



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INFORMÁTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN INFORMÁTICA**

MODALIDAD: SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS

TEMA:

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO BASADO EN
SENSORIZACIÓN EN LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO EN EL
SECTOR LA PASTORA - CANTÓN TOSAGUA**

AUTORES:

**CHRISTIAN EDUARDO ALCÍVAR DOMÍNGUEZ
CRISTHIAN ALEXANDER VALLEJO AGUILAR**

TUTOR:

MGTR. RAMÓN JOFFRE MOREIRA PICO

CALCETA, NOVIEMBRE 2018

DERECHO DE AUTORÍA

Christian Eduardo Alcívar Domínguez y Cristhian Alexander Vallejo Aguilar, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

CHRISTIAN E. ALCÍVAR DOMÍNGUEZ

CRISTHIAN A. VALLEJO AGUILAR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ramón Joffre Moreira Pico, certifica haber tutelado el trabajo de titulación **SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO BASADO EN SENSORIZACIÓN EN LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO EN EL SECTOR LA PASTORA - CANTÓN TOSAGUA**, que ha sido desarrollado por Christian Eduardo Alcívar Domínguez y Cristhian Alexander Vallejo Aguilar, previa la obtención del título de Ingeniero en Informática, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE PROGRAMAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

MGTR. RAMON J. MOREIRA PICO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han APROBADO el trabajo de titulación **SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO BASADO EN SENSORIZACIÓN EN LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO EN EL SECTOR LA PASTORA- CANTÓN TOSAGUA**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Christian Eduardo Alcívar Domínguez y Cristhian Alexander Vallejo Aguilar, previa la obtención del título de Ingeniero en Informática, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE PROGRAMAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. ALFONSO T. LOOR VERA, Mgs.

MIEMBRO

ING. ÁNGEL A. VÉLEZ MERO, Ms.

MIEMBRO

ING. LUIS C. CEDEÑO VALAREZO, Mgs.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A la carrera de Informática que cuenta con docentes capacitados, le consideramos nuestro respeto y gratitud por cristalizar con excelencia nuestros conocimientos para entregar un proyecto de calidad, aplicada al área agroproductiva de la región;

Al Ing. Ramón J. Moreira Pico, tutor que gracias a él surgió la idea de contribuir en el sector agroproductivo, además nos relacionó con profesionales que nos brindaron asesoría de primera mano cómo: Fernando León especialista en electrónica y Christian Valdiviezo especialista agrónomo, para llevar a cabalidad un excelente trabajo de titulación; y,

Al agricultor Wilmer Eugenio Risco Barreto que nos brindó el área de su cultivo para vincular la tecnología con la agricultura.

LOS AUTORES.

DEDICATORIA

Este trabajo de especialización representa toda la experiencia y esfuerzo por superarme como profesional de bien que lo dedico:

- A Dios por haberme dado la vida, el don de la sabiduría, fortaleza y ganas de superarme en todo lo que me propongo, además por formar mi carácter y mantenerme siempre de pie ante cualquier obstáculo que se me presenta, a mis padres Klever Vallejo, Amarilis Aguilar y otras personas especiales para mí como: Eudaldo Zambrano y Aracely Espinoza, que me han apoyado siempre económica y moralmente, inculcándome buenas costumbres llevándome por el camino correcto.

CRISTHIAN A. VALLEJO AGUILAR

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi familia quienes fueron el pilar fundamental para encaminar mi vida profesional, ya que su apoyo ha sido crucial para salir adelante incluso en los momentos más adversos, porque ellos estuvieron ahí para motivarme y apoyarme en lo que podían.

CHRISTIAN E. ALCÍVAR DOMÍNGUEZ

CONTENIDO GENERAL

CARATULA.....	i
DERECHO DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA INTERVENCIÓN	6
2.1. DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE RIEGO	6
2.2. DISEÑAR EL SISTEMA QUE PERMITA AUTOMATIZAR EL	
ACCESO AL RECURSO HÍDRICO.	8
2.2.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO HARDWARE LIBRE	10
2.3. IMPLEMENTAR EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN EL	
SECTOR LA PASTORA - CANTÓN TOSAGUA.....	13
2.4. ANALIZAR LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL SISTEMA	
DE RIEGO	14
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	17
3.1. DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS PARA LA	
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO	17

3.2. DISEÑAR EL PROTOTIPO DEL SISTEMA QUE PERMITA AUTOMATIZAR EL ACCESO AL RECURSO HÍDRICO	18
3.2.1. FASE 1: PROCESO DE CONCEPTUALIZACIÓN DE PROYECTO	18
3.2.2. FASE 2: PROCESOS DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO	21
3.2.3. FASE 3: PROCESO DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....	31
3.3.1. INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO	34
3.3.2. VOLUMEN DE AGUA DEL CAUDAL.....	35
3.4.1. METODOLOGÍA CASCADA.....	43
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
4.1. CONCLUSIONES	50
4.2. RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	56

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

ILUSTRACIÓN

Ilustración 2.1. Procesos de la metodología Hardware libre	10
Ilustración 2.2. Pasos de conceptualización	11
Ilustración 2.3. Actividades del proceso de administración.....	12
Ilustración 2.4. Proceso del desarrollo del proyecto	12
Ilustración 2.5. Pasos de la metodología Cascada	16
Ilustración 3.1. Niveles de ramificación	20
Ilustración 3.2. Diseño del área del sistema de riego	24
Ilustración 3.3. Sistema de riego automatizado con sensores y actuadores	25
Ilustración 3.4. Diseño de las parcelas: testigo y experimental.....	25
Ilustración 3.5. Conexión Modulo SD y el Arduino Mega.....	26
Ilustración 3.6. Conexión a Modulo RTC	26
Ilustración 3.7. Conexión de los 4 sensores de humedad de suelo	27

Ilustración 3.8. Conexión del Módulo DHT22	27
Ilustración 3.9. Conexión del relé de 8 canales para el control de encendido de los aspersores.....	28
Ilustración 3.10. Establecimiento de las respectivas conexiones del módulo lcd 16x2	29
Ilustración 3.11. Conexión sensor de lluvia	29
Ilustración 3.12. Diseño general del sistema automatizado	30
Ilustración 3.13. Caso de uso (usuario del sistema)	30
Ilustración 3.14. Diagrama de Flujo	31
Ilustración 3.15. Caso de uso	46
Ilustración 3.16. Diagrama de clase	47
Ilustración 3.17. Grafica del estado de campo del suelo	48

CUADROS

Cuadro 3.1. Datos de la entrevista	19
Cuadro 3.2. Niveles de riego.....	19
Cuadro 3.3. Análisis y reflexión sobre problemas y soluciones	20
Cuadro 3.4. Definición del alcance de la investigación	21
Cuadro 3.5. Propuesta del desarrollo del proyecto.....	21
Cuadro 3.6. Características de los componentes electrónicos	22
Cuadro 3.7. Descripción del dispositivo a desarrollar.....	24
Cuadro 3.8. Integración.....	32
Cuadro 3.9. Verificación y simulación	34
Cuadro 3.10. Liberación del sistema	36
Cuadro 3.11. Índice de gasto del agua.....	36
Cuadro 3.12. Índice de la producción por planta	39

RESUMEN

La necesidad de aumentar producción agrícola con la utilización de menos recursos se ha convertido en una condición prioritaria, pero para que ello sea posible, entre otras, es preciso gestionar la cantidad de agua que necesitan los cultivos. Este proyecto de titulación presenta el desarrollo de un sistema automatizado de riego basado en la sensorización de cultivos de ciclo corto en el sector La Pastora - cantón Tosagua, cuyo fin principal es la optimización en la utilización del agua. Para el desarrollo del prototipo de la automatización se utilizó la metodología de Hardware Libre que posee tres procesos: *planificación del diseño, fabricación y pruebas del dispositivo*, en complemento con la evaluación del terreno donde se implementaría y las asesorías técnicas especializadas recibidas por los expertos tanto en sistemas de riego como en automatización. El dispositivo final se instaló en el terreno seleccionado y controló la irrigación del cultivo desde la siembra hasta la cosecha contemplada entre los meses de junio a septiembre de 2018, recopilando datos como: humedad del suelo, humedad ambiental, temperatura, entre otros. La visualización de los datos se lo hizo mediante una aplicación de escritorio desarrollada utilizando la metodología Cascada, esta aplicación facilitó el análisis de los datos que demuestran entre sus principales resultados que se logró la disminución del 37.27% en el consumo de agua, generando un ahorro de \$1.43 por aspersor y una ganancia extra de \$343 por hectáreas con respecto al sistema de riego tradicional, además hubo una mejora del 7.53% de la productividad. Los resultados presentados demuestran que es necesaria la intervención en el sector agroproductivo con procesos automatizados como una herramienta para mejorar la productividad y disminuir los costos.

PALABRAS CLAVE

Sistema de riego, riego por open hardware, control de riego, agricultura de precisión, riego por aspersión.

ABSTRACT

The need of increasing the production in the agricultural sector by using the minimal of resources has become in a priority condition, but to make that possible, among others, it's precise to manage the amount of water the crops need. This degree work presents the development of an automated irrigation system based on short-cycle crop sensing in La Pastora – Tosagua sector, which has as a principal purpose to optimize water distribution. The Free Hardware Methodology was used for the development of the automatization prototype, it has three processes: design planification, production and device working tests, in addition to the evaluation of the land where it would be implemented, and the specialized technical advice received by experts in both irrigation systems and automation. The final device was installed in the selected land and controlled the irrigation of the crop from sowing to the harvest between June and September 2018, collecting data such as: soil moisture, humidity, temperature, among others. The visualization of the data was done through a developed desktop application using the Cascada methodology, this application facilitated the analysis of the data that show among its main results that the 37.27% decrease in water consumption was achieved, generating savings of \$ 1.43 per sprinkler and an extra profit of \$ 343 per hectare with respect to the traditional irrigation system, plus there was an improvement of 7.53% of productivity. The results presented show that intervention in the agro-productive sector is necessary with automated processes as a tool to improve productivity and reduce costs.

KEYWORDS

Irrigation system, irrigation by open hardware, irrigation control, precision agriculture, sprinkler irrigation.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Tosagua es uno más de los varios cantones de la provincia de Manabí que cuenta con una gran cantidad de comunidades agroproductiva, debido a esto Risco (2017)¹ menciona que él es solo un agricultor más que aprovecha las tierras del sector la Pastora (sitio de residencia), para cultivar varias legumbres y gramíneas para de ese modo aportar al desarrollo de su hogar. Cabe mencionar que estas tierras son patrimonio familiar, por ello, él dedica la mayor parte de su tiempo en la agricultura, específicamente a cultivos de ciclo corto como maíz, frejol, maní, etc. Además, dado el avance de nuevas técnicas agrícolas hace cuatro años implementó canales de riego con aspersores para distribuir de mejor forma el líquido vital en sus cultivos, ya que estos ayudan a cubrir grandes distancias de terreno y se adaptan a cualquier tipo de parcelas.

El terreno está delimitado a (120x80m) y se encuentra situado a las orillas de la carretera del sector La Pastora. En la parte central consta con una vivienda donde supervisan los cultivos, además el área posee un pozo y una bomba a combustión, mismos que son de vital importancia ya que ayudan a abastecer los cultivos mediante el sistema de riego, mismo que consta de cuatro aspersores distribuidos en el área de sembrío los cuales se usan para regar cultivos de ciclo corto, usualmente al maní.

Es fundamental la combinación de las áreas agro-productivas con la tecnológica ya que son perfectas aliadas para llevar acabo de mejor manera la producción, automatizando varias tareas que se realizan en el campo.

¹ Risco, W. 2017. Propietario de los terrenos en uso.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Lolas (2017), define el significado de la palabra tecnificación como: la creciente influencia de los objetos técnicos en la vida corriente en todo el mundo. Las investigaciones de Mendoza (2016), indican que la tecnificación agrícola consiste en la aplicación de herramientas y procedimientos inventados por el intelecto del hombre para el beneficio de los recursos naturales. Por ende, las observaciones sobre el medio ambiente, los recursos, y ciclos productivos dieron como resultado la invención de las primeras herramientas para facilitar la realización de las tareas agrícolas, logrando con estas técnicas satisfacer las necesidades del hombre, y el ahorro de los recursos naturales.

Adicionalmente, Castellanos (2017), indica que en la actualidad la tecnología es un enfoque del sector activo, pero que siempre ha sido un área de interés para los agricultores. De hecho, países en vías del desarrollo han desplegado mayor cantidad de tecnología con los agricultores ya que se estima que en el año 2050 habrá 9 mil millones de personas en el mundo. FAO (2017), señala que la organización para la agricultura y la alimentación necesita un aumento del 70% en la producción de alimentos.

De acuerdo con el especialista Mostacero et al. (2017), indica que la concepción de riego hace 20 años consistía en la aplicación del agua suplementaria a la obtenida de la lluvia, mientras que en la actualidad el riego se define como “un medio artificial de aplicar agua a la zona radicular de los cultivos de forma que esta pueda ser utilizada al máximo en el momento y cantidad precisa con la calidad recomendada. Pero además de esto se debe de considerar el concepto de agricultura de precisión, debido a que Ezcaray (2012), indica que la agricultura de precisión es una estrategia de administración que utiliza tecnología de la información y las comunicaciones para recolectar datos útiles desde diferentes fuentes con el fin de apoyar decisiones asociadas a producción de cultivos, además ayuda al agricultor a conseguir una mayor eficiencia productiva, que a la vez permitirá reducir el impacto medioambiental, además Castellanos & Morales-Pérez (2016), plantean que la variabilidad espacial (23,1%), que

garantiza conocer si el cultivo rota, con qué frecuencia lo hace por las diversas parcelas en que se encuentra dividida la tierra, o si es estático no debe ser omitido en el concepto de agricultura de precisión.

Consecutivamente, Verdú (2017), señala que el desarrollo del open-hardware ha proporcionado una nueva herramienta para mejorar el sistema de monitorización de otros sistemas. El campo de uso de estos sensores es muy amplio, e involucra la monitorización de la temperatura, la humedad, entre otros parámetros, y lo realizan por medio de sistemas agrícolas que sirven para la predicción de sequías o producción de los sembríos de ciclos corto.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. En el artículo 281 establece que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Para ello, dispone que será responsabilidad estatal promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y a otros recursos productivos (Ley N°305, 2014).

Los sistemas de riego en el sector agrícola han evolucionado, donde Veliz-Lorenzo et al. (2009), manifiesta que en los últimos años, debido a la creciente escasez de agua, surge la necesidad de proteger el uso hídrico en la actualidad, el manejo de canales y redes especiales de aguas potable o grises para riego han proliferado como el mecanismo de acopio y distribución hidráulica mientras que los elementos de distribución hacia las áreas verdes han ido mejorando con el desarrollo de las nuevas tecnologías en dinámicas de fluido. Más aun, el ingreso de las tecnologías digitales a las necesidades de riego.

El canal de riego que se utiliza en el sector La Pastora - cantón Tosagua carece de un sistema de riego que le permita optimizar recursos, por lo cual este trabajo pretende implementar una solución open hardware en conjunto con sensores y actuadores que ayudarán a controlar el consumo hídrico de los cultivos y mejorar su productividad reduciendo la mano de obra utilizados para diferentes cultivos

de ciclo corto. Ya que, la principal actividad del sistema medirá el nivel de humedad y sequía en el suelo donde están los cultivos, encargándose de liberar y distribuir la cantidad de agua requerida para el sembrío. El área considerada para la ejecución del trabajo de titulación tiene una dimensión de (36x21m), este consta con un sistema de riego y seis aspersores distribuidos en dos hileras de tres, los cuales se usan para regar cultivos de ciclo corto, usualmente al maní.

Los autores se acogen a Caicedo-Camposano et al. (2015) para la propuesta de este proyecto ya que este acentúa que: la eficiencia del riego por aspersion no pasa sólo por una buena aplicación del agua, sino también por un correcto diseño, es decir, en la selección adecuada de sus principales componentes que incluyen las tuberías, aspersores y accesorios.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema automatizado de riego basado en la sensorización en los cultivos de ciclo corto en el sector La Pastora - cantón Tosagua, para la optimización del consumo del agua.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requerimientos para la implementación del sistema de riego.
- Diseñar el prototipo del sistema que permita automatizar el acceso al recurso hídrico.
- Implementar el sistema automatizado de riego en el sector La Pastora - cantón Tosagua.
- Analizar los datos proporcionados por el sistema de riego.

CAPÍTULO II. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA INTERVENCIÓN

Para implementar el sistema automatizado de riego basado en sonorización en los cultivos de ciclo corto en el sector La Pastora - cantón Tosagua, se utilizó de la metodología de Hardware Libre, la misma que se desarrolló con sensores y actuadores bajo los requerimientos del cultivo, para el cumplimiento de este se plantearon varios objetivos:

2.1. DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE RIEGO

Juni & Urbano (2014), hacen referencia que la dimensión de las técnicas de recolección de información confronta al investigador a un proceso de toma de decisiones para optar por aquellas técnicas que sean más apropiadas a los fines de la investigación. Dicha decisión guarda estrecha relación con la naturaleza del objeto de estudio, con los modelos teóricos empleados para construirlo y con la lógica paradigmática de la que el investigador parte. Para llegar a la finalidad de este objetivo se utilizaron técnicas tales como, la observación y la entrevista, a la par con métodos, como lo fueron, el analítico y deductivo, todo esto en conjunto permitió obtener información necesaria para los canales de riego.

Campos & Martínez (2012), manifiesta que la observación por sí misma representa una de las formas más sistematizadas y lógicas para el registro visual y verificable de lo que se pretende conocer, consiste en utilizar los sentidos ya sea para describir, analizar, o explicar desde una perspectiva científica, válida y confiable. Con esta técnica se logró observar la situación en la que se encontraba el terreno y varios factores que son considerados a la hora de cultivar.

Caceres (2014), hace referencia que, el proceso previo a la realización de la entrevista es una técnica directa e interactiva de recolección de datos, con una intencionalidad y un objeto implícito dado por la investigación para tener información de forma oral y personalizada utilizando instrumento como cuestionarios, audios y grabaciones.

La entrevista debe tener una estructura que le permita ser aplicada por uno o más investigadores, sin alterar los objetivos del estudio. Se realizó una entrevista al agricultor Risco propietario del terreno, que ayudó a determinar los requerimientos del sistema de riego.

Según Buján (2017), Los métodos analíticos se definen como el conjunto de técnicas que nos permiten conocer cualitativa y/o cuantitativamente la composición de cualquier proceso en el que se encuentre.

La aplicación de métodos analíticos en el campo de la economía y las finanzas nos permitirá:

- Conocer la composición de todos los elementos involucrados en los procesos, como las personas involucradas, fases, técnicas, entre otras.
- Conocer el estado de proceso antes de plantear soluciones de mejora.
- Analizar cualitativa y cuantitativamente el origen de un fallo.
- Diseño y mejora tanto de los procesos de preparación previa como de los integrantes que participan en él, tanto humanos, como maquinaria y herramientas.

El método analítico sirvió para conocer teorías sobre el manejo de canales de riego en el campo agroproductivo para mejorar la eficiencia de riego en el sector La Pastora - cantón Tosagua, tomándose en cuenta los requisitos necesarios del sistema para implementarlo de manera adecuada.

Santoyo (2014), manifiesta que el método deductivo aplica los principios de la metodología científica que considera que la conclusión se halla implícita dentro de las premisas. Esto quiere decir que las conclusiones son unas consecuencias necesarias de las premisas: cuando las premisas resultan verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez, no hay forma de que la conclusión no sea verdadera. Este método ayudó a identificar la situación del problema, contando con la colaboración del Ing. Cristian Valdivieso (docente de la carrera de Agrícola) y el Ing. Joffre Moreira (docente de la carrera de Computación) quienes brindaron los requisitos del sistema, lo cual permitirá recopilar la información necesaria en lo que se refiere al proceso y control de riego en el sector La Pastora - cantón Tosagua.

2.2. DISEÑAR EL SISTEMA QUE PERMITA AUTOMATIZAR EL ACCESO AL RECURSO HÍDRICO.

Vega et al. (2014) indica, que la domótica se refiere a la automatización y control encendido/apagado, apertura/cierre y regulación, de aparatos y sistemas de instalaciones eléctricas y electrotécnicas iluminación, climatización, persianas, puertas y ventanas motorizados, el riego, entre otros.

Conjuntamente, Pérez & Merino (2012), hacen énfasis en que electrónica es la ingeniería y la física que se encargan del desarrollo y el análisis de los sistemas creados a partir del movimiento y el control de electrones que tienen una carga de electricidad. Los denominados circuitos electrónicos posibilitan la conversión y la distribución de la energía eléctrica, por lo que se pueden emplear en el procesamiento y el control de información; nivel general puede decirse que un sistema electrónico está formado por sensores (inputs o transductores) que reciben las señales físicas y las transforman en señales de corriente (voltaje).

Los autores definen a la automatización como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas, de aquí se desprende la definición de automatización como la transferencia de producción realizadas habitualmente por un tercero, para automatizar estos procesos se toma en cuenta los aspectos más relevantes, efectuando pruebas con tarjetas Arduino que verifiquen su correcto funcionamiento, determinando los materiales a implementar en el área de cultivo validando su funcionamiento.

Seguidamente, se determinaron los materiales que se utilizaron para la implementación del sistema de riego, considerando la selección de aquellos componentes que se acoplen a la placa Arduino para brindar fiabilidad al sistema (Cuadro 3.6).

Para el diseño arquitectónico en 3D del circuito, los autores utilizaron el programa SketchUp Make 2016, que de acuerdo con lo indicado por Wahab et al. (2017), es un instrumento para facilitar la elevación de las habilidades visuales espaciales y el pensamiento de geometría durante el proceso de aprendizaje,

que utiliza el software dinámico, el mismo que se empleó para la elaboración del sistema de riego automatizado.

Crespo (2018), define que la programación de Arduino es una placa en la que se cargan líneas de código en un microcontrolador, para leer y automatizar sensores en función a las condiciones del entorno interactuando con el mundo exterior mediante actuadores. Para el desarrollo de la placa es necesario instalar el entorno de desarrollo del Arduino (IDE). Y realizar las configuraciones necesarias para la comunicación entre la placa y el computador.

Las placas han ido evolucionando como su software, al inicio las primeras placas utilizaban un chip FTDI “FT232RL” para comunicarse por puerto USB al computador y un procesador para ser programado, luego se utilizó un microcontrolador especial para cumplir esta función como en el caso de Arduino “uno”, que tenían un micro para ser programado y otro para la comunicación, en la actualidad se usa un único microcontrolador que se compromete en llevar a cabo la comunicación y sobre él también se descargan las instrucciones a ejecutar (Tapia & Manzano, 2013).

OSHWA (2017), menciona que el hardware es cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño. Idealmente, el hardware de fuentes abiertas utiliza componentes y materiales de alta disponibilidad, procesos estandarizados, infraestructuras abiertas, contenidos sin restricciones, y herramientas de fuentes abiertas de cara a maximizar la habilidad de los individuos para materializar y usar el hardware.

El lenguaje de programación de Arduino está basado en C++ y aunque la referencia para el lenguaje de programación de Arduino se encuentra en <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>, también es posible usar comandos estándar de C++ en la programación de Arduino (Crespo, 2018).

2.2.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO HARDWARE LIBRE

Para el diseño, fabricación y pruebas del dispositivo. Medrano et al. (2012) hacen referencia en la (Ilustración 2.1) de cómo se aplica esta metodología:

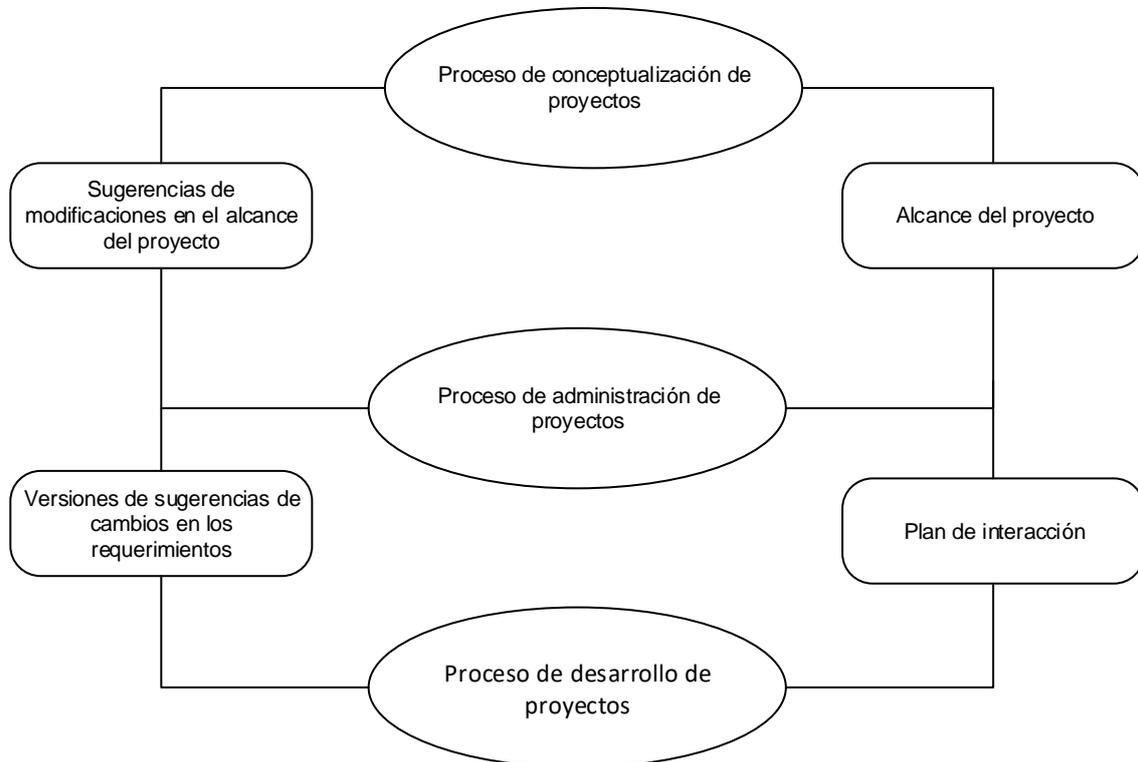


Ilustración 2.1. Procesos de la metodología Hardware libre

2.2.1.1. PROCESOS DE CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

Medrano *et al.* (2012), manifiestan que en este proceso se analizan problemas y necesidades de las comunidades que pudiesen requerir de una solución en área de hardware. El análisis planteado conlleva a la reflexión sobre los problemas y sus posibles soluciones. La actividad de reflexión tiene como objetivo principal proponer soluciones pertinentes a los problemas planteados, en las cuales se consideren tanto los beneficios como el impacto que dichas soluciones puedan causar sobre la comunidad. En este proceso se debe destacar, que las

soluciones planteadas o parte de ellas sean pertinencia de otra área como se detalla en la (Ilustración 2.2)

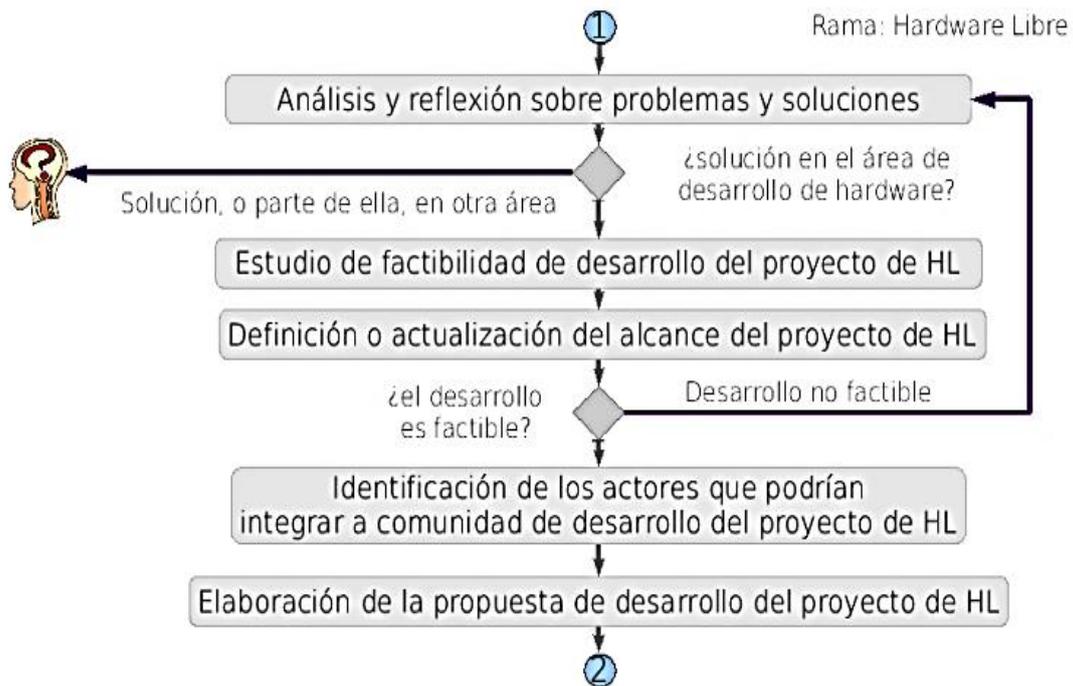


Ilustración 2.2. Pasos de conceptualización

2.2.1.2. PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Medrano *et al.* (2012), consideran que estas actividades estarán orientadas a facilitar lo planteado en el proceso de conceptualización. El proceso de administración requiere que se establezca el rol en uno de los integrantes del equipo como Coordinador del proyecto de desarrollo de hardware. El Coordinador debe velar por el seguimiento y cumplimiento de las actividades, promover una comunidad de progreso y colaboración en torno al proyecto, la cual será la encargada de elaborar el plan del proyecto de desarrollo de hardware, un diagrama del mismo es como se ve en la (Ilustración 2.3)

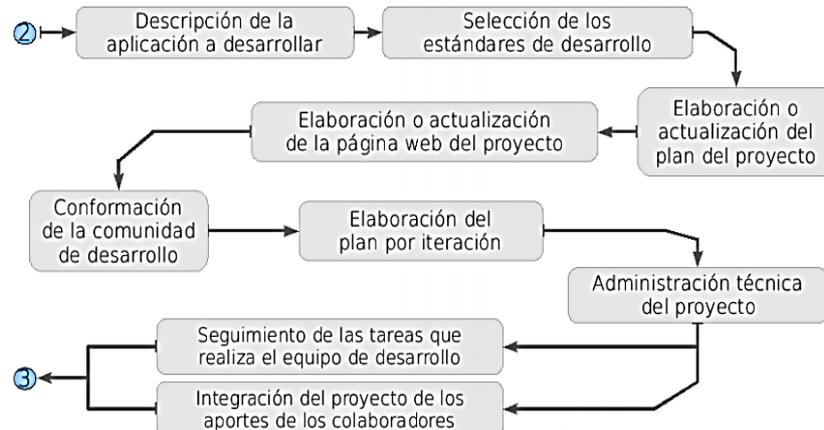


Ilustración 2.3. Actividades del proceso de administración

2.2.1.3. PROCESO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

Medrano et al. (2012) consideran que al comienzo del proceso de desarrollo dependiendo de la naturaleza del hardware a diseñar tal como se ve en la Ilustración 2.4 se puede dividir en tres pasos concurrentes: Especificación de Hardware Estático (a), Programación de Dispositivos (b), Desarrollo de circuitos integrados (c). Esas áreas pueden activarse o no según los requerimientos del proyecto. En todo caso, normalmente siempre estará incluida en alguna medida la Especificación de Hardware Estático. Estos pasos de desarrollo se ocupan de generar y depurar los diseños que sean necesarios para implementar las características requeridas. Este proceso necesariamente las lleva a trabajar en forma coordinada, para que sus resultados puedan integrarse entre sí.

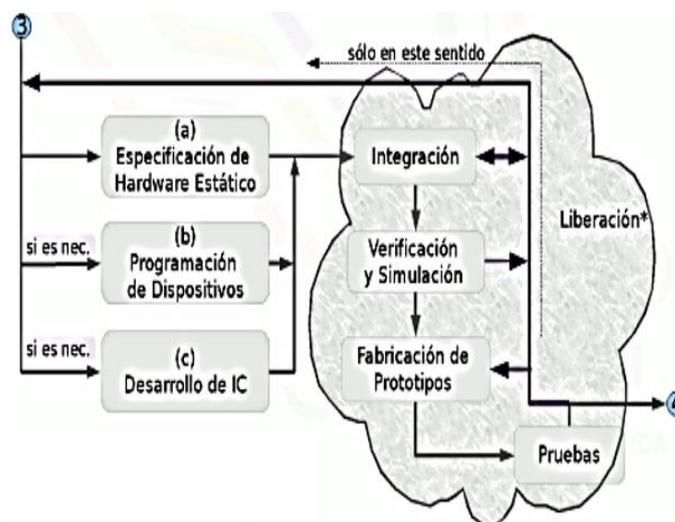


Ilustración 2.4. Proceso del desarrollo del proyecto

2.3. IMPLEMENTAR EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN EL SECTOR LA PASTORA - CANTÓN TOSAGUA.

Martin (2017), manifestó que la medición del agua en los sistemas de riego es crítica para obtener el manejo óptimo y eficiente del agua. Sin conocer la cantidad de agua que se está aplicando a la parcela es difícil decidir adecuadamente cuando parar o cuándo hacer el siguiente riego. Para que un regador haga un manejo adecuado del agua se debe saber el caudal o gasto, el tiempo total del riego y el tamaño de la superficie regada.

Mediante un sistema fijo, se pretende colocar aspersores a una altura adecuada en el área establecida en base al sistema de tuberías superficial, todo ello para obtener el punto de campo del cultivo.

Bruno (2014), plantea la siguiente fórmula para medir el caudal volumétrico.

Q= Caudal volumétrico

V= Volumen

T= tiempo

$$Q = \frac{V}{T}$$

Deduciendo la formula se obtiene la siguiente: $V = Q * T$

La industria Hunter (2013), indica que se debe decidir el lugar de instalación de la caja madre, teniendo en cuenta que se necesitará una toma eléctrica de 115V para la conexión del transformador de bajo voltaje. Además, es necesario proteger el cable e instalarlo directamente por debajo del tubo.

Para poder completar las pruebas fue necesario conocer el funcionamiento de cada componente en uso, además, fue imprescindible la calibración algunos de ellos, como en el caso del sensor de humedad o modulo HL-69, mismo que según Madness Electronics (2016), es un sensor empleado mayormente en sistemas de riego automático, su funcionamiento es simple permite medir la conductividad del suelo, si está muy húmedo mayor será la conductividad y si está muy seco la conductividad será mucho menor.

2.4. ANALIZAR LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL SISTEMA DE RIEGO

Para el análisis de los datos generados por la automatización, se desarrolló una aplicación de consola, para lo cual se utilizaron fundamentos de ingeniería de software, la misma que permite visualizar los datos recabados por el sistema a través de gráficos senoidales; además, se elaboró diagramas de caso de uso y de clases para representar de forma gráfica los elementos funcionales del sistema en términos de la secuencia de acciones. También fue necesario hacer uso de las herramientas Visual Studio 2012 y SQL SERVER 2012 para el desarrollo de la aplicación.

Para Hernández (2013), los fundamentos de la ingeniería de software están formados por un conjunto de métodos, herramientas y técnicas que se aplican en el desarrollo de software, trascendiendo en las actividades de programación, para cumplir con el plazo y el monto presupuesto.

Se utilizó la plantilla ERS (Especificación de Requerimientos de Software), ya que este documento es esencial en la recolección de información y para llevar de forma organizada los requerimientos funcionales y no funcionales, mismos que serán de respaldo para futuros cambios.

Para representar la estructura del sistema de riego fue necesario realizar diagramas de clases y debido a la necesidad de su creación los autores se acogen a la mención de Giraldo *et al.*, 2011, el cual afirma que un diagrama no es un elemento semántico, sino que muestra representaciones de elementos semánticos del modelo, pero su significado no se ve afectado por la forma en que son representados, a su vez hace mención de que los diagramas de clases se realizan en la fase de diseño del software después de la fase de requisitos.

Así mismo Zapata *et al.*, 2007 adjunta que el diagrama de casos de uso describe los requisitos funcionales del sistema en términos de las secuencias de acciones, se presentan los siguientes elementos de su especificación:

- Actores: son los roles que los usuarios desempeñan respecto del sistema y que emplean los casos de uso.

- Relaciones: identifican la comunicación existente entre actores y casos de uso. Las relaciones pueden ser de cuatro tipos:
- Asociación: se establece entre los actores y casos de uso.
 - <<include>>: se presenta cuando el caso de uso origen incluye también el comportamiento descrito por el caso de uso destino.
 - <<extend>>: ocurre cuando el caso de uso origen extiende el comportamiento del caso de uso destino.
 - <<inheritance>>: un caso de uso origen hereda la especificación del caso de uso destino y posiblemente la modifica y/o amplía.

Seguidamente, Ecuared (2018), indica que Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) para sistemas operativos Windows. Soporta varios lenguajes de programación tales como Visual C++, Visual C#, Visual J#, ASP.NET y Visual Basic .NET, aunque actualmente se han desarrollado las extensiones necesarias para muchos otros. Visual Studio permitió a los desarrolladores crear una aplicación consola que fue de gran utilidad para el análisis de los datos recopilados por el sistema automatizado de riego.

La herramienta SQL Server se utilizó en conjunto con Visual Studio para así poder almacenar los datos gestionados por la aplicación dada la gran importancia respaldar los 1440 datos que genera el autómata al día. Los autores decidieron acoger esta herramienta ya que Microsoft (s.f.), hace referencia que SQL server es un sistema de administración y análisis de bases de datos relacionales de Microsoft para soluciones de comercio electrónico, línea de negocio y almacenamiento de datos.

Para el desarrollo de la aplicación de riego, se consideró el uso de la metodología cascada donde todos los procesos tienen un orden a seguir. Según Encascada (s,f), citado por Moreno (2017), hace énfasis que la metodología cascada es conocida como modelo clásico, modelo tradicional o modelo lineal secuencial. El método de la cascada es considerado como el enfoque clásico para el ciclo de vida del desarrollo de sistemas, se puede decir que es un método puro que implica un desarrollo rígido. Esta es una secuencia de actividades (o etapas) que

consisten en el análisis de requerimientos, el diseño, la implementación, la integración y las pruebas.

- El análisis de requerimientos consiste en reunir las necesidades del producto y casi siempre su salida es texto.
- El diseño describe la estructura interna del producto y suele representarse con diagramas y texto.
- La implementación significa programación. Producto de esta etapa es el código en cualquier nivel, incluido el producido por sistemas de generación automática.
- La integración es el proceso de integración es el proceso de ensamblar las partes para completar el producto. (Ver Ilustración 2.5)

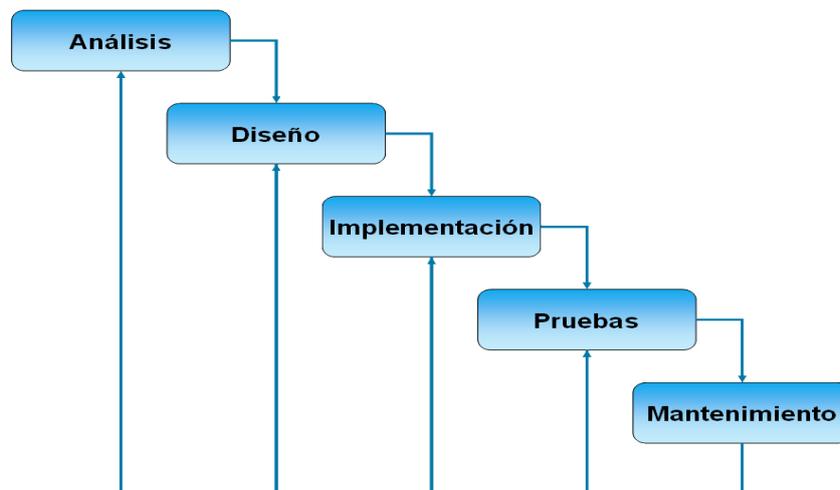


Ilustración 2.5. Pasos de la metodología Cascada

Adicionalmente, Moreno 2017, menciona que la metodología está caracterizada por ordenar de manera rigurosa las etapas del ciclo de vida de software, dado que el comienzo de cada etapa debe esperar a la finalización de la inmediata anterior. Cuando la revisión determina que el proyecto no está listo para pasar a la siguiente etapa, permanece en la etapa actual hasta que esté preparado. Y debido a que el proceso está planeado es más fácil determinar costos y los plazos. Este modelo puede ser visto como un modelo con forma de cascada de agua con varios saltos, en la que cada salto representa cada una de las fases del ciclo de vida.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Con el fin de conocer la problemática y observar los posibles inconvenientes que generaba el riego de cultivos del modo tradicional, tales como; la pérdida de agua, el buen crecimiento del cultivo y cantidad de producción deseada, para el efecto los autores utilizaron una ficha para el registro de lo observado (Anexo 1-A). Fue de gran utilidad la aplicación de la técnica de observación, para aplicar mejoras en el proceso de cultivo en el terreno.

Después de la observación se aplicó una entrevista en conjunto con una encuesta dirigida al propietario del terreno, permitiendo a los autores conocer a fondo las condiciones del sistema de riego existente, necesidades y requerimientos de cada uno de los procesos que conllevan a éste (Anexo 1-B).

Con el fin de comprender algunas temáticas sobre el campo agroproductivo, tales como las causas de una buena producción, técnicas y herramientas para mejorar el proceso de cultivo, los autores determinaron cómo el agricultor se desenvuelve para cultivar la siembra de ciclo corto, por ello fue necesario dividir las tareas más relevantes como: el tipo y tiempo del cultivo y tipo de riego que necesita la planta; secuencialmente se utilizó el método analítico para comprender cuál podría ser la posible solución a la principal problemática de este trabajo como es el manejo de los recursos hídricos.

Se utilizó una ficha técnica (Anexo 1-C) para argumentar los procesos de análisis y recopilación de datos sobre las técnicas que se desempeñan al momento de irrigar el cultivo mediante un sistema de riego tradicional. Además, se determinó que mediante este proceso se desperdician recursos hídricos, y no es posible determinar la cantidad de agua necesaria para cada cultivo.

3.2. DISEÑAR EL PROTOTIPO DEL SISTEMA QUE PERMITA AUTOMATIZAR EL ACCESO AL RECURSO HÍDRICO

El prototipo se lo desarrolló en un tiempo de nueve meses, donde se llevó a cabo la implementación de un sistema de riego con sus respectivos sensores y actuadores. Todos los procesos que se realizaron se detallan en la metodología hardware libre.

3.2.1. FASE 1: PROCESO DE CONCEPTUALIZACIÓN DE PROYECTO

El trabajo de titulación tuvo como objetivo principal desarrollar un sistema automatizado de riego basado en sensorización en los cultivos de ciclo corto en el sector La Pastora - cantón Tosagua para optimizar el consumo del agua por medio de riego por aspersión, mismo que realiza una distribución de agua de acuerdo con una pluviometría prefijada, imitando una lluvia.

Con la utilización de open hardware y mediante sensores, actuadores y ficha técnica (Anexo 1-C) se logró documentar de forma detallada los requerimientos y estándares utilizados por la Unidad de Producción de software/hardware.

3.2.1.1. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL DE LA SISTEMATIZACIÓN DE RIEGO, SU ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

En esta fase se obtuvo toda la información relacionada a la sistematización aplicada a proyectos agroproductivo, además, de las necesidades y funciones que realiza el sistema de riego. Se utilizó como herramienta una entrevista al agricultor y dueño del terreno el, Sr. Wilmer Risco, quien brindó información necesaria para el cuidado de los sembríos como fue: la frecuencia de riego, el tiempo máximo de cosecha, los productos que frecuentemente se cosechan y las precauciones que se deben considerar.

En base a la entrevista (Anexo 1-B) se pudo recopilar información necesaria acerca del control de los cultivos, tal como se detalla en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Datos de la entrevista

Cultivos	Prioridad del agua	Tiempo mínimo de cosecha	Tiempo máximo
Pepino	1	60 días	75 días
Frejol	2	45 días	90 días
Maní	3	70 días	110 días
Maíz	4	60 días	100 días

Nota: En este cuadro se presenta el orden en que los cultivos consumen más agua; la prioridad del agua: 1= alto, 2= moderado, 3=medio y 4= bajo, también se detalla los tiempos de cosecha.

Además, se pudo observar que se cuenta con un pozo subterráneo que utiliza una motobomba a combustible para proceder a irrigar el cultivo mediante un sistema tradicional: con tubería y torres con aspersores.

Los autores de este trabajo asistieron a una conferencia de riego en los cultivos (Anexo 1-D), a cargo del Ingeniero Valdivieso (2017) el cual indicó que no es necesario medir la cantidad de agua que necesitan los cultivos, pero si tener en consideración algunas variables como: el largo máximo de la raíz, el ciclo de cosecha del cultivo y la temperatura también acotó que es necesario un punto de control de humedad del suelo basado en cuatro niveles como se detalla a continuación:

Cuadro 3.2. Niveles de riego

Niveles	Rango
Nivel 1	0-10 cm
Nivel 2	10-20 cm
Nivel 3	20- 30 cm
Nivel 4	30- 40 cm

Cm= centímetro del suelo

En el cuadro 3.2 se presentó el nivel recomendable para detectar la humedad del suelo; hasta el nivel tres es el límite final de la ramificación donde la planta absorbe el agua antes de su cosecha y el cuarto nivel sirve para el control de la pérdida de agua.

Con las variables presentes en la Ilustración 3.1 se podrá observar que en el transcurso de la ramificación de la planta va creciendo y por ende aumenta el

nivel de consumo de agua ya que la raíz llega al nivel tres donde absorbe la cantidad necesaria.

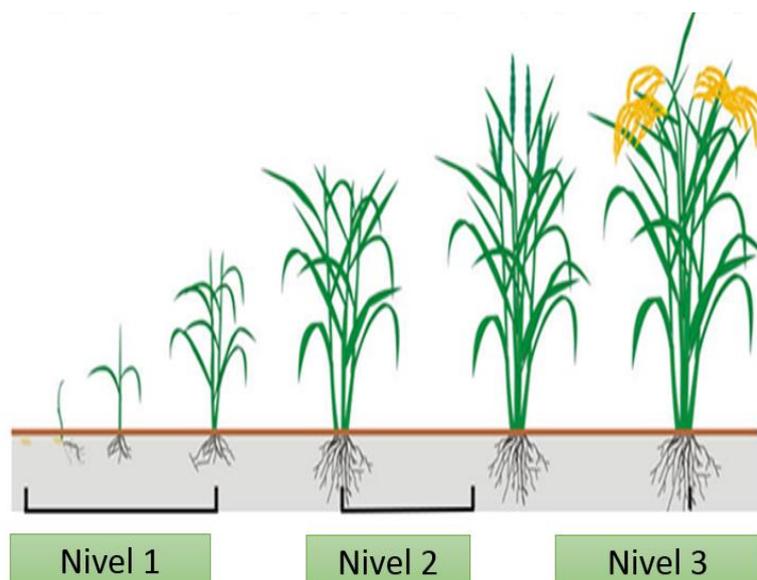


Ilustración 3.1. Niveles de ramificación

Cuadro 3.3. Análisis y reflexión sobre problemas y soluciones

ANÁLISIS Y REFLEXIÓN SOBRE PROBLEMAS Y SOLUCIONES					
Actividad	Responsables Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Identificar las necesidades de los canales de riego del terreno.	Responsables: Autores: Christian Alcívar y Alexander vallejo Participantes: Tutor Jofre Moreira y Cotutor Cristhian Valdiviezo	Problemas y requerimientos	-	Técnicas: Encuesta	Ver Anexos 1
Análisis y reflexión sobre los problemas y sus posibles soluciones	Responsable: Los autores. Participantes: Habitantes	-	Se analizó el problema para dar solución en base a las necesidades para el control de riego	Técnicas: Planificación estratégica de la ubicación del control y módulos	Realizar una automatización para controlar el consumo de agua del cultivo.

Cuadro 3.4. Definición del alcance de la investigación

ELABORACIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Definición del alcance de la investigación del proyecto	Responsable: Autores Participantes: Tutor	Propuesta de desarrollo del prototipo	-	Alcance del proyecto	Identificar las necesidades de los procesos del sistema de riego

Cuadro 3.5. Propuesta del desarrollo del proyecto

ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE DESARROLLO DEL PROYECTO					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Propuesta del desarrollo del proyecto	Responsable: Autores Participantes: Tutor	Automatizar los procesos de riego	-	Hardware libre	Ficha técnica ver Anexo 1-C

3.2.2. FASE 2: PROCESOS DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO

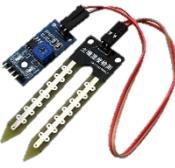
3.2.2.1. DETERMINAR LOS ELEMENTOS REQUERIDOS PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Se definieron los materiales para el diseño del prototipo, además se procedió a la búsqueda de los módulos electrónicos para implementar la automatización del sistema y al mismo tiempo se consideró la utilización de una placa de Arduino.

3.2.2.2. CARACTERÍSTICA DE LOS SENSORES Y ACTUADORES

En base a las investigaciones que se realizaron para conocer los componentes electrónicos utilizados en la implementación del prototipo fue necesario saber las características y funcionamiento de los materiales que se detallan a continuación:

Cuadro 3.6. Características de los componentes electrónicos

COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<p>Módulo HL-69</p> 	<p>Sensor de humedad de suelo tiene dos salida analógica y digital:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La salida digital entregará un pulso bajo cuando haya conductividad suficiente entre cada una de las puntas. • En la salida analógica el nivel de voltaje dependerá directamente de cuanta humedad haya en el suelo. 	<p>Utilizado para monitorear las condiciones del suelo, especialmente si se está trabajando con plantas que necesitan cuidados especiales.</p>
<p>Modulo YL-83</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor utiliza una placa de alta calidad con un área de 20cm². Además, la placa tiene un tratamiento de níquel y antióxido que le da mayor vida útil. • Potenciómetro para ajustar la sensibilidad. • Formato de salida doble: digital (0/1) y analógica (A0). • Se utiliza un comparador basado en el circuito integrado LM393. • Voltaje de funcionamiento: 3.3V a 5v. 	<p>El módulo YL-83 es capaz de detectar gotas de agua lluvia, por lo que puede ser utilizados para sistemas de detección que requieran realizar funciones cuando empieza a llover. Este módulo consiste en una serie de pistas conductoras impresas sobre una placa de baquelita. La separación entre las pistas es muy pequeña. Lo que este módulo hace es crear un corto circuito cada vez que las pistas se mojan.</p>
<p>Modulo DHT22</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de alimentación: 5V • Puerto: Digital de Dos vías un sólo bus • Rango de temperatura: -40 a 80 ° C ± 0,5 ° C • Humedad: 20-90% HR ± 2% de humedad relativa • Tamaño: 40 x 23 mm • Peso: 4g 	<p>Con el módulo de temperatura y humedad DHT22 se midió la temperatura y la humedad fácilmente y con precisión. El módulo DHT22 incluye un sensor de humedad capacitivo y un sensor de temperatura de alta precisión, proporcionando el máximo rendimiento y la fiabilidad.</p>
<p>Válvula Solenoide</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de alimentación: 12v • Potencia: 8w • Entrada y salida de manguera de ½ diámetro • Presión: 0,02-0,8 MPa. • Temperatura máxima del fluido: 100 0C. • Tipo de diafragma accionado por servo. • Uso: agua y fluido de baja viscosidad. 	<p>Esta se la implementa en varios campos como en la automatización de sistemas de riego ya que permite el accionamiento electrónico para el paso de fluidos.</p>

<p>Modulo Relé de 2 canales</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje entrada: 5 V • Voltaje de control: 3 ~ 9 V • Voltaje de salida: 250 VCA o 30 VDC • Corriente a la salida: 10 A • Dimensiones: 43 x 17 mm • Dimensiones: 1,57 x 1,06 en en x 0,71 en (4,0 cm x 2,7 cm x 1,8 cm) • Peso: 0,49 oz (14 g) 	<p>El relé o relevador es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.</p>
<p>Arduino Mega</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontroladores Atmega2560 • -Tensión de funcionamiento 5V • -Voltaje de entrada (recomendado) 7-12V • -Voltaje de entrada (límite) 6-20V • -Digital pines I / O 54 (de las cuales 15 proporcionan salida PWM) • -Pines de entrada analógica 16 • -Corriente DC por E / S Pin 20 mA • -Corriente DC de 3.3V Pin 50 mA • -Memoria flash 256 KB de los cuales 8 KB utilizado por el gestor de arranque • -SRAM 8 KB EEPROM 4 KB • -Velocidad de reloj 16 MHz 	<p>El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (hardware puertos serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar. La junta Mega 2560 es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para Arduino Uno y las antiguas placas Duemilanove o Diecimila.</p>
<p>Modulo Micro SD</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de funcionamiento: 5V • Tamaño: 20x28mm • Interfaz: SPI • Compatible: MicroSD • (TF) 	<p>Se trata de un módulo MicroSD (TF) compatible con tarjetas SD TF (comúnmente utilizado en teléfonos móviles). El módulo SD tiene diversas aplicaciones tales como registrador de datos, audio, vídeo, gráficos. Este módulo ampliará enormemente la capacidad de memoria del Arduino.</p>
<p>Modulo RTC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El chip DS1307 maneja todas las funciones de reloj-calendario con compensación de año bisiesto. 	<p>El DS1307 módulo Tiny RTC, además de todo el circuito de soporte del DS1307 (incluida su batería), incluye también una memoria EEPROM 24C32 para</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Interfaz con la mayoría de los microcontroladores a través de I2C • Compatible con Arduino, hay variedad de librerías para acceder al RTC • Batería de respaldo para el RTC incluida en el módulo • Cristal, resistencias pull-up y componentes de apoyo incluidos en el módulo • Voltaje de alimentación: 4.5 – 5.5 VDC 	<p>almacenar datos en ella y un zócalo para soldar de manera opcional un sensor de temperatura DS18B20.</p>
---	--	---

Cuadro 3.7. Descripción del dispositivo a desarrollar.

DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO A DESARROLLAR					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas/ Plantillas	Productos
Automatización de los procesos del control de riego con una placa Arduino y actuadores	<p>Responsables: El autor.</p> <p>Participante: El autor.</p>	Ficha técnica 1	Descripción de los componentes y usos de las librerías de la placa Arduino	Casos de uso	Esquema y diagrama electrónico

3.2.2.3. PLANOS DEL CIRCUITO

En la Ilustración 3.2 se representa como está distribuido en la actualidad el sistema de riego en el terrero. Referenciando las dimensiones de las dos parcelas (experimental y testigo), cada una cuenta con 36x21 metros y poseen seis aspersores distribuidos en cada parcela.

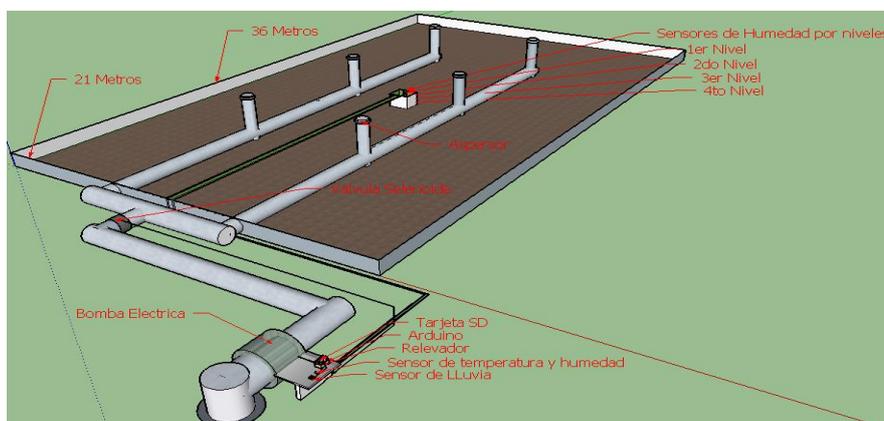


Ilustración 3.2. Diseño del área del sistema de riego

En la Ilustración 3.3 se representa la distribución de los sensores y actuadores del sistema automatizado de riego, compuesto por: sensor de humedad del suelo, sensor de temperatura y humedad ambiental, módulo RTC, tarjeta SD, bomba eléctrica 110v, válvulas solenoides y relé; todos estos gestionados por el Arduino, mismos que ayudan a la eficiente automatización del sistema de riego.

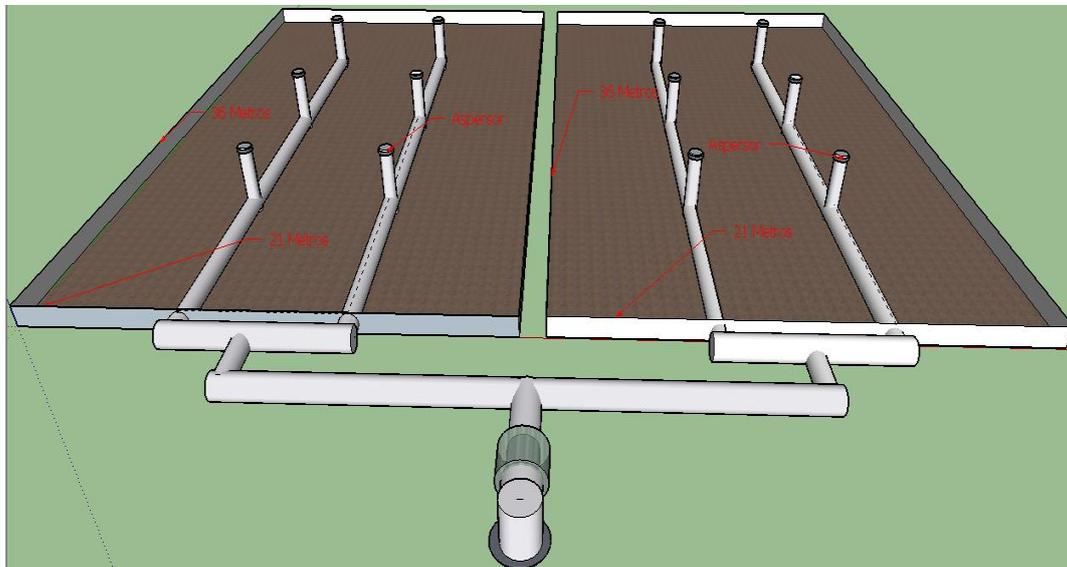


Ilustración 3.3. Sistema de riego automatizado con sensores y actuadores

A continuación, en la Ilustración 3.4 se representan las parcelas (testigo y experimental) con el circuito distribuido estratégicamente.

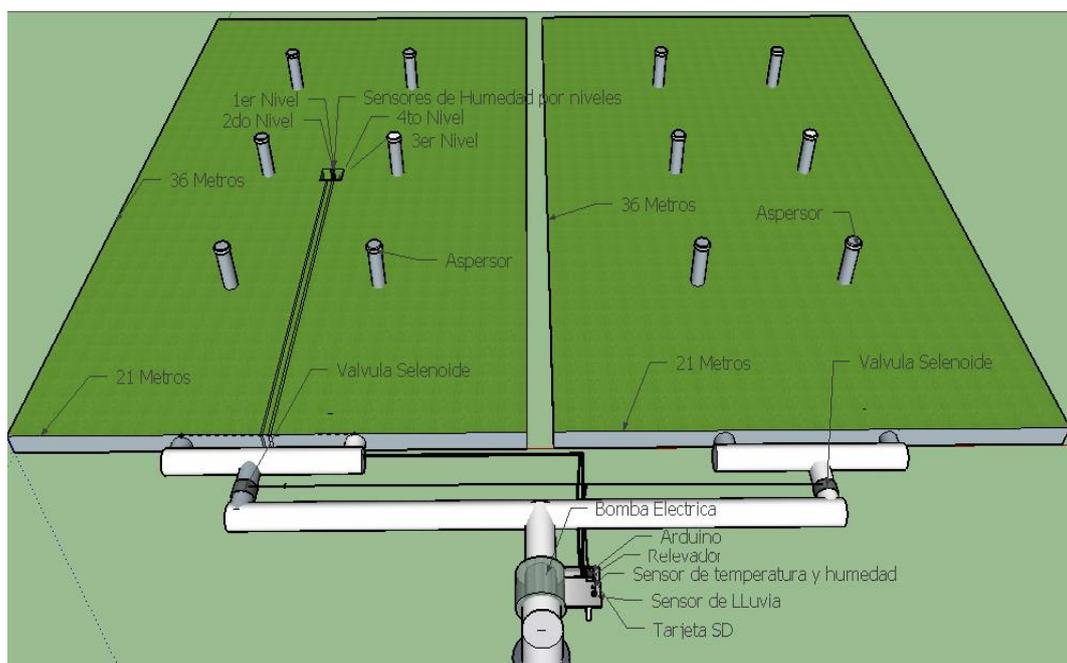


Ilustración 3 4. Diseño de las parcelas: testigo y experimental

3.2.2.4. DISEÑO EN 3D DEL DISPOSITIVO

Se detallan las respectivas conexiones de los diferentes sensores y actuadores que están incorporados en el sistema automatizado de riego, mismas que mediante las simulaciones de los sensores conectados a los potenciómetros y a los pines A0, A1 y A2 del Arduino son almacenados en las Micro SD en formato txt.

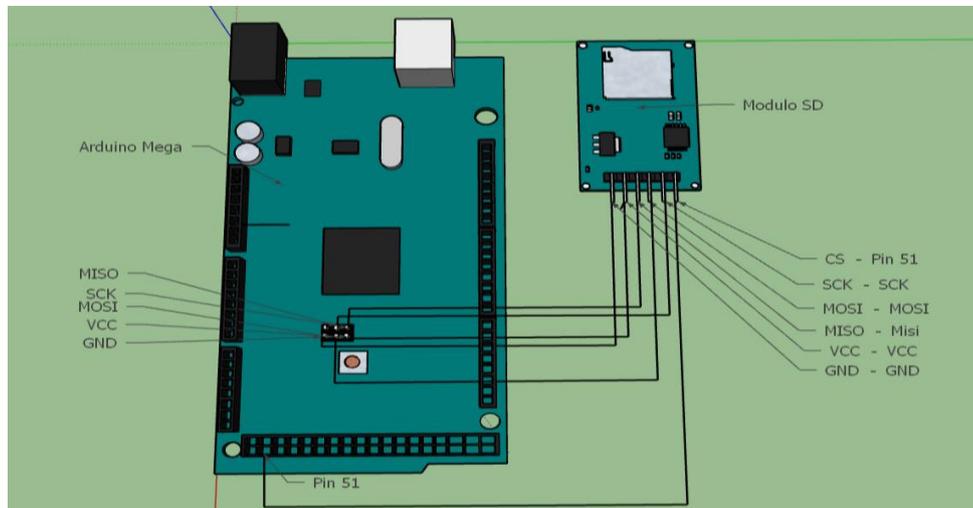


Ilustración 3.5. Conexión Módulo SD y el Arduino Mega

Las conexiones del módulo RTC al Arduino son de 12c (pines SDA y SCL), que envían a la placa la hora exacta, día, mes y año.

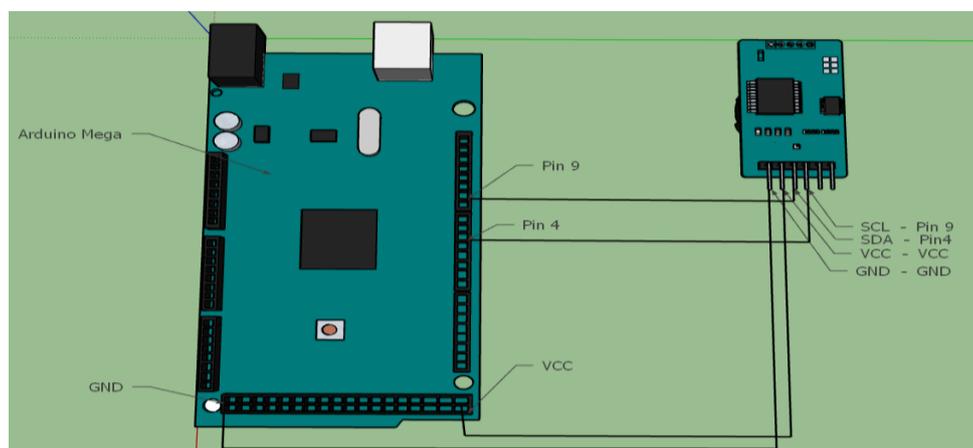


Ilustración 3 6. Conexión a Modulo RTC

Los módulos HL-69, son sensores de humedad que poseen dos tipos de salida: lectura analógica, conectamos la salida A0 a una de las entradas analógicas de Arduino, lectura digital se ajusta con el potenciómetro de la placa, en su lugar se

conecta a la salida D0 del sensor a una entrada digital de Arduino, para mostrar la humedad del suelo.

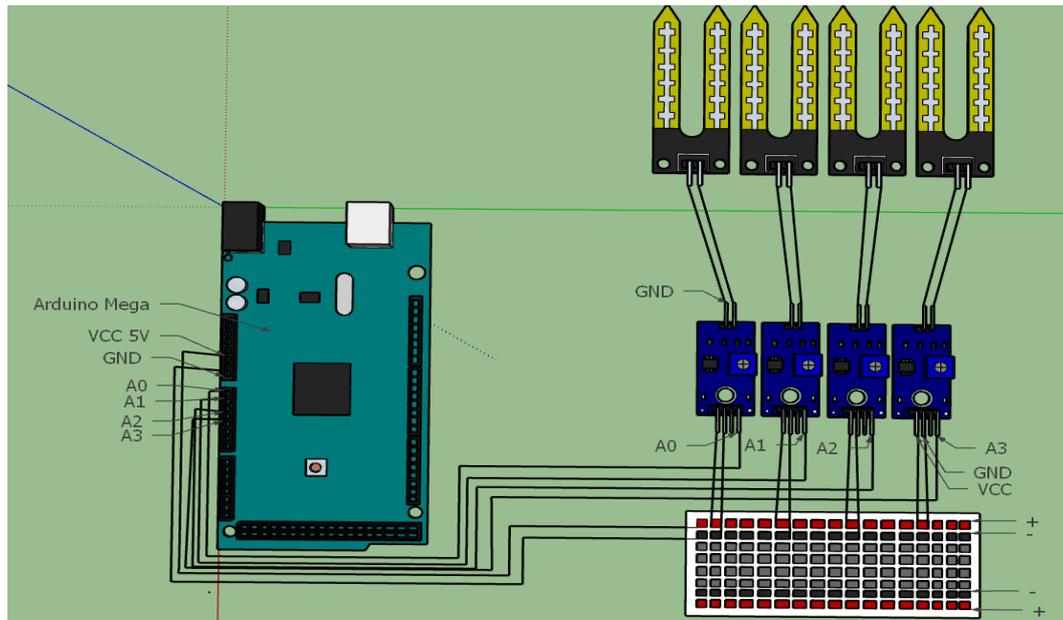


Ilustración 3.7. Conexión de los 4 sensores de humedad de suelo

Módulo DHT22 integrado a la placa Arduino dispone de tres pines: GND (representa el polo de tierra), DATA (para los datos data) y VCC (voltaje de corriente continua). Además, este componente da alta fiabilidad y estabilidad debido a su señal digital calibrada que sirve para medir la temperatura actual.

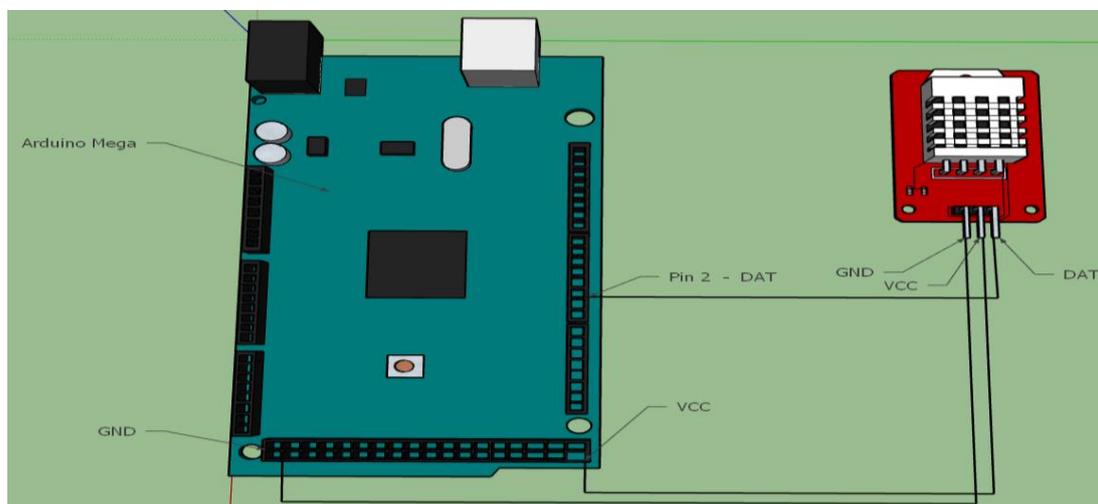


Ilustración 3.8. Conexión del Módulo DHT22

Las conexiones a la placa Arduino cuentan con:

- Un conector marcado como VCC que recibe el voltaje para que los relés funcionen.
- Un conector marcado con GND conectado a tierra (V0 = Voltaje cero).
- En los conectores de la tarjeta se observa un número delante de cada relé del 1 al 4, los cuales relacionan cada relé con las entradas de input (IN1...IN4) y cada relé tiene un conector con tres posibles conexiones, que sirve para transformar el voltaje.

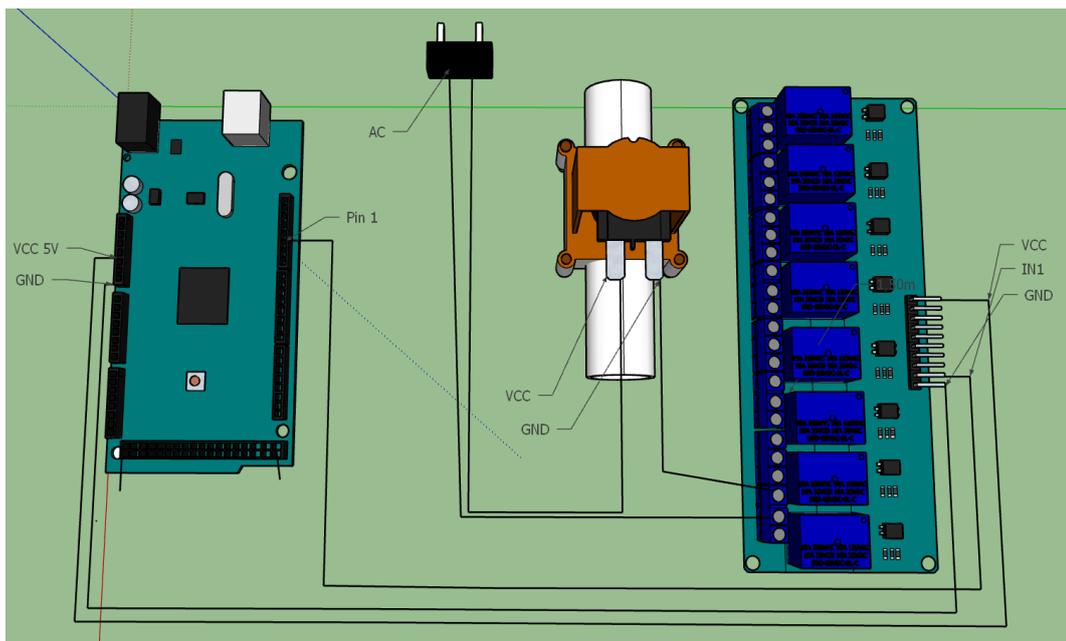


Ilustración 3.9. Conexión del relé de 8 canales para el control de encendido de los aspersores

El Módulo de la pantalla LCD; tiene una interfaz que se controla por 16 pines, por la cual el microcontrolador debe manipular varios puertos a la vez para mostrar los caracteres en la pantalla. Los pines por controlar son los siguientes: (R/S) SELECTOR DE REGISTRO. - Controla la memoria del LCD para mostrar caracteres, posición del cursor o tomar datos en la pantalla para un comando de control y por ende saber que hacer a continuación.

- (R/W) lectura/escritura. - Selecciona el modo de lectura o escritura
- (E) habilitar. - Permite la escritura de los registros
- (D0-D7) pines de datos. - Los estados de estos pines (altas o bajas) son los bits que usted está escribiendo a un registro al escribir, o los valores que usted está leyendo cuando lees.

- (Vo) voltaje variable. - Así que con la ayuda de un potenciómetro puedes ajustar el contraste de la pantalla
- (VDD) voltaje de alimentación. - Por lo tanto, se conecta una fuente de +5V
- (VSS) Ground. - Así que se conecta GND

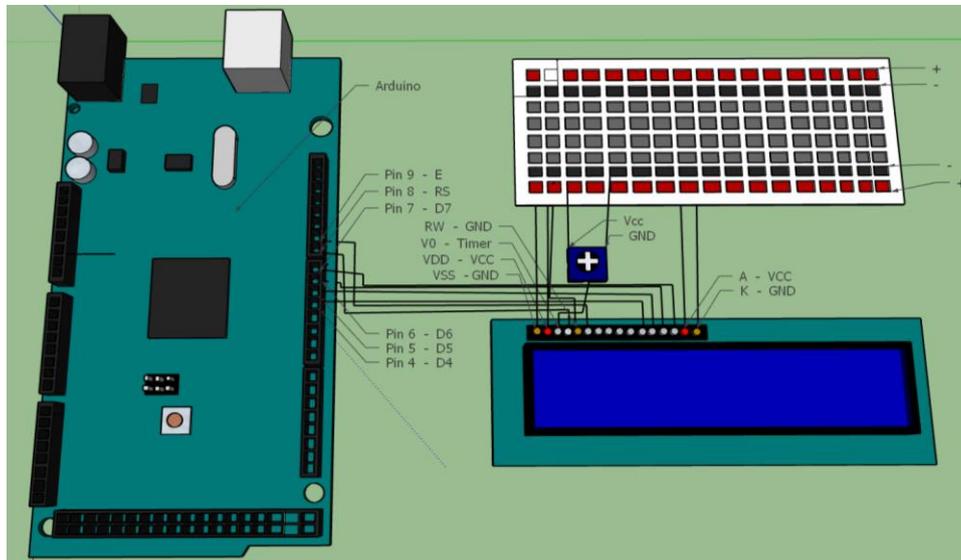


Ilustración 3.10. Establecimiento de las respectivas conexiones del módulo lcd 16x2

El Módulo de lluvia, está conectado a la placa Arduino y es necesario tener en cuenta que el sensor no tiene polaridad, por lo que puede ser conectado en cualquier sentido. Por otro lado, se conecta la placa de medición a los pines GND y 5V, misma que va conectada a los pines correspondiente del Arduino.

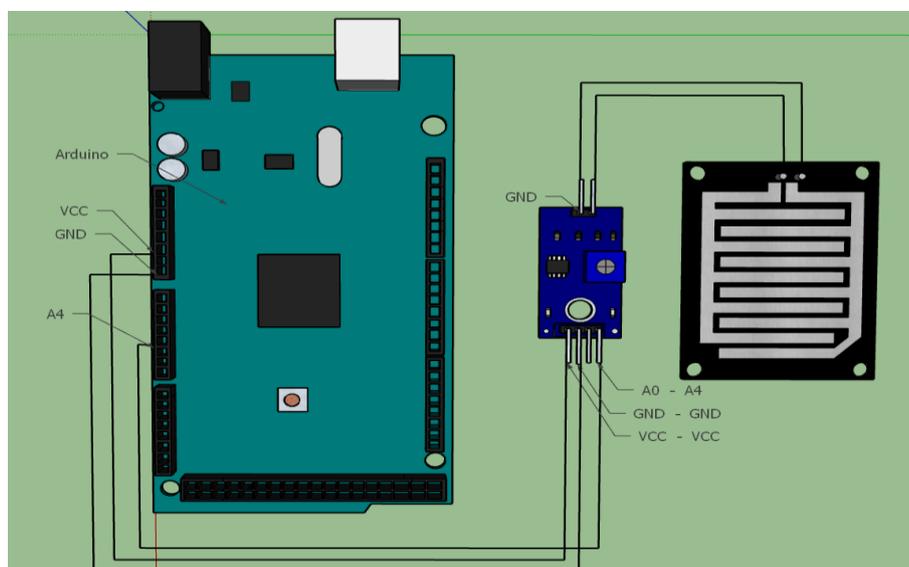


Ilustración 3.11. Conexión sensor de lluvia

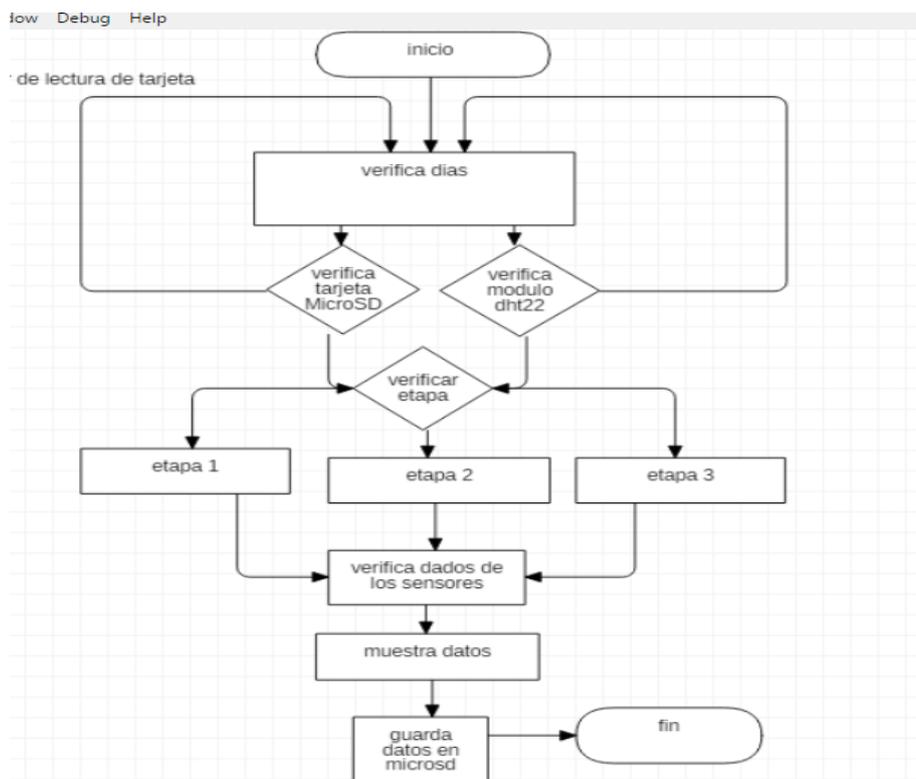


Ilustración 3.14. Diagrama de Flujo

3.2.3. FASE 3: PROCESO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.2.3.1. PROGRAMACIÓN DEL CÓDIGO ARDUINO

Escobar y Santillán (2017), manifiestan que un código Arduino es una serie de comandos de programación que le dirán a los sensores o microcontroladores como configurarse al iniciarse y que acciones tienen que realizar mientras esté funcionando.

Por medio de los métodos y técnicas usados para el levantamiento de los requerimientos se realizó la codificación que se implementó en la placa Arduino, cabe mencionar que el prototipo cuenta de tres niveles con la misma programación para sus sensores, la única diferencia es que cada uno cuenta con configuraciones distintas para iniciar y/o terminar con la ejecución. El código fuente implementado en la placa de Arduino se detalla en el (Anexo 2).

A continuación, se detallan las funcionalidades asignadas a cada uno de los componentes electrónicos que conforman el sistema de riego:

- Módulo RTC: permite mantener el control de riego en fecha y hora actual.
- Módulo Micro SD: almacena los datos relevantes tales como: humedad del suelo, temperatura, humedad ambiental, entre otros.
- Sensor de humedad (Etapa 1-4): Establece condiciones para que actúe de acuerdo con la necesidad de agua requerida para el área a prueba. Además, gestiona el encendido de la bomba cuando se está detectando sequía, así mismo se apagará la bomba luego de detectar que el suelo este completamente húmedo de acuerdo con su calibración.
- Sensor de lluvia: Detecta una precipitación lluviosa y manda una orden para que el sistema se apague automáticamente.

Los sensores de humedad están programados por niveles, ya que la cantidad de agua requerida por los cultivos va cambiando acorde a la etapa de crecimiento, por ello cada nivel cuenta con un tiempo establecido para cumplir su función y una vez terminada y almacenada la primera etapa se procederá automáticamente activar la segunda, así mismo la siguiente etapa. Después de haber realizado cada tarea en cada etapa se procede al almacenamiento de los datos obtenidos.

Cuadro 3.8. Integración

INTEGRACIÓN				
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Técnicas/ Herramientas	Productos
Integración de los módulos, programación de dispositivos	Responsables: El autor. Participantes: El autor.	Placa arduino con el circuito implementado	Programación en lenguaje Arduino, software Arduino	Diseño con software y hardware Integrada en la placa Arduino Ver Anexo 2-A

3.2.3.2. PRUEBAS Y AJUSTES DEL PROTOTIPO

Se realizaron pruebas de laboratorio, donde se logró poner en funcionamiento el sistema de riego y comprobar que se cumpla con todo lo planteado, para implementarlo al campo real. También fue necesario hacer pruebas en el campo instalando los sensores, tomando segundo a segundo los datos sobre la humedad del suelo para poder realizar una calibración con exactitud cómo se

puede observar en la imagen del (Anexo 2-D) . El objetivo de este estudio fue evaluar un esquema de calibración para los sensores de humedad conocidos como módulos HL-69.

3.2.3.3. CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD

Según Guillen (2018), la capacidad de campo y punto de marchitez son los límites que definen la necesidad de agua de un cultivo para su óptimo desarrollo.

➤ CALIBRACIÓN EN EL LABORATORIO.

Como se puede observar en la imagen del (Anexo 2-B) se escogieron diferentes tipos de suelo y se los mezcló para hacer pruebas en el laboratorio. Se procedió a realizar una mezcla homogénea, de cuatro tipos de suelo de diferentes terrenos con la finalidad de calibrar los sensores para encontrar el punto de marchitez y las capacidades de campo:

El agua contenida en el suelo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez es el agua capaz de absorber el sistema radical del cultivo, por lo que para el cálculo de las necesidades de agua es fundamental tener en cuenta estos límites que varían en función del tipo de suelo entre otros factores como se observa a continuación (Anexo 2-C)

➤ CALIBRACIÓN DEL SENSOR EN EL CAMPO.

El estudio se realizó en un terrero de prueba ubicado en el cantón Tosagua. En este sitio se instaló el módulo HL-69 y para su calibración se realizaron muestreos de suelo en dos etapas; suelo húmedo y suelo seco, a estas muestras se les determinó el contenido de humedad y su densidad aparente por técnicas gravimétricas. Con el contenido de humedad de estas muestras, expresado en términos volumétricos, se obtuvo por aproximación el parámetro de calibración para el módulo HL-69. El valor obtenido para este parámetro fue de 380-500 el punto de campo. Se procedió a regar el suelo después de 5 minutos de encendido el sistema durante 10 minutos obteniendo datos como se detallan en la (Anexo 2-D; 2-F) Con este valor se realizó la corrección a los valores estimados originalmente por el sensor de humedad HL-69.

Cuadro 3.9. Verificación y simulación

VERIFICACIÓN Y SIMULACIÓN					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Verificación de las calibraciones de los sensores	Responsables: Autores. Participantes: El autor.	Ficheros del proyecto	En función de los requerimientos del sistema	Verificación del software integrado al hardware	Instalación del hardware Ver Anexo 3-A

3.3. IMPLEMENTAR EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN EL SECTOR LA PASTORA - CANTÓN TOSAGUA

3.3.1. INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO

La instalación del sistema se llevó a cabo en el sector La Pastora del cantón Tosagua, fue necesario verificar el funcionamiento de los sensores de humedad, enterrándolos en la parcela de prueba y mandando las señales analógicas al Arduino para que sean evaluada y almacenadas por el módulo Micro SD, además la pantalla LCD sirvió para visualizar datos como el tiempo, la etapa y el día en que se encontraba el riego además de la temperatura ambiental tal como se observa en la imagen del (Anexo 3-A)

Los autores de este trabajo realizaron pruebas de funcionamiento del prototipo en el terrero verificando si cumplía con los requerimientos establecidos, y al mismo tiempo efectuaron los ajustes correspondientes a la de calibración de los sensores.

En la imagen del (Anexo3-B) se observa el uso de un cable de 12V para llevar la energía al caudal en donde se va a sumergir la bomba eléctrica. Además, en la imagen del (Anexo 3-C) se verifica que el voltaje del tomacorriente donde va a estar conectada la bomba eléctrica emana 114V, lo suficiente para su correcto funcionamiento.

Instalación de la bomba: En la imagen del (Anexo 3-D) se aprecia la ubicación la bomba sumergible de 110 voltios, cabe mencionar que este tipo de bombas se caracteriza por su rendimiento, el cual es ideal para satisfacer las necesidades de la irrigación de pequeños cultivos.

Distancia del agua: Como se ve en la imagen del (Anexo 3-E) hay aproximadamente 15m de manguera que van conectados a las tuberías de riego, cabe explicar que mientras menos sea la distancia de donde se trae el agua a los canales de riego, mejor será la fluidez, así se aprovecha más la presión en los aspersores.

Sensores de humedad ubicados por niveles: el sensor del nivel uno está enterrado a 10cm, el del nivel dos a 20cm, el del nivel tres a 30cm y finalmente el cuarto nivel a 40cm; cada sensor cumple la función de activarse en un determinado tiempo, como se observa en la imagen del (Anexo 3-F).

El riego por aspersión es considerado como el más factible para los cultivos, debido a que proporciona agua en forma de lluvia artificial con intensidad controlada y cumple con el objetivo de que el agua se filtre en el mismo punto que cae.

En la imagen del (Anexo 2-G) se observa cómo están ubicadas las torres a una cierta distancia, misma que trata de cumplir el objetivo de humedecer el área del cultivo a un nivel considerable sin saturarlo, para no provocar asfixia a las raíces de las plantas.

3.3.2. VOLUMEN DE AGUA DEL CAUDAL

Fue necesario verificar el volumen de líquido que fluye a través de una manguera llegando al aspersor, teniendo como referencia un tiempo definido. Se tardó 2 minutos con 20 segundos para llenar un depósito de 20 litros con agua proveniente de un caudal usando una bomba de 110V.

Q= Caudal volumétrico

V= Volumen

T= tiempo

$$Q = \frac{20}{2.20}$$

En este caso el caudal volumétrico en el grifo es de es de 8.57lt/min.

Cuadro 3.10. Liberación del sistema

LIBERACIÓN					
Actividad	Responsable Participantes	Insumo	Observaciones	Técnicas/ Herramientas	Productos
Liberación del sistema de riego	Responsables: El autor. Participantes: El autor.	Hardware terminado	Búsqueda de lugar óptimo para su implementación	-	Producto estable y terminado Ver Anexos 3

Una vez generada la información correspondiente a los procesos efectuados por el sistema de riego se pudo obtener los reportes respectivos, mismos que son almacenados en una tarjeta Micro SD instalada en el sistema de riego automatizado. En el Anexo 2-D se muestra una reseña del tipo de datos que genera el sistema. Los índices de consumo de agua en la parcela del sistema automatizado y en la que usa el riego tradicional se muestran en la tabla presentada a continuación.

Cuadro 3.11. Índice de gasto del agua.

Etapas	Minutos		Cantidad de agua		Total de agua	
	Tradicional	Automatizado	Tradicional	Automatizado	Tradicional	Automatizado
1	90	45	8,57 lt/min	8 lt/min	771.3	360
	90	37	8,57 lt/min	8 lt/min	771.3	296
	90	-----	8,57 lt/min	8 lt/min	771.3	-----
2	90	40	8,57 lt/min	8 lt/min	771.3	320
	90	38	8,57 lt/min	8 lt/min	771.3	304
	90	36	8,57 lt/min	8 lt/min	771.3	288
	90	37	8,57 lt/min	8 lt/min	771.3	296
	60	41	8,57 lt/min	8 lt/min	514.2	328
	-----	44	8,57 lt/min	8 lt/min	-----	352
	-----	49	8,57 lt/min	8 lt/min	-----	392
3	60	47	8,57 lt/min	8 lt/min	514.2	376
	60	41	8,57 lt/min	8 lt/min	514.2	328
	60	38	8,57 lt/min	8 lt/min	514.2	304
	60	45	8,57 lt/min	8 lt/min	514.2	360
	-----	45	8,57 lt/min	8 lt/min	-----	360
	-----	42	8,57 lt/min	8 lt/min	-----	336
					7970.1 lt	5000 lt

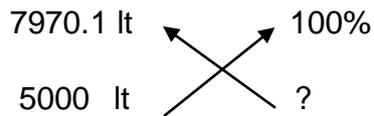
Lt = Litros; Min = Minutos

→ **Regla de 3 para calcular el porcentaje de ahorro del consumo de agua**

Datos

- **Tradicional:** 7970.1 lt

- **Automatizado:** 5000 lt



$$\% \text{ AUTOMATICO} = \frac{\text{AUTOMATICA} \times 100\%}{\text{TRADICIONAL}}$$

$$\% \text{ AUTOMATICO} = \frac{5000 \text{ lt} \times 100\%}{7970.1 \text{ lt}}$$

$$\% \text{ AUTOMATICO} = 62.73\%$$

$$\text{AHORRO} = \% \text{ TRADICIONAL} - \% \text{ AUTOMATICA}$$

$$\text{AHORRO} = 100\% - 62.73\%$$

$$\text{AHORRO} = 37.27\%$$

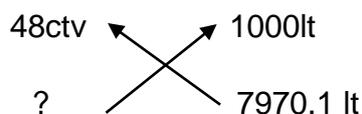
Mediante los datos proporcionados por el sistema de riego y los datos recopilados del cultivo tradicional, se procedió a calcular el ahorro en el consumo de agua por aspersor, utilizando la regla de tres se calculó el porcentaje y se procedió a hacer la resta proyectando un ahorro del 37.27%.

El precio del consumo de agua en Ecuador es de 48 ctvs. por metros cúbicos el cual equivalente a 1000 lt.

→ **Regla de 3 para calcular el costo tradicional**

DATOS

- **Tradicional:** 7970.1 lt
- **Automatizado:** 5000 lt
- **Precio del Agua:** 48 cvt x1000 lt



$$\text{COSTO TRADICIONAL POR ASPERSOR} = \frac{\text{TRADICIONAL} \times \text{P. AGUA}}{1000 \text{ lt}}$$

$$\text{COSTO TRADICIONAL POR ASPERSOR} = \frac{7970.1 \text{ lt} \times 48 \text{ctv}}{1000 \text{ lt}}$$

$$\text{COSTO TRADICIONAL POR ASPERSOR} = 383 \text{ ctv}$$

→ Regla de 3 para calcular el costo automatizado

DATOS

- Tradicional: 7970.1 lt
- Automatizado: 5000 lt
- Precio del Agua: 48 cvt x 1000 lt

$$\begin{array}{ccc} 48\text{cvt} & \begin{array}{c} \swarrow \quad \nearrow \\ \searrow \quad \nwarrow \end{array} & 1000\text{lt} \\ ? & & 7970.1 \text{ lt} \end{array}$$

$$\text{COSTO TRADICIONAL POR ASPERSOR} = \frac{\text{AUTOMATIZADO} \times \text{P. AGUA}}{1000 \text{ lt}}$$

$$\text{COSTO AUTOMATIZADO POR ASPERSOR} = \frac{5000 \text{ lt} \times 48 \text{ctv}}{1000 \text{ lt}}$$

$$\text{COSTO AUTOMATIZADO POR ASPERSOR} = 240 \text{ ctv}$$

Obtenido el costo del consumo de agua por aspersor tanto de forma tradicional como el automatizado, se procedió a hacer la resta de los mismos, comprobando si es factible implementar la tecnología para el ahorro de recursos hídricos.

$$\text{AHORRO} = \text{TRADICIONAL} - \text{AUTOMATIZADO}$$

$$\text{AHORRO} = 383 \text{ CTV} - 240 \text{ CTV}$$

$$\text{AHORRO} = 143 \text{ ctv}$$

$$\text{AHORRO} = \frac{143 \text{ ctv} \times \$1}{100 \text{ ctv}}$$

$$\text{AHORRO} = \$1.43$$

El requerimiento del consumo de agua usando el sistema de riego tradicional fue de 7970.1 litros por aspersor, dicha cantidad fue necesaria para culminar por completo el ciclo vegetativo del cultivo. Mientras que el sistema automatizado

necesita solo 5000 litros de agua por aspersor obteniendo un ahorro del 37.27%. En el cuadro 3.12 se muestran los datos correspondientes a la etapa de cosecha del cultivo, diferenciando los resultados obtenidos con el uso del sistema tradicional de riego y con el sistema automatizado implementado en una parcela de prueba.

Cuadro 3.12. Índice de la producción por planta

N° Planta	Número de vainas		Peso de vainas (gramos)	
	Tradicional	Automatizado	Tradicional	Automatizado
1	17	19	62.652	64.922
2	19	23	70.824	92.616
3	20	21	70.37	64.922
4	17	18	65.376	66.284
5	18	24	62.652	89.892
6	15	23	53.572	85.352
7	20	25	62.198	91.708
8	24	21	80.812	65.376
9	22	21	70.824	84.898
10	22	23	70.37	84.898
11	17	21	61.29	83.536
12	20	24	64.922	80.812
13	25	29	80.812	84.898
14	21	21	71.732	65.376
15	24	25	73.094	81.72
16	27	18	98.972	64.922
17	21	26	89.892	93.07
18	26	15	71.278	49.032
19	20	18	80.812	65.376
20	20	16	63.106	48.578
21	20	15	61.29	54.48
22	21	22	66.738	75.364
23	25	24	81.72	81.266
24	17	17	59.928	63.56
25	15	25	50.848	90.8
26	22	26	74.002	90.8
27	20	15	61.744	49.94
28	20	18	60.836	54.48
29	15	17	50.394	54.48
30	16	21	48.124	63.56

31	22	25	69.462	81.72
32	22	22	61.29	63.56
33	15	24	61.29	81.72
34	20	24	71.732	81.72
35	19	20	61.29	68.1
36	21	19	63.23	62.4
37	20	22	65.83	71.732
38	22	17	62.652	57.204
39	17	17	63.56	56.296
40	16	16	50.848	56.75
	800	837	2672.138gr	2868.12gr

→ Regla de 3 para calcular el porcentaje de productividad

Datos

Tradicional: 2672.37 gr

Automatizado: 2868.12 gr

2672.37 gr	
2868.12 gr	100%
	?

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{AUTOMATICA} \times 100\%}{\text{TRADICIONAL}}$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD} = \frac{2868.12 \text{ gr} \times 100\%}{2672.37 \text{ gr}}$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD} = 107.33\%$$

$$\text{MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD} = \% \text{ PRODUCTIVIDAD} - 100\%$$

$$\text{MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD} = 107.33\% - 100\%$$

$$\text{MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD} = 7.33\%$$

Cálculo para cuantificar económicamente la producción del cultivo

Datos:

→ **Distribución**

- **Entre plantas: 0.2 m**
- **Entre hileras: 0.5 m**

→ **Área: 10000 m²**

→ **Cálculo para determinar el número de plantas por hectárea**

$$OCUPACIÓN POR PLANTA = ENTRE PLANTAS \times ENTRE HILERAS$$

$$OCUPACIÓN POR PLANTA = 0.2 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$$

$$OCUPACIÓN POR PLANTA = 0.1 \text{ m}^2$$

$$\# PLANTAS = \frac{AREA}{OCUPACIÓN POR PLANTA}$$

$$\# PLANTAS = \frac{10000 \text{ m}^2}{0.1 \text{ m}^2}$$

$$\# PLANTAS = 100000$$

→ **CALCULAR EL PESO DE LA PRODUCTIVIDAD EN KG TRADICIONAL**

Datos

Tradicional: 2672.37 gr

Automatizado: 2868.12 gr

Muestreo: 40

➤ **TRADICIONAL**

$$PROMEDIO POR PLANTA = \frac{TRADICIONAL}{MUESTREO}$$

$$PROMEDIO POR PLANTA = \frac{2672.37 \text{ gr}}{40}$$

$$PROMEDIO POR PLANTA = 66.8 \text{ gr}$$

CONVERSIÓN A KILOGRAMO

$$PESO TRADICIONAL = PROMEDIO POR PLANTA \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}}$$

$$PESO TRADICIONAL = 66.8 \text{ gr} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}}$$

$$PESO TRADICIONAL = 0.0668 \text{ kg}$$

AUTOMATIZADO

$$PROMEDIO POR PLANTA = \frac{AUTOMATIZADO}{MUESTREO}$$

$$PROMEDIO POR PLANTA = \frac{2868.12 \text{ gr}}{40}$$

$$PROMEDIO POR PLANTA = 71.7 \text{ gr}$$

CONVERSIÓN A KILOGRAMOS

$$PESO AUTOMATIZADO = PROMEDIO POR PLANTA \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}}$$

$$PESO AUTOMATIZADO = 71.7 \text{ gr} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}}$$

$$PESO AUTOMATIZADO = 0.0717 \text{ kg}$$

→ CÁLCULO DE LA GANANCIA ECONÓMICA POR HECTÁREA

$$KG EXTRAS = (PESO AUTO. - PESO TRAD.) \times \# PLANTAS$$

$$KG EXTRAS = (0.0717 - 0.0668) \times 100000$$

$$KG EXTRAS = (0.0049) \times 100000$$

$$KG EXTRAS = 490 \text{ kg}$$

PRECIO DEL MANÍ: \$70 por quintal.

$$GANANCIA = PRECIO DEL MANI \times (KG EXTRAS \times \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ kg}})$$

$$GANANCIA = \$70 \times (490 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ kg}})$$

$$GANANCIA = \$70 \times (4.9 \text{ qq})$$

$$GANANCIA = \$343$$

Gracias a la implementación del sistema automatizado de riego se pudo obtener una ganancia cuantificada en una hectárea de cultivo de maní de \$343 con relación al sistema de riego tradicional.

3.4. ANALIZAR LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL SISTEMA DE RIEGO

3.4.1. METODOLOGÍA CASCADA

Para llevar a cabo este objetivo, los autores manipularon la metodología cascada, la cual consta de las siguientes fases:

3.4.1.1. ANÁLISIS DE LOS REQUISITOS

Para mostrar los datos recolectados por el sistema automatizado de riego, se desarrolló un programa en consola. En el presente documento se detallan los requerimientos establecidos por los autores y las interfaces usadas en el desarrollo del sistema utilizando la plantilla ERS (Anexo 4-A).

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

AUTENTICACIÓN DE USUARIOS CON EL SISTEMA.

Módulo de ingreso al sistema

Código de requisito	RF001
Nombre de requisito	Ingreso al sistema
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Caso de uso asociado	CU001
Historia de usuario	Paso 01: Ingreso al sistema
DESCRIPCIÓN	El sistema debe permitir la lectura de las etapas del cultivo
PROCESO	Seleccionar las etapas del cultivo por medio de botones, los mismos que desplegaran más opciones.

Código de requisito	RF002
Nombre de requisito	Consulta por etapas
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Caso de uso asociado	CU001
Historia de usuario	Paso 01: Visualización de los datos

DESCRIPCIÓN	El sistema permitirá realizar consultas y generar reportes mediante gráficos.
PROCESO	Eligiendo la opción de “etapas”, se desplegará un formulario en el que se podrá abrir archivos de textos y mostrar tablas con los parámetros del sistema de riego, además de contar con la opción de guardar los datos.

Código de requisito	RF003
Nombre de requisito	Nuevo cultivo
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Historia de usuario	Paso 01: ingreso de nuevo cultivos al sistema
DESCRIPCIÓN	Cuando se elija la opción de “Crear”, se mostrará un formulario en el centro de la pantalla mostrando los campos que deben ser llenados para guardar el nuevo cultivo al sistema.
PROCESO	Mostrarán una tabla con los campos del sistema de riego. Además, en la parte inferior del formulario además de permitir guardar los datos.

Código de requisito	RF004
Nombre de requisito	General reporte
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Caso de uso asociado	CU001
Historia de usuario	Paso 01: visualiza los datos
DESCRIPCIÓN	El sistema debe permitir generar reportes de todos los datos obtenidos.
PROCESO	Cuando se elija la opción de “reporte”, se mostrará un formulario en el centro de la pantalla y se mostrarán todos los datos almacenando por etapas

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.

Garantizar que el diseño de las consultas u otro proceso no afecten el desempeño de la base de datos.

PROPÓSITO

- Determinar los requerimientos generales para el desarrollo del sistema en consola.
- Facilitar la información necesaria para que los desarrolladores puedan entregar un producto de calidad.
- Interpretar los datos recolectados del sistema de riego por medio de gráficos.

ALCANCE

El sistema fue desarrollado en lenguaje de programación C#; utilizando una arquitectura de 3 capas orientada a objetos el cual cuenta con las siguientes funciones:

- ✓ Interpretar los datos del sistema de riego
- ✓ Mostrar reporte general

3.4.1.2. DISEÑO DEL SISTEMA

Una vez obtenido el análisis de los requerimientos se procedió a diseñar el flujo de datos, en el cual se definió todas las estructuras para que la aplicación de consola del sistema de riego reconozca, almacene, consulte y muestre un reporte general de los datos.

ESTRUCTURA DE LOS DATOS

La estructura principal para el diseño de la aplicación de consola del sistema automatizado de riego fue la siguiente:

- Acceso al sistema
- Accesos a crear nuevo cultivo
- Abrir documentos .txt del sistema de riego
- Guardar los datos recolectados por tarjeta Micro SD a una base de datos

- Consulta del riego por etapas.
- Reporte genera

La pantalla principal del software cuenta con botones que se detallan en el caso de uso (Ilustración 3.15).

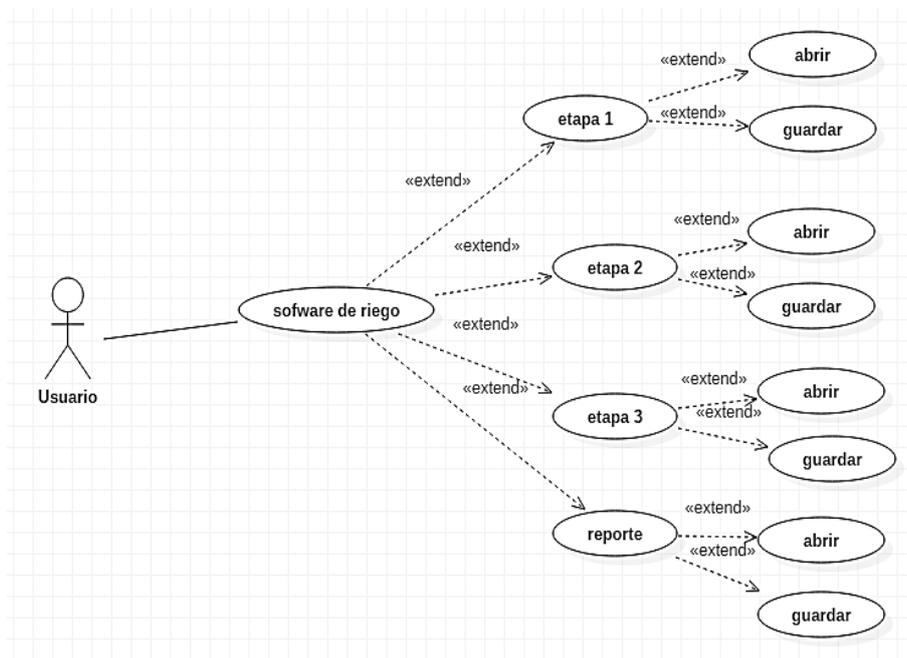


Ilustración 3.15. Caso de uso

Como se ve en la (Ilustración 3.15) el usuario ingresa al sistema sin necesidad de autenticarse y podrá visualizar los datos recolectados por la tarjeta microSD, además el usuario podrá almacenar los datos en la base de datos y generar reportes de las etapas del sistema de riego.

Como se detalla en el diagrama de clases, el aplicativo cuenta con dos tablas que son necesarias para mostrar y guardar los datos recolectados por la tarjeta microSD (Ilustración 3.16).

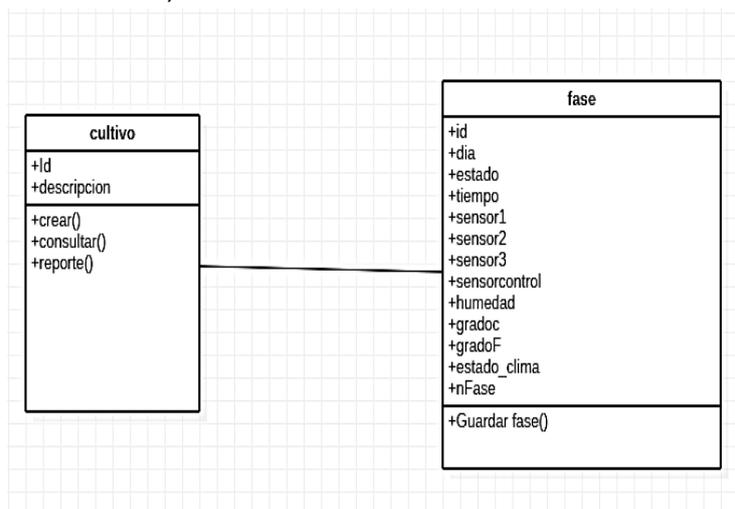


Ilustración 3.16. Diagrama de clase

Cultivo: Cuenta con dos campos id y descripción. Tiene como función crear nuevos tipos de cultivos.

Fase: Cuenta con varios campos los cuales son usados para generar consultas y reportes a la hora de ingresar datos “txt” al software.

CODIFICACIÓN

Una vez que se realizaron las fases anteriores se procedió a desarrollar el sistema. Se trabajó bajo la plataforma de Visual Studio Community 2015, ya que es una de las herramientas más utilizada y cuenta con Windows Form, el cual facilita un diseño agradable para mostrar las consultas y reportes que genera el sistema. También se utilizó una base de datos My SQL-2012 ya que cuenta con la opción para crear un archivo de tipo app config lo cual es de gran beneficio para manejar los parámetros de conexión al servidor mediante el sistema ya que permite leer los datos “txt” y guardar la información.

EJECUCIÓN DE PRUEBAS

Para probar el software se procedió a instalarlo en el ordenador de uno de los autores del proyecto. Sin encontrarse errores al momento de la instalación, errores al conectarse al servidor de la base de datos o errores de sintaxis, además fue necesario realizar pruebas funcionales para saber si cumplía con los requerimientos planteados; se procedió a ingresar datos “txt” que son almacenados por la placa Arduino del sistema de riego guardándolos en una tarjeta microSD, además de generar consultas por etapas y reportes generales, por otra parte también se verificó el registro de información que genera cada una de las interfaces y posteriormente asegurar que dicha información sea almacenada en la base de datos (Ilustración 3.17).

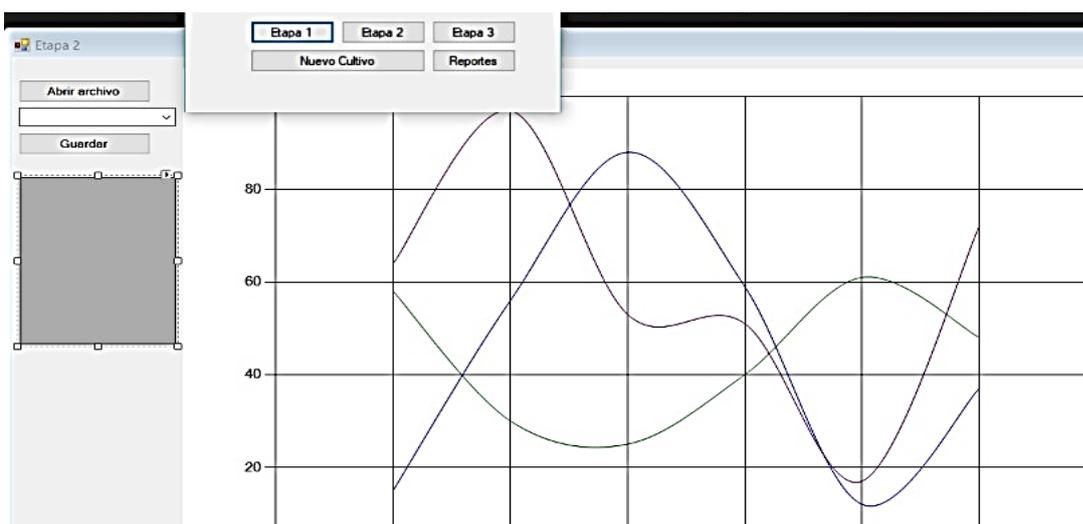


Ilustración 3.17. Grafica del estado de campo del suelo

VERIFICACIÓN

Se pudo observar que el software cumple con todas las especificaciones en base a los requerimientos planteados como se muestra en la Ilustración 3.18, cabe mencionar que la recolección de datos fue mediante las etapas del ciclo de cultivo, se conoció la humedad del suelo y la cantidad de agua necesaria en cada nivel de crecimiento.

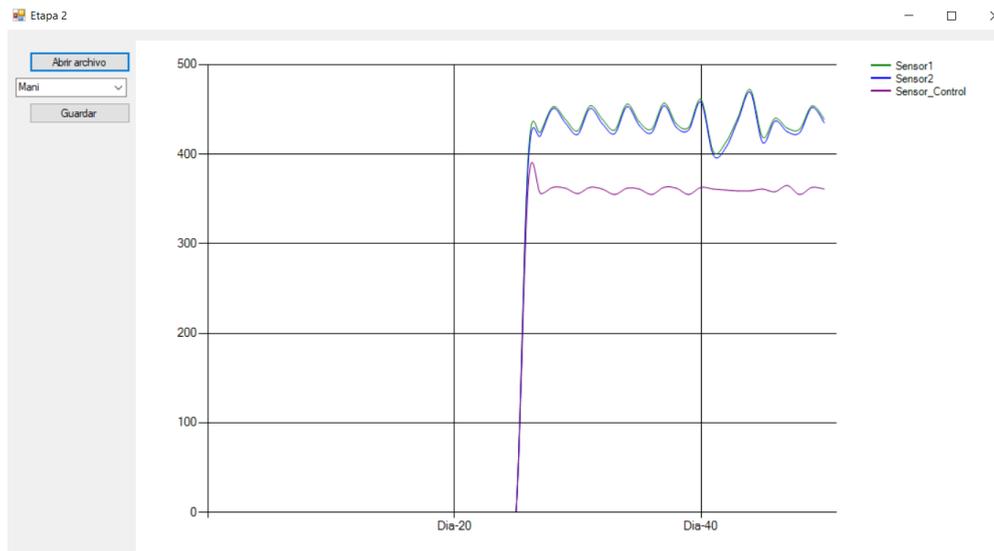


Ilustración 3.18. Gráfica de la humedad del suelo

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ✓ Con el apoyo de una ficha técnica y la aplicación del formato ERS, según el estándar IEEE 830, para el levantamiento de requisitos, permitió obtener información real, precisa y oportuna sobre los cultivos de ciclo corto, tipos y requerimientos de consumo de agua, datos necesarios para el diseño y estructura del sistema respectivamente.
- ✓ La modelación de casos de uso y diagramas de flujo contribuyó significativamente al desarrollo del prototipo, en conjunto con la herramienta de modelado 3D SketchUp que ayudo el acople y distribución de los componentes, facilitando así su desarrollo.
- ✓ Mediante las pruebas de funcionamiento realizadas, previo a la implementación del sistema, se verificó y constató su correcto funcionamiento en el control de la humedad, logrando así cumplir con los requerimientos planteados inicialmente.
- ✓ Con el sistema implementado se obtuvieron informes detallados con datos relevantes como humedad y consumo de agua, los análisis de estos corroboraron que es necesaria la intervención en el sector agroproductivo con procesos automatizados como una herramienta para mejorar la productividad y disminuir el consumo del líquido vital.

4.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Que los desarrolladores de sistemas automatizados de riego mantengan asesoría continua con expertos en ramas agrícolas, de manera que el sistema contemple todas las variables y parámetros necesarios para garantizar un riego adecuado acorde a las necesidades de los cultivos.
- ✓ Que los desarrolladores de sistemas automatizados de riego hagan uso de metodologías y herramientas informáticas adecuadas para el modelado, programación y testeo, a fin de que se garantice un sistema funcional de calidad.
- ✓ Que los agricultores realicen una distribución estratégica de los sensores, dependiendo de la ramificación de los cultivos, para así administrar eficientemente el consumo del recurso hídrico.
- ✓ Que los usuarios hagan una correcta interpretación de los datos generados por el sistema automatizado de riego, para así garantizar un funcionamiento adecuado de este, en base a las características climáticas del terreno y los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bruno, J. (2014). Calculo de caudal. (En línea). PE. Consultado, 28 de jul. 2018. Formato HTML. Disponible en <https://es.slideshare.net/jbrunocalvay1/clculo-de-caudal>
- Buján, A. (2017). Método Analítico. (En línea). Consultado, 25 de jul. 2018. Formato HTML. Disponible en <https://www.encyclopediafinanciera.com/definicion-metodo-analitico.html>
- Caceres, O. (2014). Técnicas de investigación entrevista, encuesta y observación. (En línea). PE. Consultado, 28 de jul. 2018. Formato HTML. Disponible en https://es.slideshare.net/oscarcaceres9862/tecnicas-de-investigacion-entrevista-encuesta-y-observacin?qid=15742226-c161-46aa-a714-1bfa739f2796&v=&b=&from_search=1
- Caicedo-Camposano, O., Balmaseda-Espinoza, C., & Proaño-Saraguro, J. (2015). Evaluación hidráulica del riego por aspersión subfoliar. provincia Los Ríos Ecuador. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 24(1), pp. 38-43.
- Campos, G., & Martínez, N. E. L. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. Xihmai, 7(13), pp. 45-60.
- Castellanos, J. 2017. El impacto de la tecnología en la agricultura, (En línea). República Dominicana. Consultado, 25 de jul. 2018. Formato HTML. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/impacto-tecnologia-agricultura-t40947.htm>
- Castellanos, R. M., & Morales-Pérez M. (2016). Análisis crítico sobre la conceptualización de la agricultura de precisión. Cuba. Revista Redalyc. Ciencia en su PC, (2).
- Crespo, E. (2018). Aprendiendo Arduino. (En línea). Consultado el 10 jul. 2018. Formato HTML. Disponible en <https://www.aprendiendoarduino.com/>
- Ecuared. (2018). Microsoft Visual Studio. (En línea). EC. Formato HTML. Consultado el 22 jul. 2017. Disponible en https://www.ecured.cu/Microsoft_Visual_Studio.
- Escobar & Santillán N. (2017). New Technologies Applied to operant research: inexpensive photocells for the Arduino-visual basic interface, Mexico. Revista Análisis de conducta.43(2).
- ESPAM MFL (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López). 2012. Manual del Sistema de Investigación Institucional. 2ed. Calceta-Manabí, EC, pp. 68-73.

- Ezcaray B., I. J. (2012). Agricultura de precisión: elaboración de mapas de consumo y resbalamiento.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura tendencias y desafío. (En línea). Consultado el 10 jul. 2018. Formato PDF. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>.
- Giraldo, G., Acevedo, J., & Moreno, D. (2011). Una ontología para la representación de conceptos de diseño de software. Medellín. CO. Revista Avances en Sistemas e Informática, 8(3), pp. 104.
- Guillén N. 2018. Capacidades y para todos. Art. 184 933.de campo y punto de marchitez. Cuba. Revista EcuRed, Conocimientos con todo
- Hernández, J. (2013). Fundamentos de Ingeniería de Software. (En línea). Consultado, 25 de jul. 2018. Formato HTML. Disponible en <http://ithuejutlajhh.blogspot.com/2013/02/fundamentos-de-ingenieria-de-software.html>
- Hunter Industries Incorporated. 2013. Una introducción paso a paso al diseño e instalación. PDF. p 10.
- Juni, J y Urbano, C. (2014). Recursos Metodológicos para la Preparación de Proyectos de Investigación. Córdoba- Argentina. Revista. Técnicas para investigar. 2, pp. 27.
- Ley N° 305. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Asamblea Nacional. Quito.2014.
- Lolas, F. (2017). Institucionalidad y biótica: tecnificación, mercantilización, democratización y globalización. Chile. Acta bioeth, 23(1), pp. 7-21.
- Madness Electronics (2016). Tutorial sensor de humedad de suelo. (En línea). Formato HTML. Consultado el 18 jul. 2018. Disponible en <http://www.madnesselectronics.com/tutorial-sensor-de-humedad-de-suelo/#comments>
- Martin, E. (2017). Cómo Medir el Flujo de Agua en los Canales de Riego a Cielo Abierto y en las Tuberías de Compuertas. (En línea). Formato PDF. Consultado el 15 jul. 2018. Disponible en https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1329s-2017_0.pdf
- Medrano, A., Serra, A., & Soto, C.(2012), Plataforma de Desarrollo en Hardware Libre, Metodología. (En línea). Formato HTML. Consultado el 15 jul. 2018. Disponible en <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/metodologia/>.
- Mendoza, V. (2016). La tecnificación agrícola. El telégrafo, Guayaquil, EC, pp 1.

- Microsoft. (s.f.). Microsoft SQL Server. (En línea). Consultado el 13 jul. 2018. Formato HTML. Disponible en <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb545450.aspx>
- Moreno, J. (2017). Diseño de implementación de software para el registro y control de clientes para Burrolandia Villavicencio [Proyecto de grado técnico]. Corporación universitaria Minuto de Dios, Unidad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Colombia
- Mostacero, J. A. L, Reyes, F. G., Magdaleno, H. F., Hernández, R.A., & Gardea, C. F., (2017). Desarrollo de un sistema de riego de precisión en un pivote central. *Tecnología y Ciencias del agua*, 8(4), pp. 101-116.
- OSHA. (2017). Open Source Hardware Association. (En línea). Formato HTML. Consultado el 15 jul. 2017. Disponible en <https://www.oshwa.org/definicion/spanish/>.
- Pérez, J., & Merino, M. (2012). *Electronica* (En línea). Consultado el 25 de jul-2018. Formato HTML. Disponible en <https://definicion.de/electronica/>
- Santoyo, C. (2014). Método deductivo. (En línea). MX. Consultado, 29 de jul. 2018. Formato HTML. Disponible en https://es.slideshare.net/ckakac/mtodo-deductivo-41933705?next_slideshow=1.
- Tapia, C., & Manzano, H. (2013). Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Ecuador.
- Valdivieso, C. (2017). Propagación en sistemas de riego. (entrevista). Calceta-Manabí. EC, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Feliz López
- Vega, A. M., Santamaría, F., & Rivas, E. (2014). Internet de los objetos empleando arduino para la gestión eléctrica domiciliaria. *Revista Escuela de Administración de Negocios*. (77), pp. 24-40.
- Veliz-Lorenzo, E., Llanes- Ocaña, J., Asela-Fernández, L. & Bataller-Venta, M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 40(1), pp. 35-44.
- Verdú S. D. (2017). Tecnología Open-Hardware para la parametrización ambiental en aplicaciones de ingeniería. [Tesis. Doctoral]. Universidad de Córdoba. Ingeniería Gráfica y Geomática. España.
- Wahab, R. A., Abdullah, A. H., Mokhtar, M., Atan, N. A., & Abu, M. S. (2017). Evaluation by Experts and Designated Users on the Learning Strategy

using SketchUp Make for Elevating Visual Spatial Skills and Geometry Thinking. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 31(58), pp. 819-840.

Zapata, C. M., Tamayo, P. A., & Arango, F. (2007). Conversión de Esquemas Preconceptuales a diagrama de casos de uso empleando AToM3. *Dyna*, 74(153), 237-251.

ANEXOS

ANEXO 1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

ANEXO 1-A. TÉCNICA OBSERVACIÓN

Proyecto:	SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO BASADO EN SONORIZACIÓN EN LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO.		Observador:	Christian Alcivar Alexander Vallejo
Lugar:	SECTOR LA PASTORA-CANTÓN TOSAGUA	Escena:	Fotos	
Hora inicio:	9:00 am	Código de registro gráfico y audiovisual.		
Hora final:	13:00 pm			
Descripción (observación directa)				
<p>Se observó que cuenta con un pozo subterráneo que utiliza una motobomba para proceder a irrigar el cultivo mediante un sistema de aspersión. Se determinó que en la comunidad La Pastora se dedican al cultivo de ciclo corto, por ello se determinó los tipos de sembríos que cultivan en el transcurso del año como el maní, que es el más sembrado en el terreno, este posee un cuidado específico, como la frecuencia de riego, la cantidad idónea de agua que este requiere además que posee etapas específicas en el cual este requiere más o menos cantidad de agua.</p> <p>También se pudo determinar las condiciones y equipos que el terreno posee, para así poder acoplarla a las necesidades del cultivo y así mismo obtener conocimientos de los requerimientos necesarios para una mejor producción.</p>				
Interpretativo				
El riego de los cultivos se realiza tres veces por semana con una duración de hora y media, el método utilizados es el de aspersión, el mismo que consume menos agua.				
Temático				
Descriptiva: Charla con el propietario del terreno				
Personal				
Autores; Propietario del terreno				

ANEXO 1-B. ENTREVISTA

	<p>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL</p> <p>ENTREVISTA</p>
---	---

EL OBJETIVO PRINCIPAL DE LA ENTREVISTA HA SIDO PARA RECOPIRAR LA INFORMACIÓN RELACIONADO A LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO Y QUE DETERMINEN LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE RIEGO.

RESUMEN DE LA ENTREVISTA

El señor Risco menciona que su labor principal es de sembrar todo tipo de cultivo especialmente todos los relacionados al ciclo corto como el maíz, frejol, maní, abaca entre otros. Además, acoto que las plantas que más consumen agua en el tiempo de cultivo es el pepino, maíz, frejol y abaca.

Acoto una información acerca de que no se debe exceder con la cantidad de agua ya que si la riega mucho la planta se le quemarán las hojas.

Cada cultivo de ciclo corto tiene su debido tiempo:

- Maíz=60 días tiempo mínimo, Máximo =100 días
- Maní =70 días tiempo mínimo, Máximo =110 días
- Frejol= 60 días tiempo mínimo, Máximo =100 días

Risco menciona que el tiempo que se lleva para regar el cultivo depende mucho del tipo de motor que usa ya sea de combustión ya que si tiene mayor potencia menor será el tiempo

Risco menciona que hace 4 años atrás él decidió regar su cultivo mediante un sistema de riego con aspersión el cual le ayuda a cubrir todo el cultivo regado mediante lluvia artificial él no tiene turnos de riego, pero él menciona que cuando la planta está pequeña él riega por una hora la siembra, así mismo hay que tener en muy en cuenta que el congreso nacional hace referencia a la ley orgánica de recursos hídricos uso y aprovechamiento del agua

ANEXO 1-C. FICHA TÉCNICA

ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS HARDWARE Y SOFTWARE DEL CONTROL DE RIEGO

SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO BASADO EN SENSORIZACIÓN EN LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO EN EL SECTOR LA PASTORA- CANTÓN TOSAGUA

INTRODUCCIÓN

La Automatización del sistema de riego realizará los procesos de control de riego mediante la humedad del suelo. Recolectara datos minutos a minutos detallando las variables como; estado de la bomba, contador de días, humedad del suelo, estado de clima, humedad ambiental, temperatura y tiempo encendido de la bomba.

1. PROPÓSITO

Desarrollar un sistema automatizado de riego basado en sensorización en los cultivos de ciclo corto en el sector La Pastora – cantón Tosagua para optimizar el consumo del agua.

1.2 Alcance

- Recopilar información que determine los requerimientos del sistema de riego.
- Desarrollar el prototipo del sistema que permita automatizar el acceso al agua.
- Implementar la automatización con sistema de riego Open Hardware en el sector La Pastora - cantón Tosagua.
- Desarrollar un software para la interacción de los datos recopilados con el usuario, además de control del sistema.

Diseño de los requisitos del sistema de riego en un diagrama de caso de uso (Imagen 1.1)

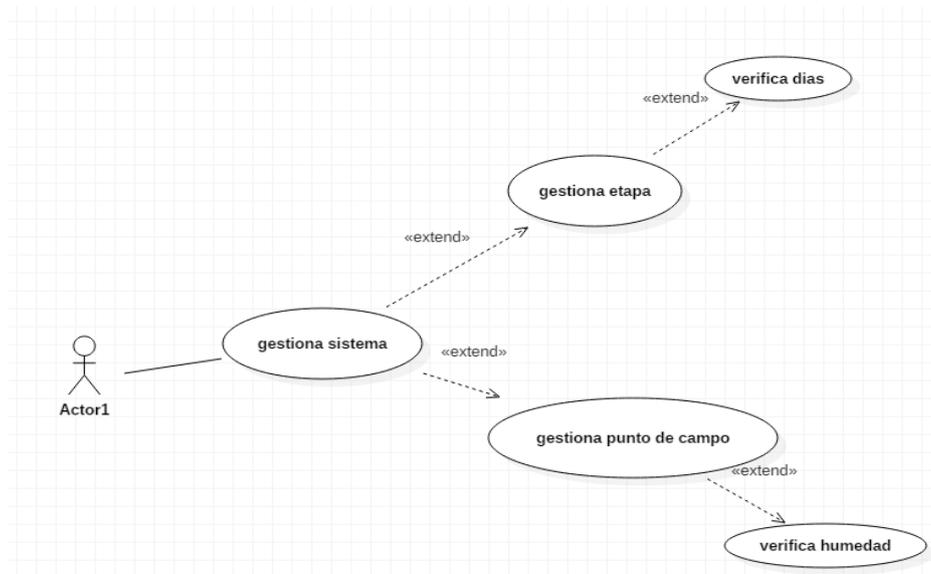


Imagen 1.1 caso de uso

Diseño del diagrama de flujo de procesos de riego que ejecutara el sistema de riego (ver Imagen 1.2)

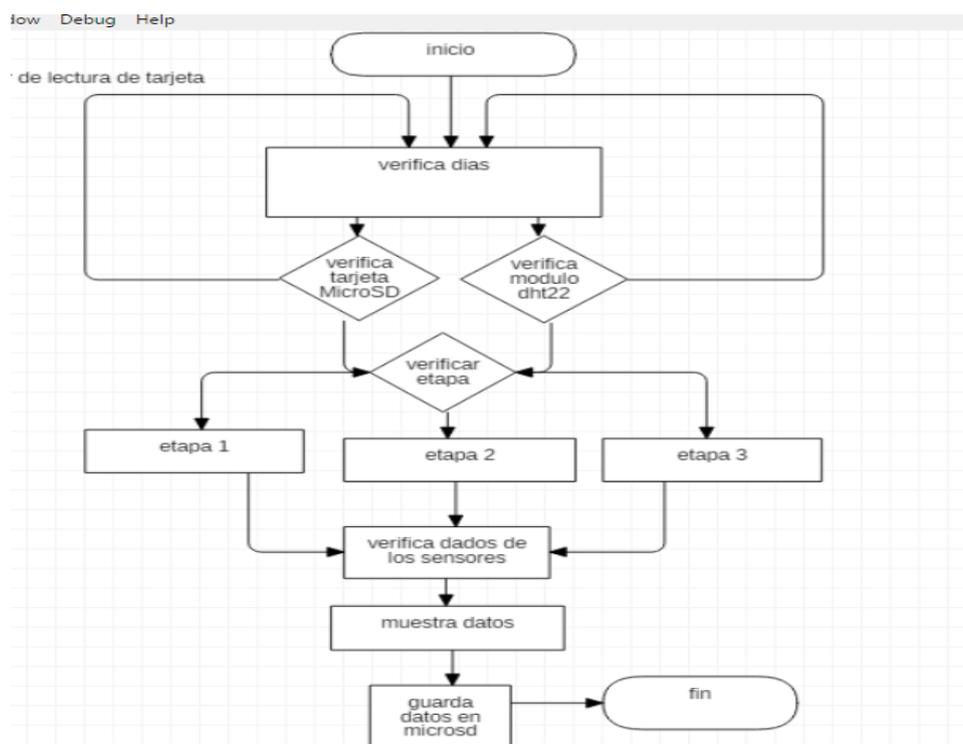


Imagen 1.2 Diagrama de flujo

2. REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE

2.1 RESUMEN DE REQUERIMIENTOS HARDWARE

Esta sección entrega un resumen de todos los requerimientos hardware:

- RH1 Tecnificar los procesos de riego.
- RH2 Controlar el flujo de agua en base a las necesidades del cultivo.
- RH3 Accesibilidad al usuario a la hora de recolectar los datos de la memoria Micro SD.

2.2 RESUMEN DE REQUERIMIENTOS SOFTWARE

Esta sección entrega un resumen de todos los requerimientos software:

- RS1 Controlar y mantener el **software actualizado en cuanto a la hora, fecha.**
- **RS2 Procesos que realiza el código en el control de riego por niveles.**
- **RS3 Desarrollar y almacenar un reporte detallado en la memoria Micro SD.**

3. DETALLE DE REQUERIMIENTOS HARDWARE Y SOFTWARE

3.1 Identificación de requisitos funcionales

3.1.1 Función del control

Controlar el sistema de riego

Generar y almacenar informes del estado de la bomba, contador de día, clima, humedad ambiental y humedad del suelo.

Entradas

Datos en relación con la sequía del suelo, el estado del clima y humedad ambiental.

Datos programados del riego

Salidas

Reporte de riego

Reporte de la Hora del riego

Visualización de horarios por etapas de riego

Visualización de estado del riego

Visualización de comprobación de datos en almacenamiento Micro SD

3.2 Especificaciones eléctricas y funcionales

RS1 – Implementación de una placa Arduino, sensores y actuadores para administrar el control de riego

RS1.1 Implementación de un Módulo RTC. (reloj) para controlar el tiempo

RS1.2 implementación de una bomba eléctrica para distribuir uniformemente el agua a los aspersores.

3.3 Requerimientos electrónicos

Los componentes o módulos implementados a la placa Arduino como lo es Lcd, lector SD, Relé, RTC, se montó en una baquelita de acuerdo con las necesidades y requerimientos que el control de riego.

3.3.1 Requerimientos del desarrollo de lenguaje del software

RS2 – Lenguaje Arduino

RS2.1 Software Arduino 1.6.4, Librerías, Sistema Operativo Windows, Fritzing.

RS2.2 Acceso a interface del software Arduino compatible con módulos de hardware.

3.3.2 Requerimientos de Control, Indicadores y Conectores

RS4 – Switch Principal

3.3.3 Ubicación de Componentes

RS5 – Ubicación de módulos Micro SD., Relé

RS5.1 Ubicación de un módulo de almacenamiento SD dentro de la caja principal aislado de contaminantes e interferencias exteriores

RS5.2 Ubicación de un módulo Relé en el cuadrante inferior derecho lejos de los micros controladores.

3.4 Restricciones Específicas

C1 Manipulación del dispositivo con distintas variaciones de voltajes

3.5 REQUISITOS ESPECÍFICOS

3.5.1 Requisitos comunes de los interfaces

Interfaces de usuario

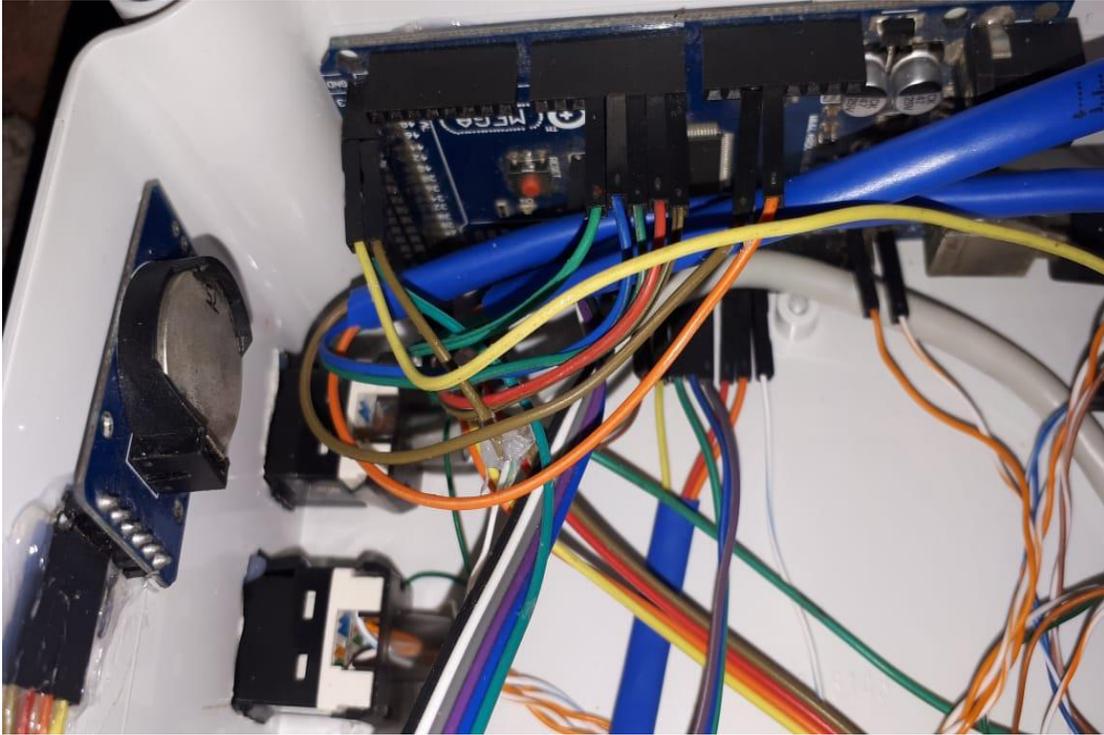
La interfaz del producto consta de una pantalla Lcd de 2x16 por la cual se visualizará en tiempo real los procesos que ejecuta el sistema de control de riego junto con la programación integrada en el dispositivo hardware.

**ANEXO 1-D. Conferencias a cargo del ingeniero Cristian Valdivieso
experto en el área agrícola**



Anexo 2 Sistema aplicado en la placa Arduino

Anexo 2-A. sistema implementado en la placa Arduino



Anexo 2-B. Calibración en el laboratorio



Anexo 2-C. Calibración con los sensores



Anexo 2-D. Calibración en el campo



Anexo 2-D. Datos obtenidos de la calibración

SENSOR DE HUMEDAD SUELO 1	SENSOR DE HUMEDAD SUELO 2
182	177
202	198
219	215
231	226
234	229
235	230
238	233
237	232
266	259
236	231
243	237
242	238
247	241
250	245
242	237
244	239
244	239
243	237
243	236
237	231
247	241
244	238
246	240
241	236
241	236

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
29-	Sistema de riego Apagado-	-	505-	470-	368-	99.90-	21.80 -	71.24 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	476-	460-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	464-	445-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	444-	435-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	444-	436-	367-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	435-	434-	367-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	425-	434-	366-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	425-	434-	367-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	416-	425-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	405-	425-	369-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	406-	425-	369-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	408-	416-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	401-	494-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	395-	464-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	396-	454-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	397-	448-	369-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	395-	451-	369-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	392-	435-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	392-	436-	368-	93.20-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	392-	437-	368-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	390-	429-	368-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	390-	421-	367-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	390-	420-	367-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	388-	415-	366-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	388-	417-	367-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	388-	419-	369-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	387-	411-	369-	93.30-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	386-	410-	369-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	386-	405-	369-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	385-	408-	369-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	382-	401-	368-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	380-	395-	368-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	380-	396-	368-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	379-	393-	368-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	377-	390-	369-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	375-	388-	369-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	376-	383-	369-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	362-	380-	369-	93.40-	28.00 -	82.40 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	377-	390-	369-	93.20-	27.90 -	82.22 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	375-	388-	369-	93.30-	27.90 -	82.22 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	376-	383-	369-	93.30-	27.90 -	82.22 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego encendido-	-	362-	380-	369-	93.30-	27.90 -	82.22 -	Lluvia No Detectada	
29-	Sistema de riego Apagado-	41-	361-	371-	369-	93.30-	27.90 -	82.22 -	Lluvia No Detectada	

ANEXO 3-A. Instalación del prototipo.**Anexo 3-B. Extensiones con cable sólidos.**

Anexo 3-C. Voltaje de la corriente.**Anexo 3-D. Instalación de la bomba sumergible de 115v.**

Anexo 3-E. Distancia del agua a la parcela a prueba.



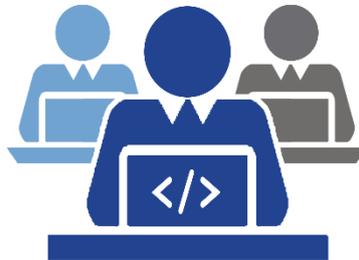
Anexo 3-F. Sensores ubicados por niveles.



Anexo 3-G. Instalación de los aspersores en las torres.

ANEXO 4. LEVANTAMIENTO DEL REQUERIMIENTO DEL SOFTWARE, MANUAL DE PROGRAMADOR Y USUARIO

Anexo 4-A. ERS (Especificación de requisitos de software).



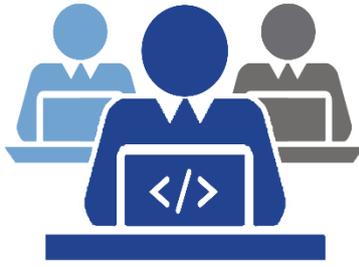
UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SOFTWARE

SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO BASADO EN SENSORIZACIÓN EN LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO EN EL SECTOR LA PASTORA - CANTÓN TOSAGUA

OBJETIVO

Desarrollar un software para la interacción de los datos recopilados con el usuario, además de control del sistema.

PROCESOS OPERATIVOS: Planificación del proyecto de software



UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SOFTWARE

<Irrigation Statistics>

Cliente:

Wilmer Risco

Equipo de desarrollo:

Alexander Vallejo

Christian Alcívar

<versión>

1.0

<2018/07/16>

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los habitantes del cantón Tosagua se dedican principalmente a la siembra de cultivos de ciclo corto, es por lo que para tener un manejo adecuado del riego es conveniente llevar un registro minucioso de estos procesos, como, determinar en qué momento es necesario regar los cultivos y las veces que los sensores detecten sequía en el suelo. Todo de forma eficiente y a través de herramientas que agilicen la visualización de estos datos.

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

Irrigation Statistics es una aplicación que se integrará a la versión 1.0, para automatizar el acceso a los datos que recolectará el sistema automatizado de riego, aquí entre otras cosas se podrá importar archivos en formato TXT, generar consultas, reportes y crear nuevos cultivos.

1.2. OBJETIVO

Desarrollar un software para la interacción de los datos recopilados con el usuario, además de control del sistema.

1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL SISTEMA

- Permitir la gestión de consulta y reportes
- Permite ingresar nuevos cultivos

1.3. ALCANCE

- El sistema de riego relacionará el software y el hardware, permitiendo visualizar los registros como; la cantidad de agua necesaria en cada etapa del cultivo esto con la ayuda de los sensores (hardware) y reportes de los datos almacenados (software). El presente documento pretende definir qué harán y que no hará cada parte del software, los cuales han sido divididas en función a estas tareas.

1.4. NOTACIONES Y DEFINICIONES

1.4.1. NOTACIONES

RFN: Requerimiento No Funcional

ERS: Especificación de requerimientos de software

1.4.2. DEFINICIONES

Cliente:

Organización, persona o personas que definen los requerimientos, operan o interactúan directamente con el software: Wilmer Eugenio Risco Barreto

Guía:

Manual o conjunto de indicaciones que sirven para orientarse.

1.5. REFERENCIAS

ESPAM MFL (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López), 2012 Reglamento Integral del Desempeño del Personal Académico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. 1 ed. Calceta-Manabí, EC.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), 2009. IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications Standard IEEE-830-1998. New York, USA.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema es independiente “**Irrigation Statistics**” es un producto diseñado en la placa Arduino y los datos recopilados son interpretados en un aplicativo WIN 64, lo que permite su utilización de forma rápida y eficaz.

La ERS está dividida en tres temas generales:

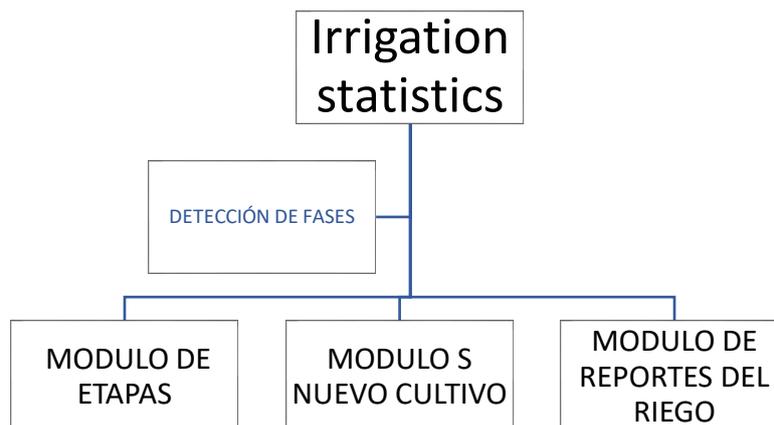
- Introducción
- Descripción General
- Requerimientos Específicos.

2.1. PERSPECTIVAS DEL PRODUCTO

Irrigation Statistics es una aplicación dependiente del Sistema automatizado de riego, que será desarrollado como requerimiento por parte de los autores. La misma que está orientada a la administración del control de riego.

2.2. FUNCIONES DEL PRODUCTO

- Permite tener acceso al sistema
- Permite gestionar al usuario (Ingresar cultivos, gestionar consultar y reportes)



2.3. CARACTERÍSTICAS DE USUARIO

TIPO DE USUARIO	General
DESCRIPCIÓN	El sistema cuenta con 5 botones en los cuales el usuario podrá importar datos (.txt), almacenar datos, visualizar gráficos y generar reportes generales.
FORMACIÓN	Conocimiento de cultivos
HABILIDADES	Manejo del computador
ACTIVIDADES	Reportes por etapas del cultivo

2.4. RESTRICCIONES

Las limitaciones de la aplicación son las siguientes:

- El sistema será desarrollado en C#, un lenguaje con una orientación a objetos.
- El motor de la base de datos es SQLSERVER 2012, de tecnología Objeto-Relacional.
- La metodología que utilizará se basará en las mejores características de la TRADICIONAL como CASCADA.
- Mantener los criterios de valor para la funcionalidad de las etapas de riego.

2.5. SUPOSICIONES Y DEPENDENCIAS

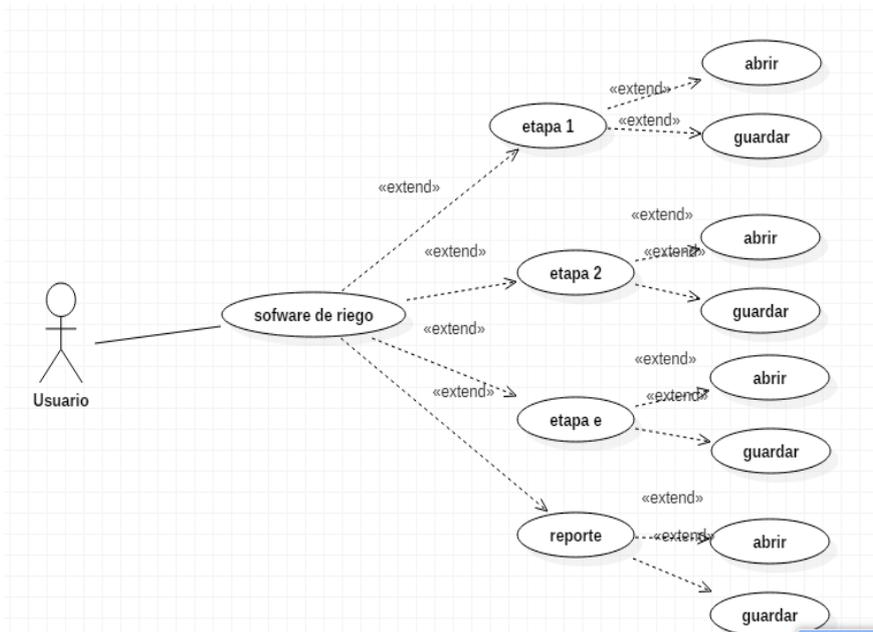
La implementación de un reglamento que afecte los procesos del control de agua. El sistema debe interactuar con personas especializada en el área agrícola, por lo cual, estará abierto a algún cambio, actualización o sugerencia que mejore el diseño y uso de los elementos vinculados.

2.6. REQUISITOS FUTUROS.

Los requisitos planteados pueden ser posibles mejoras en la calibración y lectura de los sensores, que luego de un análisis genere cambios en el sistema.

2.7. DIAGRAMAS

2.7.1. DIAGRAMA DE CASO DE USO



3. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS

Con estos requerimientos se permitirá la comprobación que los procesos desarrollados con la metodología tradicional cascada, y a su vez se tomará como referencia para la comprensión del diseño que este contenga.

3.1. REQUERIMIENTOS DE INTERFACES EXTERNAS

Los usuarios podrán tener acceso al sistema sin necesidad de registrarse como usuario, una vez que la aplicación ya este instalando en su ordenador el tendrá acceso a los botones de agregar datos por etapas, guardarlos y mostrar un reporte general.

3.1.1. INTERFACES DE USUARIO

En el aplicativo se implementarán diferentes elementos para manipular la información:

- Ingreso de datos .txt.
- Métodos de validación de información por etapas.
- Botones para ejecutar los diferentes procesos, abrir archivos, guardar y consultar.
- Salidas de información mediante gráficos.
- Generación de Reportes.
- La interface será manipulada con un teclado.

3.1.2. INTERFACES CON EL HARDWARE

El usuario será capaz de utilizar la aplicación en Windows requerimiento mínimo que con el que debe contar mientras que el servidor deberá cumplir con las siguientes:

- Procesador arquitectura de 32 o 64 bits con Intel dual core a 2ghz o superior.
- Memoria de 2 Gb o más.
- Espacio libre en disco 10 Gb o más.
- Mouse
- Teclado.

3.1.3. INTERFACES SOFTWARE

El módulo tendrá que disponer de alguno de los siguientes software base en el servidor:

- Sistema Operativo:

	VISUAL STUDIO
PROPÓSITO DE USO	Al surgir la posibilidad de utilizar Web Services para gestionar el middleware, .net es una buena solución ya que dispone de manera rápida y segura de desarrollar aplicaciones de este tipo
VERSIÓN	Microsoft Visual Studio 2015
FUENTE	Microsoft http://msdn.microsoft.com/es/co/netframework/default.aspx
COMENTARIOS ADICIONALES	

3.1.4. INTERFACES DE COMUNICACIÓN

El sistema deberá estar instalado en el ordenador de manera implícita para el uso del usuario final

3.2. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

3.2.1. AUTENTICACIÓN DE USUARIOS CON EL SISTEMA.

Módulo de ingreso al sistema

Código de requisito	RF001
Nombre de requisito	Ingreso al sistema
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Caso de uso asociado	CU001
Historia de usuario	Paso 01: Ingreso al sistema

DESCRIPCIÓN	El sistema debe permitir la lectura de las etapas del cultivo
PROCESO	Seleccionar las etapas del cultivo por medio de botones, los mismos que desplegaran más opciones.

Código de requisito	RF002
Nombre de requisito	Consulta por etapas
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Caso de uso asociado	CU001
Historia de usuario	Paso 01: Visualización de los datos
DESCRIPCIÓN	El sistema permitirá realizar consultas y generar reportes mediante gráficos.
PROCESO	Eligiendo la opción de “etapas”, se desplegará un formulario en el que se podrá abrir archivos de textos y mostrar tablas con los parámetros del sistema de riego, además de contar con la opción de guardar los datos.

Código de requisito	RF003
Nombre de requisito	Nuevo cultivo
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado
Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Historia de usuario	Paso 01: ingreso de nuevo cultivos al sistema
DESCRIPCIÓN	Cuando se elija la opción de “Crear”, se mostrará un formulario en el centro de la pantalla mostrando los campos que deben ser llenados para guardar el nuevo cultivo al sistema.
PROCESO	Mostrarán una tabla con los campos del sistema de riego. Además, en la parte inferior del formulario además de permitir guardar los datos.

Código de requisito	RF004
Nombre de requisito	General reporte
Tipo	Requisitos de producto <input checked="" type="radio"/> Requisitos de proyecto <input type="radio"/>
Fuente del requisito	Sistema de riego automatizado

Prioridad del requisito	Alta/Esencial <input checked="" type="radio"/> Media/Deseado <input type="radio"/> Baja/Opcional <input type="radio"/>
Caso de uso asociado	CU001
Historia de usuario	Paso 01: visualiza los datos
DESCRIPCIÓN	El sistema debe permitir generar reportes de todos los datos obtenidos.
PROCESO	Cuando se elija la opción de "reporte", se mostrará un formulario en el centro de la pantalla y se mostraran todos los datos almacenando por etapas

3.3. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.

Garantizar que el diseño de las consultas u otro proceso no afecten el desempeño de la base de datos.

3.3.1. FIABILIDAD

- La interfaz de las etapas debe acomodarse a las características del sistema de riego automatizado.
- En caso de existir incidentes el sistema se recuperará lo más pronto posible sin afectar el resto de la información.

3.3.2. ATRIBUTOS DEL SISTEMA

El sistema será implementado bajo la plataforma de Windows

3.3.3. REQUERIMIENTOS DE DESARROLLO

Visual Studio, se eligió para realizar la programación en el lenguaje C# en tres capas: datos, negocio y presentación lo cual permite trabajar de una manera ordenada.

3.3.4. SEGURIDAD

Garantizar la seguridad del sistema con respecto a la información obtenida.