13.6	12.2	10.2	15.4	11.6	12.4	10.0	14.4	11.0	11.8
9	20.0	4.8	15.2	12.4	10.2	19.2	10.7	13.4	10.0	15.8	10.4	12.1
10	19.8	5.6	14.2	12.7	11.0	16.8	10.8	12.9	9.8	12.8	9.6	10.7
11	19.4	4.6	14.8	12.0	9.8	13.0	10.2	11.0	9.6	12.8	10.0	10.8
12	14.6	5.0	9.6	9.8	10.4	13.0	12.4	11.9	10.4	12.2	11.8	11.5
13	17.4	5.2	12.2	11.3	10.6	15.2	11.4	12.4	10.6	13.0	11.2	11.6
14	17.8	5.4	12.4	11.6	10.6	15.4	12.2	12.7	10.4	14.4	10.4	11.7
15	18.2	5.2	13.0	11.7	13.2	16.4	11.8	13.8	12.8	15.2	10.8	12.9
16	19.8	5.4	14.4	12.6	12.6	17.2	12.6	14.1	11.8	14.4	11.4	12.5
17	18.0	5.2	12.8	11.6	10.8	16.2	10.8	12.6	10.6	14.8	10.2	11.9
18	17.8	5.4	12.4	11.6	10.8	16.4			10.4	15.0		
19	19.8	4.8	15.0	12.3	10.2	17.2	12.6	13.3	10.2	15.0	12.0	12.4
20	17.4	4.8	12.6	11.1	10.2	15.8	12.8	12.9	10.0	14.2	12.2	12.1
21	18.2	4.6	13.6	11.4	9.8	16.6	11.2	12.5	9.8	15.4	11.0	12.1
22	19.6	5.0	14.6	12.3	10.4	16.8	12.8	13.3	10.4	14.6	12.0	12.3
23	16.8	5.0	11.8	10.9	10.6	16.2	12.4	13.1	10.2	14.4	11.8	12.1
24	19.6	3.8	15.8	11.7	9.2	16.6	12.6	12.8	9.0	14.2	12.0	11.7
25	19.4	5.2	14.2	12.3	10.8	18.0	12.0	13.6	10.8	15.0	12.0	12.6
26	19.2	4.2	15.0	11.7	10.9	16.2	12.6	13.2	10.2	13.0	11.4	11.5
27	18.8	5.2	13.6	12.0	10.6	16.4	12.2	13.1	10.2	14.4	11.8	12.1
28		5.0			10.4				10.4			
29												
30												
31												
----- VALORES MENSUALES MEDIOS Y EXTREMOS -----												
#. Dias	26	28	26	26	28	27	26	26	28	27	26	26
MEDIA	18.7	4.7	14.0	11.7	10.3	16.4	11.8	12.8	10.0	14.3	11.2	11.8

Fig. 4. 1: Valores de temperatura del sector de Quimiag.

Fuente: INAMHI

Datos de la estación convencional M1260, del sector de Quimiag del mes de mayo del 2015.

ESTACION: M1260 QUIMIAG					HUMEDAD RELATIVA (%)				MAYO / 2015						
DIA	TENSION DE VAPOR (Hp)				07	13	19	MED.	07	13	19	MED.	PUNTO DE ROCIO (oC)		
	07	13	19	MED.									07	13	19
1	11.9	14.5	13.5	13.3	96.0	84.0	94.0	91.0	9.5	12.5	11.4	11.2			
2	9.6	16.1	13.5	13.1	95.0	71.0	94.0	87.0	6.5	14.1	11.4	10.7			
3	10.8	16.0	13.4	13.4	90.0	73.0	92.0	85.0	8.1	14.0	11.3	11.2			
4	11.3	16.1	12.1	13.2	88.0	88.0	90.0	89.0	8.9	14.1	9.8	11.0			
5	12.7	14.3	12.4	13.2	100.0	69.0	92.0	87.0	10.6	12.3	10.1	11.1			
6	12.6	14.0	11.9	12.9	100.0	85.0	94.0	93.0	10.4	12.0	9.6	10.7			
7	9.6	14.6	13.0	12.5	98.0	84.0	98.0	93.0	6.4	12.7	10.8	10.0			
8	12.1	15.9	12.8	13.6	98.0	91.0	94.0	94.0	9.8	13.9	10.6	11.5			
9	12.1	16.2	12.4	13.6	98.0	73.0	97.0	89.0	9.8	14.3	10.2	11.5			
10	11.5	12.8	11.3	11.9	88.0	67.0	88.0	81.0	9.0	10.6	8.9	9.6			
11	11.8	14.6	12.1	12.9	98.0	98.0	98.0	98.0	9.5	12.7	9.8	10.7			
12	12.6	13.8	13.5	13.3	100.0	92.0	94.0	95.0	10.4	11.8	11.4	11.2			
13	12.7	13.8	13.2	13.3	100.0	80.0	98.0	93.0	10.6	11.8	11.1	11.2			
14	12.5	15.9	11.7	13.4	98.0	91.0	83.0	91.0	10.3	13.9	9.3	11.2			
15	14.5	16.6	12.4	14.6	96.0	89.0	90.0	92.0	12.6	14.6	10.2	12.5			
16	13.4	15.0	12.9	13.8	92.0	77.0	88.0	86.0	11.3	13.0	10.7	11.7			
17	12.6	16.1	12.1	13.7	98.0	88.0	94.0	93.0	10.5	14.1	9.8	11.5			
18	12.4	16.3			96.0	88.0			10.1	14.4					
19	12.4	15.9	13.7	14.1	100.0	82.0	94.0	92.0	10.2	14.0	11.7	12.0			
20	12.1	15.4	13.9	13.8	98.0	86.0	94.0	93.0	9.8	13.4	11.9	11.8			
21	12.1	16.9	13.0	14.0	100.0	90.0	98.0	96.0	9.8	14.8	10.8	11.9			
22	12.6	15.5	13.6	13.9	100.0	81.0	92.0	91.0	10.4	13.5	11.6	11.9			
23	12.2	15.5	13.5	13.8	96.0	84.0	94.0	91.0	9.9	13.5	11.4	11.7			
24	11.3	15.0	13.7	13.4	98.0	79.0	94.0	90.0	8.8	13.0	11.7	11.2			
25	12.9	15.6	14.0	14.2	100.0	76.0	100.0	92.0	10.8	13.6	12.0	12.2			
26	12.1	13.4	12.9	12.8	93.0	73.0	88.0	85.0	9.8	11.3	10.7	10.6			
27	12.2	15.4	13.6	13.8	96.0	83.0	96.0	92.0	9.9	13.4	11.5	11.7			
28	12.6				100.0				10.4						
29															
30															
31															
----- VALORES MENSUALES MEDIOS Y EXTREMOS -----															
#. Días	28	27	26	26	28	27	26	26	28	27	26	26			
MEDIA	12.2	15.3	13.0	13.4	97.0	82.0	93.0	91.0	9.8	13.3	10.8	11.3			
MAXIMA															

Fig. 4. 2: Valores de presión de vapor, humedad relativa, punto de rocío, del sector de Quimiag
Fuente: INAMHI

Datos de la estación convencional M1260, del sector de Quimiag del mes de mayo del 2015.

***** INAMHI ***** ESTADISTICA MENSUAL DE LAS OBSERVACIONES METEOROLOGICAS															
INFORMATICA 07/06/15															
ESTACION: M1260 QUIMIAG					---EVAPORACION (mm)---				MAYO / 2015						
DIA	--PRECIPITACION (mm)--				07	13	19	SUM.	07	13	19	MED.	--NUBOSIDAD (octvs)--		
	07	13	19	SUM.									07	13	19
1		0.0	0.0	0.0		0.6	1.0	1.9	5.0	6.0	8.0	6.0			
2		0.0	0.0	0.0	0.3	1.7	2.3	5.3	0.0	4.0	2.0	2.0			
3		0.0	0.0	0.0	1.5	0.6	1.0	5.3	5.0	2.0	8.0	5.0			
4	12.9	0.0	0.0	3.1	3.7	1.6	1.0	3.7	7.0	7.0	8.0	7.0			
5	3.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	1.8	3.5	8.0	5.0	1.0	5.0			
6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.3	0.0	2.0	8.0	7.0	4.0	6.0			
7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.5	0.8	4.2	1.0	6.0	0.0	2.0			
8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	1.3	3.9	8.0	7.0	3.0	6.0			
9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.0	1.0	2.8	7.0	6.0	7.0	7.0			
10	0.0	0.6	0.0	0.6	0.8	0.0	3.2	5.6	6.0	6.0	7.0	6.0			
11	0.0	12.2	0.0	14.0	2.4	0.2	1.0	1.2	8.0	7.0	7.0	7.0			
12	1.8	1.9	0.2	5.3	0.0	0.2	0.2	0.2	8.0	8.0	7.0	8.0			
13	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.2	7.2	8.0	4.0	5.0	6.0			
14	0.0	0.0	1.9	1.9	2.0	0.0	3.0	8.0	7.0	3.0	6.0	6.0			
15	0.0	0.0	1.4	1.4	3.0	0.7	0.4	2.4	8.0	6.0	4.0	6.0			
16	0.0	0.0	0.0	0.9	1.3	1.3	1.0	2.3	8.0	4.0	4.0	5.0			
17	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	1.1	6.0	6.0	4.0	5.0			
18	0.0	0.0	0.0	1.2	0.3	0.3	0.0	0.3	4.0	6.0	2.0	4.0			
19	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.5	4.1	7.0	6.0	1.0	5.0			
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.0	2.7	8.0	7.0	7.0	7.0			
21	0.0	0.0	3.2	3.2	0.7	1.0	0.6	2.7	6.0	7.0	8.0	7.0			
22	0.0	0.0	0.0	4.1	1.1	1.3	2.1	5.4	4.0	6.0	2.0	4.0			
23	4.1	0.0	0.0	3.0	2.0	1.3	1.4	3.5	8.0	6.0	7.0	7.0			
24	3.0	0.0	0.0	1.8	0.8	1.3	1.7	5.3	8.0	6.0	1.0	5.0			
25	1.8	0.0	0.0	0.0	2.3	1.1	1.2	4.3	8.0	6.0	6.0	7.0			
26	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.7	1.0	3.7	4.0	7.0	4.0	5.0			
27	0.0	0.0	0.0	6.8	0.8	0.3	1.3	3.7	4.0	6.0	7.0	6.0			
28	6.8			6.8	2.1			0.0	8.0						
29	6.8				0.0				8.0						
30															
31															
----- VALORES MENSUALES MEDIOS Y EXTREMOS -----															
#. Días	28	27	27	28	28	26	27	28	29	27	27	27			
SUMA	45.6	14.7	6.7	67.0	37.4	23.4	30.5	91.3	6.0	6.0	5.0	6.0			
MEDIA															

Fig. 4. 3: Valores de precipitación, evaporación, y nubosidad del sector de Quimiag.
Fuente: INAMHI

Datos de la estación convencional M1260, del sector de Quimiag del mes de mayo del 2015.

ESTACION: M1260 QUIMIAG							MAYO		/ 2015	
DIA	DIRECCION/VELOCIDAD (m/s)						RECORRIDO TOTAL-24h (Km)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)		
	07		13		19					
	DD.	VV.	DD.	VV.	DD.	VV.	*****			
1	C	0.0	NE	6.0	E	6.0				
2	C	0.0	NE	6.0	NE	8.0				
3	C	0.0	N	6.0	NE	2.0				
4	C	0.0	NE	8.0	NE	2.0				
5	NE	2.0	NE	8.0	NE	6.0				
6	C	0.0	NE	10.0	NE	2.0				
7	C	0.0	NE	4.0	NE	4.0				
8	C	0.0	NE	8.0	NE	4.0				
9	E	2.0	NE	6.0	NE	4.0				
10	SE	2.0	NE	8.0	NE	6.0				
11	NE	2.0	C	0.0	NE	6.0				
12	C	0.0	NE	10.0	E	6.0				
13	NE	2.0	NE	6.0	NE	8.0				
14	C	0.0	NE	6.0	E	8.0				
15	NE	6.0	NE	6.0	E	4.0				
16	NE	4.0	NE	8.0	NE	6.0				
17	NE	2.0	NE	8.0	NE	6.0				
18	NE	2.0	NE	6.0	NE	4.0				
19	NE	2.0	NE	8.0	E	6.0				
20	C	0.0	N	10.0	N	4.0				
21	NE	4.0	NE	2.0	NE	2.0				
22	C	0.0	NE	8.0	NE	6.0				
23	C	0.0	NE	4.0	NE	6.0				
24	E	2.0	NE	8.0	NE	6.0				
25	NE	2.0	NE	6.0	NE	4.0				
26	E	4.0	NE	8.0	NE	6.0				
27	NE	4.0	NE	4.0	NE	6.0				
28	NE	2.0								
29	NE	2.0								
30										
31										
MEDIA :										
---- RESUMEN MENSUAL DE LA FRECUENCIA Y VELOCIDAD ----										
	07		13		19		FRECUEN.	VELOCIDAD		
DIR	f	V.MED	f	V.MED	f	V.MED	RELAT(%)	MEDIA(m/s)		
***	*****		*****		*****		*****	*****		
N	0	0.0	2	8.0	1	4.0				
NE	13	2.7	24	6.7	21	4.9				
E	3	2.6	0	0.0	5	6.0				

Fig. 4. 4: Valores de velocidad y dirección del viento del sector de Quimiag.
Fuente: INAMHI

Tras analizar los datos anteriores se pudo evidenciar que en el sector de Quimiag se presentó un clima muy variado con cambios drásticos de temperatura y lluvia continua, además de presencia de sol, no se registraron heladas.

4.2 Investigación de las plagas y enfermedades en cultivos de papa.

Las plagas, enfermedades y malezas se consideran como un factor biótico

➤ Factores bióticos

Las enfermedades y las plagas no solo reducen el rendimiento de forma circunstancial también pueden acabar con la totalidad del cultivo, además en algunos casos obliga a

combatirlas mediante el uso excesivos de químicos y tratamientos que elevan el costo de producción.

La siguiente lista de plagas y enfermedades en cultivos de papa ha sido elaborada por el INIAP.

4.2.1 Enfermedades causadas por Oomicetos y Hongos

➤ Oomiceto *Phytophthora Infestans* “Lancha negra tizón tardío o gota”.

Síntomas:

- En las hojas se forman manchas de color café claro, en tiempos húmedos los bordes de estas manchas cubren unas pelusillas de color blanco formado por esporas generalmente en el envés de las hojas.
- En los tallos aparecen manchas de color café.

Condiciones:

- Zonas y épocas de lluviosas combinados con días templados temperaturas entre 15 a 12 °C.
- Cultivos de variedades susceptibles.
- Siembras de papa durante todo el año, por lo que las esporas de la plaga esta siempre presentes.

Época en la que aparece la plaga:

- Desde la emergencia hasta después de la floración.
- Época de floración.

Formas de contagio:

- A través de las esporas las cuales son llevadas por el viento.

Manejo Integrado:

- Usar variedades resistentes.
- Si es posible sembrar en épocas con poca lluvia.

- Usar fungicida de contacto al inicio de las lluvias.

Daño en el cultivo:

- Pérdida hasta el 100% del cultivo.

➤ Hongo *Puccinia Pittieriana* “Roya”.

Síntomas:

- Manchas blancas verdosas que luego se transforman las pústulas, al inicio estas pústulas son anaranjadas pero luego se presentan con un color café oscuro.
- Estas manchas y pústulas aparecen principalmente en el envés de las hojas inferiores. También se presentan en tallos, flores, peciolo y frutos.

Condiciones favorables para la plaga:

- Temperaturas de alrededor de 10°C durante el día.
- Periodos de humedad por 10 a 12 horas favorecen el desarrollo de la roya.

Época en la que aparece la plaga:

- Desde la prefloración hasta la madurez.

Formas de contagio:

- A través de esporas llevadas por el viento.

Manejo integrado:

- Usa fungicida cuando aparezcan los primeros síntomas.

Daño en el cultivo:

- Daño porcentual en los cultivos.

➤ Hongo Rhizictonía Solaní “Costra negra carachas o media blanca”.

Síntomas:

- En el cuello de la planta aparecen manchas de color negras cubiertas por una pelusilla de color blanco.
- En los tallos pueden aparecer papas aéreas.
- Sobre la cascara de las papas aparecen costras negras iguales a la tierra, pero están bien pegadas.
- El follaje de algunas plantas se enrolla.

Condiciones favorables para la plaga:

- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.
- Exceso de humedad en el suelo.

Época en la que aparece la plaga:

- En la brotación, emergencia y desarrollo de las plantas.
- Durante la formación de tubérculos, cosecha y almacenamiento.

Formas de contagio:

- Semilla infectada.
- Suelo, agua de riego y herramientas infectadas.

Manejo integrado:

- Realizar la rotación de cultivos.
- Eliminar los rastrojos del cultivo anterior.
- Usar semilla de buena calidad.
- Eliminar las plantas infectadas.

Daño en el cultivo:

- Daño porcentual en la producción.

➤ Bacteria *Pectobacterium* SPP “Pie negro pudrición blanda”.

Síntomas:

- En la planta aparecen manchas negras en la base del tallo.
- Las plantas se quedan pequeñas, se ponen amarillas las hojas y se marchitan.
- En los tubérculos aparecen manchas húmedas de color café crema y de mal olor.

Condiciones favorables para la plaga:

- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.
- Cultivo de variedades susceptibles.
- Suelos demasiados húmedos con temperaturas bajas de 10 a 17 °C en la siembra seguido de temperaturas altas a 20°C en la emergencia.
- Heridas en los tubérculos.
- Almacenamiento de tubérculos mojados.
- Almacenamientos en sitios mojados.

Época en la que aparece la plaga:

- El pie negro desde la emergencia hasta la formación de tubérculos.
- Para la pudrición desde la formación de los tubérculos hasta la cosecha y almacenamiento.

Formas de contagio:

- Semillas infectadas.
- Suelo, agua de riego y herramientas contaminadas.

Manejo integrado:

- Realizar rotación de cultivos.
- Usar variedades resistentes.
- Usar semillas de buena calidad.
- Sacar y enterrar las plantas contaminadas.
- Evitar heridas en los tubérculos en el momento de la cosecha.

Daño en el cultivo:

- Daño porcentual en el cultivo.

➤ Insectos Premnotrypes Vorax “Gusano blanco”.

Descripción:

- Adultos.- Sus cuerpos son de color café de 7 mm de largo y 4 mm de ancho. No vuelan pero caminan muy rápido.
- Larvas.- Son de color blanco cremoso con la cabeza de color café de 11 a 14 mm de largo.
- Huevos.- Son cilíndricos ligeramente ovalados de color blanco cremoso y miden entre 1.2 mm de largo y 0.54 mm de ancho.

Daños:

- El adulto come los filos de las hojas en forma de media luna y la base del tallo.
- Los gusanos se alimentan de las papas y hacen huecos o galerías.

Condiciones favorables para la plaga:

- Altitudes mayores a 2800 m sobre el nivel del mar.
- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.

Época en la que aparece en la plaga:

- Desde la emergencia hasta la cosecha. Los adultos se presentan en mayor cantidad desde la preparación del suelo hasta 45 días después de la emergencia y de 30 a 90 días después de la cosecha.
- Las larvas presentan su mayor población en la época de formación de los tubérculos.

Infestación:

- Rara vez a través de la semilla.
- Los adultos se encuentran en el campo por cosechas anteriores de papa o caminan desde campos vecinos infestados.

Manejo integrado:

- Realizar rotación de cultivos.
- Preparar bien el suelo.
- Eliminar rastrojos del cultivo anterior y malezas.
- Usar insecticidas.

➤ Insectos *Symmetrischema tangolías*, *Tecia solanivora*, *Phthorimae operculella*, “Polillas o mariposas”.

Descripción:

- Son mariposas de color café miden cerca de 10 mm de largo.
- *Symmetrischema Tangolías*, tienen manchas triangulares en las alas, las larvas o gusanos hacen huecos en los tallos.
- *Tecia Solanivora*, tiene una línea negra a lo largo de cada ala.
- *Phthorimae Operculella*, tiene manchas pequeñas en las alas, los gusanos hacen minas en las hojas.
- Los gusanos de las tres polillas hacen huecos en las papas y luego estas se pudren.

Condiciones favorables para la plaga:

- Climas cálidos y secos.
- Temperaturas mayores a 20°C.
- Época en la que aparece la plaga:
- Desde la siembra hasta la cosecha y almacenamiento.

Infestación:

- A través de la semilla.
- Los adultos vuelan desde campos vecinos infestados.

Manejo integrado:

- Realizar rotación de cultivos.
- Eliminar rastrojos de cultivos anteriores.

- Utilizar riego por aspersión.
- Desechar los tubérculos dañados.

➤ Insectos *Epitrix* Spp “Pulguilla”.

Descripción:

- Adultos.- son pequeños escarabajos de 1 a 2mm de largo de color negro con brillo metálico.
- Larvas.- Son gusanos de color blanco cremoso y miden de 2 a 3 mm de largo.

En esta etapa del proyecto de investigación se pudo determinar las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos de papa:

- Como se producen.
- Nivel de daño que causa a un cultivo.
- Tratamiento químico del cultivo.

4.3 Análisis de las plagas en cultivos de papa que se producen en el sector por las condiciones climáticas.

➤ Características agrícolas del Callejón Quimiag:

- Nivel de pH del callejón es ligeramente ácido con un 6,8.
- Contenido de materia orgánica menor al 3% de fertilidad baja.
- Tipo de suelo arcilloso arenoso.
- Altitud para el cultivo de papa de 2700 a 3320 m.s.n.m.
- Precipitación de 650 mm por año.
- Temperatura promedio es de 12 °C.

➤ Plagas:

- Gusano blanco (*Premnotrypes vorax*).
- Polilla de la papa (*Tecia solanivora*).
- Pulguilla (*Epitrix* spp.).
- Trips (*Frankliniella tuberosi*).

➤ Enfermedades:

- Tizón Temprano (alternaría solani).
- Tizón Tardío (Phytophthora infestans).

Las enfermedades y plagas que se pueden desarrollar en diferentes condiciones ambientales han sido extraídas de la investigación de campo realizada por los técnicos del MAGAP y las Unidades Zonales de Información en el año 2014.

Tabla 4. 2: Enfermedades que se desarrollan en diferentes condiciones ambientales.

OOMICETO Y HONGOS			
10.- PHYTOPHTHORA INFESTANS "LANCHA NEGRA, TIZÓN TARDÍO O GOTA"			
TEMPERATURA	12 ° C min	18°C Max.	POSIBLE
HUMEDAD RELATIVA	75%		
TIEMPO DE DESARROLLO	De 2 a 5 días para el desarrollo de la plaga y 7 días para presentar síntomas		
ESTADO DEL DÍA	Con presencia de luz solar		
12.- HONGO PUCCINÍA PITTIERIANA "ROYA".			
TEMPERATURA	10 ° C min	14°C Max.	POSIBLE
HUMEDAD RELATIVA	75%		
TIEMPO DE DESARROLLO	12 a más horas continuas de humedad		
ESTADO DEL DÍA	Sin sol		
14.- RHONGO RHIZOCTONIA SOLANI, COSTRA NEGRA, CASCARA.			
No depende de los factores ambientales para su desarrollo			NO POSIBLE
16.- PUDRICIÓN SECA			
No depende de los factores ambientales para su desarrollo			NO POSIBLE
18.- EL HONGO SPONGOSPORA SUBTERRÁNEA "SARNA POLVORIENTA, ROÑA O CHIMBIS"			
No depende de los factores ambientales solamente para su desarrollo			NO POSIBLE
20.- EL HONGO THECAPHORA SOLANI "CARBÓN"			
No depende de los factores ambientales solamente para su desarrollo			NO POSIBLE
20 BACTERIAS			
2.2.- PIE NEGRO O PUDRICIÓN BLANDA.			
TEMPERATURA	10 ° C min	14°C Max.	POSIBLE

HUMEDAD RELATIVA	75%	
TIEMPO DE DESARROLLO	12 a más horas continuas de humedad	
ESTADO DEL DÍA	Sin sol	
24 VIROSIS		
No depende de los factores ambientales solamente para su desarrollo		NO POSIBLE
26.- AMARILLAMIENTO		
28.- ENROLLAMIENTO		
30.- CRECIMIENTO ERECTO		
32.- ENANISMO		
34.- MOSAICO		
36.- PAPAS DEFORMES		
38.- INSECTOS Y NEMATODOS		
38.- GUSANO BLANCO		NO POSIBLE
40.- SYMMETRISCHEMA TANGOLIAS, TECIA SOLANIVORA, PHTHORIMAEA OPERCULELLA ADULTOS DE POLILLAS O MARIPOSAS		
TEMPERATURA	20°C	
HUMEDAD RELATIVA	Baja	
TIEMPO DE DESARROLLO	Varía según el sector	
ESTADO DEL DÍA	Poco sol	
46.-PULGUILLA		
No depende de los factores ambientales para su desarrollo		NO POSIBLE
48.- FRANKLINIELLA TUBEROSI "TRIPS"		
TEMPERATURA		NO SE DIFONE DE UNA DESCRIPCION
HUMEDAD RELATIVA		
TIEMPO DE DESARROLLO		
ESTADO DEL DÍA		
		NO POSIBLE
50.- LIRIOMYZA SPP. "MOSCA MINADORA"		
TEMPERATURA	21 y 32 °C	Épocas y zonas secas Contaminación Vegetal del sector
HUMEDAD RELATIVA		
TIEMPO DE DESARROLLO		
ESTADO DEL DÍA		
		NO POSIBLE
52.- PULGONES		

TEMPERATURA	Temperatura mayor a 20°C	Climas secos y contaminación Vegetal del sector	NO POSIBLE
HUMEDAD RELATIVA			
TIEMPO DE DESARROLLO			
ESTADO DEL DÍA			
54.- NEMATODO DEL QUISTE O BOLITAS			
NO DEPENDE DE LOS FACTORES AMBIENTALES PARA SU DESARROLLO			NO POSIBLE
56.- DAÑOS FISIOLÓGICOS			
58.- HELADAS			
TEMPERATURA	Baja	Épocas soleadas y secas entre junio y agosto en la sierra centro del Ecuador	POSIBLE
HUMEDAD RELATIVA	Baja		
TIEMPO DE DESARROLLO			
ESTADO DEL DÍA	Días con mucho sol y mañanas frías		
50.- AGRIETAMIENTO			
NO DEPENDE DE LOS FACTORES AMBIENTALES PARA SU DESARROLLO			NO POSIBLE
52.- CORAZÓN HUECO			
TEMPERATURA	Temperaturas entre 10 a 13°C	Excesiva humedad del suelo, depende del tratamiento químico aplicado	NO POSIBLE
HUMEDAD RELATIVA			
TIEMPO DE DESARROLLO			
ESTADO DEL DÍA			
54.- RAJADURAS			
NO DEPENDE DE LOS FACTORES AMBIENTALES PARA SU DESARROLLO			NO POSIBLE

Fuente: MAGAP

Elaborado por: Juan Sánchez.

Con la información obtenida de la Tabla 4.2 se pudo determinar que en el sector de Quimiag en el mes de mayo del 2015 se presentaron las siguientes plagas y enfermedades en cultivos de papa.

Tabla 4. 3: Enfermedades que se desarrollaron en el mes de mayo del 2015 en la semana 1 y 2 en la parroquia Quimiag.

SEMANA	MAYO 2015	PLAGAS O ENFERMEDADES
SEMANA 1	En la semana 1 se tuvo temperaturas de 10 a 18 grados, humedad relativa alta sobre el 75% que son favorables para el desarrollo de diferentes enfermedades.	Lancha negra Roya Pie negro
SEMANA 2	En la semana 2 se tuvo temperaturas de 10 a 14 grados, humedad relativa alta sobre el 75% que son favorables para el desarrollo de diferentes enfermedades.	Roya Pie negro

Fuente: INAMHI-MAGAP
Elaborado por: Juan Sánchez

➤ Pronóstico de Temperaturas mínimas.

El pronóstico de temperaturas mínimas resulta de gran utilidad y ayuda para los agricultores ya que pueden aplicar técnicas como riego de agua o humo en el instante de una helada, el procedimiento aplicado correctamente y a tiempo disminuirá la magnitud de la helada en el cultivo de la papa.

Los daños en los cultivos ocasionados por las bajas temperaturas pueden reducir el nivel de producción, algunos tipos de plantas tropicales cuando se someten a temperaturas por debajo 12,5 °C experimentan daños fisiológicos aun cuando la temperatura está muy por encima del punto de congelación.

Las especies o las variedades de cultivos exhiben distintos daños por las heladas a la misma temperatura, su adaptación a las temperaturas frías antes de una helada nocturna se denomina “endurecimiento”, durante los periodos fríos las plantas tienden a endurecerse contra el daño por congelación y pierde el endurecimiento después de un periodo de calentamiento lo cual es irreversible. [32]

Para controlar la helada existen ciertos métodos o técnicas empíricas en muchos casos que se aplican en el campo para cualquier tipo de cultivo al aire libre, los más usados son:

- Colocar humo cerca del cultivo para que el micro clima de la planta cambie y se incremente la temperatura.
- Regar agua en el cultivo en forma de lluvia para que se descongele las plantas.

Según técnicos del INAMHI y MAGAP las heladas o baja temperatura que causa daños a los cultivos en el Ecuador generalmente se dan entre las 4 y 8 de la mañana.

Para los pronósticos de temperaturas mínimas se ha hecho referencia en diferentes investigaciones, pero principalmente se ha realizado el estudio en base al documento de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina de Perú, denominado Modelos de pronóstico de temperaturas mínimas en el Valle del Mantaro. [1]

➤ Modelo Cellier.

En este modelo se analiza el cambio temporal de la temperatura del suelo a diferentes profundidades y así mismo de la atmosfera, este proceso se fundamenta en ecuaciones de la conservación de la energía en el suelo y capas de la atmosfera, es un modelo físico matemático en donde forman parte un conjunto de 19 ecuaciones que es resuelto usando diferencias finitas del tipo Crank-Nicholson [1]

➤ Modelo Lhomme.

El modelo describe la transferencia de masa y energía en equilibrio estático del sistema suelo-planta-atmosfera, al final de la noche cuando las temperaturas mínimas usualmente ocurre, trabaja en la interacción de dos capas, atmosfera-suelo, en este cultivo se toma la relación de la temperatura entre el suelo y las plantas, en donde se obtiene un sistema de ecuaciones. Este modelo es usada para pronóstico de la temperatura mínima de las hojas de un cultivo.

➤ Modelo empírico.

Para el pronóstico de temperatura nos basamos en el modelo empírico desarrollado por García [1], en el mismo que se consideran los factores controladores de balance de radiación y efecto invernadero de la atmosfera sobre el proceso de enfriamiento nocturno.

Para este modelo empírico se planteó:

Presentar datos basados en una correlación serial múltiple, el modelo a corto plazo aplicado para el poblado de La Molina permite predicciones con un rango de 70% de probabilidad de ocurrencia, se detalla la formula a continuación:

$$(Tm)_1 = b_0 + b_1(Tm)_0 + b_2(T_7)_0 + b_3(Th_7)_0 + b_4(T_{13})_0 + b_5(Th_{13})_0 + b_6(T_{19})_0 + b_7(Th_{19})_0 + b_8((V_{19})_0$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, n$

$j = 1$, día para el cual se realiza el pronóstico.

$j-1$ = día que se realiza el pronóstico.

Tm = temperatura mínima.

$T7$ = temperatura de las 7 horas (del bulbo seco).

Th = temperatura del bulbo húmedo.

Ti = temperatura del bulbo seco de la hora de observación i (10, 13, 16 y 19 horas).

Para pronosticar la temperatura mínima del día siguiente se debe disponer de los siguientes parámetros del día actual:

- Temperatura del bulbo húmedo
- Temperatura del aire o termómetro seco
- Humedad relativa
- Velocidad del viento

➤ Temperatura del bulbo húmedo y temperatura del bulbo seco.

Se toman dos termómetros, al uno se le envuelve el bulbo con una tela humedecida en agua y se hace pasar una corriente de aire, el termómetro al que tiene su bulbo sin cubrir con la tela registrará la temperatura del aire; pero el que tiene el bulbo recubierto, el aire forzaré al agua a evaporarse, por lo que la temperatura del termómetro empieza a descender. Dado ahora que la temperatura del termómetro es menor que la del aire circundante, comienza a generarse un intercambio de calor entre estos, en un determinado momento hay un equilibrio entre el calor que pierde y gana el bulbo, por lo que la temperatura del termómetro se estabiliza, esta temperatura se denomina temperatura de bulbo húmedo (tBH), la temperatura del otro termómetro será la del aire, se llama temperatura de bulbo seco (tBS). [33]

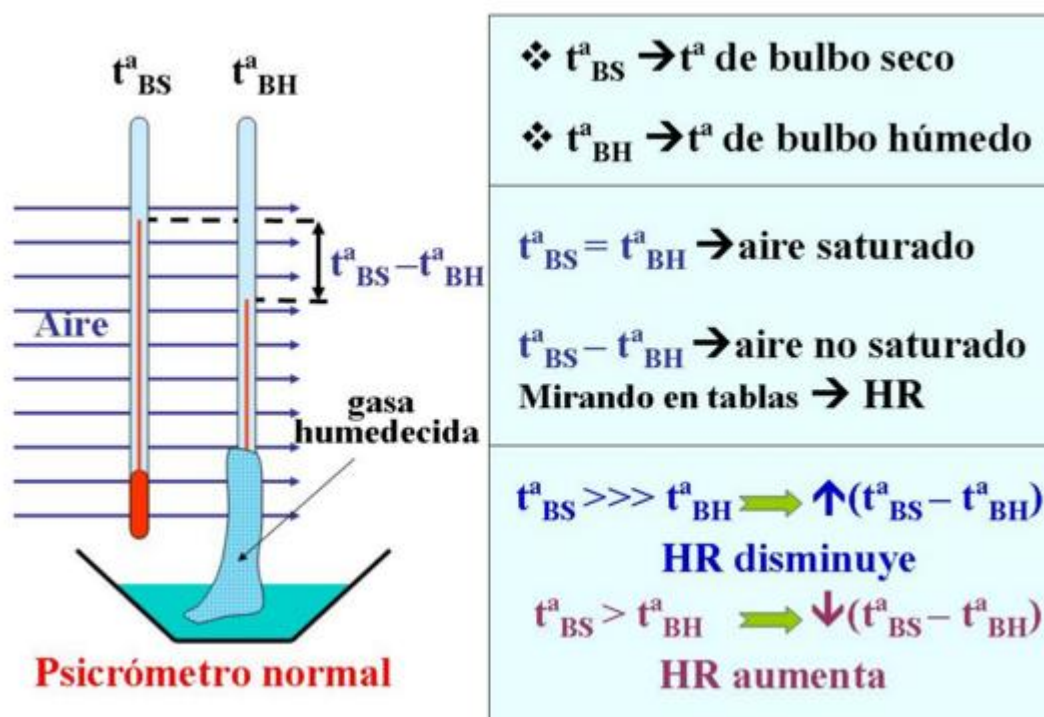


Fig. 4. 5: Psicómetro

Fuente: http://ocw.upm.es/produccion-animal/produccion-avicola/contenidos/TEMA_3/3-2-condiciones-ambientales-ta-y-hr/view

Cabe destacar que estos datos del termómetro de bulbo húmedo pueden ser obtenidos de una estación meteorológica convencional, donde un observador es el encargado de registrar este parámetro.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se dispone de un sensor de humedad relativa y temperatura, pero no se dispone de un sensor automático de temperatura de bulbo húmedo, según el Climatólogo Pronosticador del INAMHI Antonio Salas, quien desempeña como Director Zonal de dicha entidad, regularmente se utilizan tablas Psicométricas que son datos obtenidos en laboratorios para obtener una relación aproximada entre la temperatura del bulbo seco, la humedad relativa y la temperatura del bulbo húmedo.

A continuación se presenta un extracto de la tabla Psicométrica proporcionada por el INAMHI a una altitud de 2.735 – 3.600 m.s.n.m, y nivel de presión de 700 hPa.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA																														
TABLA PSICOMETRICA CON VENTILACION ARTIFICIAL																														
NIVEL DE PRESION		700 hPa																												
ELEVACION:		2735 - 3600 msnm																												
Th	3,0	3,1		3,2		3,3		3,4		3,5		3,6		3,7		3,8		3,9		Th 3.0/3.9		Ts 3.0/9.9								
Ts	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR
3,0	100	7,6	3,0																											
3,1	99	7,5	2,9	100	7,6	3,1																								
3,2	97	7,5	2,8	99	7,6	3,0	100	7,7	3,2																					
3,3	96	7,4	2,8	97	7,5	3,0	99	7,6	3,1	100	7,7	3,3																		
3,4	95	7,4	2,7	96	7,5	2,9	97	7,6	3,1	99	7,7	3,2	100	7,8	3,4															
3,5	94	7,4	2,6	95	7,5	2,8	96	7,6	3,0	97	7,7	3,2	99	7,8	3,3	100	7,9	3,5												
3,6	92	7,3	2,5	94	7,4	2,7	95	7,5	2,9	96	7,6	3,1	97	7,7	3,3	99	7,8	3,4	100	7,9	3,6									
3,7	91	7,3	2,4	92	7,4	2,6	94	7,5	2,8	95	7,6	3,0	96	7,7	3,2	97	7,8	3,4	99	7,9	3,5	100	8,0	3,7						
3,8	90	7,2	2,3	91	7,3	2,5	92	7,4	2,7	94	7,5	2,9	95	7,6	3,1	96	7,7	3,3	97	7,8	3,5	99	7,9	3,6	100	8,0	3,8			
3,9	89	7,2	2,2	90	7,3	2,4	91	7,4	2,6	92	7,5	2,8	94	7,6	3,0	95	7,7	3,2	96	7,8	3,4	97	7,9	3,6	99	8,0	3,7	100	8,1	3,9
4,0	88	7,1	2,1	89	7,2	2,3	90	7,3	2,5	91	7,4	2,7	92	7,5	2,9	94	7,6	3,1	95	7,7	3,3	96	7,8	3,5	97	7,9	3,7	99	8,0	3,8
4,1	86	7,1	2,1	88	7,2	2,3	89	7,3	2,4	90	7,4	2,6	91	7,5	2,8	93	7,6	3,0	94	7,7	3,2	95	7,8	3,4	96	7,9	3,6	97	8,0	3,8
4,2	85	7,0	2,0	86	7,1	2,2	88	7,2	2,4	89	7,3	2,6	90	7,4	2,7	91	7,5	2,9	93	7,6	3,1	94	7,7	3,3	95	7,8	3,5	96	7,9	3,7
4,3	84	7,0	1,9	85	7,1	2,1	87	7,2	2,3	88	7,3	2,5	89	7,4	2,7	90	7,5	2,8	91	7,6	3,0	93	7,7	3,2	94	7,8	3,4	95	7,9	3,6

Fig. 4. 6: Datos psicométricos de temperatura con ventilación artificial
Fuente: INAMHI

En esta tabla se va a apreciar las siguientes nomenclaturas que se debe tener en cuenta:

- Ts. Temperatura del termómetro de bulbo Seco.
- Th. Temperatura del termómetro de bulbo húmedo.
- HR. Humedad Relativa.

En la Fig. 4.6, la temperatura del termómetro de bulbo seco “Dato de color naranja” y sensor de humedad relativa “Dato de color verde”, se observa la relación con la temperatura del termómetro de bulbo húmedo “Dato de color celeste”, por lo cual se debe realizar esta relación para obtener el dato de forma automática.

➤ Velocidad del viento.

Es un factor fundamental debido a que el modelo requiere una velocidad menor o igual a 2m/s [1], cuando se tiene este valor se presume que al día siguiente la temperatura será baja, el viento debe ser registrado a las 19:00 horas.

Para realizar el cálculo y determinar las constantes: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8$ del modelo de regresión lineal múltiple se usaron datos históricos de la Estación Meteorológico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo del mes de marzo del 2016, y valores de días con velocidad de vientos menor o igual que 2 metros por segundo, de donde se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 4. 4: Parámetros para el cálculo del modelo de regresión lineal múltiple

FECHA	TEMPERATURA DÍA SIGUIENTE	TEMPERATURA DÍA ACTUAL	TEM. TER. SECO	TEM. TER. HUMEDO	TEM. TER. SECO	TEM. TER. HUME	TEM. TER. SECO	TEM. TER. HUMEDO	VEL. VIENT. 7 PM
mar-15	T.MIN. DIA+1	T.MIN.DIA 0	T.T S. 7AM	T.T.H. 7AM	T.T.S 13 PM	T.T.H. 13 AM	T.T.S. 19 PM	T.T.H. 19 PM	VEL VIENTO
1	11,4	11,8	12,4	11,1	18,4	13,2	14	12	2
2	11,4	11,4	12,6	12	20,6	13,8	16,5	11,9	3
3	11,2	11,4	12,2	11,3	16,1	12,6	15,3	11,7	1
4	10,2	11,2	12	11,3	20,8	15	15,2	12,5	1
5	10	10,2	10,9	10,3	18,8	13,4	14,6	12,4	1
6	10,2	10	10,7	9,9	17,6	11,4	15,4	13	1
7	10,4	10,2	10,8	10,2	17,5	12,2	12,8	11,7	0
8	11,6	10,4	11,6	10,4	20,6	14,1	15,2	12,4	1
9	11,6	11,6	12	11,4	21,4	14,6	15,2	12,5	1
10	12	11,6	12	11,5	19,8	13,5	15,8	13,1	1
11	11	12	12,6	11,8	22	14,2	15,7	12,7	1
12	11,6	11	12,1	11,5	16,6	13,1	14,7	12,8	1
13	11	11,6	12,3	12	17,2	13,5	14,6	12	1
14	11,2	11	11,4	11	18	13,4	15,4	12,3	3
15	11,2	11,2	12,4	10,7	21,6	13,8	15,6	11,9	4
16	11	11,2	11,6	10,9	19,9	13,2	15	11,7	1
17	11	11	11,5	11,1	16,2	14,4	13,3	11,4	1
18	11	11	11,2	10,8	20,2	14,3	15	12,3	2
19	11,2	11	11,2	10,2	18,8	13,1	15	11,7	2
20	11	11,2	11,8	11,2	16,2	12,8	15,2	11,2	1
21	10,6	11	11,4	10,6	17,8	13,2	15	12	2
22	11	10,6	11	10,1	17,4	12,1	12,8	11,3	2

23	11	11	11,4	10,4	16,8	12,3	13,6	11,3	1
24	9,8	11	11,2	10,5	18,2	13,4	14,6	11,8	2
25	9	9,8	11	10,3	20,6	13,8	15	11,8	5
26	11,2	9	11,8	10,9	16,7	12,6	13,5	12	1
27	10,2	11,2	11,6	11	17,2	13	14,7	11,9	1
28	12,2	10,2	10,6	10,2	17,8	14,4	15,4	12,5	4
29	11,4	12,2	12,8	11,6	21,1	14,6	15	13	3
30	10,2	11,4	12	10,6	19,6	14,7	13,2	11,4	1
31	11,6	10,2	10,8	10,2	19,4	14			

Fuente: ESPOCH-INAMHI
Elaborador por: Juan Sánchez

➤ Cálculo de la regresión lineal Múltiple

La regresión lineal es una técnica estadística para estudiar la naturaleza de la relación entre dos o más variables, los objetivos de la regresión son mostrar la forma como una variable independiente x se relaciona con una variable dependiente y , hacer pronósticos sobre los valores de la variable dependiente, con base en el conocimiento de los valores de la variable independiente. [34]

A continuación para el cálculo del modelo de regresión lineal múltiple se seleccionó los días con velocidades de vientos menores o iguales a 2m/s.

Tabla 4. 5: Datos para aplicar el modelo de regresión lineal múltiple con velocidades de viento menores o iguales a 2ms

FECHA	TEMPERATURA DÍA SIGUIENTE	TEMPERATURA DIA ACTUAL	TEM. TER. SECO	TEM. TER. HUMEDO	TEM. TER. SECO	TEM. TER. HUME	TEM. TER. SECO	TEM. TER. HUMEDO	VEL. VIENT. 7 PM
mar-15	T.MIN. DIA+1	T.MIN.DIA 0	T.T S. 7AM	T.T.H. 7AM	T.T.S 13 PM	T.T.H. 13 AM	T.T.S. 19 PM	T.T.H. 19 PM	VEL VIENTO
1	11,4	11,8	12,4	11,1	18,4	13,2	14	12	2
3	11,2	11,4	12,2	11,3	16,1	12,6	15,3	11,7	1
4	10,2	11,2	12	11,3	20,8	15	15,2	12,5	1
5	10	10,2	10,9	10,3	18,8	13,4	14,6	12,4	1
6	10,2	10	10,7	9,9	17,6	11,4	15,4	13	1
7	10,4	10,2	10,8	10,2	17,5	12,2	12,8	11,7	0
8	11,6	10,4	11,6	10,4	20,6	14,1	15,2	12,4	1
9	11,6	11,6	12	11,4	21,4	14,6	15,2	12,5	1
10	12	11,6	12	11,5	19,8	13,5	15,8	13,1	1
11	11	12	12,6	11,8	22	14,2	15,7	12,7	1
12	11,6	11	12,1	11,5	16,6	13,1	14,7	12,8	1
13	11	11,6	12,3	12	17,2	13,5	14,6	12	1
16	11	11,2	11,6	10,9	19,9	13,2	15	11,7	1
17	11	11	11,5	11,1	16,2	14,4	13,3	11,4	1
18	11	11	11,2	10,8	20,2	14,3	15	12,3	2
19	11,2	11	11,2	10,2	18,8	13,1	15	11,7	2

20	11	11,2	11,8	11,2	16,2	12,8	15,2	11,2	1
21	10,6	11	11,4	10,6	17,8	13,2	15	12	2
22	11	10,6	11	10,1	17,4	12,1	12,8	11,3	2
23	11	11	11,4	10,4	16,8	12,3	13,6	11,3	1
24	9,8	11	11,2	10,5	18,2	13,4	14,6	11,8	2
26	11,2	9	11,8	10,9	16,7	12,6	13,5	12	1
27	10,2	11,2	11,6	11	17,2	13	14,7	11,9	1

Fuente: ESPOCH-INAMHI
Elaborado por: Juan Sánchez

Con los datos obtenidos se procedió a resolver el modelo de regresión lineal y determinar los valores de las constantes b, el resultado obtenido fue el siguiente:

Tabla 4. 6: Valores obtenidos de las constantes del modelo de regresión lineal múltiple

Coefficientes	Valor
b ₀	3,83671615
b ₁	-0,02680095
b ₂	0,85843976
b ₃	-0,20246303
b ₄	0,03320519
b ₅	-0,07398687
b ₆	-0,08926829
b ₇	0,10068415
b ₈	0,05693932

Elaborado por: Juan Sánchez

Nuestra ecuación queda de la siguiente manera:

$$(Tm)_1 = 3,8367 - 0,0268(Tm)_0 + 0,8584(T_7)_0 - 0,2025(Th_7)_0 + 0,0332(T_{13})_0 - 0,0739(Th_{13})_0 + 0,0892(T_{19})_0 + 0,1006(Th_{19})_0 + 0,0569((V_{19})_0$$

- Coeficiente de correlación lineal múltiple r: 0,5678

Se puede interpretar como la fracción de la variación total que se aplica por la recta de regresión de mínimos cuadrados se ajusta a los datos muestrales, establece una medida del grado de asociación lineal entre la variable respuesta y las variables predictoras. [35]

- Coeficiente de determinación R²:0,3241

Representa la porción de variación explicada por la regresión, es una medida relativa del grado de asociación lineal entre x e y.

$$0 \leq R^2 \leq 1.$$

- Si R² = 0

El modelo no explica nada de la variación de y a partir de su relación lineal con x_1, \dots, x_k .

- Si $R^2 = 1$

Toda la variación de y es explicada por los términos presentes en el modelo.

- Un valor de R^2 cercano a 1

Mayor cantidad de variación total es explicada por el modelo de regresión.

Cabe recalcar que el valor de nuestro coeficiente de correlación y determinación se encuentra con un valor aproximado a la investigación de García, Modelos de pronóstico de temperaturas mínimas en el Valle del Mantaro. [1]

Para validar el pronóstico de nuestra regresión lineal múltiple usamos los siguientes datos del 1 al 10 de abril del 2016.

Tabla 4. 7: Pronostico de temperaturas mínimas en el mes de abril 2016

	Temperatura Pronosticada	Tem. Min. Dia Actual	Tem. Ter. Seco	Tem. Ter. Humedo	Tem. Ter. Seco	Tem. Ter. Humedo	Tem. Ter. Seco	Tem. Ter. Humedo	Vel. Viento 7 pm	Temperatura medida
FECHA: ABRIL 2016	T.MIN. DIA+1	T.MIN.DIA 0	T.T.S. 7AM	T.T.H. 7AM	T.T.S 13 PM	T.T.H. 13 AM	T.T.S. 19 PM	T.T.H. 19 PM	VEL . VIENTO	Tem. Medida Estación
1	11,23	11,6	12	11,4	20	14	13,8	12,5	1	11,6
2	11,53	12	12,3	11,5	21,3	14,2	12,9	12,7	0	12
3	9,71	9,3	9,5	9,1	17,4	12,2	11,7	11,1	1	9,3
4	10,40	10,4	10,8	11,1	20,6	13,5	15	13,5	2	10,4
5	10,10	9,9	10,2	9,7	18,1	13,2	15	13,3	2	9,9
6	11,02	11,6	12	11,3	19,8	14	16,7	12,3	2	11,6
7	11,10	11,8	12	11,2	20	14,2	15,7	12,7	1	11,8
8	11,05	11,4	11,8	11	17,8	12,4	15	12,2	1	11,4
9	11,38	11,8	12,3	11,3	20,6	14,6	14,6	12,2	1	11,8
10	12,00	12,6	13,3	12,5	20,3	14,4	14,7	12,5	1	12

Elaborado por: Juan Sánchez

Se pudo verificar que el modelo es bastante acertado en el pronóstico de temperaturas mínimas en los 15 primeros días, se presentó un error mínimo de 0,5 °C y máximo de 2 °C. Además se pudo concluir que la parroquia Quimiag por condiciones ambientales se desarrollan 4 plagas, 2 enfermedades y presenta el riesgo de heladas.

4.4 Propuesta de solución

Debido a que en la parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba se desarrollan por condiciones climáticas: 4 plagas, 2 enfermedades y además se tiene riesgos de heladas que pueden afectar a los cultivos de papa, por lo cual los agricultores son objeto de grandes gastos en insumos agrícolas, razón por la cual se ha planteado el siguiente tema de investigación.

“Sistema de Monitoreo Agrícola con Tecnología inalámbrica y Generación de Alertas para la Prevención Temprana de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Papa en la parroquia Quimiag del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo”.

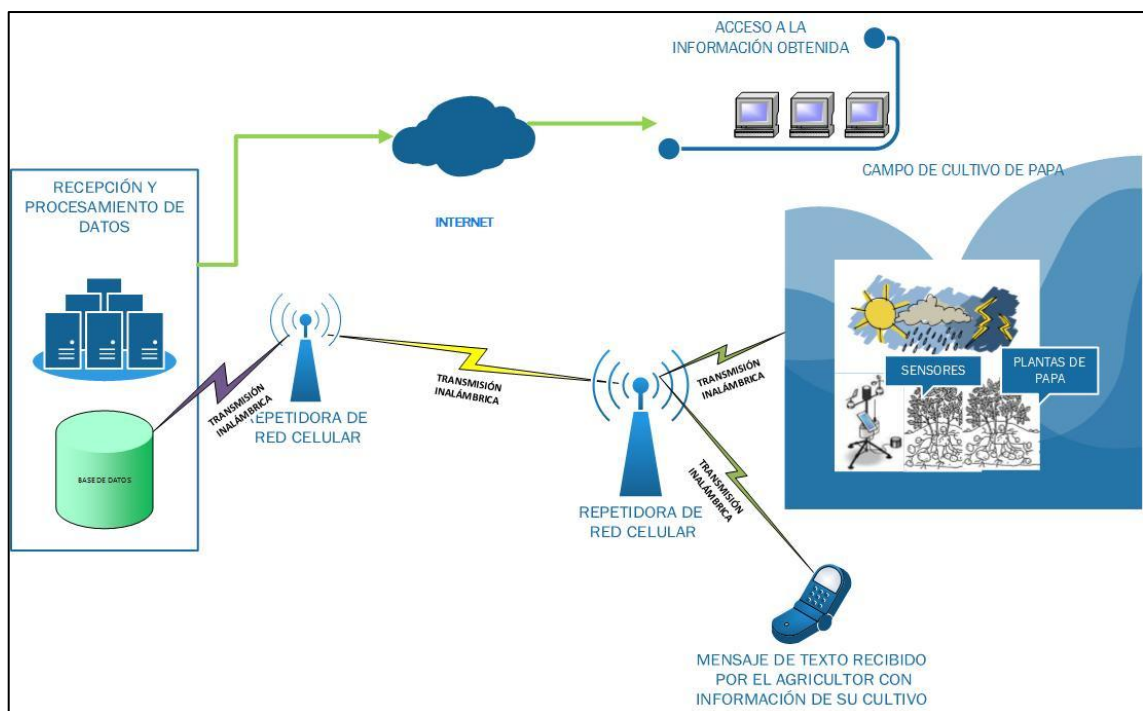


Fig. 4. 7: Descripción gráfica del prototipo a implementarse.

Elaborado por: Juan Sánchez.

El sistema está conformado por las siguientes etapas:

1. Lectura de los parámetros ambientales haciendo uso de diferentes sensores.
2. Transmisión inalámbrico de los datos.
3. Recepción y procesamiento de los parámetros recibidos.
4. Envío de alerta al agricultor y visualización de los datos en internet.

4.5 Investigación de las tecnologías inalámbricas existentes.

Se dispone de diferentes formas de comunicación inalámbricas pero se ha seleccionado la clasificación por su alcance.

4.5.1 Redes de área personal inalámbrica (WPAN:wireless Personal Area Networks).

Las WPAN presentan una limitación de alcance los dispositivos que se pretende comunicarse no deben estar muy separados uno del otro, su uso permite comunicar una impresora, ordenadores o diferentes periféricos y dispositivos móviles sin ningún cable, dentro de esta clasificación se encuentra la tecnología bluetooth con un alcance máximo de 10 m y mediante la tecnología WI-FI se puede llegar hasta los 100 m. [31]

Tabla 4. 8: Comparacion entre tecnologías Bluetooth, Dect, IrDa, NFC, y Zigbee.

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bluetooth	Transmisión de voz y datos, frecuencia 2.4 Ghz	Bajo costo	Corta distancia de cobertura 10 - 100 m
Dect	Transmisión de voz para telefonía análoga, frecuencia 1880 - 1900 Mhz	Se puede cifrar información	Corta distancia de alcance de 25 - 100 m
IrDa	Transmisión de datos por luz infrarroja 9.6Kbps	Bajo costo	Corta distancia de alcance máximo 1 m

	y 16Mbps		
NFC	Transmisión de datos por radio frecuencia banda de 13,56 Mhz	Se usa en teléfonos de gama alta y media	Corta distancia de alcance máximo 20 cm
Zigbee	Transmisión de datos por radio frecuencia de operación 2.4Ghz	Bajo costo	Alcance depende del modelo hasta 30 millas

Elaborado por: Juan Sánchez

4.5.2 Redes locales inalámbricas (WLAN)

WLAN es una red de cobertura geográfica limitada, velocidad de transmisión relativamente alta, bajo nivel de errores y administrada de manera privada, que se comunica básicamente mediante microondas.

La ventaja de una WLAN es que se puede acceder a los recursos que les ofrecen las redes de área cableada (LAN) sin tener que depender de la infraestructuras de red, los usuarios de una WLAN pueden acceder a información desde cualquier lugar de la organización, no hay que preocuparse por la instalación de cables dentro del radio de cobertura, la flexibilidad permite acceder a un lugar que una LAN cableada no alcanzaría nunca, estas redes pueden transmitir información a velocidades superiores a 500 Mbps. [31]

Tabla 4. 9: Características de las redes WLAN

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Velocidad	Pueden transmitir información a velocidades superiores de 500Mbps
Retardos	Se generan retardos desde su origen hasta el destino por interferencia o distancia
Accesos difíciles	Dentro de un edificio se puede encontrar lugares donde la señal se pierde por completo
Funcionamiento	Utilizan ondas electromagnéticas para transmitir los datos
Frecuencia de operación	Frecuencia de operación 2.4Ghz y 5Ghz
Uso	Combina la conectividad para transmisión de datos con la movilidad del usuario
Estándar	Estándar 802.11 a/b garantiza interoperabilidad en los equipos que cumplan.
Aplicaciones	PYMEs, centros educativos y comerciales, entidades públicas y privadas

Elaborado por: Juan Sánchez

4.5.3 Redes de gran alcance inalámbricas (WWAN).

Las redes WWAN permiten la conexión de redes en zonas geográficamente distantes, consisten de torres y antenas que transmiten ondas de radio o usan tecnología de microondas para conectar redes de área local utilizando enlaces punto-punto o punto-multipunto.

- WWAN fijas (FWWAN).- pueden usar radio enlaces para la conexión por medio de infrarrojos, microondas, láser, etc.

- WWAN móvil (MWWAN).- el equipo termina envía y recibe información mientras esta en movimiento, muchos usuarios conectados simultáneamente a la red.
- 2.5G (Segunda generación y media).- es considerada una tecnología intermedia entre 2G y 3G la cual está basada en redes móviles GSM para aumentar la velocidad de transmisión de datos y su eficacia con sistemas GPRS que es una técnica de conmutación de paquetes velocidad de transmisión 56 y 115 Kbps, no se usa tiempo de conexión y se utiliza cantidad de información transmitida, se pasa de la conmutación de circuitos a conmutación de paquetes y EDGE (EGPRS) esta tecnología tiene una velocidad de transmisión de 236 y 384 Kbps se integran los servicios multimedia con mayor facilidad. [31]

4.6 Determinación de la tecnología inalámbrica óptima para el lugar.

Para la transmisión de la información desde la estación hasta el receptor se hizo uso de la red celular GSM, en el sector brindan servicio de las empresas de telefonía Claro, Movistar y CNT, con mayor cobertura de la empresa Conecel S.A con su nombre comercial “CLARO” que opera a frecuencias de GSM 850 Mhz a 1900 Mhz, es la red de telefonía por la cual se envió los datos de los sensores en un mensaje de texto.

El uso de la red celular permite obtener los datos en cualquier lugar del país con cobertura celular, no serían posibles por la distancia de transmisión y el perfil topográfico del terreno usar otro tipo de tecnología de mediano alcance.

El costo de transmisión de la información es de 7 centavos de dólar por mensaje, por ello se contrató un plan de mensajes mensuales tanto para la estación de monitoreo como para el receptor ya que este último enviara la alerta de estado del cultivo al agricultor.

A continuación se presenta los planes post pago más común que tiene Claro:

Paquetes Mensajes Escritos (SMS) en Planes Postpago					
Ideas SMS Postpago	Precio	Precio Final	Precio x SMS Adicional*	Precio Final x SMS Adicional*	Cantidad de SMS Incluidos
Evento	\$ 0,06	\$ 0,07	-	-	1
Ideas 70 SMS	\$ 1,50	\$ 1,68	\$ 0,06	\$ 0,07	70
Ideas 100 SMS	\$ 2,00	\$ 2,24	\$ 0,06	\$ 0,07	100
Ideas 240 SMS	\$ 5,00	\$ 5,60	\$ 0,06	\$ 0,07	240
Ideas 300 SMS	\$ 6,00	\$ 6,72	\$ 0,06	\$ 0,07	300
Ideas 400 SMS	\$ 7,50	\$ 8,40	\$ 0,06	\$ 0,07	400
Ideas 2800 SMS	\$ 11,99	\$ 13,43	\$ 0,06	\$ 0,07	2800

* Precio x SMS adicional aplica una vez terminada la Cantidad de SMS Incluidos.
 ** Paquetes disponibles puede variar de acuerdo al Plan Postpago contratado por el cliente.

Fig. 4. 8: Paquetes de mensajes escritos de Claro

Fuente: www.claro.com.ec

4.7 Selección de los dispositivos electrónicos a utilizarse en el desarrollo del sistema de monitoreo.

Para el desarrollo del prototipo se seleccionó dispositivos de gama baja que se encuentren dentro de los parámetros de aceptabilidad de lecturas de datos y operatividad.

4.7.1 Sensores.

Se realizó la siguiente selección de sensores que permitan disponer de los datos generales para ser procesados y brinden la facilidad de comunicación con un microcontrolador.

- Sensor de precipitación Pluviómetro.- este dispositivo se emplea para calcular las precipitaciones que caen en un cierto lugar durante una determinada cantidad de tiempo, a continuación se muestra ciertos sensores que se disponen en el mercado y pueden ser usados con arduino.

Tabla 4. 10: Tabla comparativa para la selección del Pluviómetro

PARÁMETROS	RAIN GAUGE P/N 80422	RAIN GAUGE MD523	RAIN GAUGE IM523
Tipo de sensor	doble cubeta basculante	Cuchara basculante	doble cubeta basculante balancín
Fabricante	Argent Data Systems	Pessl Instruments	Pessl Instruments
Costo	50 \$	220 \$	250 \$
Tipo de salida	Señal de contacto	Señal de contacto	Señal de contacto
Operación	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos	Contactos magnéticos
Sensibilidad	1 pulso por 0.2mm	1 pulso por 0.2 mm	1 pulso por 0.2 mm
Colector de superficie	143cm ²	200 cm ²	200 cm ²
Dimensiones	120 mm diámetro x 60,45 mm altura	170 mm diámetro x 142 mm altura	185mm diámetro x 250 mm altura
Tipo de señal	Digital	Digital	Digital

Elaborado por: Juan Sánchez

En la selección del sensor de precipitación se ha elegido Rain Gauge P/N 80422 ya que permite vincular su señal a un conector RJ11, para ser enviados por comunicación I2C hasta el microcontrolador y permite integrar con más sensores con interfaz para arduino.

➤ Sensor Anemómetro.- este sensor permite medir la velocidad del viento.

Tabla 4. 11: Tabla comparativa para la selección del Anemómetro

PARÁMETROS	ANEMÓMETRO ARGENT DATA	ANEMÓMETRO 03101 WINDSENTRY	ANEMÓMETRO RNRG 40H
Tipo de sensor	Magnético	Magnético	Magnético
Fabricante	Argent Data	RM Young	NRG Systems

	Systems		
Costo	40 \$	150 \$	340 \$
Tipo de salida	Señal de contacto	Señal de contacto	Señal de contacto
Operación	Contacto magnético	Contacto magnético	Efecto hall
Sensibilidad	1.492m/h	1.1 m/h	0.78 m/h
Peso	100 gr.	113gr	140 gr.
Dimensiones	18 cm	20 cm	18.3 cm
Tipo de señal	Digital	Digital	Digital

Elaborado por: Juan Sánchez

Para la esta selección del sensor se tomó los parámetro de comunicación digital con interfaz para arduino, por lo cual se eligió el sensor de Argen Data Systems ya que permite integrar con el resto de sus sensores de la misma marca.

- Sensor de Dirección del viento.- Este sensor permite medir la dirección del viento, se usó el sensor de Argent Data Systems dado que los sensores hacen uso de la mismo tipo de comunicación y disponibles con interfaz para arduino.

Tabla 4. 12: Tabla comparativa para la selección del sensor de dirección de viento

PARÁMETROS	VELETA DE DIRECCIÓN
Tipo de sensor	Magnético
Fabricante	Argent Data Systems
Costo	30\$
Tipo de salida	Señal de voltaje 0-5 V
Voltaje de alimentación	
Operación	Contacto resistivo
Sensibilidad	22.5°
Peso	200 gr.
Dimensiones	15 cm
Tipo de señal	Analógica

Elaborado por: Juan Sánchez

- Sensor de Humedad y Temperatura.- Sensor de temperatura para arduino permite medir la temperatura ambiental y la humedad relativa.

Tabla 4. 13: Tabla comparativa para la selección del sensor de temperatura y humedad

PARÁMETROS	SENSOR DHT11	SENSOR LM35DZ	SENSOR DTH22
Tipo de sensor	Humedad / Temperatura	SENSOR LM35DZ	Humedad / Temperatura
Humedad	1 % RH	Temperatura	± 3% RH
Resolución	8 bit	--	0.1 % RH - temperatura± 0.5 °C
Repetibilidad	± 1%RH	±1/4°C	humedad ± 1%RH temperatura ± .5%
Precisión	a 25°C ±4%RH-0 A 50°C	--	humedad ± 2% - temperatura 0,5% °C
Rango de medición	min 0°C - max 50 °C	0.5 °C	-40°C - 80°C
Tiempo de respuesta	25°C, 1 m/s Air, min 6s, 15s	-55°C min - 150°C max	2s
Histéresis	± 1%RH	--	± 3%RH
Tiempo de estabilidad	±1%RH/year	--	±5%RH/year
Voltaje de alimentación	3.3-6 V	--	3,3 - 6 V

Elaborado por: Juan Sánchez

Para la elección del sensor de temperatura y humedad se ha hecho referencia a la precisión y rango de operación de temperatura, también la humedad por lo cual se

seleccionó el sensor DTH22, además se tomó en cuenta la transmisión serial de los datos que dispone este sensor.

- Sensor de luz de ambiental.- Este sensor permite medir la cantidad de luz que se tiene en un determinado lugar.

Tabla 4. 14: Tabla comparativa para la selección del sensor de luz ambiental

PARÁMETROS	SENSOR BH1750FVI	SENSOR TLS2561	FOTO RESISTENCIA LDR
Tipo de sensor	Sensor de luz ambiental	Sensor de luz de ambiente	Sensor de luz
Voltaje de alimentación	max 4.5 V	max 3.6 V	max 150 V
Temperatura de operación	-40 a 85 °C	-30°C a 70°C	-30°C a 70°C
Comunicación	I2C	I2C	Señal Análoga
Precisión	1.2	--	0.7
Tiempo de respuesta	120 ms 0.5 lx	178 ms	10 s
Resolución	16 bits	16 bits	--
Rango de operación	1 - 65535 lx	1 - 65535 lx	1-100 lx

Elaborado por: Juan Sánchez

Se seleccionó el sensor BH170FVI ya que tiene una buena resolución mayor rango de operación en condiciones ambientales extremas, además se vinculara con el resto de sensores por comunicación I2C.

- Sensor de presión barométrica para arduino.- Este sensor permite medir la presión barométrica para realizar pronósticos climáticos.

Tabla 4. 15: Tabla comparativa de sensores de presión barométrica

PARÁMETROS	SENSOR BMP085	SENSOR MPL11A2	SENSOR BMP180
Voltaje de alimentación	1.8 V a 3.6 V	2.3 V a 5.5 V	1.6 V a 3.6 V
Temperatura de operación	-45°C a 85°C	-40°C a 125°C	-40°C a 80°C
Comunicación	I2C	I2C	I2C
Precisión	700 hPa a 1100 hPa -2.5 a 2.5	-20°C to 85°C ± 1	0°C a 65°C -4hPa a 4.5hPa
Tiempo de respuesta	1 muestra cada segundo	1 muestra cada segundo	1 muestra cada segundo
Resolución	0.01hPa	0.25kPa	0.01 hPa
Rango de operación	50 hPa max 10.000 hPa	50 KPa max 115KPa	300 hPa a 1100 hPa
Dimensiones	--	--	--
Tipo de señal	digital	Digital	digital

Elaborado por: Juan Sánchez.

Se seleccionó el sensor BMP 180 que es el más actual en el mercado de fácil adquisición, además permite vincular y acoplar con los demás sensores de Argent Data Systems.

- Modulo reloj digital para arduino.- Este sensor permite conocer le tiempo y disponer de la fecha actual en horas minutos y segundos con gran precisión.

Tabla 4. 16: Tabla comparativa de módulos de tiempo real para arduino.

PARÁMETROS	MÓDULO RTS DS1307	MÓDULO RTC DS1302	MÓDULO RTC DS3231
Voltaje de alimentación	5.5 V	5 V	3.3 V
temperatura de operación	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C
Comunicación	Serial	Serial	I2C
Precisión	24 horas	24 horas	24 horas
Resolución	8 bits	8 bits	8 bits
Rango de operación	31 días - 24 horas	31 días - 24 horas	31 días - 24 horas
Tipo de señal	digital	Digital	digital

Elaborado por: Juan Sánchez.

Se seleccionó el sensor RTC DS3231 que permite vincular con el resto de sensores a través de la comunicación I2C, además por su fácil disponibilidad en el mercado.

4.7.2 Dispositivos de adquisición y procesamiento de datos.

En esta sección analizamos los microcontroladores que se utilizan en el proyecto para capturar los datos de los sensores y recepción de los datos.

Tabla 4. 17: Tabla comparativa para la selección del microcontrolador.

PARÁMETROS	PIC 16F877a	ARDUINO UNO	ARDUINO MEGA
Microcontrolador	16f877A	ATmega 328	ATmega 2560
Voltaje de operación	2 V a 5.5 V	5 V	5 V

Voltaje de entrada	5 V	7 V a 12 V	7 V a 12 V
Pines Digitales	33	14	54
Pines de entrada análogos	8	6	16
Corriente de pin	25mA	40 mA	40 mA
Corriente a 3.3 V de pin	--	50 mA	50 mA
Memoria flash	8 Kbytes	32 Kb	128 Kb
SRAM	368 Bytes	2 Kb	8 Kb
EEPROM	256 bytes	1 Kb	4 Kb
Clock Speed	20 Mhz	16 Mhz	16 Mhz
Comunicación	UART, 1-A/E/USART, 1-SPI, 1-I2C1- MSSP(SPI/I2C)2	UART, USART, SPI, ICSP, I2C, USB	UART, USART, SPI, ICSP, I2C, USB
Interrupción externa	1	2	6
Temperatura de operación	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C

Elaborado por: Juan Sánchez.

En esta sección se requiere dos microcontroladores:

- El primero es para la adquisición de datos de los sensores, por lo cual se seleccionó la placa electrónica Arduino Mega, esta placa dispone de 6 interrupciones externas, de las cuales se usan 2, la comunicación I2C se encuentra en los siguientes 2 pines con interrupciones, adicionalmente el modulo SIM 900 también usa dos interrupciones.
- El segundo módulo es usado para la recepción del mensaje de texto con los datos de los sensores, pero también para el envío de la alerta al usuario, para esta

tarea se seleccionó la placa Arduino Uno, dado que la placa SIM 900 es compatible para arduino Uno y Mega.

4.7.3 Dispositivo de transmisión y recepción de datos.

Uso del módem GSM/GPRS para el envío y recepción de los datos, a continuación se detallan características de los diferentes productos disponibles en el mercado.

Tabla 4. 18: Tabla comparativa para la selección del transmisor y receptor inalámbrico

PARÁMETROS	MODULO SIM 300	MODULO SM51	MODULO SIM 900
Fuente de voltaje	3.4 V - 4.5 V	3.3 V - 4.2 V	3.2V – 4.8V .
Bandas de operación	EGSM 900 DCS 1800 PCS 1900	EGSM900/DCS1800 GSM850/PCS1900 GSM850/EGSM900 DCS1800/PCS1900	Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 Mhz
Conexión GPRS	GPRS multi-slot class 10 GPRS mobile station class B	GPRS mobile station GPRS multi-slot Class B class 10	GPRS multi-slot class PRS mobile station class B Compliant to GSM phase 2/2+
Protocolos de red	PPP, TCP/IP, PBCCH, USSD	PPP, TCP/IP, USSD	RTC, SPI, Serial interface Antenna pad I2C GPIO PWM ADC Compa
Voz	Half Rate, Full Rate Enhanced Full Rate	FR/EFR Echo suppression	Analog audio interface

	Echo suppression		
Mensaje de texto	MO/MT/CB, TEXT/PDU SMS GPRS	MO/MT/CB, TEXT/PDU SMS Over GPRS	TCP/UDP stack SMS GPRS
Consumo de corriente	Sleep mode 2.5 mA(Min) Normal Operation 250mA transmission 1 A Peak 2.0 A	Sleep mode 2mA(Min) EGSM900,PCL 270mA EGSM900,PCL 400mA Peak 2.0 A	Sleep mode 1.5 mA(Min) EGSM900, PCL 240mA EGSM900,PCL 270mA Peak 2.0 A
Temperatura de operación	Normal -20°C - 55°C Restricted - 25°C - 55°C Storage -40°C - 80°C	Normal -20°C - 55°C Restricted - 30°C - 80°C Storage -40°C - 85°C	Normal -30°C - 80°C Restricted -40°C - 85°C Storage -45°C - 90°C
Interfaces	Serial Port 1 Seven lines on Serial Port Interface Serial Port 1 ,CSD FAX, GPRS.	UART, UART1	Serial Port 1 ,GPIO, I2C.
SIM Card	1.8V - 3V	1.8V - 3V	1.8V - 3V
Antena Interface	Connected via 50 Ohm antenna connector or antenna pad	Antenna Pad	Antenna Pad
AT Commands	AT commands	GSM 07.07, 07.05 extended AT commands	AT 07.07 ,07.05 comandos AT SIMCOM mejorados

La selección de este dispositivo se realizó de acuerdo a la flexibilidad de presentación con compatibilidad de placas para arduino y la facilidad de comunicación Serial, además del consumo de corriente de 1.5 mA en modo Sleep y 140 mA en operación cabe recalcar que todos los módulos analizados tienen picos de 2 A en envío de datos.

4.8 Elaboración del esquema de diseño del prototipo, sensores, actuadores y unidad de procesamiento y software.

Después de realizar la selección de los dispositivos de acuerdo a los requerimientos del proyecto, diseñamos el esquema gráfico del prototipo que se implementará.

4.8.1 Esquema de conexión de sensores.

A continuación se detalla la forma de comunicación que utilizan los sensores para transmitir sus datos, el arduino mega quien se encargan de realizar la lectura de los parámetros ambientales ya sea por comunicación I2C o de manera analógica, también envía las muestras en un mensaje de texto por la red celular.

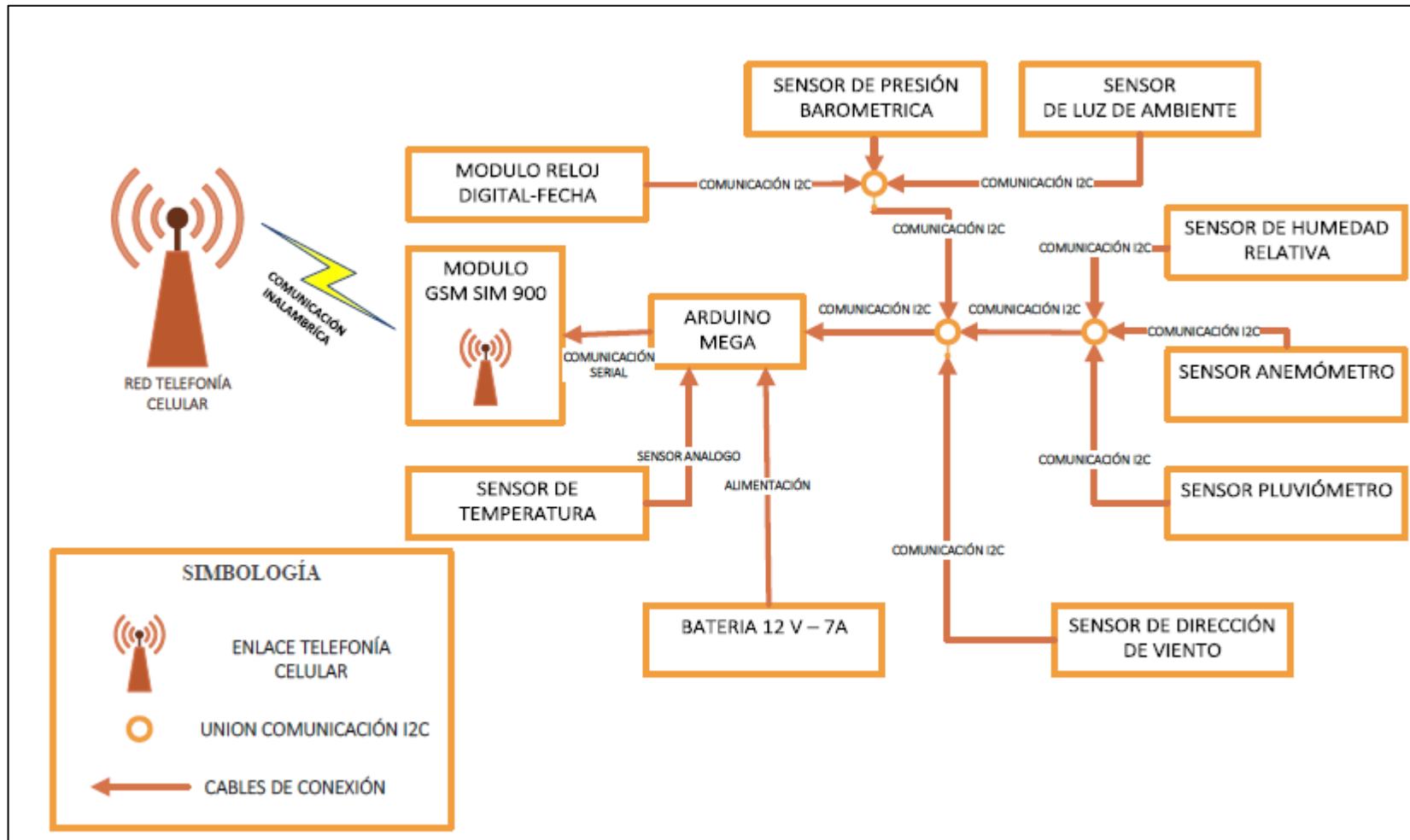


Fig. 4. 9: Descripción gráfica de los sensores del prototipo.

Elaborado por: Juan Sánchez.

4.9 Diseño del prototipo del sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica.

4.9.1 Diseño del circuito electrónico de adquisición y envío de datos.

En esta sección se analiza las conexiones de las placas electrónicas y sensores seleccionados para este proyecto de investigación.

Por lo cual se debe observar los pines de distribución del arduino mega 2560 para la conexión de los sensores y comunicación I2C.

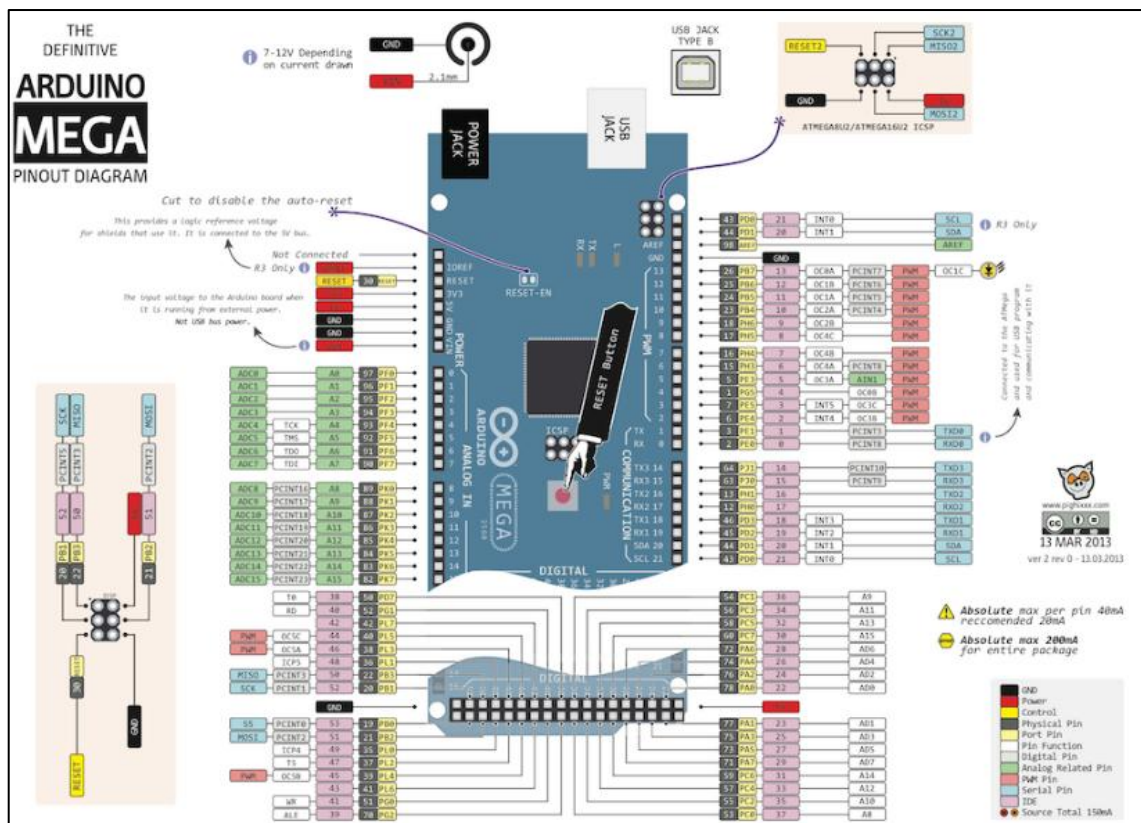


Fig. 4. 10: Figura. Distribución de pines del Arduino Mega

Fuente: http://duino4projects.com/wp-content/uploads/2013/04/arduino_mega_pinout.jpg

Como se puede observar en el gráfico, para la lectura de los datos de los sensores que usan comunicación I2C se usa los pines 43 y 44, para la conexión de los sensores con elementos electrónicos pasivos y lectura de tiempos se usa los pines 2 y 3 aquí se hace

uso de las interrupciones externas, para la conexión de los sensores análogos se procede a hacer uso de las entradas analógicas de la placa arduino, y para los sensores digitales se hace uso de los pines digitales, por lo cual la conexión de los sensores se puede apreciar en el siguiente gráfico.

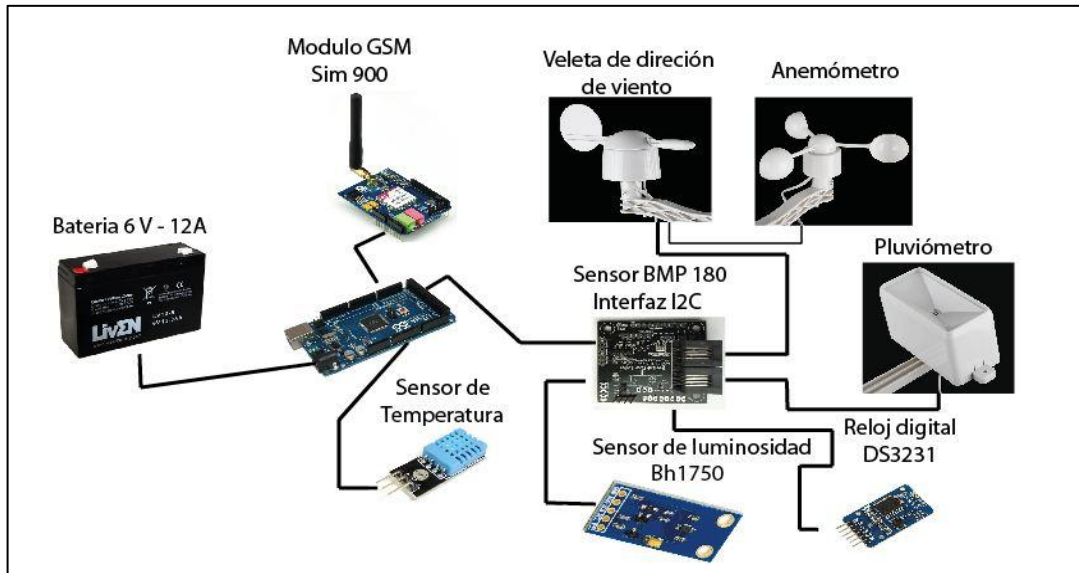


Fig. 4. 11: Conexión de los Dispositivos electrónicos
Elaborado por: Juan Sánchez.

4.9.2 Diseño del esquema equipo de recepción de datos y envío de alertas.

Para el receptor se usó una placa arduino Uno y un módulo SIM 900, de este modo los datos son receptados y se insertan en la base de datos por comunicación serial, pero en este caso nuestro receptor también se convierte en transmisor debido a que este debe enviar la alerta al agricultor con los resultados obtenidos.

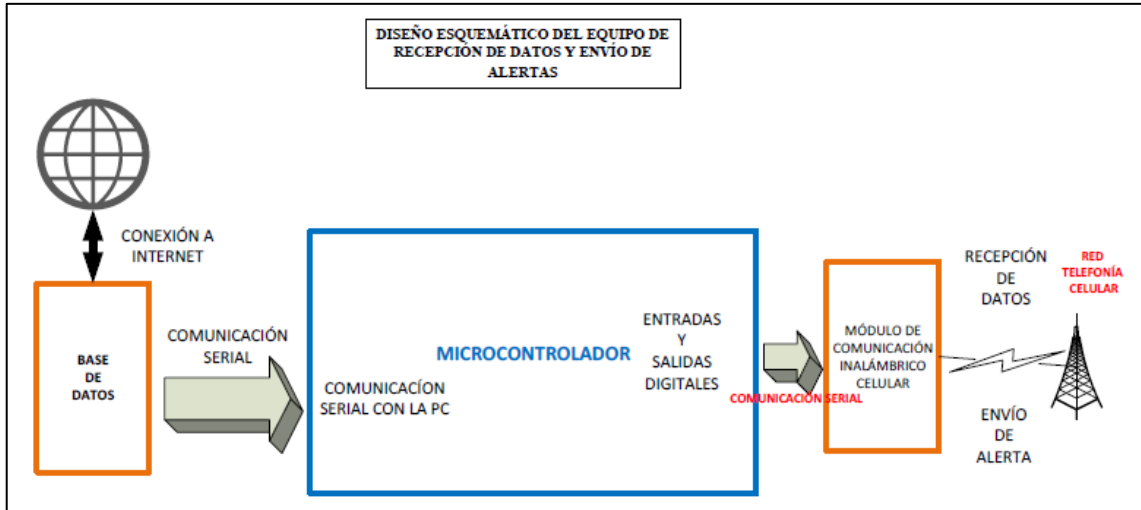


Fig. 4. 12: Diseño esquemático del equipo de recepción de datos y envío de alertas
Elaborado por: Juan Sánchez

A continuación se detalla la distribución de pines de la placa Arduino Uno.

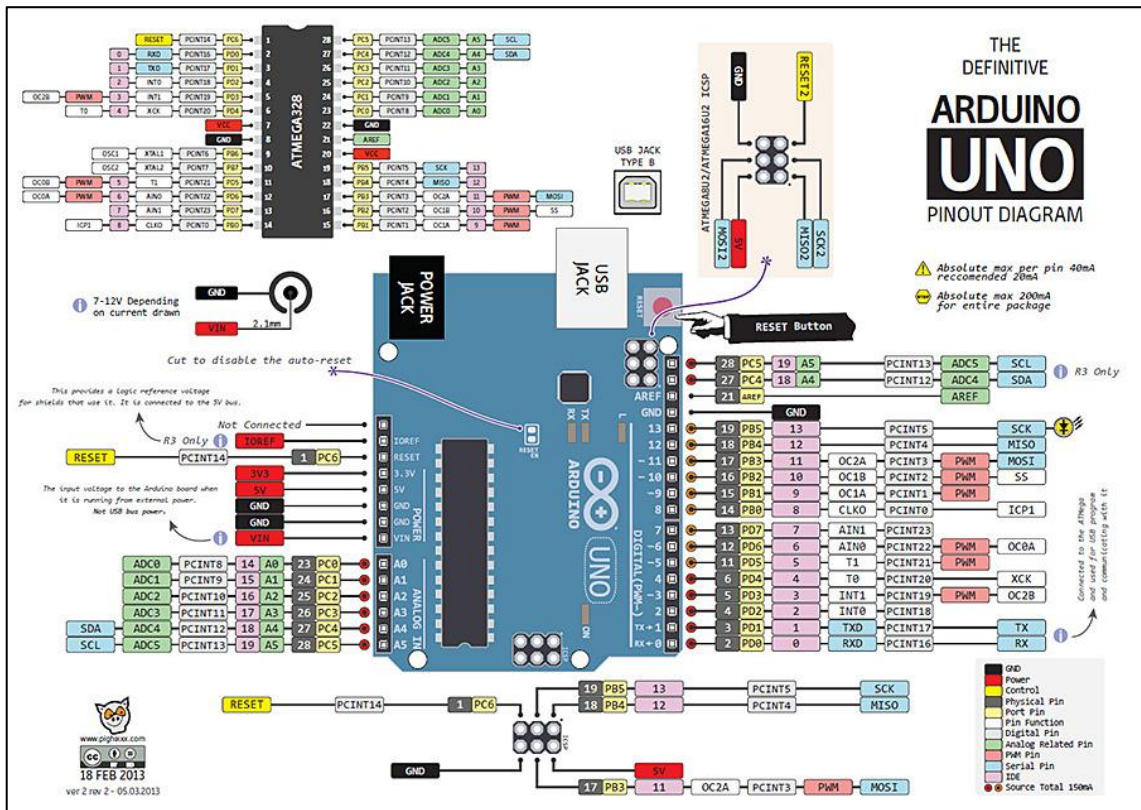


Fig. 4. 13: Distribución de pines del Arduino Uno
Fuente: <https://arduino-info.wikispaces.com/QuickRef>

La recepción del mensaje de texto y envío de alerta se describe en el siguiente gráfico.

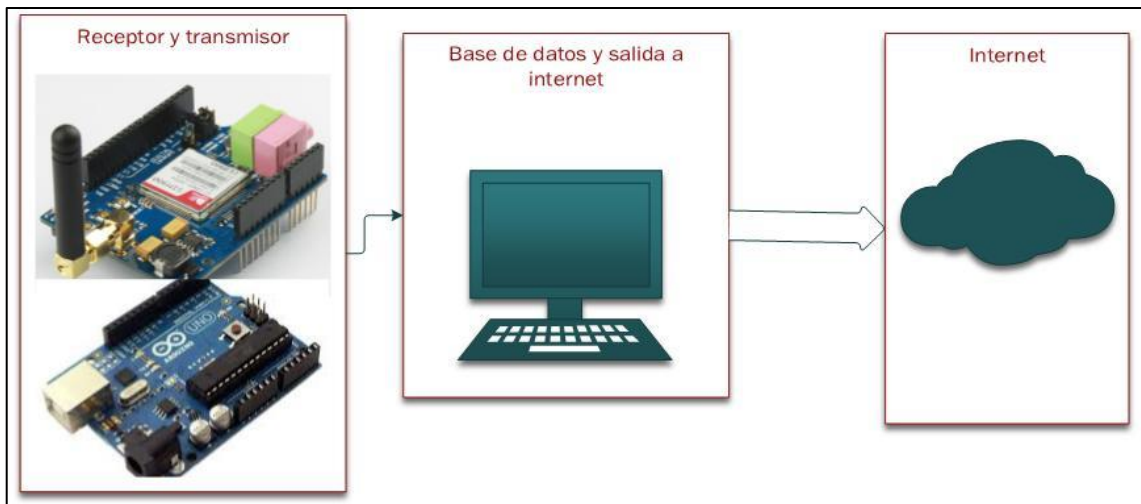


Fig. 4. 14: Recepción de datos y envío de alerta

Elaborado por: Juan Sánchez

- Primero se recibe el mensaje de texto con los valores de los sensores por lo cual se usa el módulo SIM900 y la tarjeta Arduino Uno.
- Los datos se envían por comunicación serial entre el Arduino Uno y la computadora con la base de datos donde se procesara la información.
- Para visualizar los datos obtenidos en internet se hace uso de una IP pública y de esta manera no contratar un servicio de hosting.

4.9.3 Diseño del software de gestión de datos.

Para gestionar los parámetros ambientales que se han obtenido de cada plaga fue necesario usar un software de gestión de base de datos, se puede utilizar cualquiera que existente en el mercado, en este caso se a utilizó MySQL, el cual es de fácil instalación, configuración y de libre acceso para múltiples aplicaciones.

A continuación se enumera características de MySQL.

- Libre distribución open source.
- Soporta gran cantidad y diferentes tipos de datos.
- Gestión de usuarios y passwords.
- Infinidad de librerías para usar con diferentes lenguajes de programación.

- Multiplataforma.
- Gran rapidez y de fácil uso.
- Fácil instalación y configuración.

Para tener una idea física de la forma que son procesados los datos de tiene un gráfico esquemático de la forma de distribución de la base de datos.

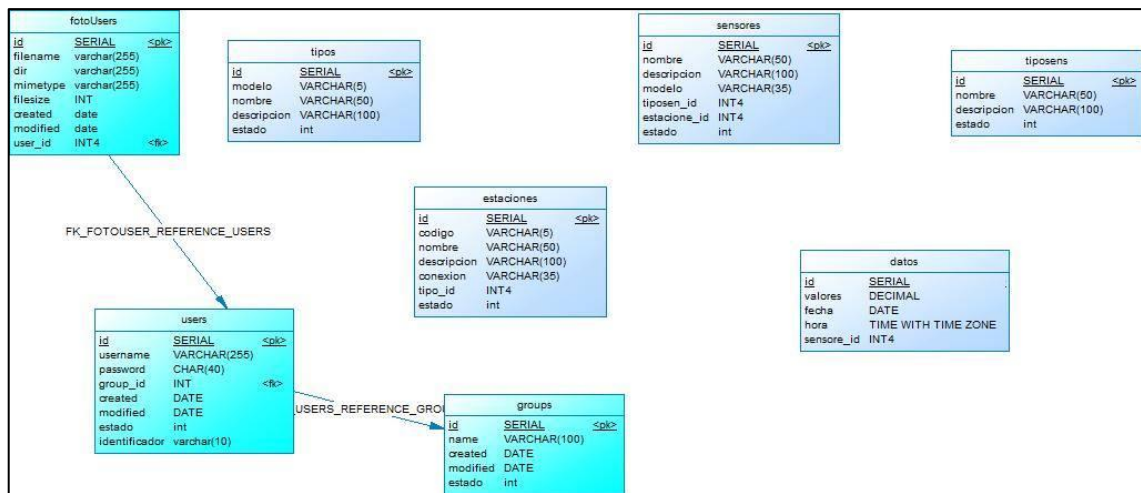


Fig. 4. 15: Diseño esquemático de la base de datos
Fuente: Juan Sánchez

4.9.4 Diseño del modelo de selección de plagas y enfermedades.

A continuación se presenta el análisis y forma de selección para de las plagas que se pueden desarrollar en las condiciones ambientales actuales y como obtener el resultado del análisis.

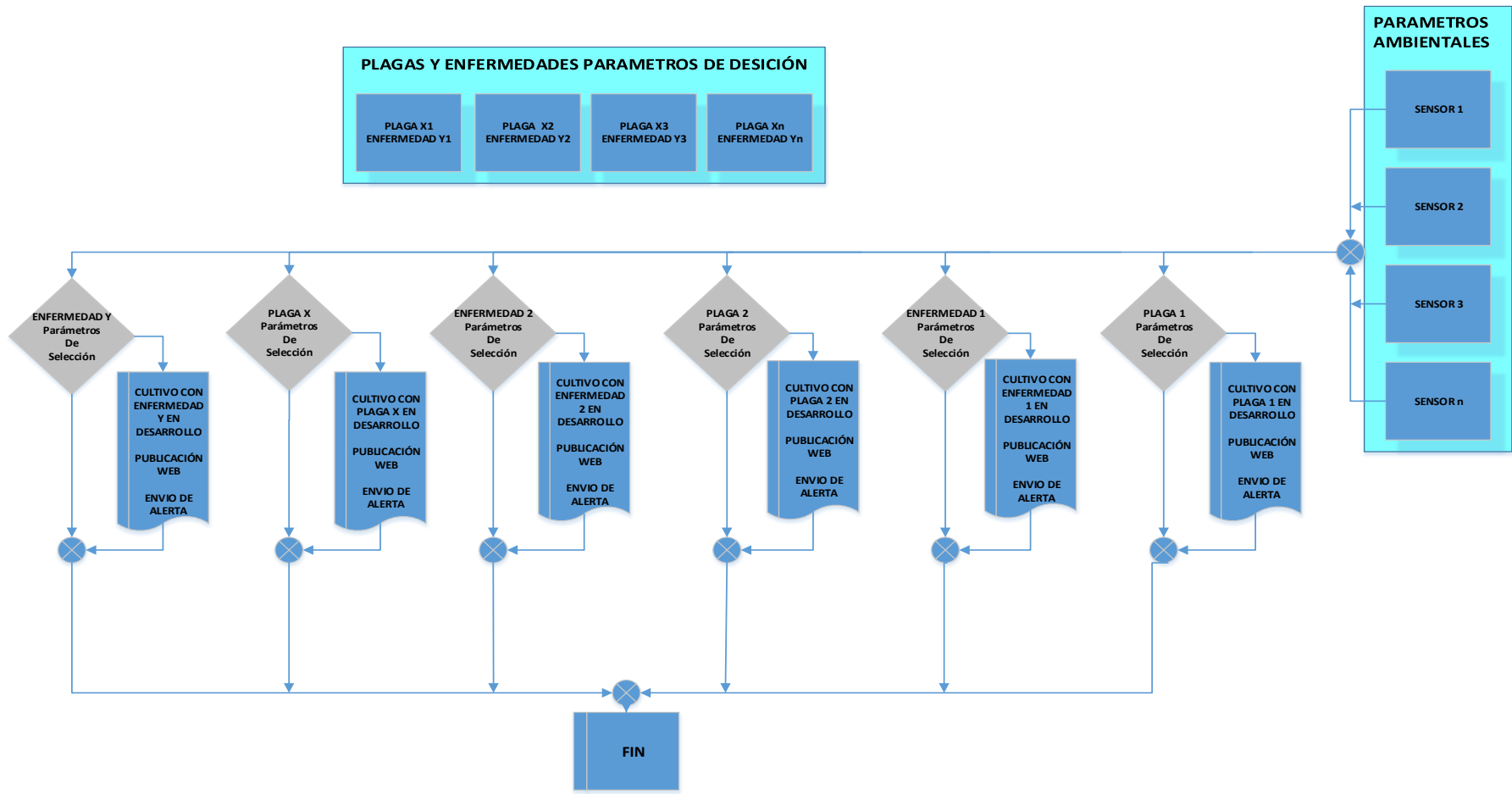


Fig. 4. 16: Diseño esquemático del procedimiento de selección de plagas y enfermedades
 Autor: Juan Sánchez

4.10 Elaboración del prototipo del sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica.

La elaboración del prototipo consta de dos partes:

1. Construcción de la estación de sensores encargada de monitorizar los parámetros ambientales para enviar a cierto tiempo hasta su receptor.
2. La recepción, tratamiento de los datos y el envío del mensaje de texto de alerta al agricultor.

4.10.1 Ensamble y elaboración de la estación de monitoreo.

Para elaborar la estación de recepción se requiere disponer la placa Arduino Mega 2560, los sensores seleccionados anteriormente, el módulo de SIM 900 para arduino, una batería de 6 V con un amperaje superior a 1 amperio.

En los siguientes gráficos se muestra el procedimiento a seguir en orden secuencial.

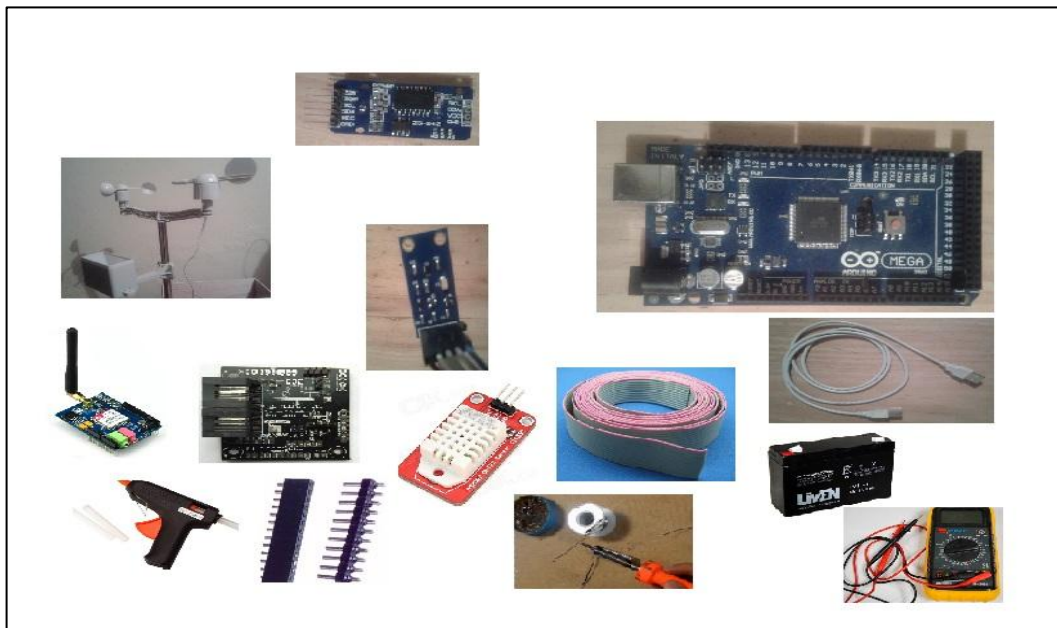


Fig. 4. 17: Materiales y dispositivos para la estación de monitoreo
Elaborado por: Juan Sánchez

Se puede apreciar los materiales y dispositivos necesarios para iniciar el ensamblado del prototipo de la estación, verificamos el funcionamiento del Arduino Mega con el Cable usb tipo B conectando a la PC , en nuestra computador instalamos el software de arduino disponible en <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, para probar el funcionamiento cargamos en el arduino un programa básico de ejemplo, procedemos a descargar librerías de código abierto que permiten vincular con arduino y diferentes tipos de sensores con mayor facilidad.

Realizamos la conexión de los sensores, verificando la distribución de pines y distinguimos los pines de alimentación y de comunicación.

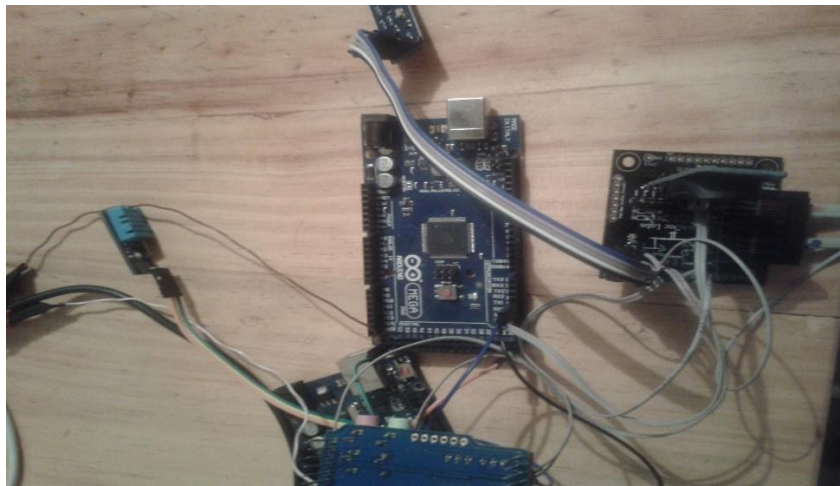


Fig. 4. 18: Conexión de los sensores y el Arduino Mega
Elaborado por: Juan Sánchez



Fig. 4. 19: Conexión de los sensores y el Arduino Mega y Modulo SIM 900
Elaborado por: Juan Sánchez

En la siguiente figura se puede apreciar todo el prototipo de ensamblado de la estación de monitoreo.



Fig. 4. 20: Materiales y dispositivos para la estación de monitoreo

Autor: Juan Sánchez

Una vez realizadas las conexiones correctas de los sensores procedemos a realizar la programación, por lo cual se muestra un diagrama de flujo con el procedimiento a seguir para transmitir los datos.

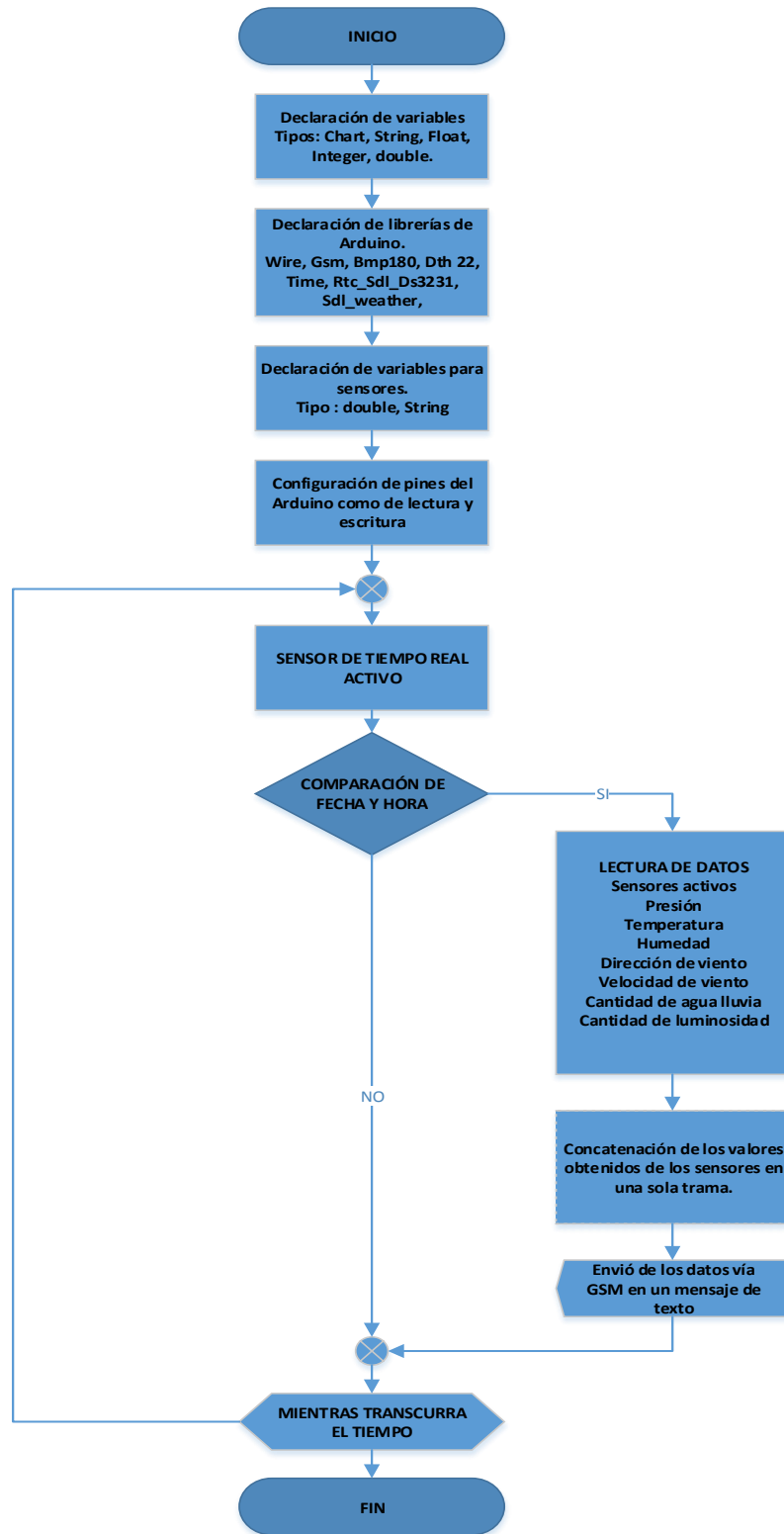


Fig. 4. 21: Diagrama de flujo del software para la estación de monitoreo
Elaborado por: Juan Sánchez

➤ Programación de la estación de monitoreo.

Se utilizó el software de Arduino 1.0.5.r-2, que está compuesto por un editor de texto para escribir el código, una área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para funciones comunes y una serie de menús que permiten seleccionar diferentes tipos de placas arduino o puestos de comunicación.

Al utilizar el una placa arduino estamos accediendo a lenguajes multiplataforma y de acceso libre que se puede programar n diferentes lenguajes de programación como c, java, python, etc.

Estructura básica de un programa en arduino es bastante simple, se organiza de dos partes fundamentales que encierran bloques de declaraciones.

Void Setup.- esta función debe contener la declaración de cualquier variable al comienzo del programa, es la primera función a ejecutarse en un programa, además se inicia la comunicación serie de la placa arduino y la pc.

Además se puede utilizar funciones o bloques de código que realicen algún proceso y llamar al bloque void loop en determinado instante definido por el programador o por el requerimiento del proceso. [37]

Programación de los diferentes sensores usados en el transmisor en nuestro prototipo se puede apreciar en la sección de anexos.

4.10.2 Recepción de datos.

El receptor está conformado por un Arduino Uno, y el modulo SIM 900, el cual se encarga de recibir los datos de los sensores y enviar la alerta al agricultor, estos dispositivos se encuentran conectados a una PC donde se procesan los datos, pero también envía la alerta y visualiza los datos en la internet.

En la siguiente imagen se puede apreciar la conexión de los dispositivos.



Fig. 4. 22: Receptor de datos y emisor de alerta
Elaborado por: Juan Sánchez

En la parte de la recepción de los datos a ser procesados, se analiza la forma del programa mediante un diagrama de flujo para continuar con la elaboración del programa.

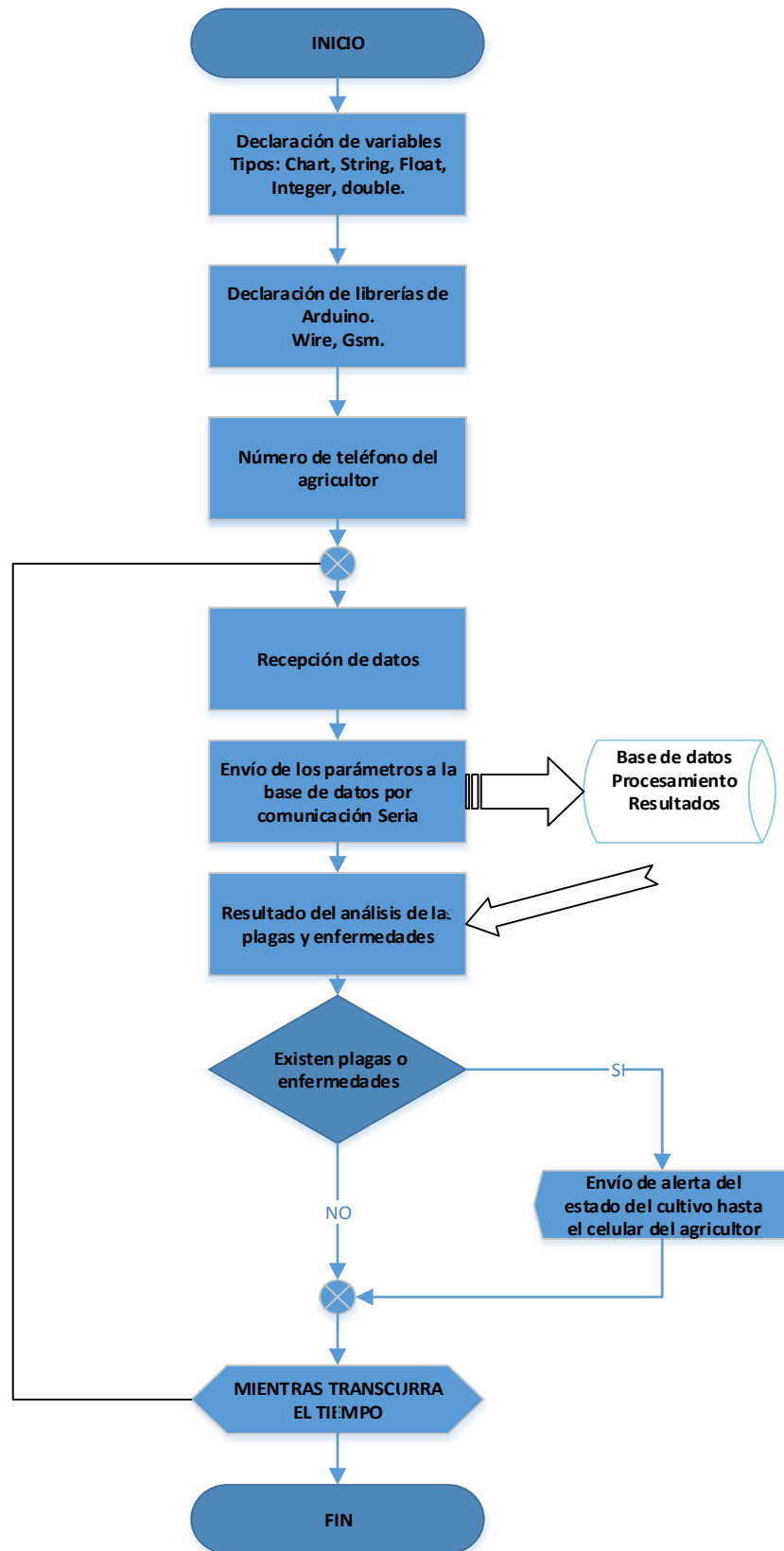


Fig. 4. 23: Flujograma del receptor de datos y emisor de alerta
Elaborado por: Juan Sánchez

El programa usado en el receptor se puede apreciar con claridad en la sección de anexos.

➤ Diseño de la página web

El diseño web es una actividad multidisciplinaria y reciente, tanto como lo es el internet, se alimenta de fuentes como el diseño gráfico, las artes visuales y la programación de aplicaciones informáticas, el diseño de interfaces, la redacción de contenidos, la animación tradicional, la publicación el marketing y muchas otras.

HTML es un lenguaje que consiste en introducir etiquetas entre los contenidos, estas etiquetas no se muestran, pero le dan indicaciones al navegador web sobre los diferentes elementos y sobre cómo debe mostrarlos.

El receptor no es un sujeto que recibe pasiva y linealmente la información, sino que realiza una secuencia de acciones que determinan la continuidad del mensaje transmitido. [37]

El objetivo de la página web es informar al usuario del resultado obtenido en la investigación, es decir mostrar las plagas y enfermedades que se están produciendo en el sector donde se instale el prototipo de la estación meteorológica y los valores registrados.

El contenido de la página web está ajustado al objetivo, además se presentan gráficos de los valores de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento luminosidad, también se muestran datos históricos por fechas de registro, y visualización de las plagas que se desarrollan en el cultivo conjuntamente con la predicción de la temperatura mínima al día siguiente.

➤ Diseño de la página web

Se tomó en consideración el modelo de página Web tipo formulario ya que se va a mostrar los datos en forma de tablas y gráficos de los resultados en otras pestañas.

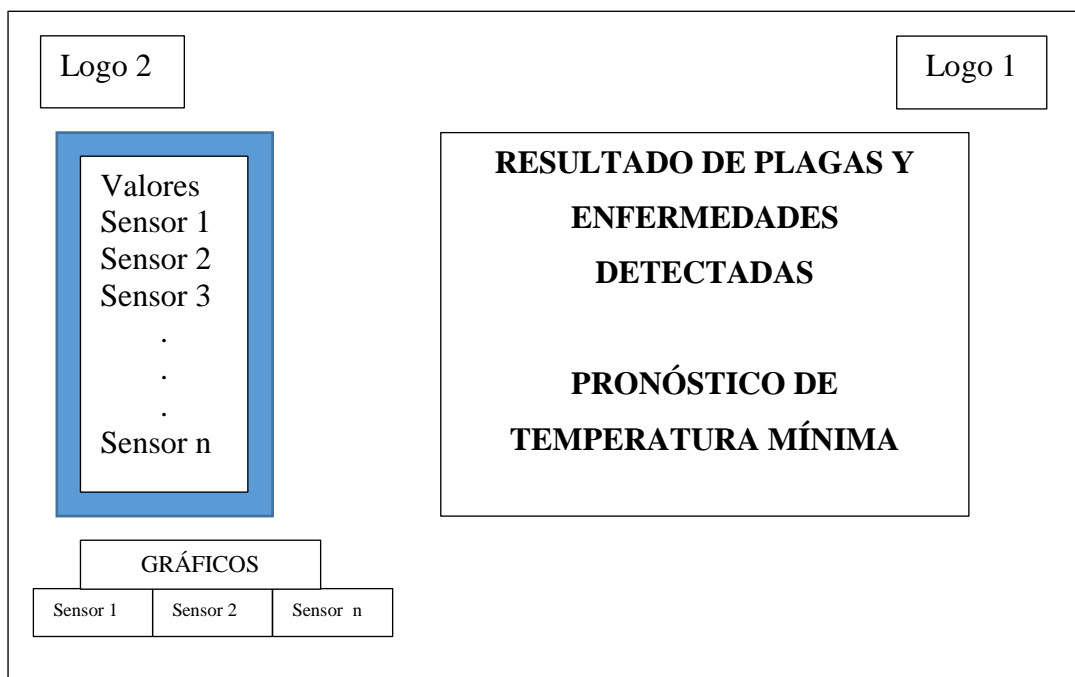


Fig. 4. 24: Diseño de la página web.

Elaborado por: Juan Sánchez

A continuación se muestra la página web en la cual se registran los datos transmitidos y el resultado del análisis de las plagas que se generan en el cultivo de papa.

The screenshot shows the web interface of the Universidad Técnica de Ambato. The header includes the university logo and name, and the faculty name: 'Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial'. The main title is 'SISTEMA DE MONITOREO AGRÍCOLA CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA PARA LA PREVENCIÓN TEMPRANA DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y ALERTAS EN EL CULTIVO DE PAPA EN LA PARROQUIA QUIMIAG DEL CANTÓN RIOBAMBA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO'. The page is divided into three main sections:

- Parámetros:** A table showing 'Últimos datos Registrados' with columns for 'Parámetro' and 'Valor'. The data includes: Id Estación (111), Luvia (0), Velocidad de Viento (0.0), Dirección de Viento (OESTE), Temperatura (21.01), Presión Atmosférica (857.6), Fecha (2016-05-16 16:56:52), Luz (344), Humedad (38), and Termómetro Humedo (12). Below this is a 'Temperatura mínima aproximada de mañana' section with a table showing 'Parámetro' (Predicción Temperatura) and 'Porcentaje' (17.97).
- Datos Obtenidos por el INIAP Y MAGAP:** This section provides detailed information on 'OMICETO Y HONGOS'. It lists two types: 10. *Phytophthora infestans* 'Lancha negra, tizón tardío o gota' and 12. Hongo *Puccinia pittleriana* 'Roya'. For each, it shows temperature (e.g., 12 °C min 18°C max), relative humidity (75%), development time, and the current day's status (e.g., 'Con presencia de luz solar').
- Consulta de Registros:** A section for 'Consulta de registros por Fecha' with a date selection field and a 'Consultar' button. Below it are buttons for 'Gráficas y Consulta de Registros' including 'Temperatura', 'Gráfica Humedad', 'Gráfica Luz', 'Temperatura Mínima', and 'Termómetro Húmedo'.

Fig. 4. 25: Pagina Web de resultados.

Se puede acceder a esta página web a través de la siguiente Url.

<http://212.231.131.127/Climas/index.php/Administrador>

4.11 Pruebas de funcionamiento del prototipo.

Las pruebas de funcionamiento en primer lugar consistieron en verificar los datos que están siendo monitoreados por el conjunto de sensores, en la estación remota debemos conectar a una PC al Arduino Mega para transferir el código y verificar los valores.

```
REBOOT
BMP180 init success

provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
temperature: 20.47 deg C, 68.85 deg F
absolute pressure: 725.12 mb, 21.42 inHg
relative (sea-level) pressure: 885.61 mb, 26.16 inHg
computed altitude: 1655 meters, 5430 feet
```

Fig. 4. 26: Lectura de datos del sensor de presión barométrica y de temperatura
Elaborado por: Juan Sánchez

Para obtener los valores de todos los sensores en una sola variable de texto se realizó la lectura individual de tipo de dato decimal, posterior a ello se incrementó caracteres para identificar la estación, la posición en que se encuentra cada parámetro se encuentra separado por dos puntos, este procedimiento es necesario ya que se debe enviar tres mensajes de texto al día con información del campo donde se encuentra el prototipo.

Las horas de envío de los datos son estándares reguladas por la OMM, y en Ecuador el INAMHI realiza la lectura a las 7:00, 13: 00 y 19:00 horas por lo cual se procede al envío de datos a la misma hora.

El monitoreo de los datos leídos se puede apreciar en la siguiente imagen.

```
SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS MAGAP QUIMIAG
FISEI UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
SENSORES ACTIVOS
llu:0 vel:0 dir:oeste tem:1968 pre:7557year15mes:8dia:31hora12:23:23luz:65hu:63
```

Fig. 4. 27: Lectura los sensores utilizados y envío de datos al receptor

Seguidamente para enviar por el modulo SIM 900 se procede a eliminar la descripción de los sensores y encabezados dado que esto no es relevante no se visualizan estos datos en ningún instante en la estación de monitoreo.

4.12 Corrección de errores y pruebas finales.

Mediante la colaboración del INAMHI se pudo realizar las pruebas de funcionamiento en las cuales se detectó algunas falencias en el prototipo relacionadas con:

- La posición del equipo.- siempre el indicador de posición que se encuentra en el equipo debe apuntar hacia el norte.
- La carga de la batería de 12 v y 7 amperios dura 10 días en pruebas de campo por lo cual se debe tener en cuenta que el equipo enviara una alerta de batería baja un día antes de los 15 días, la cual es receptada por el usuario para que se realice el cambio entre horas de 8:00 AM a 12:00 PM y de 14:00 PM a 18:00 PM, siendo de suma importancia que se tenga datos de los sensores en horas de 7:00AM, 13:00PM,19:00PM.
- El prototipo se pintó de color blanco según las consideraciones técnicas sugeridas por la OMM, para evitar absorción o dispersión de calor o luz ocasionada por otros colores.
- La publicación de la información en la página web se la debió realizar tres veces al día para así mostrar los últimos valores obtenidos.

4.13 Estudio Económico

El presente Trabajo de Graduación está dirigido a generar beneficios a los agricultores y generar información de conocimiento público, razón por la cual es imperante realizar un análisis económico del capital invertido en el desarrollo e implementación del Prototipo del Sistema de Monitoreo Agrícola con Tecnología Inalámbrica y Generación de Alertas para la Prevención Temprana de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Papa en la parroquia Quimiag del cantón Riobamba de la Provincia de Chimborazo.

Descripción General

Para la elaboración de la estación de monitoreo se utilizó los siguientes materiales:

Tabla 4. 19: Descripción de costos del transmisor

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Sensor pluviómetro	80,00	80,00
1	Sensor de presión atmosférica	25,00	25,00
1	Sensor de velocidad de viento	50,00	50,00
1	Sensor anemómetro	45,00	45,00
1	Sensor de temperatura	10,00	10,00
1	Sensor de humedad relativa	10,00	10,00
10	Tornillos de 4cm	0,10	1,00
1	Arduino mega	25,00	25,00
1	Módulo GSM/GPRS	50,00	50,00
1	Chip operadora Claro	3,00	3,00
5	Cables upt cat 6	1,00	5,00
1	Batería de 12 V y 7 A	1,00	20,00
TOTAL (USD)			324,00

Elaborado por: Juan Sánchez

A continuación se detalla los costos de los dispositivos y componentes electrónicos usados en el dispositivo receptor.

Tabla 4. 20: Descripción de costos del transmisor

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Arduino uno	20,00	20,00
1	Módulo GSM/GPRS	50,00	50,00
1	Chip operadora Claro	3,00	3,00
TOTAL (USD)			73,00

Elaborado por: Juan Sánchez

A continuación se detalla los costos de hosting y pc para conexión de la base de datos y la página web.

Tabla 4. 21: Costos de hosting y pc

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Hosting por 1 año	35,00	35,00
1	Pc de escritorio	450,00	450,00
1	Servicio de internet	30,00	30,00
TOTAL			515,00

Elaborado por: Juan Sánchez

Por tanto el costo total de los materiales que se utiliza en el proyecto es de \$ 912,00.

También, para realizar el cálculo de proyecto se debe tomar en cuenta el total de horas trabajadas que se invierte en el prototipo.

Costo del trabajo = Total de horas de trabajo X Costo de la hora trabajo

El costo por hora de trabajo para un Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones es de \$ 5,35, se toma en cuenta la tabla de remuneraciones mínimas para el año 2015, presentado por el Ministerio de Relaciones Laborales.

Para el presente proyecto se toman un total de 400 horas, empleadas para la realización del prototipo, por lo tanto, el costo de trabajo será:

$$\text{Costo trabajo} = 400 * \$5,35$$

$$\text{Costo trabajo} = \$2140$$

A continuación se presenta el costo que se tuvo en el desarrollo e implementación del prototipo, con el fin de determinar el costo final del proyecto.

Tabla 4. 22: Costo total del proyecto

COSTOS	VALOR (\$)
Transmisor	324,00
Receptor	73,00
Hosting y pc	515,00
Costo trabajo	2140,00
TOTAL	3052,00

Elaborado por: Juan Sánchez

..

Por lo tanto, el costo total del proyecto es de \$ 3052,00.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En el proyecto de investigación se determinó los parámetros climáticos que intervienen en el desarrollo de plagas y enfermedades en cultivos de papa en la parroquia Quimiag del Cantón Riobamba.
- El estudio de las tecnologías inalámbricas existentes permitió determinar la mejor opción en base a parámetros establecidos como compatibilidad, diseño, costo, cobertura y rendimiento para ser utilizada en la implementación del sistema de monitoreo agrícola, debido a ello se optó por usar la red de telefonía celular GSM.
- El prototipo del sistema de monitoreo agrícola con tecnología inalámbrica implementado ha permitido obtener datos climáticos de humedad, temperatura, lluvia, velocidad del viento, nivel de iluminación solar y pronóstico de temperaturas mínimas que facilitan la generación de una alerta automática e informar al agricultor de las plagas y enfermedades que se desarrollan en el cultivo de papa.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda a los técnicos del MAGAP realizar estudios sobre el tiempo que toma el desarrollo de plagas y enfermedades en el cultivo de papa para determinar porcentualmente el estado infeccioso del cultivo.
- Se recomienda al usuario del sistema de monitoreo agrícola la contratación de planes de más de 100 mensajes escritos mensuales postpago o prepago en el transmisor y receptor para el envío de alerta y parámetros.
- Se recomienda realizar semanalmente el cambio de batería de la estación transmisora para evitar la pérdida de parámetros ambientales generar alertas erróneas del estado del cultivo.
- Es de gran importancia la ubicación del prototipo del sistema de monitoreo agrícola, dado que el lugar no debe tener obstáculos que cause variaciones o errores en la toma de datos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. S. Q. J García Villanueva, «Modelos de pronóstico de temperaturas mínimas en el valle del Mantaro,» *Anales científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina*, vol. 68, nº 2, p. 16, 2007.
- [2] O. d. L. N. U. p. l. A. y. l. Alimentación, «Nueva luz sobre un tesoro enterrado,» *Año internacional de la papa 2008*, p. 148, 2009.
- [3] D. Horton, «La Papa: producción, comercialización y programas,» de *La Papa: producción, comercialización y programas*, Lima Peru, International Potato Center, 1992, p. 260.
- [4] L. Mancero, «Estudio de la Cadena de la Papa en Ecuador,» FAO-ESA / CIP, 2008.
- [5] H. M. Lucero Pinto, «Manual de Cultivo de Papa la Sierra Sur,» INIAP, Estación Experimental Austro, Cuenca, 2011.
- [6] M. P. y. S. Sherwood, «El Cultivo de la Papa en Ecuador,» de *El Cultivo de la Papa en Ecuador*, Lima peru, Iniap, 2002, p. 232.
- [7] J. L. S. A. Mario Leonidas Erazo Rodas, «Control y Supervisión de Variables en un Sistema de Anthieladas, Regadío y Ventilación para Optimizar los Cultivos Bajo Invernadero,» de *Control y Supervisión de Variables en un Sistema de Anthieladas, Regadío y Ventilación para Optimizar los Cultivos Bajo Invernadero*, Latacunga Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército Extención Latacunga, 2001.
- [8] E. X. C. Hernández, «Estudio de las Redes Sensoriales como una Nueva Alternativa de Comunicación Inalambrica,» de *Estudio de las Redes Sensoriales como una Nueva Alternativa de Comunicación Inalambrica*, Quito, Escuela Politécnica del Ejército, 2007.
- [9] G. C. N. Ortiz, «Automatización de un Sistema de Riego Dedicado a La Producción Florícola Basado en las Tecnologías de Agricultura de Precisión y Telemetría Utilizando la Plataforma de Comunicaciones de Telefonía Móvil GPRS,» de *Automatización de un Sistema de Riego Dedicado a La Producción Florícola Basado en las Tecnologías de Agricultura de Precisión y Telemetría*

- Utilizando la Plataforma de Comunicaciones de Telefonía Móvil GPRS*, Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2008.
- [10] G. C. V. J. M. M. J. Espin, Fundamentos de electrónica analógica, Valencia: Colección: Educación. Materials Universidad de Valencia, 2006.
- [11] E. Sanchís, Sistemas Electrónicos Digitales, Valencia: Colección: Educación. Materials Universidad de Valencia, 2002.
- [12] I. E. G. Milanés, Introducción a los Microprocesadores, Dpto. de Física Universidad de Matanzas, 2003.
- [13] L. M. M. F. L. F. F. E. L. M. Ing. Enrique Mandado Pérez, Microcontroladores PIC. Sistema integrado para el autoaprendizaje, Barcelona : MARCOCOMBO, EDICIONES TÉCNICAS, 2007.
- [14] W. Bolton, Medición y pruebas eléctricas y electrónicas, Barcelona: MARCOCOMBO S.A, EDICIONES TÉCNICAS, 1995.
- [15] R. P. Areny, adquisición y distribución de señales, Barcelona: MARCOCOMBO S.A, EDICIONES TÉCNICAS, 1993.
- [16] F. R. J. R. Antonio Serna Ruiz, Guía Práctica de Sensores, Creacionescopyringt, 2010.
- [17] R. P. Areny, Adquisición y distribución de señales, Marcombo S.A, 2005.
- [18] R. G. Pérez, Montaje de instalaciones automatizadas, Malaga: INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S.L., 2012.
- [19] E. Sanchis, Fundamentos y electrónica de las comunicaciones, Valencia: Universidad de Valencia, 2004.
- [20] E. H. Pérez, Redes y transmisión de datos, Mexico D.F.: Editorial LIMUSA, S.A, 2012.
- [21] D. G. L. Antonio Fernández López, Transmisión y redes de datos, U.H.U, 2002.
- [22] W. Harke, Domótica para viviendas y edificios, Barcelona : Editorial MARCOMBO S.A., 2010.
- [23] AULACLIC S.L, Curso de Internet, aulaClic S.L., 2012.
- [24] W. R. Jaffé, Política Tecnológica y Competitividad Agrícola en América Latina y El Caribe, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1993.

- [25] E. B. Díaz, «automatas Programables,» 1993.
- [26] J.C DATE, «Introducción a los sistemas de bases de datos,» de *Introducción a los sistemas de bases de datos*, México, Pearson Prentice Hall, p. 921.
- [27] L. T. Luque Welling, de *MySQL Tutorial*, Sams Publishing, 2014, p. 288.
- [28] V. F. S. Alvaro Brenes, Elementos de Climatología su aplicación didáctica en Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2010.
- [29] O. M. Mundial, Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos, Organización Meteorológica Mundial, 2010.
- [30] E. B. Díaz, Manual Tecnológico del Maiz Amarillo Duro y de Buenas Practicas Agricolas para el Valle del Huaura, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2004.
- [31] N. O. Antonio Gandarillas, Compendio de Enfermedades, Insectos, Nematodos y Factores Abióticos que afectan el cultivo de Papa en Bolivia, Cochabamba: Fundación PROINPA-Cochabamba, 2009.
- [32] L. F. Salazar, Los virus de la papa y su control, Lima : Centro Internacional de la Papa , 1995.
- [33] M. S. Rodrigues, Las TIC en la agricultura Latinoamericana: acceso usos y politica, Unidad de desarrollo agricola CEPAL, 2012.
- [34] Fao.org, «EL daño producido por heladas y temperaturas criticas,» fao.org, 2012, p. 22.
- [35] D. d. I. Quimica, «Higrometría,» de *Higrometría* , Rosario, Universidad Tecnologica Nacional, p. 15.
- [36] C. A. Alpizar, «Estadística para laboratorista químico,» de *Estadística para laboratorista químico*, San José, Universidad de Costa Rica, 2014.
- [37] M. R. Spiegel, «Teoria y Problemas de Probabilidad y Estadistica,» Mexico D.F., Libros Mcgraw, 1977, p. 387.
- [38] R. R. V. J. D. M. P. M. D. P. Josep Prieto Blázquez, Tecnología y desarrollo en dispositivos móviles, Cataluña : Universidad Oberta de Catalunya, 2011.
- [39] R. E. Herrador, «Guia de Usuario de Arduino,» Córdoba , Universidad de Cordoba, 2009, pp. 30-70.

[40] PUBLICACIONES VERTICES S.L., «Diseño básico de páginas web en HTML,»
de *Diseño básico de páginas web en HTML*, Málaga, PUBLICACIONES
VERTICES S.L., 2009.

ANEXOS

Anexo No. 1: Programa lectura y envío de datos del transmisor

```

#include "Wire.h"
#include "Time.h"
#include "Adafruit_ADS1015.h"
#include "SDL_Weather_80422.h"
#include "SIM900.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include "sms.h"
MSGSMS sms;
#define pinLED 13 // LED connected to digital pin 13
#define pinAnem 3 // Anenometer connected to pin 18 - Int 5 - Mega / Uno pin 2
#define pinRain 2 // Anenometer connected to pin 2 - Int 0 - Mega / Uno Pin 3
#define intAnem 1 // int 0 (check for Uno)
#define intRain 0 // int 1
SDL_Weather_80422 weatherStation(pinAnem, pinRain, intAnem, intRain, A1,
SDL_MODE_INTERNAL_AD);
uint8_t i;
////////////////////// SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA//////////////////////
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 22
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
///// vector de char //////////////////
char veccar[100];
//////////////////////SENSOR DE LUZ //////////////////
int BH1750_address = 0x23; // i2c Adresse
byte buff[2];
//////////////////////FIN SENSOR DE LUZ//////////////////////
////////////////////// RELOJ //////////////////
#define DS3231_I2C_ADDRESS 0x68
byte decToBcd(byte val)
{

```



```

    return( (val/10*16) + (val%10) );
}
// Convert binary coded decimal to normal decimal numbers
byte bcdToDec(byte val)
{
    return( (val/16*10) + (val%16) );
}

//////////////////////////////////FIN RELOJ //////////////////////////////////
//***** LECTURA ANALOGA SENSORES*****

int direccion;
float dire;

//////////////////////////////////presion////////////////////////////////

// Se importan las librerías
#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h>

//Se declara una instancia de la librería
SFE_BMP180 pressure;

//Se declaran las variables. Es necesario tomar en cuenta una presión inicial
//esta será la presión que se tome en cuenta en el cálculo de la diferencia de altura
double PresionBase;

//Lectura presión y temperatura. Calcularemos la diferencia de altura
double Presion = 0;
double Altura = 0;
double Temperatura = 0;
char status;

//////////////////////////////////fin presion////////////////////////////////

float currentWindSpeed;
float currentWindGust;
float totalRain;
float dir;
String dirt;

////////////////////////////////// VARIABLES PARA ARMAR LA TRAMA //////////////////////////////////

```

```

//.....temperatura y presion.....
String ttem=":";
String tpre=":";
int tem=0;
int pre=0;
//***** FECHA *****
String dia=":";
String dias="";
String tmin=":";
String minu="";
String tseg=":";
String seg="";
String thora=":";
String hora="";
String tmes=":";
String mes="";
String tano=":";
String ano="";
////////// humedad //////////
String humedad=":";
String hum=""; // vincular
//*****sensor de luz*****
String tluz=":";
String texluz=""; //vincular
//.....lluvia y viento.....

String tlluv="111:";
String texllu="";
String tdir=":";
String texdir="";
String tvel=":";
String texvel="";

```

```

int vel=0;
long lluv=0;
//..... TRAMA .....
String trama=""; //vincular
String trama1="";
String trama2="";
String trama3=""; // vincular
String tramadias=""; // vincular

String tramatotal="";
//***** SIM 900 VARIABLES *****
int numdata;
boolean started=false;
char smsbuffer[160];
char n[20];
char sms_position;
char phone_number[20];
char sms_text[100];
int ii;
int t=1;
////////////////////////////////////
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  weatherStation.setWindMode(SDL_MODE_SAMPLE, 5.0);
  //weatherStation.setWindMode(SDL_MODE_DELAY, 5.0);
  totalRain = 0.0;
  SensorStart(); /// SENSOR DE PRESION
  //Wire.begin();
  BH1750_Init(BH1750_address);// SENSOR DE LUZ
  delay(200);
  dht.begin();// SENSOR DE HUMEDAD

```

```

////////// SIM 900//////////
if (gsm.begin(9600))
{
  Serial.println("\nstatus=READY");
  started=true;
}
else
  Serial.println("\nstatus=IDLE");
}
void loop()
{
  currentWindSpeed = weatherStation.current_wind_speed()/1.6;
  currentWindGust = weatherStation.get_wind_gust()/1.6;
  totalRain = totalRain + weatherStation.get_current_rain_total()/25.4;
  dir=weatherStation.current_wind_direction();
  lluv=totalRain*100;
  texllu=tlluv+lluv;
  direccion = analogRead(A8);
  dire = direccion * (6.35 / 1023.0);
  vel=currentWindGust*100;
  texvel=tvel + vel;
  direccion = analogRead(A8);
  dire = direccion * (6.35 / 1023.0);
  if (dire >= 1.10 && dire <= 1.30)
  {
    dirt= "NORTE";// 135 grados cuando esta hacia el norte
  }
  //////////// partir del norte mas resolucio del sensor de direccion de
  viento//////////
  if (dire >= 0.50 && dire <= 1.10)
  {
    dirt= "norte 30 este";// 135 grados cuando esta hacia el norte
  }
}

```

```

    }
    if (dire >= 2.40 && dire <= 2.80)
    {
        dirt= "norte 60g este";// 135 grados cuando esta hacia el norte
    }
    if (dire >= 2.80 && dire <= 3.10)
    {
        dirt= "sur 30g este";// 135 grados cuando esta hacia el norte
    }
    if (dire >= 3.25 && dire <= 3.60)
    {
        dirt= "sur 60g este";// 135 grados cuando esta hacia el norte
    }
    if (dire >= 0.45 && dire <= 0.55)
    {
        dirt= "norte 30g oeste";// 135 grados cuando esta hacia el norte
    }
    if (dire >= 0.70 && dire <= 0.88)
    {
        dirt= "norte 60g oeste";// 135 grados cuando esta hacia el norte
    }
    if (dire >= 1.80 && dire <= 2.10)
    {
        dirt= "sur 30g oeste";// 135 grados cuando esta hacia el norte
    }
    if (dire >= 0.30 && dire <= 0.40)
    {
        dirt= "sur 60g oeste";// 135 grados cuando esta hacia el norte
    }

    ////////////////////////////////////SUR////////////////////////////////////
    direccion = analogRead(A8);

```

```

    dire = direccion * (6.35 / 1023.0);
if ( dire >= 3.10 && dire < 3.30)
{
    dirt= "SUR";// 135 grados cuando esta hacia el norte
}

    direccion = analogRead(A8);
    float dire = direccion * (6.35 / 1023.0);

////////////////////////////////////ESTE////////////////////////////////////
if (dire >= 3.7 && dire <= 4.15)
{
    dirt= "ESTE";// 135 grados cuando esta hacia el norte
}

////////////////////////////////////OESTE////////////////////////////////////
if (dire >= 0.25 && dire <= 0.38)
{
    dirt= "OESTE";// 135 grados cuando esta hacia el norte
}
texdir=tdir+dirt;
    trama= texllu + texvel+ texdir;
delay(100);

////////////////////////////////////presion sensor y temperatura////////////////////////////////////
//Se hace lectura del sensor
ReadSensor();
    tem= Temperatura*100;
    trama1=ttem+tem;
//-----TEMPERATURA MINIMA DIARIA-----
    if (tem >= temmin)
{
    temmin= tem;
}

//reinicio de la temperatura a las 0 horas todos los dias
if (hora== ":0" && minu==":00" && seg==":0")

```

```

{
  temmin=0;
}
//-----fin temperatura minima-----
//-----SENSOR DE PRESION ATMOSFERICA-----
  pre= Presion*100;
  trama2=tpre + pre;
  trama3=trama1+trama2;
  delay(200);
//////////SENSOR DE LUZ//////////
float valf=0;
int lux=0;
if(BH1750_Read(BH1750_address)==2){
  valf=((buff[0]<<8)|buff[1])/1.2;
  if(valf<0)Serial.print("> 65535");
  else{
    lux=valf;
    texluz=tluz+lux;
  }
}
delay(100);
displayTime();
delay(100);
//////////MODULO DE TIEMPO REAL //////////
tramadias= ano + mes + dias + hora + minu + seg; // vincular
//////SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA ////
int h = dht.readHumidity();// Lee la humedad
hum= humedad + h;
delay (100);
//////suma de los valores de los sensores para envio en un solo mensaje de texto
tramatotal= trama+ trama3 + tramadias + texluz + hum + temmin;
int vtra;

```

```

vtra=tramtotal.length()+1;
tramtotal.toCharArray(veccar, vtra);
Serial.println(veccar);
delay (100);
//***** ENVIO DEL MENSAJE CON VALORES DE LOS SENSORES
////////// 7 AM //////////
if (hora== ":07" && minu==":00" && seg==":00")
{
  if(started)
  {
    if (sms.SendSMS("+593939170999", veccar ))//mensaje de envio por celular
    {
      Serial.println("\nSMS sent OK.");
    }
    else
    {
      Serial.println("\nError sending SMS.");
    }
  }
  ////////// 13 PM //////////
if (hora== ":13" && minu==":00" && seg==":00")
{
  if(started)
  {
    if (sms.SendSMS("+593939170999", veccar ))//mensaje de envio por celular
    {
      Serial.println("\nSMS sent OK.");
    }
    else
    {
      Serial.println("\nError sending SMS.");
    }
  }
}

```



```

    }
    ////////////////////////////////////////////////// 19 PM ///////////////////////////////////
if (hora== ":19" && minu==":00" && seg==":00")
{
    if(started)
    {
        if (sms.SendSMS("+593939170999", veccar ))//mensaje de envio por celular
        {
            Serial.println("\nSMS sent OK.");
        }
        else
        {
            Serial.println("\nError sending SMS.");
        }
    }
}
//////////////////////////////////////////////// PROCEDIMIENTOS ///////////////////////////////////
void SensorStart() {
    //Secuencia de inicio del sensor
    if (pressure.begin())
        Serial.println(" ");
    else
    {
        Serial.println("BMP180 init fail (disconnected?)\n\n");
        while (1);
    }
    //Se inicia la lectura de temperatura
    status = pressure.startTemperature();
    if (status != 0) {
        delay(status);
        //Se lee una temperatura inicial
        status = pressure.getTemperature(Temperatura);
    }
}

```

```

if (status != 0) {
    //Se inicia la lectura de presiones
    status = pressure.startPressure(3);
    if (status != 0) {
        delay(status);
        //Se lee la presión inicial incidente sobre el sensor en la primera ejecución
        status = pressure.getPressure(PresionBase, Temperatura);
    }
}
}

void ReadSensor() {
    //En este método se hacen las lecturas de presión y temperatura y se calcula la altura
    //Se inicia la lectura de temperatura
    status = pressure.startTemperature();
    if (status != 0)
    {
        delay(status);
        //Se realiza la lectura de temperatura
        status = pressure.getTemperature(Temperatura);
        if (status != 0)
        {
            //Se inicia la lectura de presión
            status = pressure.startPressure(3);
            if (status != 0)
            {
                delay(status);
                //Se lleva a cabo la lectura de presión,
                //considerando la temperatura que afecta el desempeño del sensor

                status = pressure.getPressure(Presion, Temperatura);
                if (status != 0)

```

```

    {
        //Se hace el cálculo de la altura en base a la presión leída en el Setup
        Altura = pressure.altitude(Presion, PresionBase);
    }
    else Serial.println("error en la lectura de presion\n");
}
else Serial.println("error iniciando la lectura de presion\n");
}
else Serial.println("error en la lectura de temperatura\n");
}
else Serial.println("error iniciando la lectura de temperatura\n");
}
//////////////////////////////////SENSOR DE LUZ//////////////////////////////////
void BH1750_Init(int address){
    Wire.beginTransmission(address);
    Wire.write(0x10); // 1 [lux] aufloesung
    Wire.endTransmission();
}
byte BH1750_Read(int address){
    byte i=0;
    Wire.beginTransmission(address);
    Wire.requestFrom(address, 2);
    while(Wire.available()){
        buff[i] = Wire.read();
        i++;
    }
    Wire.endTransmission();
    return i;
}

////////////////////////////////// RELOJ //////////////////////////////////////
void setDS3231time(byte second, byte minute, byte hour, byte dayOfWeek, byte

```

```

dayOfMonth, byte month, byte year)
{
    Wire.beginTransmission(DS3231_I2C_ADDRESS);
    Wire.write(0); // set next input to start at the seconds register
    Wire.write(decToBcd(second)); // set seconds
    Wire.write(decToBcd(minute)); // set minutes
    Wire.write(decToBcd(hour)); // set hours
    Wire.write(decToBcd(dayOfWeek)); // set day of week (1=Sunday, 7=Saturday)
    Wire.write(decToBcd(dayOfMonth)); // set date (1 to 31)
    Wire.write(decToBcd(month)); // set month
    Wire.write(decToBcd(year)); // set year (0 to 99)
    Wire.endTransmission();
}

void readDS3231time(byte *second,
byte *minute,
byte *hour,
byte *dayOfWeek,
byte *dayOfMonth,
byte *month,
byte *year)
{
    Wire.beginTransmission(DS3231_I2C_ADDRESS);
    Wire.write(0); // set DS3231 register pointer to 00h
    Wire.endTransmission();
    Wire.requestFrom(DS3231_I2C_ADDRESS, 7);
    // request seven bytes of data from DS3231 starting from register 00h
    *second = bcdToDec(Wire.read() & 0x7f);
    *minute = bcdToDec(Wire.read());
    *hour = bcdToDec(Wire.read() & 0x3f);
    *dayOfWeek = bcdToDec(Wire.read());
    *dayOfMonth = bcdToDec(Wire.read());
    *month = bcdToDec(Wire.read());
}

```

```

    *year = bcdToDec(Wire.read());
}
void displayTime()
{
    byte second, minute, hour, dayOfWeek, dayOfMonth, month, year;
    // retrieve data from DS3231
    readDS3231time(&second, &minute, &hour, &dayOfWeek, &dayOfMonth, &month,
    &year);
    // send it to the serial monitor
    hora=thora+hour;
    minu=tmin + minute;
    seg=tseg + second;
    ano=tano + year;
    mes=tmes + month;
    dias=dia+dayOfMonth;
}

```

Anexo No. 2: Programa receptor

//librerías necesarias para usar sim 900

```

#include "SIM900.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include "sms.h"
MSGSMS sms;
String readString;
char veccar[100]; // vector de 100 caracteres para recepcion del mensaje de texto
//RECEPCION DEL SMS DESDE EL TX
int numdata;
boolean started=false;
char smsbuffer[160];
char n[20];
char sms_position;
char phone_number[20]; // vector para guardar el numero de telefono para envoi de la
alerta
char sms_text[100];
int i;
void setup()
{
  //Inicio de la Comunicación Serial .
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("GSM Shield testing.");
  //Start configuration of shield with baudrate.
  //For http uses is raccomanded to use 4800 or slower.
  if (gsm.begin(4800))
  {
    Serial.println("\nstatus=READY");
    started=true;
  }
  else
    Serial.println("\nstatus=IDLE");
}
//Inicio del programa principal

```

```

void loop()
{
  if(started)
  {
    //LECTUTA DEL MENSAJE.
    sms_position=sms.IsSMSPresent(SMS_UNREAD);
    if (sms_position)
    {
      // Obtiene el mensaje y envía a la base de datos vía conexión serial
      sms.GetSMS(sms_position, phone_number, sms_text, 100);
      Serial.println(sms_text);
      delay(100);
      Serial.println(sms_text);
      delay(100);
      Serial.println(sms_text);
    }
    else // caso contrario espera al siguiente mensaje
    {
      Serial.println("NO NEW SMS, WAITTING");
    }
    delay(1000);
  }
  // espera una respuesta de la base de datos
  while (Serial.available()) {
    delay(10);
    if (Serial.available() >0) {
      char inChar = Serial.read();

      readString += inChar;
    }
  }
}

```

```

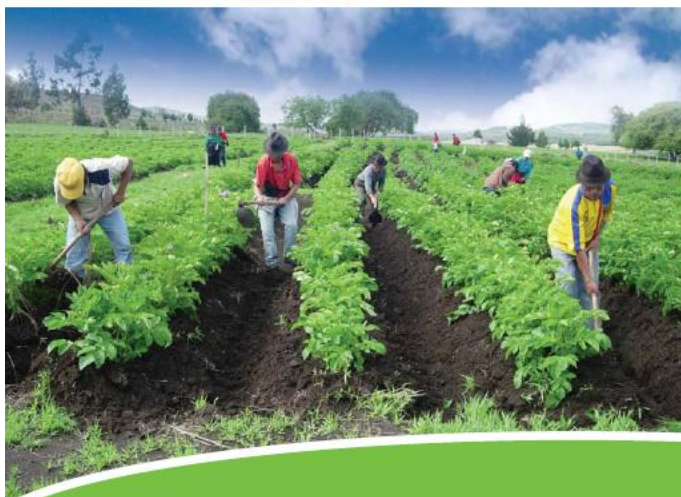
// se ha recibido un mensaje de la base de datos con detalles de las plagas y
enfermedades detectadas en el cultivo.
if (readString.length() > 0) {
  Serial.print("Arduino ha recibido: ");
  Serial.print(readString);
  delay(30);
  int vtra;
  vtra=readString.length()+1;
  //Serial.println("trama final ");
  readString.toCharArray(veccar, vtra);
  Serial.println("vector");
  Serial.println(veccar);
  delay (100);
  {
  if(started)
    {
      if (sms.SendSMS("+593995272092", veccar ))// envió de mensaje celular al
agricultor con la alerta
        {
          Serial.println("\nSMS sent OK.");
        }
      Else // caso contrario no se envia mensajes
        {
          Serial.println("\nError sending SMS.");
        }
    }
  }
  readString=""; // reinicio del mensaje para el próximo envió de alerta.
}
}

```

Anexo No. 3: Revista de estudio de plagas en Ecuador

GUÍA FOTOGRÁFICA
DE LAS PRINCIPALES PLAGAS
DEL CULTIVO DE PAPA
EN ECUADOR

Fabián Montesdeoca
Nancy Panchi
Israel Navarrete
Edwin Pallo
Fausto Yumisaca
Arturo Taipe
Santiago Espinoza
Jorge Andrade-Piedra



PUBLICACIÓN MISCELÁNEA INIAP N° 408

GUÍA FOTOGRÁFICA
DE LAS PRINCIPALES PLAGAS
DEL CULTIVO DE PAPA
EN ECUADOR

Fabián Montesdeoca
Nancy Panchi
Israel Navarrete
Edwin Pallo
Fausto Yumisaca
Arturo Taipe
Santiago Espinoza
Jorge Andrade-Piedra

Contenido

- 06 Presentación
- 07 Agradecimientos
- 09 ¿Cómo utilizar esta guía?

10 OOMICETOS Y HONGOS

- 10 Lancha negra, tizón tardío o gota
- 12 Roya
- 14 Rizoctonias, costra negra, carachas o media blanca
- 16 Pudrición seca
- 18 Sarna polvorienta, roña o chimbis
- 20 Carbón



22 BACTERIAS

- 22 Pie negro, pudrición blanda o erwinia



24 VIROSIS

- 26 Amarillamiento
- 28 Enrollamiento
- 30 Crecimiento erecto
- 32 Enanismo
- 34 Mosaico
- 36 Papas deformes



38 INSECTOS Y NEMATODOS

- 38 Gusano blanco
- 40 Adultos de polillas o mariposas
- 42 Larvas (gusanos) de polilla
- 44 Daños de las polillas
- 46 Pulgilla
- 48 Trips
- 50 Mosca minadora
- 52 Pulgones
- 54 Nematodo del quiste o bolitas



56 DAÑOS FISIOLÓGICOS

- 58 Helada
- 60 Agrietamiento
- 62 Corazón hueco
- 64 Rajaduras
- 66 Glosario
- 67 Referencias



OOMICETOS Y HONGOS

Lancha negra tizón tardío o gota



Agente causal: El oomiceto *Phytophthora infestans*.

Síntomas

- En las hojas se forman manchas de color café claro. En tiempo húmedo los bordes de estas manchas se cubren de una pelusilla de color blanco formada por esporas y micelio, principalmente en el envés de las hojas.
- En los tallos aparecen manchas de color café.

Condiciones favorables para la plaga

- Zonas y épocas lluviosas combinadas con días templados (temperaturas entre 15 a 21°C).
- Cultivo de variedades susceptibles (también llamadas hojas o dolcizas), como INIAP-Gabriela, Uvilla, etc.
- Siembras de papa durante todo el año, por lo que las esporas de la plaga están siempre presentes.

Época en la que aparece la plaga

- Desde la emergencia hasta después de floración.
- Se debe tener más cuidado en época de la floración ya que la gran cantidad de follaje en esta etapa origina un microclima húmedo que favorece el desarrollo de *Phytophthora infestans*.

OOMICETOS Y HONGOS



Formas de contagio

A través de esporas, las cuales son llevadas por el viento o por salpicaduras de agua.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Usar variedades resistentes (también llamadas fuertes o duras) a la lancha, como INIAP-Natividad.
- Si se usan variedades muy susceptibles a la lancha es preferible sembrarlas en épocas o zonas con menos lluvia.
- Usar fungicidas de contacto al inicio de las lluvias.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Usar fungicidas translaminares o sistémicos.

NOTA

Aunque en el Ecuador la lancha generalmente no afecta a los tubérculos-semilla, es importante conocerla porque puede acabar con el cultivo.

Lancha negra
tizón tardío o gota



Arturo Taipe

OOMICETOS Y HONGOS



Wilmer Pérez

11

OOMICETOS Y HONGOS

Roya



Agente causal: El hongo *Puccinia pittieriana*.

Síntomas

- Manchas blanco verdosas que luego se transforman en pústulas. Al inicio, estas pústulas son anaranjadas y luego presentan un color café oscuro. En las pústulas se puede ver un polvillo de color rojizo que son las esporas que diseminan la enfermedad.
- Estas manchas y pústulas aparecen principalmente en el envés de las hojas inferiores. También se presentan en tallos, flores, pecíolos y frutos.

Condiciones favorables para la plaga

Temperaturas alrededor de 10°C durante el día y periodos en los que las hojas estén húmedas por 10 a 12 horas favorecen el desarrollo de la roya.

OOMICETOS Y HONGOS



Época en la que aparece la plaga

Desde la prefloración hasta la madurez.

Formas de contagio

A través de esporas llevadas por el viento.

Manejo integrado

Usar fungicidas cuando aparezcan los primeros síntomas.

NOTA

La roya es importante en algunas zonas de la provincia de Tungurahua.

12

OOMICETOS Y HONGOS

Rizoctoniasis

costra negra

carachas

o media blanca



Agente causal: El hongo *Rhizoctonia solani*.

Síntomas

- En el cuello de la planta aparecen manchas de color negro cubiertas por una pelusilla de color blanco. A esto se le llama *media blanca*.
- En los tallos pueden aparecer papas aéreas.
- Sobre la cáscara de las papas aparecen costras negras iguales a la tierra (esclerocios), pero que están bien pegadas. Si se usan estas papas como semilla, los brotes se mueren y la emergencia (nocencia) es desigual.
- El follaje de algunas plantas se enrolla. Este sintoma puede ser confundido con el causado por el virus PLRV (ver pág. 28).

Condiciones favorables para la plaga

- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.
- Exceso de humedad en el suelo.

Época en la que aparece la plaga

En la brotación, emergencia y desarrollo de las plantas, pero principalmente durante la formación de tubérculos, cosecha y almacenamiento.

OOMICETOS Y HONGOS



Formas de contagio

- Semilla infectada.
- Suelo, agua de riego y herramientas contaminadas.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Eliminar los rastrojos del cultivo anterior y malezas.
- Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).

- Tratar la semilla con fungicidas.

- Evitar que el agua se empoce.
- Limpiar y lavar las herramientas y desinfectarlas con cloro.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Eliminar las plantas infectadas.
- Seleccionar los tubérculos antes de almacenarlos.
- Almacenar los tubérculos en sitios secos, ventilados y con luz difusa.

14

OOMICETOS Y HONGOS

Pudrición seca



Agente causal: El hongo *Fusarium* spp.

Síntomas

En los tubérculos almacenados aparecen pudriciones negras y secas en forma de anillos concéntricos que luego se endurecen. Sobre las pudriciones puede aparecer una pelusilla blanca que luego cambia a rosada (micelio del hongo).

Condiciones favorables para la plaga

- Heridas en los tubérculos.
- Almacenamiento sin ventilación y alta humedad.

Época en la que aparece la plaga

Principalmente en almacenamiento.

Formas de contagio

- Semilla infectada.
- Suelo, agua de riego y herramientas contaminadas.

OOMICETOS Y HONGOS



Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Eliminar rastrojos del cultivo anterior y malezas.
- Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).

- Evitar que el agua se empoce.
- Limpiar y lavar las herramientas y desinfectarlas con cloro.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Seleccionar los tubérculos antes de almacenarlos.
- Almacenar los tubérculos en sitios secos, ventilados y con luz difusa.
- Evitar herir los tubérculos en la cosecha y almacenamiento.

16

OOMICETOS Y HONGOS

Sarna polvorienta

roña

o chimbis



Agente causal: El hongo *Spongospora subterranea*.

Síntomas

En las papas aparecen ampollas (chimbis o mizas) de color ladrillo.

Condiciones favorables para la plaga

Suelos húmedos y con abundante materia orgánica que no esté bien descompuesta.

Época en la que aparece la plaga

Desde la emergencia hasta la formación de tubérculos, cosecha y almacenamiento.

Formas de contagio

- Semilla infectada.
- Suelo, agua de riego y herramientas contaminadas.

OOMICETOS Y HONGOS



Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
 - Si se usa materia orgánica en el campo de cultivo, asegurarse que esté bien descompuesta.
 - No utilizar majada de animales que han comido papas enfermas.
 - Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).
 - Evitar que el agua se empoce.
 - Limpiar y lavar las herramientas y desinfectarlas con cloro.
- Cuando la plaga esté presente es necesario:
- Seleccionar los tubérculos antes de almacenarlos.
 - Almacenar los tubérculos en sitios secos, ventilados y con luz difusa.

NOTA

Cuando se alimenta a los animales con tubérculos enfermos, se ha observado que el hongo sobrevive el tracto digestivo, apareciendo nuevamente en la majada.

18

OOMICETOS Y HONGOS

Carbón



Agente causal: El hongo *Thecaphora solani*.

Síntomas

- Agallas en la parte baja de los tallos y en estolones y tubérculos. Al cortar las agallas se observa un tejido de aspecto granuloso y color negruzcos (soros del hongo).

Condiciones favorables para la plaga

- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.
- Presencia de malezas como chamico (*Datura stramonium*) que facilitan la sobrevivencia del hongo.

Época en la que aparece la plaga

- Desde la emergencia.

OOMICETOS Y HONGOS



Formas de contagio

- Semilla infectada.
- Suelo, agua de riego y herramientas contaminadas.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).
 - Sembrar en campos donde no se haya reportado la enfermedad.
 - Eliminar los rastrojos del cultivo anterior y malezas.
- Cuando la plaga esté presente es necesario:
- Realizar rotación de cultivos por un periodo de al menos 7 años.

NOTA

Esta enfermedad es muy difícil de controlar. En zonas donde se la encuentre se debe evitar la producción de semilla para la venta.

20

BACTERIAS

Pie negro pudrición blanda o erwinia



Agente causal: La bacteria *Pectobacterium* spp. (antes llamada *Erwinia*).

Síntomas

- En la planta aparecen manchas negras en la base del tallo. Las plantas se quedan pequeñas, se amarillan y se marchitan. A este síntoma se le llama **pie negro**.
- En los tubérculos aparecen manchas húmedas de color café crema y de mal olor. A este síntoma se le llama **pudrición**.

Condiciones favorables para la plaga

- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.
- Cultivo de variedades susceptibles (hojas) como la variedad Uvilla.
- Suelos demasiado húmedos con temperaturas bajas (10 a 17°C) en la siembra, seguido por temperaturas altas (20°C) en la emergencia.
- Heridas en los tubérculos.
- Almacenamiento de tubérculos mojados.
- Almacenamiento en sitios húmedos.

Época en la que aparece la plaga

Para pie negro: desde la emergencia (nacimiento) hasta la formación de tubérculos.

Para pudrición: desde la formación de los tubérculos hasta la cosecha y almacenamiento.

BACTERIAS

Formas de contagio

- Semilla infectada.
- Suelo, agua de riego y herramientas contaminadas.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Usar variedades resistentes (por ejemplo, la variedad Dolores).
- Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).
- Evitar que el agua se empoce.
- Limpiar y lavar las herramientas y desinfectarlas con cloro.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Sacar y enterrar las plantas enfermas.
- Seleccionar y secar los tubérculos antes de almacenarlos.
- Evitar heridas en los tubérculos en la cosecha y almacenamiento.
- Almacenar los tubérculos en sitios secos, ventilados y con luz difusa.

22

Virosis



Agente causal:

En Ecuador los principales virus son:

- Virus S de la papa (PVS)
- Virus X de la papa (PVX)

Sin embargo, también se encuentran:

- Virus A de la papa (PVA)

- Virus Y de la papa (PVY)

- Virus latente de la papa andina (APLV)

- Virus del moteado de la papa andina (APMoV)

- Virus del amarillamiento de las venas de la papa (PVW)

- Virus del enrollamiento de las hojas (PLRV)

Síntomas

- Amarillamiento
- Mosaico
- Enrollamiento
- Crecimiento erecto
- Enanismo
- Deformaciones de los tubérculos (también llamados *mueños*, *guaguos* o *chuchos*). Las papas también se pueden alargar y rajar.

Condiciones favorables para la plaga

- Variedades susceptibles (hojas), como la variedad Diacol Capiro que es susceptible a PVW.
- Deficiente manejo de semilla, lo que produce su degeneración.
- Altas poblaciones de insectos vectores (pulgonos, mosca blanca, pulguita, loritos verdes) en campo y almacén.
- Presencia de malezas en las que sobreviven los virus.

Época en la que aparece la plaga

Desde la emergencia hasta la cosecha.

Formas de contagio

- Semilla infectada.
- Insectos vectores en campo y almacén.
- Por contacto entre plantas en el campo y entre tubérculos en el almacén.

VIROSIS

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Usar variedades resistentes (fuertes) como la variedad INIAP-Soledad Cañari (resistente a los virus PVX, PVY, PVS y PLRV) o INIAP-Gabriela (resistente a PVY).
 - Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).
 - Controlar los insectos vectores, mediante trampas, insecticidas, etc.
 - Mantener la sementera libre de malezas.
- Cuando la plaga esté presente es necesario:
- Eliminar plantas enfermas o no utilizar semilla de estas plantas (selección negativa).
 - Seleccionar los tubérculos antes de almacenarlos.
 - Almacenar los tubérculos en sitios secos, ventilados y con luz difusa.

NOTAS

- En Ecuador usualmente los virus causan problemas cuando se cultiva papa en zonas debajo de 3000 m sobre el nivel del mar.
- PVX y PVS presentan síntomas difíciles de detectar.
- Las rajaduras se pueden producir por virus y también cuando los tubérculos están engrosando y reciben mucha agua después de una sequía (ver pág. 64).

24

INSECTOS

Gusano blanco



Nombre científico: *Premnotypes vorax*.

Descripción

- **Adultos.** Sus cuerpos son de color café gris de 7 mm de largo y 4 mm de ancho. No pueden volar, pero son buenos caminantes.
- **Larvas (gusanos).** Son de color blanco cremoso, con la cabeza de color café. Miden de 11 a 14 mm de largo. Tienen el cuerpo en forma de letra 'C'.
- **Huevos:** Son cilíndricos ligeramente ovalados. Tienen una coloración entre blanco y crema. Miden 1,2 mm de largo y 0,54 mm de ancho.

Daños

- El adulto come los filos de las hojas en forma de media luna y la base del tallo.
- Los gusanos se alimentan de las papas y hacen huecos o galerías.

Condiciones favorables para la plaga

- Altitudes mayores a 2800 m sobre el nivel del mar.
- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.

Época en la que aparece la plaga

- Desde la emergencia hasta la cosecha. Los adultos se presentan en mayor cantidad desde la preparación del suelo hasta 45 días después de la emergencia y de 30 a 90 días después de la cosecha.
- Las larvas presentan su mayor población en la época de formación de los tubérculos.

INSECTOS



Infestación

- Rara vez a través de semilla.
- Los adultos se encuentran en el campo por cosechas anteriores de papa o caminan desde campos vecinos infestados.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Preparar bien el suelo.
- Eliminar rastrojos del cultivo anterior y malezas.
- Usar trampas, plantas cebo, o barreras vegetales y/o plásticas.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Realizar aporques altos.
- Usar insecticidas.
- Cosechar oportunamente.
- Seleccionar los tubérculos sobre plástico o cemento.

NOTA

Se ha observado mayor nivel de daño en las parcelas cercanas a las viviendas de los agricultores. Esto se debe a que los tubérculos dañados son desechados en estos sitios y el gusano blanco puede completar su ciclo. Por lo tanto, estos sitios se convierten en focos de infestación.

38

INSECTOS

Daños de las polillas

Daños de las tres polillas



Symmetrischema

Descripción

- Los gusanos de *Phthorimaea* hacen minas en las hojas.
- Los gusanos de *Symmetrischema* hacen huecos a los tallos.
- Los gusanos de las tres polillas hacen huecos en las papas y después estas se pudren.

Condiciones favorables para la plaga

Climas cálidos y secos con temperaturas mayores a 20°C.

Época en la que aparece la plaga

Desde la siembra hasta la cosecha y almacenamiento.

Infestación

- A través de semilla.
- Los adultos vuelan desde campos vecinos infestados.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Preparar bien el suelo.
- Eliminar rastrojos del cultivo anterior y malezas.
- Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).
- Hacer aporques altos, oportunos y apretados.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Usar trampas con feromonas e insecticidas.
- Utilizar riego por aspersión.
- Cosechar oportunamente.
- Seleccionar los tubérculos antes de almacenarlos.
- Usar baculovirus antes de almacenar los tubérculos.
- Almacenar los tubérculos en sitios secos, ventilados y con luz difusa.
- Desechar adecuadamente los tubérculos dañados. Enterrarlos en huecos de medio metro de profundidad o sumergirlos en agua por cinco días y luego preparar compost.

44

INSECTOS

Pulguilla



Nombre científico: *Epitrix* spp.

Descripción

- **Adultos.** Son pequeños escarabajos de 1 a 2 mm de largo de color negro con brillo metálico.
- **Larvas (gusanos).** Son de color blanco cremoso y miden de 2 a 3 mm de largo.

Daños

- Los adultos se alimentan de los brotes de la planta y de los fotíolos no abiertos, ocasionando perforaciones circulares que aumentan de tamaño conforme crece la hoja. Pueden provocar que las plantas emerjan de forma desigual.
- Los gusanos atacan a las raíces, estolones y tubérculos en donde se observan pequeñas perforaciones superficiales.

Condiciones favorables para la plaga

- Épocas secas, aunque en algunas zonas también se observa en épocas lluviosas.
- Es más frecuente en suelos arenosos.

INSECTOS



Época en la que aparece la plaga

Durante todo el periodo vegetativo del cultivo, aunque son más abundantes hasta la prefloración.

Infestación

Los adultos saltan con facilidad sobre el follaje. La presencia de malezas, como pajonera (*Stellario medaj*) y rábano silvestre (*Raphanus raphanistrum*), facilitan su multiplicación y diseminación.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Eliminar rastrojos del cultivo anterior y malezas.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Usar insecticidas.

NOTA

Se ha observado que en condiciones secas las trampas para gusano blanco pueden servir para capturar adultos de pulguilla.

46

INSECTOS

Trips



Nombre científico: *Frankliniella tuberosi*.

Descripción

- **Adultos.** Sus cuerpos son pequeños y alargados (aproximadamente 1,5 mm). Son de color negro.
- **Ninfas.** Son pequeños (aproximadamente 1 mm) con colores que varían desde el crema hasta el amarillo.

Daños

Adultos y ninfas provocan daño en la epidermis del envés de las hojas inferiores, raspando y chupando el líquido celular provocando manchas de color plateado. Pueden provocar defoliación. Los puntos de color negro en el envés de las hojas corresponden a las heces de los adultos.

Condiciones favorables para la plaga

- Épocas secas, alternadas por lluvias esporádicas.
- Suelos arenosos.
- Presencia de cultivos o malezas infestados con trips.

INSECTOS



Época en la que aparece la plaga

Los trips causan más daño desde la emergencia hasta la prefloración.

Infestación

- Los adultos vuelan de una planta a otra realizando vuelos cortos favorecidos por el viento.
- Las ninfas pueden trasladarse por tierra en el rastrojo de las plantas.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Mantener la semenera libre de malezas.

Cuando la plaga esté presente es necesario:

- Usar insecticidas especialmente en el envés de las hojas cuando aparezcan las primeras ninfas.

NOTA

Revisar frecuentemente el envés de las hojas bajas para detectar la presencia de la plaga.

48

INSECTOS

Mosca minadora



Nombre científico: *Liriomyza* spp.

Descripción

- **Adultos.** Es una mosca de 3 mm de largo con una coloración amarilla en la mitad de la cabeza y en el tórax.
- **Pupas.** Son cilíndricas y su color varía del amarillo al café. Miden 2 x 0,5 mm.
- **Larvas.** Miden 2,5 mm de largo, no tienen patas ni ojos.
- **Huevos.** Son ovalados de color lechoso y translúcido. Miden 0,29 x 0,16 mm.

Daños

- Las larvas hacen túneles en el interior de la hoja, sin dañar la parte externa de la misma.
- Generalmente estos túneles se encuentran a lo largo de las nervaduras.
- Las hojas terminan por secarse lo que puede matar a la planta.

Condiciones favorables para la plaga

- Climas cálidos (temperaturas entre 21 y 32°C).
- Épocas o zonas secas.

INSECTOS



Época en la que aparece la plaga

- Los adultos se presentan desde la prefloración hasta la floración.
- Las larvas se presentan desde la floración hasta la cosecha.

Infestación

La infestación empieza en las hojas bajas.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Eliminar rastrojos del cultivo anterior y malezas.

Cuando la plaga está presente es necesario:

- Usar trampas amarillas para capturar a los adultos.
- Usar insecticidas contra adultos o larvas.
- Realizar riegos frecuentes y ligeros.
- Hacer un aporque alto y apretado.

NOTA

Revisar frecuentemente el envés de las hojas bajas para detectar la presencia de huevos de la plaga.

50

INSECTOS

Pulgones



Myzus persicae, *Macrosiphum euphorbiae*

Descripción

- **Adultos.** Cuerpo en forma de pera, y de color verde claro a oscuro. Miden entre 1,5 a 2,5 mm. Pueden o no tener alas.
- **Ninfas.** Inicialmente son de coloración verde y luego su coloración se vuelve amarillenta. Son ligeramente más pequeños que los adultos.
- **Huevos.** Negros y brillantes de 0,3 a 0,6 mm.

Daños

- Los adultos y ninfas se alimentan de las hojas de la planta o de los brotes del tubérculo.
- Los pulgones pueden transmitir virus al alimentarse. Por ejemplo, *M. persicae* transmite PLRV y PVY, mientras que *M. euphorbiae* transmite PLRV.

Condiciones favorables para la plaga

- Climas secos.
- Temperaturas mayores a 20°C.

INSECTOS



Época en la que aparece la plaga

Esta plaga se presenta desde la emergencia hasta el almacenamiento.

Infestación

Adultos y ninfas llevados por el viento.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Mallas antiáfidos para proteger la semilla en las bodegas.

Cuando la plaga está presente es necesario:

- Uso de insecticidas en campo o almacén.
- Trampas amarillas.
- Riegos por aspersión.

NOTA

Raramente los pulgones causan un daño visible a la planta. El daño que causan es a través de la transmisión de virus.

52

NEMATODOS

Nematodo del quiste o bolitas



Nombre científico: El nematodo *Globodera* spp.

Descripción

- En las raíces y en las papas se observan bolitas color crema del tamaño de un grano de azúcar (quistes).
- Las plantas atacadas por nematodos se quedan pequeñas y no rinden.

Condiciones favorables para la plaga

- Monocultivo de papa por varios años en el mismo campo.
- Variedades susceptibles (hojas), como INIAP-Cecilia.
- Suelos franco-arenosos.
- Presencia de cultivos o malezas que permitan la reproducción de *Globodera* spp., como tomate, o especies silvestres de solanáceas.

Época en la que aparece la plaga

Desde la emergencia hasta la cosecha.

NEMATODOS



Infestación

- Semilla infestada.
- Suelo, agua de riego y herramientas contaminadas.

Manejo integrado

Para evitar la presencia de la plaga es necesario:

- Realizar rotación de cultivos.
- Escoger campos donde no se han reportado daños de nematodos.
- Preparar bien el suelo.
- Usar variedades resistentes (fuertes), como INIAP-Gabriela o Superchola.
- Usar semilla de buena calidad ya sea producida en la finca (mediante selección positiva o selección negativa) o comprada fuera (semilla certificada o de productores reconocidos).

54

DAÑOS FISIOLÓGICOS

Helada



Agente causal: En el cultivo de papa las heladas se producen cuando la temperatura llega a $-0,8^{\circ}\text{C}$, la humedad relativa del ambiente es baja y el agua al interior de las células se congela.

Síntomas

- **Follaje.** Las hojas se marchitan rápidamente y toman un color marrón oscuro con apariencia de quemado. Por lo general la parte superior de la planta sufre los primeros daños.
- **Tubérculo.** Se presentan manchas con un tono del gris al azul bajo la piel. Los tubérculos descongelados se vuelven blandos.

Condiciones favorables

- Épocas soleadas y secas. Por ejemplo, entre junio y agosto para la sierra central del Ecuador.
- Noches sin nubes y sin viento.
- Campos ubicados en partes planas o en la parte baja de pendientes.

DAÑOS FISIOLÓGICOS



Manejo integrado

Para evitar los daños de heladas:

- Evitar épocas de cultivo en los meses con mayor probabilidad de heladas.
- Seleccionar campos en pendientes.

Para disminuir los daños, realizar las siguientes prácticas entre las 3 y las 6 a.m.:

- Realizar riegos por aspersión o inundación.
- Encender fogatas en contra de la dirección del viento.
- Luego de la helada algunos agricultores aplican fertilizantes foliares para favorecer la recuperación de la planta.

NOTAS

- El tipo de helada que se describe aquí es la *helada negra*, que es la más común en Ecuador. Hay también la *helada blanca* que se produce cuando hay rocío sobre las hojas y este se congela. En este tipo de helada aparece una clorosis en las hojas parecida a un mosaico y en las hojas jóvenes pueden aparecer puntos negros.
- Algunos síntomas de heladas pueden ser confundidos con síntomas de virus o daños de herbicida.

58

DAÑOS FISIOLÓGICOS

Corazón hueco



Agente causal: Este desorden está asociado con un crecimiento rápido del tubérculo que es precedido por un estrés ambiental o nutricional después del inicio del periodo de tuberización.

Síntomas

Cavidades en la parte interna del tubérculo. Estas cavidades se conocen como corazón hueco.

Condiciones favorables

- Uso de ciertas variedades, como INIAP-Fripapa.
- Bajas densidades de siembra.
- Exceso de fertilización nitrogenada y desbalance de la relación calcio-magnesio (deficiencia de calcio y exceso de magnesio).
- Temperaturas bajas en el suelo (10 a 13°C).
- Excesiva humedad en el suelo.
- Crecimiento rápido de los tubérculos.

DAÑOS FISIOLÓGICOS

Manejo integrado

- Evitar variedades de papa que producen tubérculos muy grandes o que se conoce que sufren de corazón hueco. Por ejemplo, la variedad INIAP-Fripapa.
- Usar densidades de siembra adecuadas que impidan el desarrollo de tubérculos muy grandes.
- Utilizar dosis de fertilizantes y momentos de aplicación adecuados para evitar la producción de tubérculos muy grandes.
- Realizar riegos frecuentes y ligeros.
- Cortar el follaje antes de la cosecha.

62

Glosario

A Agente causal: Todo organismo o factor ambiental que produce un daño a las plantas.

Amarillamiento: Síntoma de infecciones causadas por virus y otros organismos como *Pectobacterium* spp. Las hojas adquieren un color amarillo.

Aporque apretado: Tipo de aporque en el que no se deja espacio a los lados de los tallos, para que las larvas de las polillas no entren a los tubérculos. Un aporque apretado forma lo que se conoce como huacho apretado.

B Bacteria: Organismo unicelular que no posee núcleo (procarionta). En las plantas pueden producir podridones, cancos, manchas foliares o agallas en las raíces.

Baculovirus: Tipo de virus que ataca a los insectos.

Crecimiento erecto: Síntoma de infecciones causadas por virus. Los tallos y hojas se encorvan.

D Defoliación: Caída de las hojas.

Degeneración: Disminución paulatina del rendimiento y la calidad de un cultivo debido a la acumulación de virus y otros agentes causales en el material de siembra.

Diseminación: Forma cómo se transportan los agentes causales.

E Enanismo: Síntoma de infecciones causadas por virus y otros agentes causales. Las plantas se quedan pequeñas.

Enfermedad: Cualquier desorden que interfiera con el crecimiento y desarrollo normal de la planta.

Enrollamiento: Síntoma de infecciones causadas por virus y otros agentes causales. Las hojas se enrollan hacia adentro.

Envase: Cara inferior de las hojas.

Epiteloides: Piel o parte superficial de las hojas.

Escleroides: Masas compactas de color negro difíciles de retirar del tubérculo, formadas por estructuras vegetativas de hongos como *Rhizoctonia*.

Espora: Parte de los hongos que se disemina a través del viento, la lluvia, etc.

Foco de infestación: Lugar desde donde se disemina una plaga.

Fungicida de contacto: Tipo de fungicida que actúa solamente fuera de la planta. Se aplica antes de que las esporas lleguen a la planta.

Fungicida sistémico: Tipo de fungicida que entra a la planta y se mueve a través del tallo.

Fungicida translaminar: Tipo de fungicida que entra únicamente a las hojas. No se mueve a través del tallo.

Follaje: Hojas pequeñas que unidas forman una hoja completa.

Heces: Excrementos de animales.

Hongo: Organismo multicelular que no realiza fotosíntesis, y cuya pared celular es formada principalmente por quitina. Se reproduce por esporas y produce micelio.

I Infestación: Invasión de una o varias plagas como insectos, malas hierbas o roedores sobre un determinado cultivo.

Infección: Entrada de un microorganismo a una planta para causar una enfermedad.

Insecto vector: Insecto que transmite virus, bacterias u otros microorganismos de una planta a otra.

Líquido celular: Agua y otros compuestos que se encuentran dentro de la célula o alrededor de las mismas.

L Manejo integrado de plagas: Uso de métodos biológicos, culturales, físicos, genéticos, legales, químicos, etc., para controlar una plaga con el menor costo posible y con el menor daño ambiental y a la salud humana.

Microclimas: Condiciones ambientales que se producen en un espacio reducido, por ejemplo, dentro del follaje de las plantas.

Mono cultivo: Siembras de una sola especie.

Mosaico: Síntoma de infecciones causadas por virus. Las hojas adquieren patrones de diferentes tonalidades de color verde amarillo.

Nematodo: Microorganismo parecido a un gusano que parasita a plantas o animales. Puede vivir libremente en el suelo, materia en descomposición o agua.

Ninfa: Estado inmaduro de un insecto, el cual es semejante al adulto.

Oomicetos: Organismos similares a los hongos, los cuales generalmente no tienen septas (separaciones) en las hifas (cuerpos filamentosos) y su pared celular está formada por celulosa.

P Plaga: Cualquier enfermedad, insecto o maleza que afecta a un cultivo.

Putrefacción: Estado de descomposición o desintegración de los tejidos debido a bacterias, hongos u otros microorganismos.

Quistes: Cuerpo que contiene los huevos de los nematodos o cutícula oxidada de hembra adulta muerta.

R Resistencia: Capacidad de una planta para soportar o evitar la infección de patógenos o condiciones adversas.

S Selección positiva: Técnica que consiste en marcar las mejores plantas, cosecharlas por separado y escoger solo los mejores tubérculos para usarlos como semilla.

S Selección negativa: Técnica que consiste en marcar las peores plantas, cosecharlas por separado y no utilizar sus tubérculos como semilla.

V Virus: Agente submicroscópico que solo se multiplica en células vivas y que está compuesto por una membrana proteica y ácidos nucleicos.

Virosis: Enfermedad causada por virus.

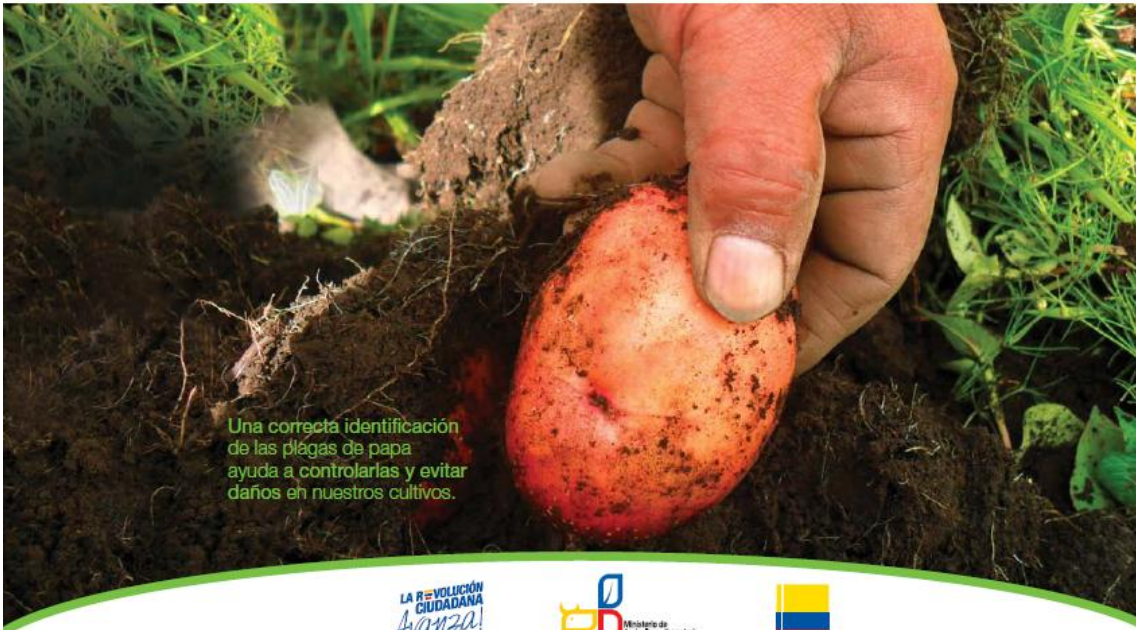
66



THE M-FORIGHT FOUNDATION



Caedid



Una correcta identificación de las plagas de papa ayuda a controlarlas y evitar daños en nuestros cultivos.

LA REVOLUCIÓN CIUDADANA
Avanza!

