



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



Mejoramiento del cultivo del tomate por medio de un sistema electrónico automático (S.E.A.), para el control de riego por goteo en el distrito de Lamas.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

AUTOR:

Juan Luis Tercero Soplín Escalante

ASESOR:

John Antony Ruiz Cueva

CO - ASESOR:

Jorge Luis Peláez Rivera

Tarapoto - Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A NIVEL
DE PREGRADO 2018



Mejoramiento del cultivo del tomate por medio de un sistema electrónico automático (S.E.A.), para el control de riego por goteo en el distrito de Lamas.

AUTOR:
Juan Luis Tercero Soplín Escalante

Sustentada y aprobada el 5 de Abril del 2019, ante el honorable jurado:



Ing. Carlos Armando Ríos López
Presidente



Ing. John Clark Santa María Pinedo
Secretario



Ing. Buenaventura Ríos Ríos
Vocal

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Juan Luis Tercero Soplín Escalante identificado con DNI N° 72545577, egresado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, de la Universidad Nacional de San Martín de Tarapoto, con la tesis titulada **“Mejoramiento del cultivo del tomate por medio de un sistema electrónico automático (S.E.A.), para el control de riego por goteo en el distrito de Lamas”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido plagiada, ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigativa.

De considerar que en el trabajo se cuenta como una falta grave, el hecho de contar con los datos fraudulentos, de mostrar indicios de plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 5 de abril del 2019


Juan Luis Tercero Soplín Escalante

D.N.I. N° 72545577



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	<i>Soplín Escalante Juan Luis Cercero</i>		
Código de alumno :	<i>097134</i>	Teléfono:	<i>962909793</i>
Correo electrónico :	<i>juanluis.dj7@gmail.com</i>	DNI:	<i>72545577</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	<i>Ingeniería de Sistemas e Informática</i>
Escuela Profesional de:	<i>Ingeniería de Sistemas e Informática</i>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	<i>Mejoramiento del cultivo de tomate, por medio de un sistema electrónico automático (S.E.A.), para el control de riego por goteo en el distrito de Lamas.</i>
Año de publicación:	<i>2019.</i>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.


Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

08 / 08 / 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

La presente Tesis va dedicada especialmente para mis 2 madres, una, mi Justinita o Mamita Tina como le decimos todos, que con todo su cariño incondicional y sin límites, logró calar en lo más hondo de mi semblante pudiendo inculcar en mí sus buenas costumbres y los principios morales correctos; y por otra parte se encuentra Mamá Betty, la firme pero a la vez sensible madre, que siempre tenía el coraje y fuerza de voluntad para ponerme nuevamente en el camino correcto cuando este era desviado y saber darme unas palabras de aliento o de consuelo cuando la ocasión lo ameritaba; a esas 2 grandes mujeres... este logro es gracias a ustedes.

Agradecimiento

Nunca hay que olvidar quién nos tendió una mano amiga en los tiempos difíciles, porque es ahí cuando conoces a la gente que realmente te valora.

Este trabajo tiene parte de esfuerzo de todas esas personas que me apoyaron durante todo este proceso; a 2 mis asesores, que con sus sabios consejos fortificaron los cimientos y pulieron la finalización de esta investigación, también agradecer a mi familia y amigos que con su compañía y apoyo han hecho que la carga física y emocional sea más fácil de llevar, por último agradecer a la Universidad Nacional de San Martín por haber inculcado en mi la semilla del conocimiento y haber guiado mi formación durante mi corta instancia en sus aulas.

A todos ustedes...

¡Gracias por todo!

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.1.1. Internacional	4
1.1.2. Nacional	10
1.1.3. Regional	13
1.2. Marco Teórico	16
1.2.1. Sistemas de Riego	16
1.2.2. Sistema de Riego por goteo Automático	18
1.2.3. Funcionamiento de un Sistema de Riego Computarizado	22
1.2.4. El Tomate	23
1.2.5. App Inventor	28
1.2.6. Arduino (Arduino Corp., 2019)	29
1.3. Definición de términos básicos	31
CAPÍTULO II	34
CAPITULO III	62
3.1. Prueba de Hipótesis	62
3.2. Resultados	63
3.2.1. Resultado 1	63
3.2.2. Resultado 2	63
3.2.3. Resultado 3	67
3.3. Otros resultados	73
3.3.1. Resultado 1	73
3.3.2. Resultado 2	74
3.3.3. Resultado 3	75
3.3.4. Resultado 4	75

3.4. Discusión de los resultados.....	76
3.4.1. Discusión 1	76
3.4.2. Discusión 2	76
3.4.3. Discusión 3	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS.....	83

Índice de tablas

Tabla 1. Condiciones que facilitan la aplicación de agua en los diferentes tipos de riego.....	17
Tabla 2. Comparación de los diferentes métodos de riego en base a diferentes factores relacionados con el cultivo.	17
Tabla 3. Lista de problemas de la planta y las temperaturas en las que se ven implicadas.....	27
Tabla 4. Lista de temperaturas óptimas para cada fase del cultivo de tomate.....	27
Tabla 5. Fórmulas para determinar el volumen de agua en segundos y en minutos.	55
Tabla 6. Fórmulas para determinar el porcentaje de mejora y el porcentaje de reducción de imperfecciones.....	60
Tabla 7. Datos estadísticos generales.	62
Tabla 8. Tabla de muestras independientes.	62
Tabla 9. Promedio de cada uno de los Indicadores de calidad del Fruto con respecto a cada parcela.	64
Tabla 10. Porcentaje de mejora de cada indicador perteneciente a la parcela 1 (Grupo Experimental) con respecto a la parcela 2 (Grupo de Control).....	65
Tabla 11. Datos de los indicadores de la planta.....	66
Tabla 12. Cuadro de porcentajes de mejora de cada indicador de la calidad de la planta.	66
Tabla 13. Promedio total de mejora del cultivo.....	67
Tabla 14. Días y horas de lluvia que afectar al riego del cultivo en el grupo de control.	68
Tabla 15. Valores obtenidos con respecto al Sistema de riego por Goteo.	69
Tabla 16. Estadístico descriptivo del cultivo de Tomate y el Sistema Electrónico de riego por goteo.	70
Tabla 17. Datos correlacionales entre el Cultivo de Tomate y el Sistema Electrónico de riego por goteo.	70
Tabla 18. Tabla de coeficientes para determinar la relación.	71
Tabla 19. Total de veces regadas y la cantidad total de agua suministradas.	73
Tabla 20. Diferencia y porcentaje de reducción de veces regadas y de agua suministrada entre el grupo experimental y el grupo de control.	73

Tabla 21. Cantidad total de agua suministrada, el costo del m ³ y el costo total al final del Proyecto.	74
Tabla 22. Total de consumo de energía eléctrica.	74
Tabla 23. Costo de compra de materiales en 2 tiendas online.....	75
Tabla 24. Porcentaje de reducción de los factores medioambientales del Grupo Experimental con respecto al Grupo de Control.	75

Índice de figuras

Figura 1: Compuerta en posición inicial.	6
Figura 2: Compuerta en posición abierta.	7
Figura 3: Compuerta en posición final.....	7
Figura 4: Diferentes maneras de colocar la manguera para el riego por goteo.	22
Figura 5: Modelo de trabajo de un sistema de riego computarizado.	22
Figura 6: Fases fenológicas del tomate.	25
Figura 7: Imagen de una placa Arduino ATmega2560.....	29
Figura 8: Ejemplo de conexión entre una placa Arduino UNO y un sensor Bluetooth HC05.	31
Figura 9: Espacio de control de condiciones ambientales.....	35
Figura 10: Esquema base del cual se partió para el diseño del S.E.A.....	35
Figura 11: Foto de las bolsas con la mezcla nutricional para nuestro cultivo.....	36
Figura 12: Esquema de conexión y armado del paquete de módulos relay para el S.E.A.....	37
Figura 13: Módulo relay armado de acorde al proyecto. Elaboración propia.....	38
Figura 14: Arduino ATmega conectado con los sensores básicos de nuestro sistema.	39
Figura 15: Vista frontal del sistema central de nuestro sistema. Elaboración propia.	39
Figura 16: Vista lateral del sistema central de nuestro sistema.....	40
Figura 17: Bandeja con los primeros brotes de nuestro Grupo Experimental.	55
Figura 18: Componentes gráficos de la estructura del S.E.A. en App Inventor 2.	56
Figura 19: Cabecera del código de bloques de App Inventor.	57
Figura 20: Primera parte del cuerpo del código de bloques de App Inventor.	57
Figura 21: Segunda parte del cuerpo del código de bloques de App Inventor. Elaboración propia.	58
Figura 22: Parte final de nuestro código de bloques de nuestro sistema, hecho en el programa App Inventor 2.....	58
Figura 23: Bosquejo inicial de nuestra App.....	59
Figura 24: Foto del Grupo de control a las 4 semanas.	59
Figura 25: Control a las plantas de 8 semanas del Grupo Experimental.....	60
Figura 26: Comparación entre 2 diferentes frutos de tomate de diferentes parcelas.	61
Figura 27: Gráfico en dónde e muestra el rechazo de la Hipótesis Nula.	63
Figura 28: Promedio General de cada indicador de calidad del fruto.....	64

Figura 29: Sumatoria total de los indicadores de calidad de la planta.	65
Figura 30: Gráfico de relación entre el Cultivo de Tomate y el Sistema Electrónico Automático.	72

Resumen

En este proyecto se ha implementado un sistema de riego con base Arduino, para la recolección de datos, logrando determinar los porcentajes de mejora y los porcentajes de reducción de imperfecciones que tiene el Grupo Experimental (cultivo de tomate implementado con el sistema de riego automático para riego por goteo), frente a los datos obtenidos de nuestro Grupo de Control (cultivo de tomate tratado con el método tradicional de riego, lo que llamaríamos el “método del tanteo”). Los porcentajes de mejora fueron determinados por la calidad del fruto (diámetro, forma, contextura, coloración y cantidad de imperfecciones) y la calidad de la planta (tamaño, cantidad de frutos y la presencia de enfermedades). También se determinó el grado de relación existente entre la mejora de la calidad del cultivo de tomate y la dosificación correcta de agua (porcentaje de reducción de consumo de agua). Estos datos fueron recolectados durante los 126 días de duración del proyecto y en al finalizar el proceso de cosecha, y gracias a unos sensores instalados adecuadamente en las plantas, el ambiente y el suelo, como también de la observación directa y de la prueba manual. De esta forma se trataba de determinar cuan benéfico podría llegar a ser para el cultivo de tomate de la región, y por qué no decir, benéfico para todo tipo de cultivos en toda la Región San Martín.

Palabras clave: Arduino, tomate, sistema y calidad, [distrito], Lamas.

Abstract

In this project, the percentage of improvement and the percentages of reduction of imperfections that the Experimental Group has (tomato cultivation implemented with the automatic irrigation system for drip irrigation) have been determined, compared to the data obtained from our Control Group (tomato cultivation treated with the traditional method of irrigation, what we would call the "trial method"). The percentages of improvement were determined by the quality of the fruit (diameter, shape, texture, color and number of imperfections) and the quality of the plant (size, number of fruits and the presence of diseases). The degree of relationship between the improvement of the quality of the tomato crop and the correct dosage of water (percentage of reduction of water consumption) was also determined. These data were collected during the 126 days of the project and at the end of the harvesting process, and thanks to sensors installed properly in the plants, the environment and the soil, as well as direct observation and manual testing. This was to determine how beneficial it could be for tomato farmers in the region, and why not, beneficial for all types of crops throughout the San Martin Region.

Keywords: Arduino, tomate, sistema y calidad, [district], Lamas.



Introducción

En menos de un siglo, el tomate se ha convertido en un cultivo alimentario importante en todo el mundo, originario de los Andes, domesticado en México, Norteamérica y parte de Europa y hasta hace poco considerado venenoso por muchos, pero en la actualidad el tomate se consume en todas partes y de muchas formas, no sólo por ser sabroso y fresco sino también porque contiene una serie de nutrientes tradicionales que ayudan a mantener saludable el organismo, por ejemplo, contiene altas cantidades de vitamina C y vitamina A, dos vitaminas antioxidantes; también contiene potasio, niacina y vitamina B6, cabe tomar en cuenta que las dietas ricas en potasio disminuyen la presión alta y el riesgo de ataques al corazón. Junto a esto se debe complementar que el tomate es fácil de conservar una vez que ha sido transformado, ya sea como salsa ketchup, secado al sol, enlatado, en polvo, como puré o como jugo. (North Carolina Department of Agriculture, 2014)

Con ayuda de la D.R.A.S.A.M, se encontró que en la región San Martín se cuenta con 414 625 hectáreas completamente aptas para ser cultivadas, también obtuvimos que la provincia de Lamas cuenta con 42 630 de ellas y que 4 363 están en el distrito de Lamas, lugar dónde realizaremos nuestra investigación. De estas 4 363 hectáreas, tan solo 4 están siendo cultivadas con tomate y producen alrededor de 40 toneladas anuales, lo que corresponde el 3.066% del total de la región; esta información resulta penosa porque el distrito de Lamas cuenta con las condiciones adecuadas para un perfecto cultivo de tomate. (Dirección Regional de Agricultura de San Martín, 2017)

Ahora bien, nuestro problema a tratar viene ubicado en el distrito de Lamas, donde el cultivo y la producción del Café y de Cacao son muy buenos, pero con ayuda de un sistema automático de riego por goteo podría mejorar en gran manera, dando mejores productos y aumentando las ganancias. Por otra parte, el cultivo de tomate no es ajeno a este proceso de sistematización (automatización), porque por la diversidad de climas que ostenta esta parte de la región, contamos con un clima apto que se asemeja a las condiciones necesarias para su cultivo y desarrollo normal de la planta (entre 18° y 28°C) (Facultad de Ciencias Agronómicas de Chile, 2009) y en donde ya se lleva a cabo el cultivo de este producto pero de una manera rudimentaria, no referimos al distrito de Lamas y al distrito de Pamashto, que también pertenece a la Provincia de Lamas, los cuales no producen una cantidad de

productos adecuada como para resaltar de entre otros, además de no ser productos de una calidad óptima.

Todo esto se debe al escaso conocimiento e interés para la diversificación del cultivo de Tomate por parte de los agricultores y empresarios agrícolas, quienes se limitan a cultivar una sola especie de este producto la llamada “Río Bravo” y a regarlo de la única manera que conocen, la rudimentaria o también llamada tradicional; esto vendría a ser uno de los principales factores que influyen en el malgaste de agua en los cultivos, y en la baja calidad de los productos agrícolas evitando en gran medida la superación o alcance de los estándares implantados por el mercado consumidor. En la mayoría de los casos, la mala calidad de los productos agrícolas puede generar diversos problemas entre la sociedad, tales como: Bajas considerables en la economía mercantil, problemas en la salud de los consumidores y la pérdida racional de horas hombre.

Se debe recalcar que la información sobre tomate por parte de los organismos propios del estado es ínfima, porque no se archiva ningún dato estadístico como referencia a la producción actual de la región, entonces trabajaremos con los datos adquiridos en otras fuentes similares, haciendo una nueva investigación sobre este tema y guardando los resultados para la utilización de futuras investigaciones o mejoras de este sistema.

En este proyecto nuestro objetivo principal es el de **“Mejorar la calidad del cultivo de tomate a través del uso de un Sistema Electrónico Automático para el control de riego por goteo”**, y va consolidado por 3 objetivos específicos como el de implementar el Sistema Electrónico Automático para el control de riego por goteo, medir la calidad del cultivo de tomate y el de analizar la relación de la calidad para la obtención de mejores plantas y frutos de tomate.

También se analizaron 2 grandes variables: la Independiente o variable X, que vendría a ser el Sistema Electrónico Automático para el control de riego por goteo y la Dependiente o variable Y, que viene reflejada por el cultivo de Tomate; también, cada variable cuenta con dimensiones, indicadores y una forma de evaluarlos.

Para este tipo de trabajos tipo investigativos, se requiere demostrar la validez de una afirmación, es este caso se comparó la mejora del nuestro Grupo Experimental o parcela a condiciones ambientales controladas, frente al Grupo de Control o la parcela de cultivo en

condiciones ambientales normales; a lo cual se ha determinado 2 hipótesis de este proyecto, la **Hipótesis Alterna (H_1)** que nos dice: el uso de un Sistema Electrónico Automático para el control de riego por goteo mejorará la calidad del cultivo de tomate en el distrito de Lamas. Como también tenemos la **Hipótesis Nula (H_0)**, la cual nos dice el uso de un Sistema Electrónico Automático para el control de riego por goteo no mejorará la calidad del cultivo de tomate en el distrito de Lamas.

En el capítulo 1 tenemos al **Marco Teórico**, aquí encontraremos las fuentes que nos sirvieron de guía para poder elaborar nuestro proyecto, entre ellos tenemos tesis que nos sirven de antecedentes, la conceptualización general de los temas principales y la definición de los términos utilizados en nuestra redacción. Siguiendo, en el capítulo 2 tenemos a los **Materiales y Métodos** utilizados en durante todo nuestro proceso, ahí incluimos los bosquejos del sistema, las partes que lo componen, los softwares utilizados y como se han sido interrelacionados para la obtención de nuestros datos para su posterior análisis.

Luego en el capítulo 3, tenemos a los **Resultados y Discusión**, como su nombre lo dice veremos los resultados de nuestros análisis y lo contrastaremos con los obtenidos por los anteriores investigadores que hicieron trabajos parecidos al nuestro. Y para terminar, están las **Conclusiones y las Recomendaciones**, obtenidas de los resultados y de la discusión de los mismos, ofreciendo posibles soluciones o mejoras para proyecto venideros.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Internacional.

1.1.1.1. Olave en su tesis de grado “*Capacitación e implantación de un sistema de riego por goteo para el cultivo de sandía (Citrullus Lanatus) en el colegio Alfredo Pérez Guerrero del Cantón Muisne de la Provincia de Esmeraldas*”, nos explica: (Olave Tufiño, 2008):

▪ **Objetivo General**

Implementar un sistema de riego por goteo en la producción y productividad de un cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) para elevar el nivel de aprendizaje de los estudiantes del Colegio Alfredo Pérez Guerrero del Cantón Muisne, provincia de Esmeraldas.

▪ **Objetivos Específicos**

- Elaborar un plan y programa específico de este tipo de sistema de riego.
- Verificar las condiciones de suelo y clima.
- Diseñar e Implantar un sistema de riego por goteo para el cultivo de Sandía.
- Aplicar el sistema de riego en parcelas demostrativas.
- Realizar el análisis financiero de los elementos que configuran el sistema aplicado al cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*).

▪ **Resultados Esperados**

- Al término de la pasantía se logró que la mayoría de los estudiantes y docentes estuvieran más capacitados en el manejo del sistema de riego por goteo y concienciado en el uso racional del agua.
- Los beneficios al establecer un adecuado control del agua por el sistema de riego por goteo en la plantación de Sandía son mutuos, tanto para el plantel como para el Pasante.
- El plantel mejorara la producción en este y otros cultivos y, tendrá mayores ingresos económicos.

- Se tendrán las formas de control estadísticos y registros de datos en memoria para el avance del Colegio, la evolución y diversificación de la producción agraria en el mismo y en la comunidad.

- **Conclusiones**

- La carencia de organización estudiantil, constituye una limitante para la participación de los agricultores en los procesos de transformación agrícola.
- Que hay desconocimiento de sistemas de riego, su operación y costos de inversión, rentabilidad y ventajas.

1.1.1.2. Tomando los datos de una tesis de la Universidad de Lleyda, titulada “Sistema semiautomático para riego por superficie” (Pastor Bennet, Barragán, Rossell Polo, Montserrat, & Cots, 1998), pudimos recalcar los siguientes datos:

- **Introducción y objetivos**

El riego superficial en condiciones de buena nivelación, parcelas regulares, suelos profundos, y con un adecuado manejo, puede conseguir un buen aprovechamiento del agua de riego. Como ventajas respecto a otros métodos de riego tiene su bajo consumo energético y la baja inversión y mantenimiento. Las principales limitaciones son la dificultad de regular la dosis aplicada y el coste de la mano de obra. En las explotaciones fruteras de la zona de Lleida la mano de obra dedicada al riego oscila entre 35 y 70 h/ha/año.

El antecedente más directo de este trabajo es el artículo publicado por (Humpherys, Semiautomation of irrigated basin and borders: II Dual-Function, 1995), en el que desarrolla una compuerta de "mariposa". Sobre esa idea inicial se han cambiado algunos mecanismos y se ha adaptado a las condiciones de las tajaderas de nuestro entorno.

El objetivo que se persigue es automatizar la secuencia de apertura y cierre de tajaderas, sin desnivel apreciable entre ellas, dentro de una parcela de riego por tablas. Dicha automatización puede además repercutir en una mejora del manejo y control del riego.

▪ Material y métodos

El sistema consta de una compuerta, un sensor, y un controlador que opera el sistema, que se pasan a describir más detalladamente a continuación.

▪ Compuerta.

Consta de dos elementos principales: un marco para anclarla en las paredes de la arqueta de salida, sobre el cual se colocan las juntas de estanqueidad y el soporte del eje de giro en su parte superior. El otro elemento es una plancha rectangular solidaria con un eje que pivota sobre el citado soporte. La compuerta en su posición inicial (fig. 1) debe ser cerrada manualmente antes de empezar el riego. El empuje del agua lo resiste gracias al pestillo que fija la palanca solidaria con el eje. Este pestillo es accionado por el solenoide 1, que libera la palanca. La apertura de la compuerta se realiza gracias al empuje del agua y al contrapeso de la parte superior.

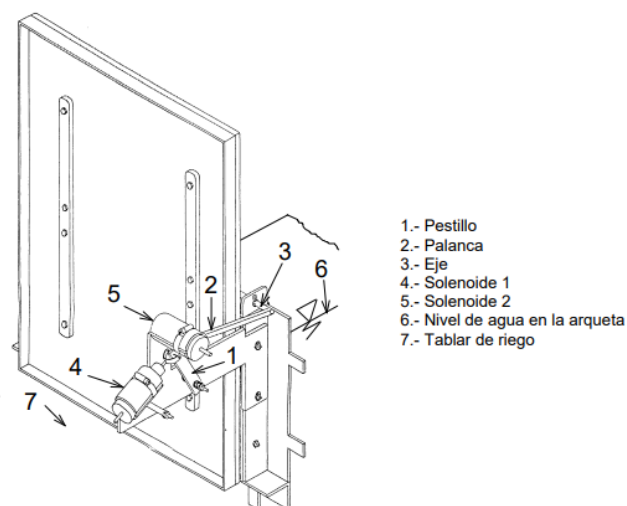


Figura 1: Compuerta en posición inicial. (Olave Tufiño, 2008).

Este movimiento se detiene en posición horizontal debido al eje del solenoide 2 (fig. 2). En esta posición el agua entra dentro del tablar de riego.

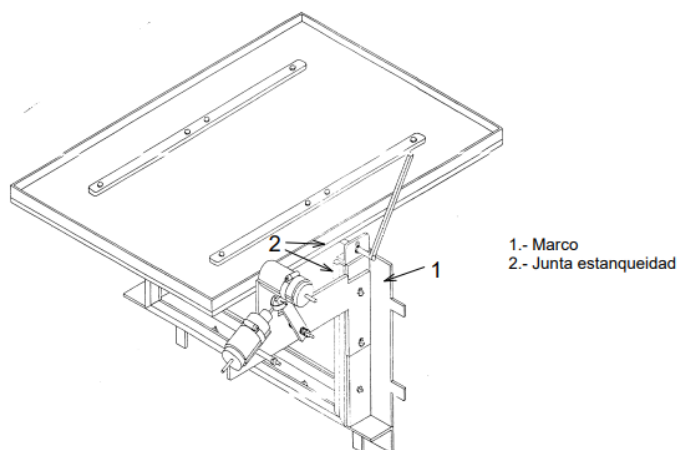


Figura 2: Compuerta en posición abierta. (Olave Tufiño, 2008).

Cuando el agua llega al final del tablar, el sensor situado en esta posición envía una señal para que se abra la siguiente compuerta y cierre la actual. Para cerrar la compuerta se activa el solenoide 2 y gracias al contrapeso empieza a girar. Más tarde, el empuje del agua sobre la cara posterior de la plancha hace que ésta cierre (Figura 3).

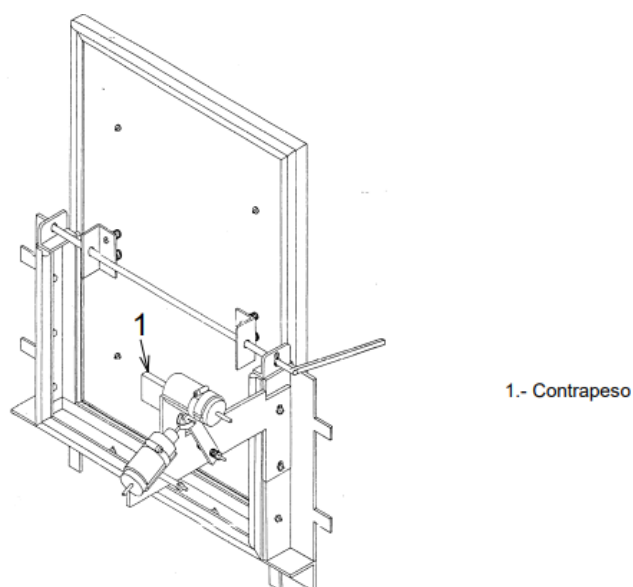


Figura 3: Compuerta en posición final. (Olave Tufiño, 2008).

Esta secuencia se puede repetir con cada compuerta hasta acabar de regar toda la parcela. El sensor de llegada del agua se puede sustituir por un temporizador pero en este caso el sistema no está retroalimentado y no detectaría la variación de

cualquiera de las variables que influyen sobre el tiempo de avance (p.e. infiltración, resistencia al avance, caudal, etc...). Una vez finalizado el riego, las compuertas deben retornarse a su posición inicial manualmente.

▪ **Sensor.**

Tiene la misión de detectar la llegada del agua, cerrándose un circuito eléctrico y emitiendo una pulsación eléctrica al controlador. Tiene una construcción compacta, resistente, y de bajo consumo (Humpherys, Water sensor feedback control system for surface irrigation, 1995).

▪ **Controlador.**

Su función es enviar una señal eléctrica que haga activar los solenoides. El controlador está constituido por un autómata programable (PLC) Siemens, modelo SIMATIC S7-200 (CPU 214), con 14 entradas y 10 salidas, todas ellas digitales, del tipo relé. Este autómata permite el control de 5 compuertas (2 relés por cada una), pudiendo aumentarse el número de compuertas gobernadas añadiendo módulos de ampliación de salidas (o, en su caso, de entradas). La realización del control mediante un autómata programable presenta varias ventajas. En primer lugar, el algoritmo de control se realiza mediante programación, con lo que cualquier modificación o adaptación posterior se reduce a un cambio en el programa de control, ganándose, por consiguiente, en versatilidad en comparación con sistemas de control "a medida" realizados con circuitos electrónicos específicos. Otra ventaja radica en el bajo coste de los autómatas programables requeridos para este tipo de aplicaciones (PLC de gama baja o, a lo sumo, de gama media), a lo que hay que añadir la gran fiabilidad de estos dispositivos, al haber sido diseñados para soportar ambientes industriales. Finalmente, otra ventaja consiste en que pueden alimentarse a 24 V en corriente continua, que unido a su bajo consumo, los hace idóneos para aplicaciones de campo, pues permiten ser alimentados durante largos períodos de tiempo mediante baterías comunes. Un aspecto de gran importancia de cara a la viabilidad real del sistema propuesto radica en su autonomía, desde el punto de vista de suministro de la energía eléctrica necesaria para su funcionamiento. A este respecto, cabe destacar que los elementos que se utilizan poseen un consumo eléctrico reducido. Concretamente, el controlador consume una potencia aproximada de unos 2,4 W (0,1A a una tensión de 24V) la mayor parte del tiempo de funcionamiento. Esta potencia aumenta de forma

notable únicamente en los intervalos de tiempo en los que el controlador da órdenes de actuación a los solenoides (ya sea para abrir o cerrar las compuertas de riego), cuyo consumo aproximado es de unos 48 W (2 A. a una tensión de 24 V). Debido a que la actuación de los solenoides tiene una duración muy corta (típicamente de un segundo), su consumo energético es reducido. Con todo ello, si, a modo de ejemplo, se alimenta el sistema con acumuladores de 100 A.h. y permanece conectado de manera continua, el sistema podrá funcionar durante unos 40 días sin necesidad de recargar las baterías. Sin embargo, en el caso más habitual en el que el sistema esté alimentado únicamente durante los días de riego (desconectándose el controlador el resto de días), fácilmente podrá emplearse los mismos acumuladores durante toda una campaña sin necesidad de ser recargados.

▪ **Resultados y discusión**

El tipo de mecanismo de cierre en la posición inicial, requiere que el eje y la hoja de la compuerta tengan cierta resistencia para transmitir la fuerza al extremo de la compuerta donde están las juntas de estanqueidad.

En la posición de cierre inicial, a mayor grado de estanqueidad, mayor es la fuerza que necesita el solenoide para poder abrir, lo cual se traduce en un requerimiento mayor de potencia. Las pérdidas medidas en la posición de cierre inicial son de 0.14 l/s y en la posición final 0.11 l/s.

Para las dimensiones de la compuerta de 0.38 m. de anchura útil y una altura de agua de 0.19 m., el caudal máximo desaguado ha sido de 79 l/s.

▪ **Estudio económico:**

El coste del prototipo inicial construido, contabilizando material y mano de obra, asciende a un total de 41.600 pts., que puede ser desglosado en 21.900 pts. la parte mecánica y 19.700 pts. la parte eléctrica (controlador + sensor). A efectos de comparación se ha estimado el coste del riego para una hectárea con el sistema manual tradicional y con el sistema semiautomático, obteniéndose los siguientes resultados:

En el riego tradicional se ha supuesto una instalación existente y por tanto el coste principal es la mano de obra, que se ha estimado de la siguiente forma:

$$12 \text{ riegos/año} * 3.5 \text{ h/ha} * 800 \text{ pts./h} = 33.600 \text{ pts./(año ha)}$$

El coste del sistema semiautomático suponiendo la superficie total de 1 hectárea dividida en tres tablares resulta ser 41600 pts. * 3 und. = 124.800, los costes de operación y mantenimiento se estiman en 5.000 pts./ año. Suponiendo una vida útil de 10 años el coste anual es de 17.480 pts./(año ha). Valor bastante inferior al del riego tradicional y que permite amortizarlo en 7.7 años.

Comparando el valor de la inversión en el sistema semiautomático respecto al montante de la transformación en riego por goteo se puede comprobar que el sistema semiautomático es bastante inferior. Lo mismo ocurre con los gastos de operación y mantenimiento.

▪ **Conclusiones**

El sistema semiautomático expuesto ha sido probado en un banco de ensayos tanto en su parte eléctrica como en la mecánica, siendo los resultados obtenidos satisfactorios.

Presenta las ventajas de su gran sencillez, su bajo consumo energético, resultando además económicamente viable debido al ahorro de mano de obra.

El sistema puede ser desarrollado industrialmente, quedando a la disposición de alguna empresa interesada.

1.1.2. Nacional

1.1.2.1.Cruz, en su tesis: (Cruz Concha, 2009), muestra:

▪ **Objetivo general.**

Diseñar y simular un sistema de riego de control automatizado mediante la técnica de riego por goteo para cultivos de uva Italia en un tramo recto de **100 metros de longitud**, utilizando elementos mecánicos, eléctricos e informáticos.

▪ **Objetivos Específicos**

- Obtener mediciones de la variable de proceso (humedad) mediante la simulación del sensor del sistema para realizar pruebas en laboratorio.
- Diseñar e implementar el transductor del sistema con la finalidad de convertir señales de presión de vacío provenientes del sensor, medición indirecta de la humedad del terreno, en señales eléctricas.
- Diseño de la etapa de acondicionamiento de la señal eléctrica que se enviará a la etapa de control.
- Desarrollar del algoritmo de control en lenguaje ensamblador e implementación del mismo en el microcontrolador Atmega8L de Atmel.
- Desarrollar el software de supervisión de las variables del proceso en un computador personal de propósito general, así como la interfaz con el usuario utilizando el programa Labview 8.0 de National Instruments.
- Realizar pruebas y simulaciones del sistema.
- Se lograron obtener mediciones de la variable de proceso (humedad) mediante la simulación del sensor del sistema para realizar pruebas en laboratorio.

▪ **Conclusiones**

- Se diseñó e implementó el transductor del sistema con la finalidad de convertir señales de presión de vacío provenientes del sensor, medición indirecta de la humedad del terreno, en señales eléctricas con la utilización de un circuito de puente Wheatstone (se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia de bajas medidas).
- Se diseñó la etapa de acondicionamiento de la señal eléctrica que se envía a la etapa de control. Se amplificó la señal proveniente del transductor mediante la utilización de un amplificador diferencial, para llegar a los valores deseados de voltaje (0 a 5 V) para luego ser procesados por el micro controlador.
- Se desarrolló el algoritmo de control en lenguaje ensamblador en el programa AVR Studio 4 de Atmel y se logró la implementación del mismo en el microcontrolador Atmega8L del mismo fabricante.

- Se desarrolló el software de supervisión de las variables del proceso en un computador personal de propósito general, así como la interfaz con el usuario utilizando el programa Labview 8.0 de National Instruments.
- Se realizaron pruebas y simulaciones del sistema con resultados bastante satisfactorios que permiten enunciar las siguientes conclusiones:
 - * Se concluye que el sistema es lineal en el rango de trabajo de 20 a 100 KPa, la salida del sensor expresada en mili voltios es correspondiente unívocamente con cada valor de presión censada, esta cualidad del sistema nos permite trabajar sin la necesidad de linealizar el sistema, por ende introducir errores de medición.
 - * La respuesta del sistema es estable en el tiempo, al aplicar presión en el tensiómetro, la señal de salida en tensión se mantiene constante.
 - * Cuando aplicamos 5V en la alimentación del circuito del puente Wheatstone y presiones variables de 0 a 15 psi, obteniendo como variación máxima en tensión a la salida del circuito de 1.2 mV.
 - * Cuando aplicamos 9V en la alimentación del circuito del puente Wheatstone y presiones variables de 0 a 15 psi, obteniendo como variación máxima en tensión a la salida del circuito de 11 mV.
- La estrategia de control aplicada combinada con el sistema de riego por goteo para este sistema en particular permite ahorrar teóricamente el $(1 - 125\,000/360\,000) \times 100\% = 65\%$ del total de agua utilizada bajo la técnica de riego por inundación, en esta última el consumo es 360 000 litros, mientras que con el sistema de riego por goteo controlado y automatizado se consumen 125 000 litros, durante las 5 horas que dura el proceso de riego.
- Se logra realizar con éxito la comunicación serial del sistema con un computador personal de propósito general utilizando como interfaz con el usuario una pantalla de visualización del proceso desarrollada en Labview.

1.1.3. Regional

1.1.3.1. Ríos en su Proyecto de Investigación “*Monitoreo automatizado de la temperatura y la humedad del suelo de un invernadero para la producción de tomate, distrito de morales, junio - diciembre 2015*” (Ríos Ríos, 2015); nos muestra:

▪ **Objetivo General**

Implementar un Sistema de Control automático de temperatura y humedad relativa del suelo de un invernadero para el cultivo de tomate.

▪ **Objetivos Específicos**

- Diseñar un Sistema de Control Electrónico para la medición de la temperatura y la humedad del suelo de un invernadero.
- Implementar el hardware y desarrollar el software que permita controlar las variables de funcionamiento del invernadero.
- Evaluar el prototipo implementado y sus efectos en la productividad del tomate.

▪ **Discusión de resultados**

- Se implementó el sistema de control automático del Invernadero, considerando como variables independientes la temperatura y humedad relativa del suelo, utilizando como plataforma el Arduino MEGA que hace uso del microprocesador ATMEGA2560. Según Josafat Santiago (1998), en cuanto a los requerimientos de temperatura, se tiene que “entre los 20 y 30°C, la cutícula se ablanda y el agua es más fluida, aumentado entonces la absorción de la solución nutritiva aplicada”, por lo que se fijó el nivel de temperatura en 26°C al interior del Invernadero, pese a que el mismo autor sostiene que a 14°C se tienen mejores resultados.
- En cuanto a la medición de la humedad relativa del suelo, a través del sensor DHT22, se ha podido comprobar que la base metálica del sensor se sulfata antes de cumplir los dos meses, presentando problemas de medición;

situación ante la cual se recurrió a medios mecánicos para mantener la humedad relativa en el rango de 50% a 100%.

- La plataforma Arduino MEGA ha demostrado ser un dispositivo versátil para el control de la temperatura y la humedad relativa del suelo, no presentando mayores inconvenientes en cuanto al uso del código de programación ad hoc que posee; hecho que lo convierte en un dispositivo accesible para diversos tipos de aplicaciones y por diversos operadores. Sin embargo, a pesar de haber mantenido las condiciones ambientales de temperatura y de humedad relativa del suelo, en sus niveles de operación, no se han obtenido los resultados esperados de productividad del tomate tanto con el Grupo Experimental (al interior del Invernadero), como con el Grupo de Control ubicado en el entorno. Es más, en el Invernadero, en condiciones de temperatura y humedad del suelo controladas, las plantas de Tomate solo llegaron a germinar pero no se obtuvieron frutos; hecho que contrasta con el medio externo, donde se aplicó el Grupo de Control, que en condiciones de secano mostro un 8% de plantas con fruto, con tres (3) tomates en promedio por planta.
- Cuando se utilizó una cobertura de polietileno (plástico) sobre la estructura metálica del Invernadero, se presentó un exceso de luz solar, la misma que se manifestó en niveles de calor inapropiados para la germinación y desarrollo del Tomate, entre los 30°C y 35°C. Por el contrario, cuando se cambió la cobertura por el Tecnopor en las partes laterales y calamina metálica en el techo, exceptuando las dos calaminas transparentes para el paso de la energía solar, los niveles de luz solar al interior del Invernadero fueron mínimos, tanto que no permitió el desarrollo de las plantas.
- A través del Grupo de Control se pudo observar que, a diferencia de las plantas del Grupo Experimental, estas si germinaron y desarrollaron medianamente, pero solo rindieron frutos en el 8% de las plantas, con tres (3) frutos en promedio por planta. Este hecho demuestra que en condiciones de secano y exposición permanente a la luz solar, la planta de tomate germina y se desarrolla, pero sin alcanzar los niveles de productividad esperados; por lo

que no constituye una alternativa rentable para los agricultores de la provincia de San Martín.

▪ **Conclusiones**

- Dado los resultados obtenidos y analizados en la discusión, debemos considerar como válida la Hipótesis Nula (H0), toda vez que la implementación de un Invernadero que controla la temperatura y la humedad relativa del suelo, en las condiciones establecidas en el estudio, no mejora la productividad del Tomate en la provincia de San Martín.
- La presencia y/o ausencia de luz solar dentro del invernadero es determinante para la germinación, desarrollo y fructificación de las plantas de Tomate, variedad Río Grande, necesaria para que se exprese el fenómeno de la fotosíntesis, proceso que permite gracias a la energía luminosa transformar un substrato inorgánico en materia orgánica rica en energía.
- La cobertura de polietileno del Invernadero no es adecuado para la germinación y desarrollo de la planta de Tomate, porque el exceso de luz genera demasiado calor, por encima de los 30°C, haciendo dificultoso controlar las variables de temperatura y humedad del suelo, propiciando un ambiente no propicio para el crecimiento de la planta. Además, el clima tropical deteriora las condiciones físicas del polietileno, cuarteándolo y haciéndolo vulnerable ante los embates del viento.
- Por su parte, la cobertura de Tecnopor en las paredes del invernadero y de calamina en los techos, con dos planchas de plástico transparente, no fueron suficientes para el paso de la luz solar, en cantidad suficiente para la fotosíntesis de la planta, lo que produjo plantas de Tomate etioladas que no pudieron desarrollarse en condiciones óptimas.
- Los sensores multipropósito DHT22, de temperatura y humedad relativa del suelo, presentan dificultades en la medición por efectos de la sulfatación de

sus partes metálicas, particularmente en los sensores de humedad relativa del suelo, cuando se exponen a los efectos del agua en los dos primeros meses.

- La plataforma Arduino MEGA y su microcontrolador ATMEGA2560, no presenta dificultades para la implantación del sistema de control de temperatura y humedad relativa del suelo del Invernadero, tanto en hardware como en software, constituyendo una herramienta valiosa para aplicaciones de este tipo.

1.2.Marco Teórico

1.2.1. Sistemas de Riego

(Goval, 2009)

Es, por supuesto, necesario elegir un tipo de sistema de riego antes de que se pueda proceder al diseño, especificación del equipo e instalación. Para realizar un trabajo adecuado en la selección del sistema, hay que considerar cuidadosamente tanto el medioambiente en el que debe funcionar el sistema como las capacidades y limitaciones de todas las alternativas potenciales.

- Los cultivos y prácticas relacionadas: Tipo, profundidad de raíces, consumo de agua, hábitos de desarrollo de plagas.
- Características del suelo: Textura y estructura, profundidad y uniformidad; velocidad de infiltración y potencial de erosión; salinidad y desagüe interno; topografía-pendiente y grado de irregularidad.
- Abasto de agua: Fuente, cantidad disponible y confiabilidad, calidad, sólidos en suspensión y análisis químico.
- Valor y disponibilidad de la tierra.
- Limitaciones y obstrucciones de inundación.
- Nivel freático.
- Condiciones climatológicas.
- Disponibilidad y confiabilidad de la energía.

- Consideraciones económicas: Inversión de capital requerida, disponibilidad de créditos y tasa de interés, duración del equipo y costos anualizados, inflación y costos, factores de rendimiento.
- Tecnología disponible.

En la selección de un sistema de riego deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos, mostrados en las tablas 1 y 2:

Tabla 1

Condiciones que facilitan la aplicación de agua en los diferentes tipos de riego.

Condiciones	Métodos de riego			
	Inundación	Surcos	Aspersión	Goteo
Topografía	Moderado a Irregular	Moderada	Irregular	Irregular
Permeabilidad del suelo	Buena	Buena	De excesiva a buena	De excesiva a buena
Erosionabilidad	Alta	Alta	Baja	Baja
Características de los cultivos	Sembrados a voleo	Cultivo en hilera	Cultivo valioso	Cultivo valioso
Carga hidráulica	Alta	Alta	Moderada	Baja

Fuente (Goval, 2009).

Tabla 2

Comparación de los diferentes métodos de riego en base a diferentes factores relacionados con el cultivo.

Tópicos	Riego por inundación	Riego por surcos	Riego por aspersión	Riego por goteo
1 Perdida por evaporación	Alta	Alta	Mediana	Mínima
2 Humedecimiento del follaje	Alto	Mediano	Alto	Mínimo

3	Consumo de agua por yerbajos	Alto	Alto	Alto	Mínimo
4	Escurrimiento superficial	Alto	Alto	Mediano	Mínimo
5	Control de la profundidad del riego	Mínimo	Mínimo	Mediano	Alto
6	Rendimiento por unidad de agua aplicada	Mínimo	Mínimo	Mediano	Alto
7	Uniformidad en el rendimiento	Poca	Mediana	Mediana	Alta
8	Aereación del suelo	Mínima	Poca	Poca	Alta
9	Interferencia del riego con otras tareas	Alta	Alta	Alta	Baja
10	Aplicación del abono y plaguicidas a través del agua	Mínima	Mínima	Moderada	Alta
11	Costos de operación y mano de obra	Bajo	Bajo	Moderado	Alto
12	Requerimientos de nivelación del terreno	Alto	Alto	Bajo	Mínimo
13	Automatización del sistema	Bajo	Bajo	Alto	Alto
14	Requerimientos de energía	Bajo	Bajo	Alto	Alto
15	Calidad de agua	Mínima	Mínima	Moderada	Alta
16	Uso de filtros	Mínimo	Mínimo	Moderado	Alto
17	Control de enfermedades y plagas	Mínimo	Mínimo	Moderado	Alto

Fuente: (Goval, 2009).

1.2.2. Sistema de Riego por goteo Automático

(Infante Gonzales & Fernández Cobiza, 2015)

- **Generalidades**

Es importante que hagamos un uso responsable y eficiente del agua a la hora de regar en huertos y jardines y el sistema de riego por goteo nos permite ahorrar entre un 40 y un 60% de agua. Un sistema de riego por goteo automático es un método de riego cómodo, sostenible y fácil de instalar tanto en huertas como en jardines.

El riego por goteo consiste en colocar tubos en hilera cerca de los tallos de las plantas y a través de los goteros que se insertan en los tubos o tuberías el agua va fluyendo gota a gota de una manera constante o por tiempo limitado, según cómo lo

programemos. Las tuberías pueden estar enterradas ligeramente o colocadas de manera superficial sobre la tierra.

En tu tienda de suministros agrícolas puedes encontrar tanto kits preparados con todo lo necesario para instalar el riego por goteo automático o bien ir adquiriendo las piezas sueltas en función de lo que necesites.

- **Ventajas del riego por goteo automático**

- Ahorras tiempo y esfuerzo en regar y puedes dedicarte a otras labores en el huerto o jardín al tener la opción de automatizar los riegos.
- Ahorras agua y haces un uso más sostenible y eficiente de ésta al ser un método de riego de bajo consumo de este bien tanpreciado y limitado.
- Se mantiene un nivel óptimo de humedad en la tierra, por lo tanto, las plantas reciben la cantidad de agua que necesitan, sin excesos ni carencias.
- No se produce erosión en el suelo ni pérdida de macro y micronutrientes de la tierra debido a la lixiviación o la escorrentía superficial.
- El riego por goteo permite llevar a cabo la fertirrigación a la vez que se riega, es decir, aportar al agua preparados con nutrientes para mejorar la fertilidad de la tierra o para prevenir y combatir plagas y enfermedades.
- Las raíces de las plantas con riego por goteo tienden a crecer de manera vertical o profunda en lugar de horizontal o paralela al suelo, llegando a acceder a los nutrientes de las capas más profundas del suelo y a almacenar más agua.
- Se reduce la incidencia de enfermedades causadas por exceso de humedad (hongos) y problemas de raíces (asfixia radicular).
- Como no se mojan las partes aéreas de las plantas (hojas, flores, frutos, etc.) no hay problemas de que éstas se quemen por el sol una vez mojadas o que aparezcan plagas y enfermedades.
- Como podemos programar y automatizar los riegos, este sistema es ideal para cuando no podemos atender el huerto o jardín o nos vamos de vacaciones y que nuestras plantas sigan recibiendo agua.
- Puedes personalizar el sistema de riego por goteo y adaptarlo a las necesidades que tengas, utilizando desde el sistema más básico y sencillo hasta llegar a un sistema más complejo y profesional.

- Un sistema de riego por goteo se puede usar y adaptar a todo tipo de huertos y jardines: en grandes superficies en el suelo, en huertos urbanos en macetas y jardineras, en mesas de cultivo, en huertos verticales, etc.
- Al limitar la zona de riego a las plantas que queremos cultivar se reduce la aparición de plantas espontáneas o adventicias.

- **Cómo diseñar un sistema de riego por goteo automático**

En el caso del riego por goteo automático, lo podemos colocar una vez tenemos la tierra preparada para la siembra o si ya tenemos las plantas. Eso sí, para mejores resultados agrupa las plantas según las necesidades que tienen de riego.

Mide el perímetro de la zona del jardín o huerto en la que quieres instalar tu sistema de riego por goteo, dibújalo en tu cuaderno de campo y calcula los metros de tubo y otros utensilios que puedes necesitar. Un sistema de riego por goteo automático incluye las siguientes partes:

- **Tubo o tubería** que va a transportar el agua hasta las plantas.
- **Microtubo** que conecta el tubo con la maceta o plantas que queremos regar.
- **Goteros de riego** son pequeñas piezas que se insertan en los tubos por un extremo y por el otro sale el agua que regará las plantas (los tienes en la parte de arriba a la derecha, en negro y naranja)
- **Punzón** que sirve para hacer los agujeros en el tubo en los que pondremos los goteros.
- **Codos** que sirven para hacer esquinas (en el primer rectángulo, arriba)
- **Enlaces**, son parecidos a los codos y nos sirven para enlazar varios tubos, pueden ser en forma de té o de cruz (en la parte de abajo).
- **Reductor de presión o válvula de seguridad**, sirve para que el agua tenga una presión óptima dentro del tubo y pueda fluir correctamente.
- **Tapón de finalización** es una pieza de plomería que se coloca en el extremo final de la tubería.
- **Programador o Microcontrolador**, que se conecta al grifo o depósito de agua y al tubo. Sirve para regular los riegos y programar, por ejemplo, el periodo con el que se riega (una vez al día, cada dos días, una vez por semana...) o durante cuánto tiempo queremos que se esté regando.
- **La toma de agua** que puede estar en un grifo o en un depósito de agua.

Puedes programar los riegos una o varias veces al día, cada tres días, una vez por semana, etc. en función de varios factores: las necesidades de agua que tengan las plantas, de si es verano o invierno, de si vives en una zona con clima seco y pocas precipitaciones o con un clima más húmedo por las lluvias.

- **Cómo instalar un sistema de riego por goteo automático**

Preparar todos los utensilios y herramientas del kit de sistema de riego automático.

Una vez que se han medido las zonas en las que se desea instalar el riego por goteo automático, incluyendo el punto de toma de agua o depósito, cortamos los tubos con cuidado, de preferencia con una tijera de jardinería. A continuación se une los tubos con los codos en el caso de las esquinas o con los enlaces en te y en cruz. Esto es muy sencillo, sólo tienes que presionar y girar los enlaces para que ingresen en el tubo. Recuerda poner el tapón de finalización al final del tubo.

Realizar los agujeros con el punzón en el tubo e introduce los goteros.

En el caso de los huertos urbanos, colocar el microtubo en los goteros o en los enlaces y llevar el microtubo hasta la maceta, y fíjalos con las estacas. En los microtubos se deben de colocar los goteros que necesitemos. Unir el reductor o regulador de presión y éste al programador que finalmente se unirá a la toma de agua o al depósito de agua.

Dos ejemplos de riego por goteo en macetas o bolsas de cultivo: A la derecha hemos conectado los microtubos al tubo principal y los hemos colocado en las bolsas de cultivo con los goteros, mientras que en la foto de la izquierda puedes ver que simplemente se colocan los tubos con su correspondiente gotero en cada maceta.



Figura 4: Diferentes maneras de colocar la manguera para el riego por goteo. (Infante Gonzales & Fernández Cobiza, 2015).

1.2.3. Funcionamiento de un Sistema de Riego Computarizado

(Monk, 2010)

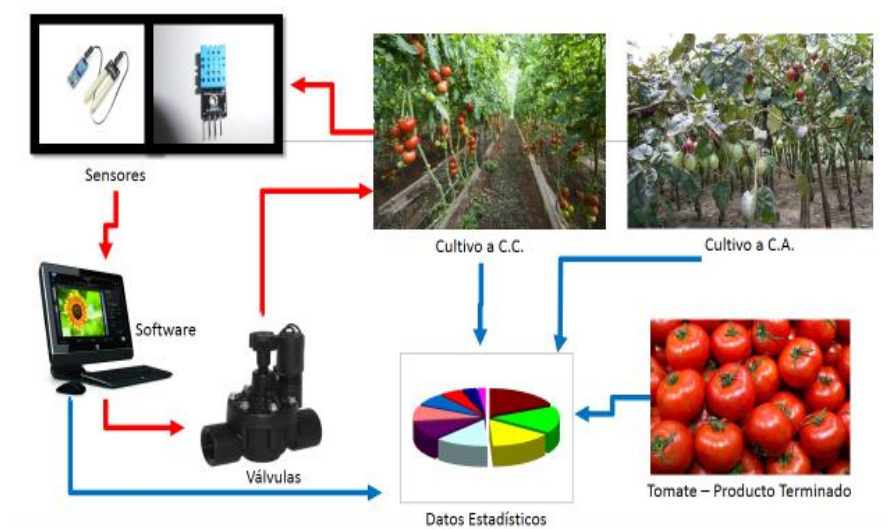


Figura 5: Modelo de trabajo de un sistema de riego computarizado. (Monk, 2010).

Antes de comenzar con la recopilación de datos se tiene que afirmar que nuestro proyecto comienza desde que si tiene a la plántula (embrión de la planta recién germinado) ya trasplantada en la parcela de tierra que le correspondería.

Una vez ya se han trasplantado todas las plántulas y se han instalados todos los sensores y válvulas al cultivo a Condiciones Controladas, es decir al Grupo Experimental, y posteriormente configurados el software en nuestras computadoras, procedemos a explicar el procedimiento paso a paso:

Primero, se reciben los datos que generan los sensores instalados en nuestro Grupo Experimental (temperatura y humedad relativa del ambiente, humedad del suelo, intensidad de luz recibida y el nivel de agua suministrada), serán mostrados en unas pequeñas pantallas en tiempo real y se almacenarán tanto en una tarjeta Micro SD como también en cuadros anteriormente preparados para su análisis estadístico.

En base a los datos que se muestran, el sistema tomará decisiones, tales como: abrir las válvulas en caso la humedad del suelo no esté en condiciones óptimas o cerrarlas en caso ya se llegue a lo esperado, también podría avisar por medio de una alarma o un led si hay algún error en el sistema y por consiguiente necesite la intervención humana.

Por último, al recopilar los datos de nuestras 4 fuentes (las plantas en el sistema a condiciones controladas, las plantas del sistema a condiciones ambientales normales, los sensores y el producto terminado que sería el fruto de tomate) procedemos a ordenarlos para así comenzar con nuestro análisis y posteriormente la presentación de los resultados y conclusiones.

1.2.4. El Tomate

(Ministerio de Agricultura y ganadería, 2013)

- **Generalidades**

Solanum lycopersicum, conocido comúnmente como **tomate**, **tomatera** o **jitomate**. Es una especie de la familia de las solanáceas originaria de América (Perú o México) y cultivada en todo el mundo para su consumo tanto fresco como procesado de diferentes modos (salsa, puré, zumo, deshidratado, enlatado).

- **Descripción**

Es una planta herbácea anual, a veces bienal, erecta o decumbente, de tamaño muy variable según las variedades (las precoces suelen alcanzar una longitud de 1,2 m; las tardías son casi siempre más grandes y pueden llegar al doble de longitud). Tiene tallos ramificados, a veces volubles, densamente glanduloso-pubescentes, con pelos cortos con o sin glándulas y pelos largos, blancos y pluricelulares. Las hojas llegan hasta 24 por 17 cm, ovadas u ovado-lanceoladas, imparipinnadas o biimparipinnadas con pecíolo de 1,5-6 cm y con folíolos que

miden 4-60 por 3-40 mm, ovados, obtusos, peciolulados, enteros o lobados, muy desiguales, alternos, sub opuestos u opuestos, en general verdes, glanduloso-pubescentes por el haz, cenicientos y tomentosos por el envés.

La inflorescencia se compone de cimas racemiformes, aisladas o geminadas, con 3-7 flores, extra axilar, con frecuencia opuesta a las hojas y con pedúnculo 4-15 mm, a veces bifurcado.

Las flores son actinomorfas, hermafroditas, sin brácteas, con pedicelos de 5,5- 20 mm en flor, y de hasta de 30 mm, deflexos y ensanchados en la fructificación, con una articulación hacia la mitad o un poco por encima de la misma. El cáliz tiene 6-10 mm en la floración y hasta de 30 mm en fructificación. Es campanulado, con 5-7 sépalos soldados en la base, glanduloso-pubescente, y tubo de 0,5-1,5 mm más corto que los lóbulos que miden 5-10 mm y son linear-lanceolados o linear-elípticos, sub obtusos, ligeramente desiguales.

La corola mide 8-12 mm, igual o ligeramente más larga que el cáliz, amarilla, glanduloso-pubescente, con 5-8 pétalos de 6-8,5 mm, soldados en la base, oblanceolados, ciliados, con tres nervios. Los estambres son glabros, iguales entre sí, con filamentos de 0,2-1 mm, unidos en la parte inferior y con la parte distal libre, más corta que las anteras que tienen 6-8 mm. El ovario es glanduloso-pubescente con estilo cilíndrico, a veces ensanchado en el ápice, pubescente en la mitad inferior al menos cuando joven, y con estigma capitado, deprimido en el centro.

El fruto (el tomate propiamente dicho), es una baya generalmente de forma sub-esférica, globosa o alargada y, habitualmente, de unos 8 centímetros de diámetro, cortamente glanduloso-pubescente y verde cuando inmadura y que toma generalmente un color rojo intenso con la maduración. Las semillas tienen 2,5-3 por 2 mm, son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduscas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa.

■ Fases Fenológicas del tomate

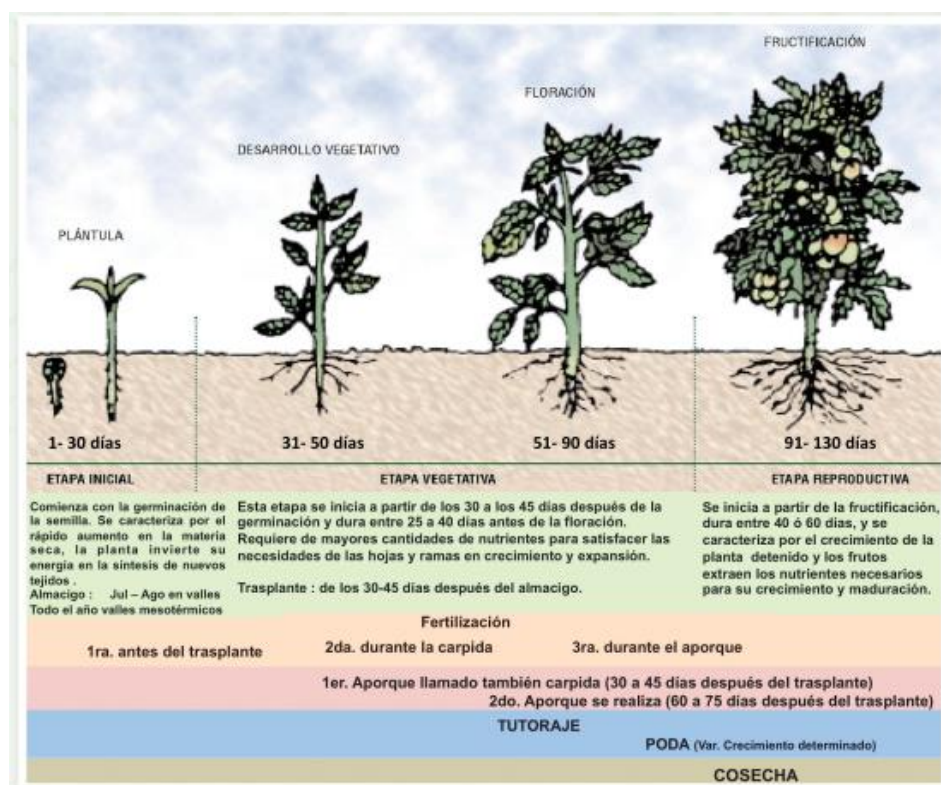


Figura 6: Fases fenológicas del tomate. (Ministerio de Agricultura y ganadería, 2013).

● Requerimiento para el cultivo de tomate

- Temperatura:** La temperatura óptima de desarrollo del cultivo de tomate oscila entre los 19 y 27 °C durante el día y entre 10 y 17 °C durante la noche. Las temperaturas superiores a los 35 °C impactan negativamente sobre el desarrollo de los óvulos fecundados y, por ende, afectan el crecimiento de los frutos. Por el otro lado, las temperaturas inferiores a 12 °C afectan adversamente el crecimiento de la planta. Las temperaturas son especialmente críticas durante el período de floración, ya que por encima de los 25 °C o por debajo de los 12 °C la fecundación no se produce. Durante la etapa de fructificación, las temperaturas inciden sobre el desarrollo de los frutos, acelerándose la maduración a medida que se incrementan las temperaturas. No obstante, por encima de los 30 °C (o por debajo de los 10 °C) los frutos adquieren tonalidades amarillentas.

- **Humedad:** la humedad relativa óptima oscila entre 60 % y 80 %. Con humedades superiores al 80 % incrementa la incidencia de enfermedades en la parte aérea de la planta y puede determinar, además, el agrietamiento de los frutos o dificultades en la polinización ya que el polen se apelmaza. En el otro extremo, una humedad relativa menor al 60 % dificulta la fijación de los granos de polen al estigma, lo que dificulta la polinización.

- **Luminosidad:** El tomate necesita de condiciones de muy buena luminosidad, de lo contrario los procesos de crecimiento, desarrollo, floración, polinización y maduración de los frutos pueden verse negativamente afectados.

- **Suelo:** La rusticidad de la planta de tomate, permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad.

En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos. Al respecto, es posible encontrar cultivos de tomate establecidos en suelos que presentan pH 8, siendo un factor posible de manejar, ya que el tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de pH. Situación similar respecto a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, incluso en suelos enarenados, es el presentar conductividades superiores a 3 dS/m (técnica que reduce evapotranspiración al disminuir el movimiento del agua por capilaridad). (Ministerio de Agricultura y ganadería, 2013)

- **Clima:** Aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, el tomate prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. Su rusticidad asociada a nuevas variedades permite el cultivo en condiciones adversas.

No obstante, el tomate es una especie de estación cálida y su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C. Por ello, el cultivo al aire libre se realiza en climas

templados. Temperaturas extremas pueden ocasionar diversos trastornos, ya sea en la maduración, precocidad o color.

Temperaturas bajo 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar a la fase de fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la producción, ya que cuando es inferior a 10°C originaría problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades. (Ministerio de Agricultura y ganadería, 2013)

Tabla 3

Lista de problemas de la planta y las temperaturas en las que se ven implicadas.

Se huela la planta	2°C
Detiene su desarrollo	10-12°C
Desarrollo normal de la planta	18-25°C
Mayor desarrollo de la planta	21-24°C
Germinación óptima	25-30°C

Fuente: (Ministerio de Agricultura y ganadería, 2013).

Tabla 4

Lista de temperaturas óptimas para cada fase del cultivo de tomate.

Temperaturas Óptimas		
Desarrollo	Diurna	23-26°C
	Nocturna	13-16°C
Floración	Diurna	23-26°C
	Nocturna	15-18°C
Maduración		15-22°C

Fuente: (Ministerio de Agricultura y ganadería, 2013)

No obstante, se debe considerar que los valores de temperaturas por sí solos son referenciales, puesto que su interacción con otros factores repercute mayormente. Por

ejemplo, la combinación de altas temperaturas con humedad baja, puede generar aborto floral y baja viabilidad del polen

1.2.5. App Inventor

(Massachusetts Institute of Technology, 2015)

▪ Definición

App Inventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web. Las aplicaciones creadas con App Inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil.

Con Google App Inventor, se espera un incremento importante en el número de aplicaciones para Android debido a dos grandes factores: la simplicidad de uso, que facilitará la aparición de un gran número de nuevas aplicaciones; y Google Play, el centro de distribución de aplicaciones para Android donde cualquier usuario puede distribuir sus creaciones libremente.

▪ Características y Funciones

El editor de bloques de la plataforma App Inventor, utilizaba anteriormente la librería Open Blocks.

- Basado en **httpy Blockly** de JavaScript para crear un lenguaje visual. Estas librerías están distribuidas por Massachusetts Institute of Technology bajo su licencia libre.

El compilador que traduce el lenguaje visual de los bloques para la aplicación en Android utiliza Kawa como lenguaje de programación, distribuido como parte del sistema operativo GNU de la Free Software Foundation

- Permite crear una aplicación en menos tiempo que otros y se pueden programar aplicaciones más complejas en mucho menos tiempo que con los lenguajes más tradicionales, basados en texto.

Inicialmente desarrollado por el profesor Hal Abelson y un equipo de Google Educación, mientras que Hal pasaba un año sabático en Google, App Inventor se ejecuta como un servicio web administrado por personal del Centro del MIT para el aprendizaje móvil –una colaboración de MIT de Ciencia Computacional e Inteligencia Artificial de laboratorio (CSAIL) y el Laboratorio de Medios del MIT. El App Inventor contaba en 2015 con una comunidad mundial de casi dos millones de usuarios que representaban a 195 países en todo el mundo. Más de 85 mil usuarios semanales activos de la herramienta han construido más de 4,7 millones de aplicaciones de Android. Una herramienta de código abierto que pretende realizar la programación y la creación de aplicaciones accesibles a una amplia gama de audiencias. La interfaz gráfica: permite al usuario crear aplicaciones con muchas funcionalidades.

1.2.6. Arduino (Arduino Corp., 2019)

- **¿Qué es Arduino?**



Figura 7: Imagen de una placa Arduino ATmega2560. (Arduino Corp., 2019).

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores.

Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.

Para poder entender este concepto, primero se tiene que entender los conceptos de hardware libre y el software libre. El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas pero igualmente funcionales al partir de la misma base.

El software libre son los programas **informáticos** cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo. Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades.

El proyecto nació en 2003, cuando varios estudiantes del Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea, Italia, con el fin de facilitar el acceso y uso de la electrónica y programación. Lo hicieron para que los estudiantes de electrónica tuviesen una alternativa más económica a las populares BASIC Stamp, unas placas que por aquel entonces valían más de cien dólares, y que no todos se podían permitir.

El resultado fue Arduino, una placa con todos los elementos necesarios para conectar periféricos a las entradas y salidas de un microcontrolador, y que puede ser programada tanto en Windows como MacOS y GNU/Linux. Un proyecto que promueve la filosofía 'learning by doing', que viene a querer decir que la mejor manera de aprender es cacharreando. El Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL.

- **¿Cómo funciona Arduino?**

Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno

Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa.

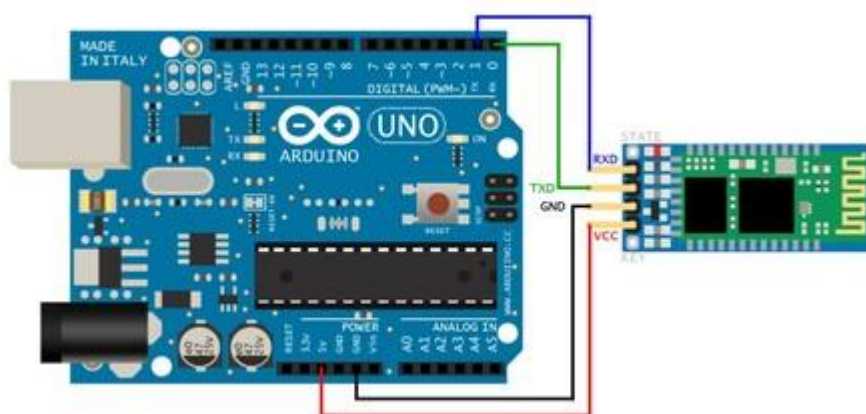


Figura 8: Ejemplo de conexión entre una placa Arduino UNO y un sensor Bluetooth HC05. (Arduino Corp., 2019).

El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos periféricos que conectes se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos.

El tipo de periféricos que puedas utilizar para enviar datos al microcontrolador depende en gran medida de qué uso le estés pensando dar. Pueden ser cámaras para obtener imágenes, teclados para introducir datos, o diferentes tipos de sensores.

También cuenta con una interfaz de salida, que es la que se encarga de llevar la información que se ha procesado en el Arduino a otros periféricos. Estos periféricos pueden ser pantallas o altavoces en los que reproducir los datos procesados, pero también pueden ser otras placas o controladores.

1.3. Definición de términos básicos

Automático: Que sucede de manera necesaria e inmediata a ciertos condicionantes. Mecanismo que funciona en todo o en parte por sí mismo. (Real Academia Española, 2019)

Decumbente: En botánica, dicese de lo que está inclinado, de los tallos no erguidos, como echados sobre el suelo. (Real Academia Española, 2019)

Drenaje: La palabra drenaje, en general significa descarga o remoción de los excesos de agua de una superficie. (Real Academia Española, 2019)

Hardware: Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático. (Real Academia Española, 2019)

Herramienta Informática: Las herramientas informáticas (Tools, en inglés), son programas, aplicaciones o simplemente instrucciones usadas para efectuar otras tareas de modo más sencillo. En un sentido amplio del término, podemos decir que una herramienta es cualquier programa o instrucción que facilita una tarea. (Ecu Red, 2018)

Información: La información es un producto del trabajo intelectual que procede del procesamiento, interpretación y organización de los datos, producidos a su vez por la investigación; esto es, por el conocimiento que se genera. Por ello es que la información adquiere valor de uso, pues es uno de los objetos que contienen y permiten la transmisión del conocimiento en presencia de un sujeto: el usuario. (Carvajal Monterrosa, 2018)

Kpa: El pascal (símbolo Pa.) es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma. (Cruz Concha, 2009)

Optimización: Buscar el mejoramiento de cierto objeto o sistema. (Real Academia Española, 2019)

Productos Agrícolas: Dícese de todo tipo de producto proveniente de la tierra, por ejemplo, hortalizas, legumbres, raíces, frutas, etc. (Real Academia Española, 2019)

Puente Wheatstone: Se utiliza cuando deseamos medir resistencias eléctricas por comparación con otras que están calibradas. (Cruz Concha, 2009)

Riego: Derramamiento de agua sobre una superficie. (Infante Gonzales & Fernández Cobiza, 2015)

Riego Automático: El riego automático es un sistema para proveer con agua a las plantas del jardín, de la parcela de tierra, del cultivo, etc. de manera tecnificada, por medio de sistema de aspersión y/o goteo normalmente. Se puede entregar el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que se desee. (Olave Tufiño, 2008)

Riego por goteo: Berlijn asume que: “La aplicación de agua a los cultivos a través de pequeños orificios se conoce como riego por goteo. Estos orificios pequeños están calculados para una emisión de agua entre 1 y 8 litros/seg/ha (Berlijn, 1990).

Medina nos dice que: “El riego por goteo es un sistema que aprovecha al máximo el agua dando a cada planta la cantidad que necesita y en el momento oportuno; tiene por tanto una alta eficiencia, es decir, que la proporción del agua total aplicada que es utilizada por el cultivo, es grande.” (Medina San Juan, 2004).

Sistema: Conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a un determinado objeto. (Real Academia Española, 2019)

Sistematizar: La manera más sencilla, breve y clara de definir la sistematización consiste en afirmar que se trata de ‘una reflexión (auto) crítica sobre la experiencia’. Aun cuando esta reflexión no es nada ‘sistemática’ y tampoco intencionada siquiera, esta disposición a sacar las lecciones de nuestras experiencias cotidianas, incluso de las más triviales, constituye indudablemente el punto de partida de la sistematización. (Van de Velde, 2008)

Semiautomático: Que efectúa parte de su funcionamiento de manera automática, tras una ayuda manual. (Real Academia Española, 2019)

Sistema Electrónico Autosustentable: Es aquel sistema que produce su propia energía sin necesidad de otros sistemas. Según los expertos no es fácil lograr que exista sin afectar el medio ambiente.

Subunidad de riego: Es el área dónde se riega con una válvula o cabezal de campo. (Liotta, 2015).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

La base de una buena investigación es la calidad de la información (Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, 2005), y en esta oportunidad comenzamos recopilando la mayor cantidad de datos de distintas tesis, guías, libros, revistas y también se recopilaron datos de asesoría personalizada, llegando a obtener un Brainstorm, del cual procederemos a realizar un extenso estudio y análisis, para recopilar la información que nos será útil y poder contrastar con lo que ya se tiene.

Se pudo determinar que para el Tipo de Investigación, en esta ocasión tenemos un estudio de tipo Aplicativo y Cuantitativo, pues se enfoca en la verificación de conocimientos básicos de la teoría de control, además de responder problemas técnicos por medio de algún método científico, todo esto a través de la observación, experimentación y medición práctica de los efectos del riego por goteo controlado en la calidad de la producción del tomate.

Para el Nivel de la Investigación Según (Sánchez Carlessi & Reyes Meza, 2006) se podría considerar a esta investigación como Exploratoria, debido a ser el primer acercamiento científico a un problema, con el fin de obtención de datos.

El diseño de la investigación es Experimental, de tipo Experimento puro, porque va enfocado en 2 grupos. El primero es el grupo experimental (Ge), que será el Sistema Automático de riego por goteo y el segundo es el grupo de control (Gc), conformado por la parcela de condiciones naturales.

O₁: Pre test

O₂: Post test

Ge: O₁ X O₂

Gc: O₁___O₂

Al haber estudiado, seleccionado y posteriormente ordenado la información, hacemos un bosquejo del esquema de nuestro sistema y del cultivo, esto nos ayudará con la recolección de materiales a utilizar en nuestro sistema, entre ellos tenemos: Hardware y software

Arduino, sensores, software de App Inventor, algunos complementos electrónicos como resistencias, cables y tomacorrientes, por la parte del cultivo tenemos artículos agropecuarios como las semillas, el abono o el sustrato y nuestro tambo para el control de la influencia del ambiente.



Figura 9: Espacio de control de condiciones ambientales. Elaboración propia.

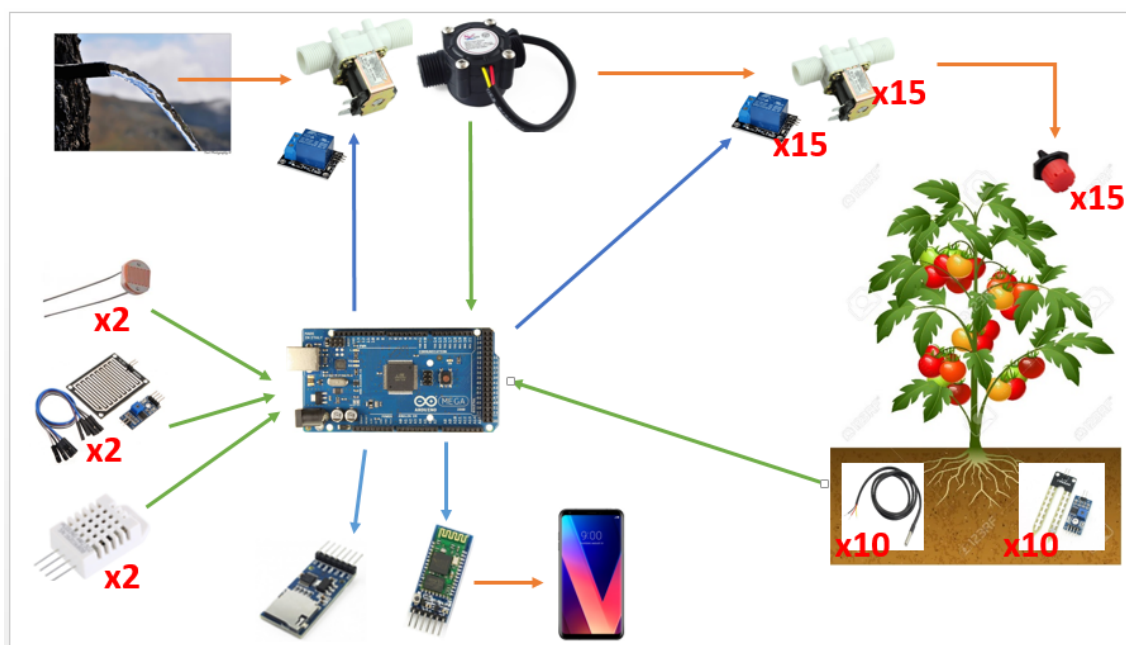


Figura 10: Esquema base del cual se partió para el diseño del S.E.A. Elaboración propio.

El siguiente paso fue analizar la información obtenida que esté relacionada con el cultivo de tomate, de cómo preparar correctamente el sustrato teniendo en cuenta el tipo de suelo más

adecuado para obtener el menor porcentaje de pérdidas posibles en la etapa de germinación, y se determinó utilizar el tipo de suelo Areno Arcilloso, para reducir el índice de estancamiento de agua y también para obtener los brotes en el menor tiempo posible, como escoger las mejores semillas, preparación del espacio de control para el trasplante, metodologías y guía para un satisfactorio proceso de trasplante, dosificación correcta del abono para la planta durante cada fase fenológica, el proceso de cosecha y los procesos post cosecha.



Figura 11: Foto de las bolsas con la mezcla nutricional para nuestro cultivo. Elaboración propia.

Luego de haber preparado el sustrato con la mejor mezcla nutricional y de haber sembrado las semillas, tenemos cerca de 3 a 4 semanas para poder comenzar con el modelado del Software Arduino y el armado del Hardware.

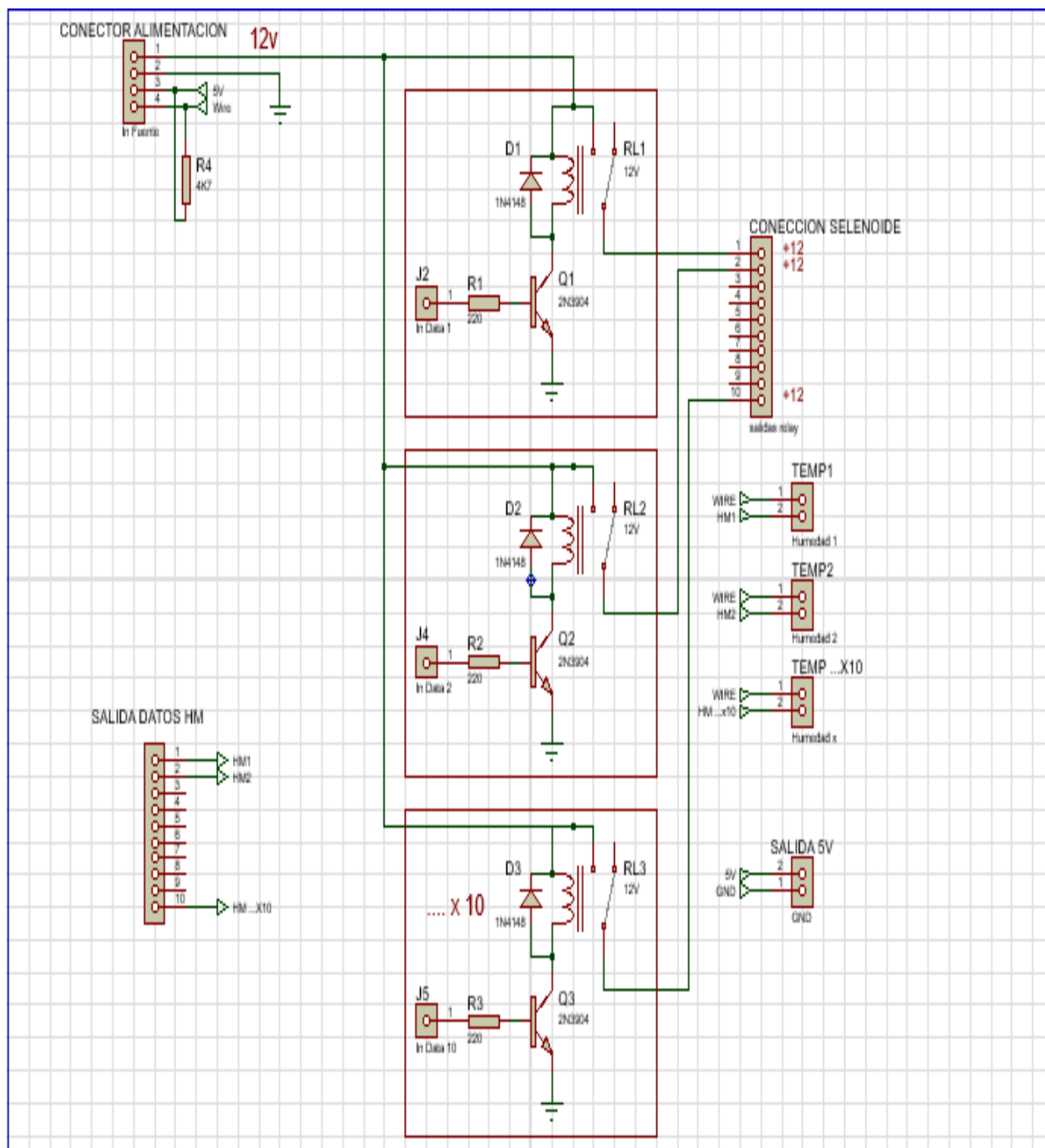


Figura 12: Esquema de conexión y armado del paquete de módulos relay para el S.E.A. Elaboración propia.

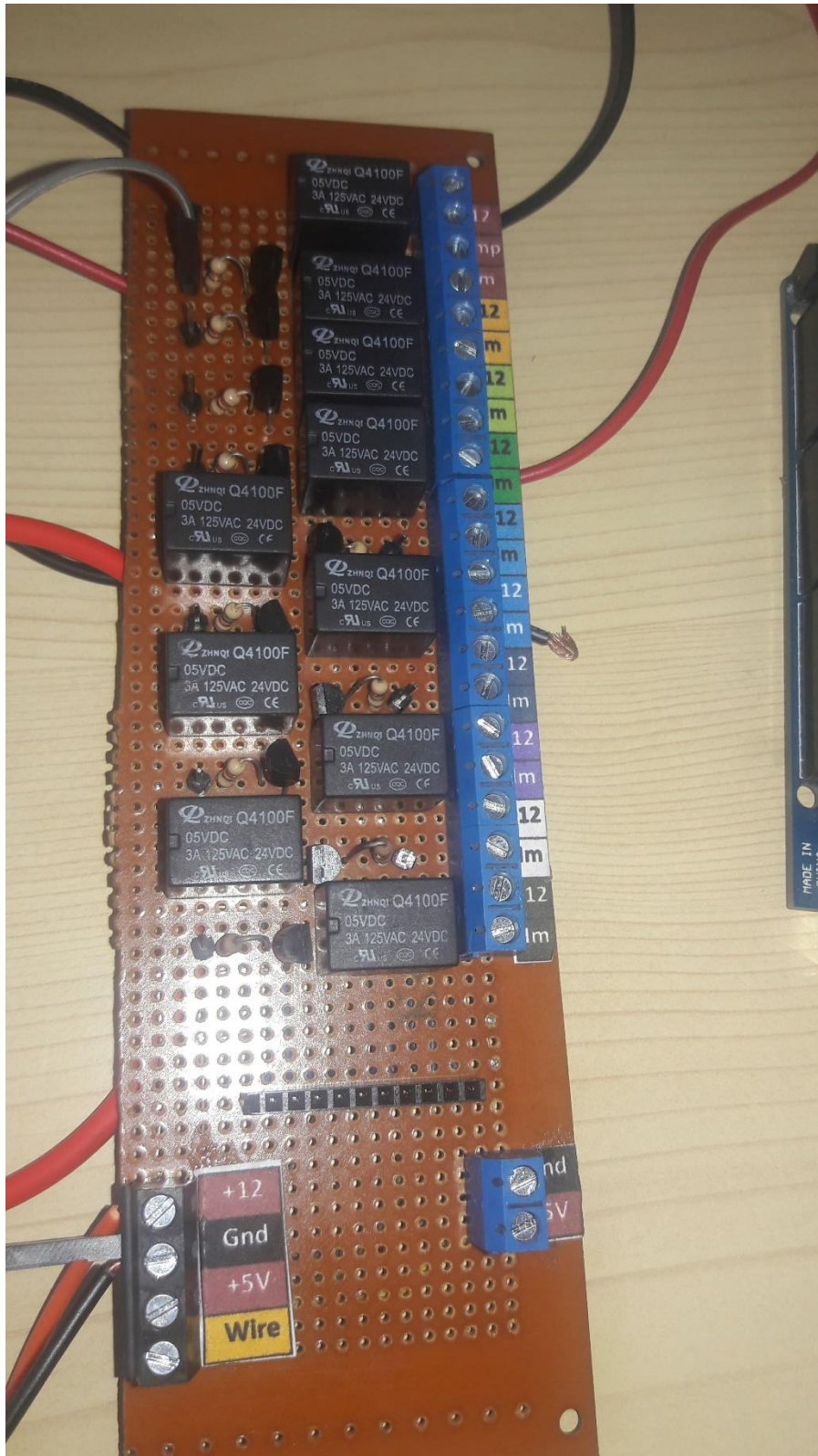


Figura 13: Módulo relay armado de acorde al proyecto. Elaboración propia.

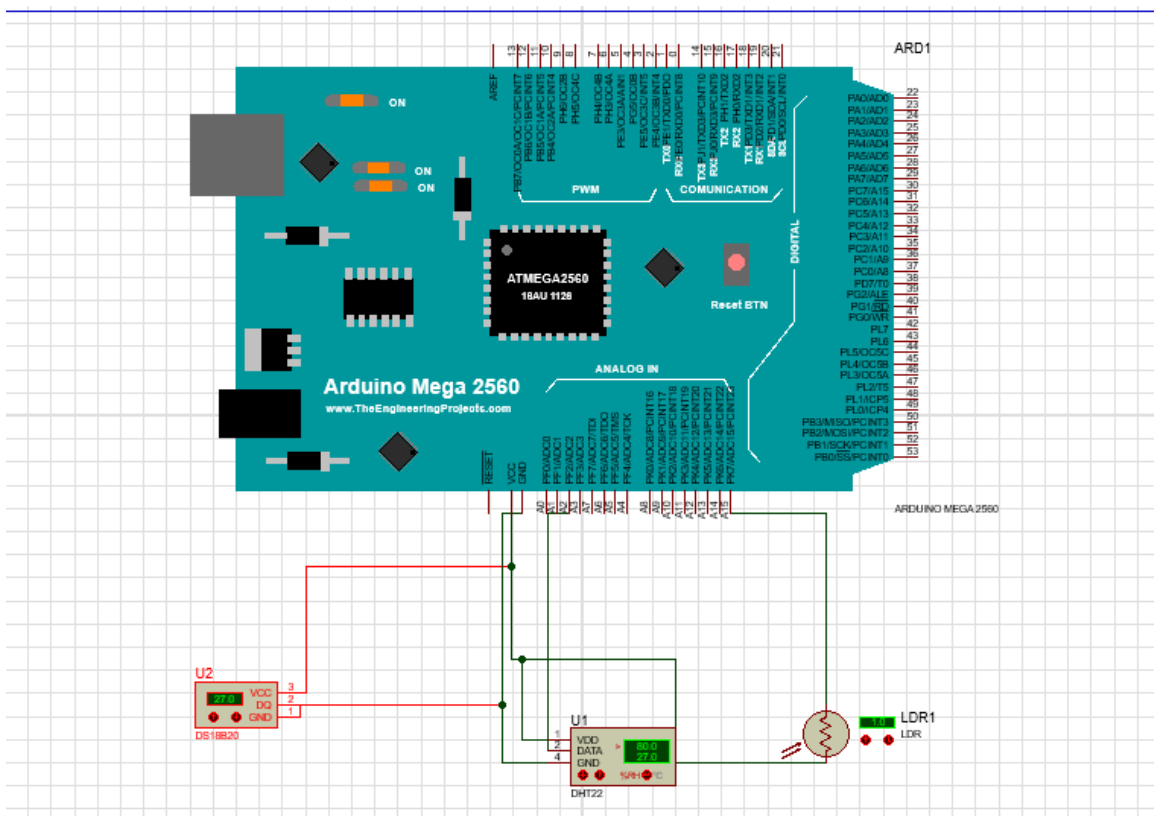


Figura 14: Arduino ATMega conectado con los sensores básicos de nuestro sistema. Elaboración propia.

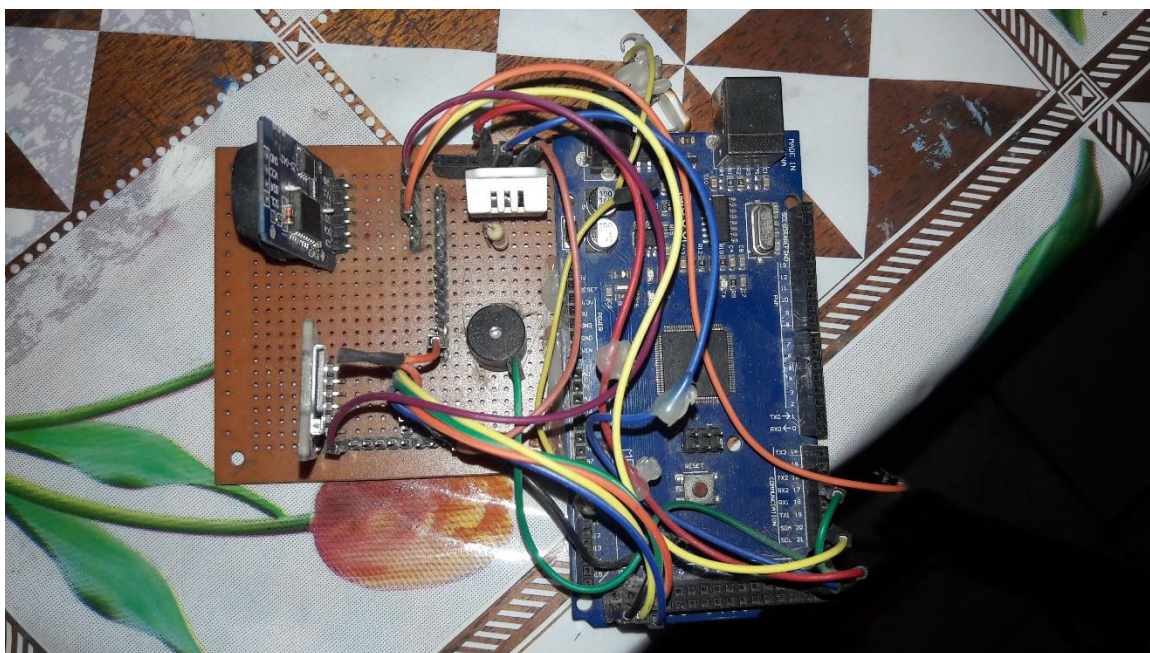


Figura 15: Vista frontal del sistema central de nuestro sistema. Elaboración propia.

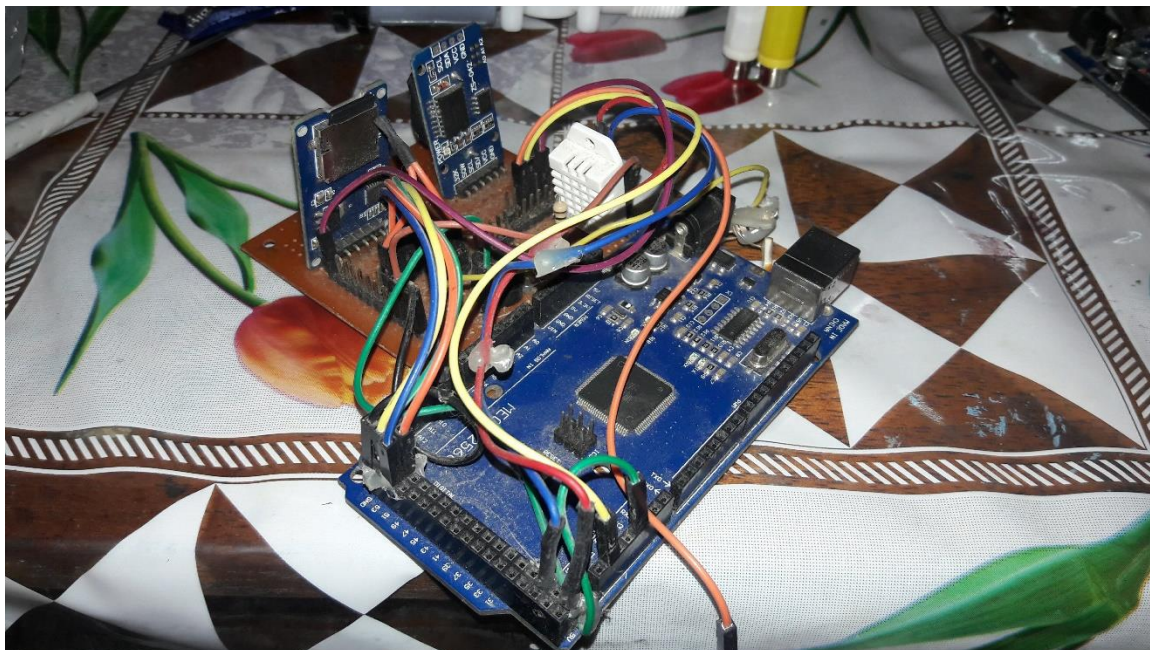


Figura 16: Vista lateral del sistema central de nuestro sistema.

En este sistema consideramos 2 partes en general, primero está la parte electrónica en donde se han utilizado 15 sensores de temperatura del suelo DS18B20, en este caso preferimos optar por la opción recubierta que ya viene impermeabilizada, 15 sensores de humedad del suelo YL – 69 que viene recubierto de metal y censa por medio de unos hilos de oro, 15 válvulas selenoicas o también llamadas electroválvulas para abrir y cerrar el pase de agua cuando el sensor de temperatura marque un valor menos a 250, tenemos 2 sensores de temperatura y humedad del ambiente DHT22, que fueron ubicados a 1.5 metros del suelo en sus respectivas parcelas, es decir, 1 sensor en el Grupo de Control y 1 sensor en el Grupo Experimental, también se instaló sensor de lluvia YL – 83, que básicamente medirá la intensidad de la lluvia que afecta al Grupo de Control, tenemos 1 reloj DS3231 para poder sincronizar tiempos de ejecución de procesos como también para evaluar en que momento sucedieron algunos sucesos importantes, determinados con el Estudio de los Datos, además se instaló 1 lector Micro SD y una memoria Micro SD para poder documental los datos en el formato que nosotros le asignamos, y por último tenemos 2 sensores de luz o Fotorresistor (LDR), para poder medir la intensidad lumínica a cada hora y como también medirla dentro y fuera del tambo; como complemento tenemos a la conexión de toma de corriente y a la parte de plomería o toma de agua que incluye 2 tubos de agua, codos, teflón entre otros.

En esta ocasión utilizamos la IDE Oficial de Arduino en su versión 1.8.8 y a continuación se muestra el código del Software Arduino basado en el lenguaje C++.

```
//Declaramos las librerías
#include <DHT.h> //Abrimos librería del sensor de humedad
#include <Adafruit_GFX.h> // Libreria de graficos
#include <TouchScreen.h> // Libreria del panel tactil
#include "SWTFT.h" // Libreria de LCD
#include <SD.h> // Libreria SD
#include <DS3231.h> // Libreria reloj
#include <Wire.h> // i2C Conection Library

#define foco 32 // Anodo del led conectado pin digital 5

// Pines necesarios para los 4 pines del panel tactil
#define YP A1 // Pin analogico A1 para ADC
#define XM A2 // Pin analogico A2 para ADC
#define YM 7
#define XP 6

// Definimos la presion máxima y minima que podemos realizar sobre el panel
#define MINPRESSURE 1 //Presion minima
#define MAXPRESSURE 1000 //Presion maxima

// Para mejor precision de la presion realizada, es necesario medir la resistencia entre los
// pines X+ y X-.
// En Shield TFT 2.4" LCD se mide entre los pines A2 y 6
// Instancia del panel tactil (Pin XP, YP, XM, YM, Resistencia del panel)
TouchScreen ts = TouchScreen(XP, YP, XM, YM, 306);

short TS_MINX = 150; // Coordenadas del panel táctil para delimitar
short TS_MINY = 120; // el tamaño de la zona donde podemos presionar
short TS_MAXX = 850; // y que coincida con el tamaño del LCD
short TS_MAXY = 891;

#define LCD_CS A3 // Definimos los pines del LCD
#define LCD_CD A2 // para poder visualizar elementos gráficos
#define LCD_WR A1
#define LCD_RD A0
#define LCD_RESET A4

// Definimos los colores para poder referirnos a ellos con su nombre en lugar de usar el
// código hexadecimal de cada uno.
#define BLACK 0x0000 //Negro
#define RED 0xF800 //Rojo
```

```

#define GREEN 0x07E0 //Verde
#define GREENYELLOW 0xAFE5 //Verde brillante
#define DARKGREEN 0x03E0 //Verde oscuro
#define WHITE 0xFFFF //Blanco
#define BLUE 0x001F //Azul
#define BLUE2 0x03EF //Azul claro
#define NAVY 0x000F //Azul marino
#define CYAN 0x07FF //Celeste
#define DARKCYAN 0x03EF //Celeste oscuro
#define YELLOW 0xFFE0 //Amarillo
#define ORANGE 0xFD20 //Naranja
#define GRAY 0xC618 //Gris claro
#define DARKGRAY 0x7BEF //Gris oscuro
#define MAGENTA 0xF81F //Violeta
#define MAROON 0x7800 //Marron
#define PURPLE 0x780F //Morado

#define DHTPIN 24 // Pin donde está conectado el sensor DHT - dentro
#define DHTTYPE DHT22 // Definimos el tipo de Sensor: DHT22
DHT dhtd(DHTPIN, DHTTYPE); //Declaramos la variable del tipo DHT

#define DHTPIN 25 // Pin donde está conectado el sensor DHT - fuera
#define DHTTYPE DHT22 // Definimos el tipo de Sensor: DHT22
DHT dhtf(DHTPIN, DHTTYPE); //Declaramos la variable del tipo DHT

int LDRdentro = 0; // Variable donde se almacena el valor del LDR
int LDRfuera = 0;
int nivelluzdentro;
int nivelluzfuera;
int humedaddentro = 0;
int humedadfuera = 0;
int temperaturadentro = 0;
int temperaturafuera = 0;
int lluvia = 0;
String tipolluvia;
String tipoclima;
int rangolluvia = 0;

int contadorgrabado=0;

// In the SD card, place 24 bit color BMP files (be sure they are 24-bit!)
SWTFT tft;

int X; // Variables que almacenaran la coordenada
int Y; // X, Y donde presionemos y la variable Z
int Z; // almacenara la presion realizada

int a = 0; // variable "flag" para control rebotes de cambio de pantalla
por los botones

```

```
DS3231 rtc(SDA, SCL);
```

```
Time t;
```

```
File myFile; //Declaramos la variable del tipo File
```

```
#define BUZZER_PIN 17
```

```
#define SILENCE 0
```

```
#define NOTE_B7 3951
```

```
#define NOTE_CS8 4435
```

```
#define NOTE_E8 5274
```

```
static const int notes[] = {NOTE_CS8, SILENCE, NOTE_CS8, SILENCE, NOTE_B7,
NOTE_CS8, SILENCE, NOTE_E8, SILENCE, NOTE_CS8, SILENCE, SILENCE};
```

```
//-----/
```

```
//-----/
```

```
//-----/
```

```
//-----/
```

```
void lecturaPanel()
```

```
{
```

```
  TSPoint p = ts.getPoint();          // Realizamos lectura de las coordenadas
```

```
  pinMode(XM, OUTPUT); // La librería utiliza estos pines como entrada y salida
```

```
  pinMode(YP, OUTPUT); // por lo que es necesario declararlos como salida justo
                        // después de realizar una lectura de coordenadas.
```

```
  // Mapeamos los valores analogicos leidos del panel tactil (0-1023)
```

```
  // y los convertimos en valor correspondiente a la medida del LCD 320x240
```

```
  X = map(p.x, TS_MAXX, TS_MINX, tft.width(), 0);
```

```
  Y = map(p.y, TS_MAXY, TS_MINY, tft.height(), 0);
```

```
  Z = p.z;
```

```
}
```

```
//-----/
```

```
//-----/
```

```
//-----/
```

```
//-----/
```

```
void dentro()
```

```
{
```

```
  tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2
```

```
  tft.setTextSize(2);          // Especificamos el tamaño del texto
```

```
  tft.setTextColor(ORANGE);    // Definimos el color del texto
```

```
  tft.setCursor(158,235);
```

```
  tft.print("Dentro");
```

```
  tft.setTextSize(4);          // Especificamos el tamaño del texto
```

```
  tft.setTextColor(CYAN);      // Definimos el color del texto
```

```

tft.setCursor(30,100);
tft.print("H: ");
tft.print(humedaddentro);
tft.print("%");

tft.setTextSize(4);           // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(ORANGE);     // Definimos el color del texto
tft.setCursor(30,150);
tft.print("T: ");
tft.print(temperaturadentro);
tft.print("C");

tft.setTextSize(4);           // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(YELLOW);     // Definimos el color del texto
tft.setCursor(30,200);
tft.print("L: ");
tft.print(LDRdentro);

delay(3500);
}

//-----/
//-----/
void fuera()
{
  tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2

  tft.setTextSize(2);           // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(CYAN);       // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(160,235);
  tft.print(" Fuera");

  tft.setTextSize(4);           // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(CYAN);       // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(30,100);
  tft.print("H: ");
  tft.print(humedadfuera);
  tft.print("%");

  tft.setTextSize(4);           // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(ORANGE);     // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(30,150);
  tft.print("T: ");
  tft.print(temperaturafuera);
  tft.print("C");

  tft.setTextSize(4);           // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(YELLOW);     // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(30,200);
  tft.print("L: ");

```

```

tft.print(LDRfuera);

delay(3500);
}

//-----/
//-----/
void medidorlluvia()
{
  switch (rangolluvia)
  {
    case 0:          // Sensor getting wet
      if(lluvia==1023)
      {
        tft.setTextColor(RED);    // Definimos el color del texto
        tipolluvia="ERROR";
        break;
      }
    case 1:
      tipolluvia="";
      break;
    case 2:
      tipolluvia="";
      break; // Sensor dry - To shut this up delete the " Serial.println("Not Raining"); "
below.
    case 3: // Sensor dry - To shut this up delete the " Serial.println("Not Raining"); "
below.
      tft.setTextColor(CYAN);
      tipolluvia="Garua";
      break;
    case 4: // Sensor dry - To shut this up delete the " Serial.println("Not Raining"); "
below.
      tft.setTextColor(BLUE2);
      tipolluvia="LLuvia";
      break;
    case 5: // Sensor dry - To shut this up delete the " Serial.println("Not Raining"); "
below.
      tft.setTextColor(BLUE);
      tipolluvia="Aguacero";
      break;
  }

  tft.fillRect(20, 175, 130, 25, BLACK);
  tft.setCursor(40,180);
  tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
  tft.print(tipolluvia);
}

//-----/
//-----/

```

```

void nivelluzdia()
{
if(nivelluzfuera==0)
{
if(LDRfuera==1023) //<===== OJO
{
tft.setTextColor(RED); // Definimos el color del texto
tipoclima="ERROR";
}
else
{
tft.setTextColor(DARKGRAY); // Definimos el color del texto
tipoclima="Nublado";
}
}

if(nivelluzfuera==1)
{
tft.setTextColor(CYAN);
tipoclima="Templado";
}

if(nivelluzfuera==2)
{
tft.setTextColor(YELLOW);
tipoclima="Soleado";
}

if(nivelluzfuera==3)
{
tft.setTextColor(YELLOW);
tipoclima="Sol Intenso";
}

tft.setCursor(40,210);
tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
tft.fillRect(20, 205, 150, 25, BLACK);
tft.print(tipoclima);
}

//-----/
//-----/
void nivelluznoche()
{
if(LDRfuera==1023) //<===== OJO
{
tft.setTextColor(RED); // Definimos el color del texto
tipoclima="ERROR";
}
}

```

```

if(LDRfuera>=20 && LDRfuera<=50)
{
  tft.setTextColor(CYAN);
  tipoclima="Claridad";
}

if(LDRfuera>=0 && LDRfuera<20)
{
  tft.setTextColor(NAVY);
  tipoclima="Oscuridad";
}

if(LDRfuera>50 && LDRfuera<1024)
{
  tft.setTextColor(RED);
  tipoclima="Desconectado";
}

tft.setCursor(40,210);
tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
tft.fillRect(20, 205, 180, 25, BLACK);
tft.print(tipoclima);
}

//-----/
//-----/
void reloj()
{
  tft.setTextSize(8); // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(ORANGE); // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(20,100);

  if(t.hour<10)
  {
    tft.print("0");
    tft.print(t.hour, DEC);
  }
  else
  {
    tft.print(t.hour, DEC);
  }

  tft.setCursor(100,105);
  tft.print(":");

  tft.setCursor(135,100);
  if(t.min<10)
  {

```

```

    tft.print("0");
    tft.print(t.min, DEC);
  }
else
  {
    tft.print(t.min, DEC);
  }

if(t.sec==0)
{
  tft.fillRect(15, 10, 215, 50, BLACK); // Dibujamos cuadro relleno de color para tapar el
cambio de los minutos
}
}

//-----/
//-----/
void interruptor()
{
  if (a == 0) // Si la variable flag esta en 0
  {
    tft.setTextSize(5); // Especificamos el tamaño del texto
    tft.setTextColor(YELLOW);
    tft.setCursor(180,272); // Colocamos el cursor
    tft.print("F");

    //AQUI REALIZAMOS LA ACCION QUE DESEEMOS: ENCENDER
ELECTROVALVULA
    digitalWrite(foco,HIGH);
    tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2

    tft.setTextSize(10); // Especificamos el tamaño del texto
    tft.setTextColor(GREEN); // Definimos el color del texto
    tft.setCursor(70,140); // Colocamos el cursor
    tft.print("ON");
    delay(2000);
    tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2

    a = 1; // Ponemos la variable flag en 1
  }
else if (a == 1) // Si la variable flag esta en 1
  {
    tft.setTextSize(5); // Especificamos el tamaño del texto
    tft.setTextColor(WHITE);
    tft.setCursor(180,272); // Colocamos el cursor
    tft.print("F");

    //AQUI REALIZAMOS LA ACCION QUE DESEEMOS: APAGAR
ELECTROVALVULA
    digitalWrite(foco,LOW);

```



```

tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2

tft.setTextSize(10); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(RED); // Definimos el color del texto
tft.setCursor(50,140); // Colocamos el cursor
tft.print("OFF");
delay(2000);
tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2

    a = 0; // Ponemos la variable flag en 0 para evitar los rebotes
}
}

//-----/
//-----/
//-----/
//-----/
void grabardatos()
{
    myFile = SD.open("smart.txt", FILE_WRITE); //Abrimos el archivo

    if (myFile)
    {
//----- Grabamos la fecha -----/
        myFile.print(t.date); //Grabamos el dia
        myFile.print("");
        myFile.print(t.mon); //Grabamos el mes
        myFile.print("");
        myFile.print(t.year); //Grabamos el año

        myFile.print("|"); //SEPARADOR

//----- Grabamos la hora -----/
        myFile.print(t.hour); //Grabamos la hora
        myFile.print(":");
        myFile.print(t.min); //Grabamos los minutos
        myFile.print(":");
        myFile.print(t.sec); //Grabamos los segundos

        myFile.print("|"); //SEPARADOR

//----- Grabamos la temperatura fuera de la casa-----/
        myFile.print(temperaturafuera); //Grabamos temperatura en la SD
        myFile.print("|"); //SEPARADOR

//----- Grabamos la temperatura dentro de la casa-----/
        myFile.print(temperaturadentro); //Grabamos temperatura en la SD
        myFile.print("|"); //SEPARADOR

```

```

//----- Grabamos la humedad fuera de la casa-----/
myFile.print(humedadfuera); //Grabamos temperatura en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR

//----- Grabamos la humedad dentro de la casa-----/
myFile.print(humedaddentro); //Grabamos temperatura en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR

//----- Grabamos la luz dentro de la casa-----/
myFile.print(LDRdentro); //Grabamos el valor de la luz en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR
myFile.print(nivelluzdentro); //Grabamos el nivel luz en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR

//----- Grabamos la luz fuera de la casa-----/
myFile.print(LDRfuera); //Grabamos el valor de la luz en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR
myFile.print(nivelluzfuera); //Grabamos el nivel luz en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR

//----- Grabamos los valores de la lluvia -----/
myFile.print(lluvia); //Grabamos valor de lluvia en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR
myFile.print(rangolluvia); //Grabamos valor de lluvia en la SD
myFile.print("|"); //SEPARADOR
myFile.print(tipolluvia); //Grabamos valor de lluvia en la SD
myFile.println("|"); //SEPARADOR

myFile.close(); //Cerramos el archivo

tft.setTextSize(1); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(YELLOW); // Definimos el color del texto

tft.setCursor(112,240); // Colocamos el cursor
tft.println("Escritura: Exitosa");
}
else
{
tft.setCursor(112,240); // Colocamos el cursor
tft.setTextSize(1); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(GREENYELLOW); // Definimos el color del texto
tft.println("Escritura: ERROR"); //Imprimimos mensaje de error
}
}

//-----/
//-----/
//-----/
//-----/

void setup()

```

```

{
randomSeed(analogRead(15)); //Puerto digital de numero random

pinMode(foco, OUTPUT); //Declaramos un PIN de salida para el foco

Serial.begin(9600); //Iniciamos el puerto serial

tft.begin(0x9328); // Iniciamos el LCD especificando el controlador ILI9328.
uint16_t identifier = tft.readID();

SD.begin(53); //Iniciamos la tarjeta SD

rtc.begin(); //Iniciamos el RTC
//rtc.setTime(14, 00, 00);
//rtc.setDate(22, 9, 2018);

Wire.begin(); //Iniciamos el I2C

dhtd.begin(); //Iniciamos el sensor de humedad
dhtf.begin(); //Iniciamos el sensor de humedad

tft.fillScreen(BLACK);
tft.fillScreen(BLACK);

tft.drawRect(10, 265, 220, 50, WHITE); // Dibujamos el Marco interno de los botones

tft.setTextSize(5); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(WHITE);
tft.setCursor(20,272); // Colocamos el cursor
tft.print("IH");

tft.setTextSize(5); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(WHITE);
tft.setCursor(100,272); // Colocamos el cursor
tft.print("OH");

tft.setTextSize(5); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(WHITE);
tft.setCursor(180,272); // Colocamos el cursor
tft.print("F");

}

//-----/
//-----/
//-----/
//-----/

void loop()
{
t = rtc.getTime();

```

```

humedaddentro= dhtd.readHumidity(); //Leemos la Humedad dentro de la casa
temperaturadentro= dhtd.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius

```

```

humedadfuera= dhtf.readHumidity(); //Leemos la Humedad fuera de la casa
temperaturafuera= dhtf.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius

```

```

LDRdentro= analogRead(A9); //Leemos el valor de la Luz
LDRfuera= analogRead(A11); //Leemos el valor de la Luz
nivelluzdentro = map(LDRdentro, 0, 1023, 0, 3); //Mapeamos el Valor de la lluvia
nivelluzfuera = map(LDRfuera, 0, 1023, 0, 3); //Mapeamos el Valor de la lluvia

```

```

lluvia = analogRead(A14); //Leemos el valor de la lluvia
rangolluvia = map(lluvia, 0, 1023, 5, 0); //Mapeamos el Valor de la lluvia

```

```

tft.drawRect(2, 2, 236, 316, WHITE); // Dibujamos el Marco externo
tft.drawRect(4, 4, 232, 312, WHITE); // Dibujamos el Marco externo

```

```

tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(BLUE2); // Definimos el color del texto
tft.setCursor(20,20); // Colocamos el cursor
tft.print(rtc.getDOWStr());
tft.print(" ");
tft.setTextColor(WHITE); // Definimos el color del texto
tft.setCursor(45,40); // Colocamos el cursor
tft.print(t.date);
tft.print(" de ");
tft.print(rtc.getMonthStr());
tft.setTextColor(ORANGE); // Definimos el color del texto
tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setCursor(175,15); // Colocamos el cursor
tft.print(t.year);

```

```

tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
tft.setCursor(55,45); // Colocamos el cursor

```

```

lecturaPanel(); // Realizamos lectura del panel para detectar presion y coordenadas
reloj();
medidorlluvia();

```

```

tft.fillRect(115, 65, 110, 25, BLACK);

```

```

if(t.hour>=6 && t.hour<=12)
{
  tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(YELLOW); // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(180,70); // Colocamos el cursor
  tft.print("DIA");
  nivelluzdia();
}

```

```

if(t.hour>=13 && t.hour<=18)
{
  tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(ORANGE); // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(150,70); // Colocamos el cursor
  tft.print("TARDE");
  nivelluzdia();
}

if(t.hour>18 && t.hour<=23)
{
  tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(BLUE2); // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(150,70); // Colocamos el cursor
  tft.print("NOCHE");
  nivelluznoche();
}

if(t.hour>=0 && t.hour<6)
{
  tft.setTextSize(2); // Especificamos el tamaño del texto
  tft.setTextColor(CYAN); // Definimos el color del texto
  tft.setCursor(120,70); // Colocamos el cursor
  tft.print("MADRUGADA");
  nivelluznoche();
}

// Si la pulsación del eje X se produce entre los puntos 40 y 160
// Y la pulsación del eje Y se produce entre los puntos 20 y 60
// Y la presión realizada esta entre el margen determinado
if((X>19 && X<231) && (Y>89 && Y<251) && (Z>MINPRESSURE &&
Z<MAXPRESSURE))
{
  tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2
  reloj();
}

if((X>19 && X<81) && (Y>257 && Y<307)) //&& (Z>MINPRESSURE &&
Z<MAXPRESSURE))
{
  dentro();
  tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2
}

if((X>89 && X<151) && (Y>257 && Y<307)) //&& (Z>MINPRESSURE &&
Z<MAXPRESSURE))
{
  fuera();
  tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK); // Dibujamos el Marco interno 2
}

```

```

}

if((X>159 && X<221) && (Y>257 && Y<307)) //&& (Z>MINPRESSURE &&
Z<MAXPRESSURE))
{
  interruptor();
  tft.fillRect(20, 90, 210, 160, BLACK);          // Dibujamos el Marco interno 2
}

//-----BUZZER-----
if(t.min==0 && (t.sec>=0 && t.sec<2))
{
  for (int i=0; i<12; i+=1)
  {
    if (notes[i] != SILENCE)
    {
      tone(BUZZER_PIN, notes[i], 102);
    }
    delay(150);
  }
  grabardatos();
}
//-----

if(t.sec==0)
{
  contadorgrabado=0;
  tft.fillRect(15, 95, 215, 70, BLACK);
  // Dibujamos cuadro relleno de color para tapar el cambio de los minutos
}

if((contadorgrabado==0) && (t.sec>4 && t.sec<9))
{
  tft.fillRect(100, 240, 120, 10, BLACK);
  // Dibujamos un cuadro para tapar la escritura en SD
  contadorgrabado=1;
}

tft.fillRect(145, 175, 85, 25, BLACK);
tft.setTextSize(2);          // Especificamos el tamaño del texto
tft.setTextColor(MAGENTA);  // Definimos el color del texto
tft.setCursor(150,180);
tft.print(lluvia);
tft.print(" ");
tft.print(rangolluvia);
}
//-----/
//-----/

```

Junto con el armado del sistema, se va supervisando y seleccionando las plántulas recién germinadas, teniendo en cuenta el tamaño de las plántulas, la cantidad y la calidad de las hojas; al finalizar, acondicionamos el lugar del cultivo para su posterior trasplante, para esto tomamos mediciones del sitio, aseguramos las tuberías y acondicionamos la toma de corriente.



Figura 17: Bandeja con los primeros brotes de nuestro Grupo Experimental. Elaboración propia.

Una vez terminamos de armar nuestro sistema, procedemos a realizar las primeras pruebas de arranque y de funcionamiento, en las cuales recopilaremos los datos enviados por los sensores y ver si cuentan con deficiencias o fallos, todo esto es realizado con la finalidad de solucionarlos y/o mejorarlos, subiendo la calidad y seguridad del sistema.

Tabla 5

Fórmulas para determinar el volumen de agua en segundos y en minutos.

$$\text{Volumen (L)} = \text{Caudal} \left(\frac{\text{L}}{\text{S}} \right) * \text{Tiempo (S)}$$

$$\text{Volumen (L)} = \text{Caudal} \left(\frac{\text{L}}{\text{M}} \right) * \text{Tiempo (M)}$$

Fuente: Elaboración propia.

Llegado el momento de trasplante de las plántulas al sitio de control, es cuando comienza nuestra primera prueba de arranque del sistema completo, en donde calibraremos datos y corregiremos errores en el sistema, de esa forma el sistema irá madurando hasta llegar a ser completamente estable y sin errores.

Lo siguiente para comenzar a trabajar es el modelado, la creación y la prueba de nuestra Aplicación móvil, y gracias a la herramienta Web App Inventor podemos realizar estos 3 procesos de manera simultánea, solucionando errores y calibrando datos hasta tener un programa estable. Una vez concluida nuestra App, procedemos a unirla con el resto del sistema y de esta forma dar inicio al arranque definitivo del sistema, teniendo en cuenta la recolección de datos y mostrarlos en nuestra App.

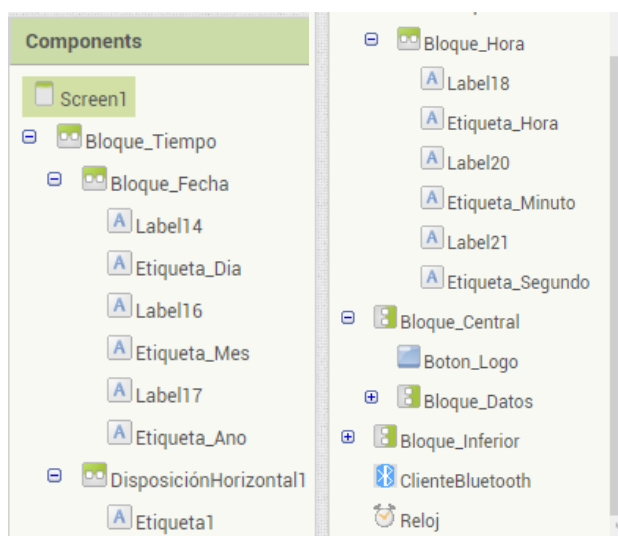


Figura 18: Componentes gráficos de la estructura del S.E.A. en App Inventor 2. Elaboración propia.


```

when Boton_Logo .Click
do
  set Boton_Logo .Visible to false
  set Bloque_Bluetooth_Estado .Visible to true
  set Bloque_Slide_Boton .Visible to true
  set Bloque_Botones .Visible to true
  set Bloque_Inferior .Visible to true

when Selector_Bluetooth .BeforePicking
do
  set Selector_Bluetooth .Elements to ClienteBluetooth .AddressesAndNames

when Selector_Bluetooth .AfterPicking
do
  set Bloque_Bluetooth_Estado .Visible to true
  set Selector_Bluetooth .Visible to false
  set Boton_Conectar .Visible to true
  set Etiqueta_Bluetooth .Text to Selector_Bluetooth .Selection
  set Bloque_Estado .Visible to true
  set Bloque_Bluetooth .Visible to true

when Boton_Slide_Inferior_Bajada .Click
do
  set Bloque_Bluetooth .Visible to false
  set Bloque_Estado .Visible to false
  set Bloque_Botones .Visible to false
  set Boton_Slide_Inferior_Bajada .Visible to false
  set Boton_Slide_Inferior_Subida .Visible to true

when Boton_Slide_Inferior_Subida .Click
do
  set Boton_Slide_Inferior_Subida .Visible to false
  set Bloque_Bluetooth .Visible to true
  set Bloque_Estado .Visible to true
  set Bloque_Botones .Visible to true
  set Boton_Slide_Inferior_Bajada .Visible to true

```

Figura 19: Cabecera del código de bloques de App Inventor. Elaboración propia.

```

when Boton_Conectar .Click
do
  set Selector_Bluetooth .Selection to call ClienteBluetooth .Connect
  address Selector_Bluetooth .Selection
  set Boton_Conectar .Visible to false
  set Boton_RecibirDatos .Visible to true
  set Boton_Desconectar .Visible to true
  set Boton_Slide_Inferior_Bajada .Visible to true

when Boton_RecibirDatos .Click
do
  set Boton_RecibirDatos .Visible to false
  set Bloque_Datos .Visible to true
  set Bloque_Tiempo .Visible to true

initialize global ValorSerialRecibido to create empty list

when Boton_Desconectar .Click
do
  call ClienteBluetooth .Disconnect
  set Etiqueta_Bluetooth .Text to [red square icon]
  set Bloque_Datos .Visible to false
  set Bloque_Tiempo .Visible to false
  set Bloque_Bluetooth_Estado .Visible to false
  set Boton_RecibirDatos .Visible to false
  set Boton_Desconectar .Visible to false
  set Boton_Slide_Inferior_Bajada .Visible to true
  set Bloque_Botones .Visible to true
  set Selector_Bluetooth .Visible to true

```

Figura 20: Primera parte del cuerpo del código de bloques de App Inventor. Elaboración propia.

```

when Reloj.Timer
do
  if ClienteBluetooth.isConnected
  then
    set Etiqueta_Estado.TextColor to green
    set Etiqueta_Estado.Text to "CONECTADO"
    if call ClienteBluetooth.BytesAvailableToReceive > 0
    then
      set global ValorSerialRecibido to list from csv row text call ClienteBluetooth.ReceiveText
      numberOfBytes -1
      set Etiqueta_Temperatura_Dentro.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 1
      set Etiqueta_Temperatura_Fuera.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 2
      set Etiqueta_Humedad_Dentro.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 3
      set Etiqueta_Humedad_Fuera.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 4
      set Etiqueta_Luz_Dentro.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 5
      set Etiqueta_Luz_Fuera.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 6
      set Etiqueta_LLuvia.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 7
      set Etiqueta_Hora.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 8
      set Etiqueta_Minuto.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 9
      set Etiqueta_Segundo.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
      index 10
    end if
  end if

```

Figura 21: Segunda parte del cuerpo del código de bloques de App Inventor. Elaboración propia.

```

set Etiqueta_Dia.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
index 11
set Etiqueta_Mes.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
index 12
set Etiqueta_Ano.Text to select list item list get global ValorSerialRecibido
index 13

else
  set Etiqueta_Estado.TextColor to red
  set Etiqueta_Estado.Text to "NO CONECTADO"
end if

```

Figura 22: Parte final de nuestro código de bloques de nuestro sistema, hecho en el programa App Inventor 2. Elaboración propia.

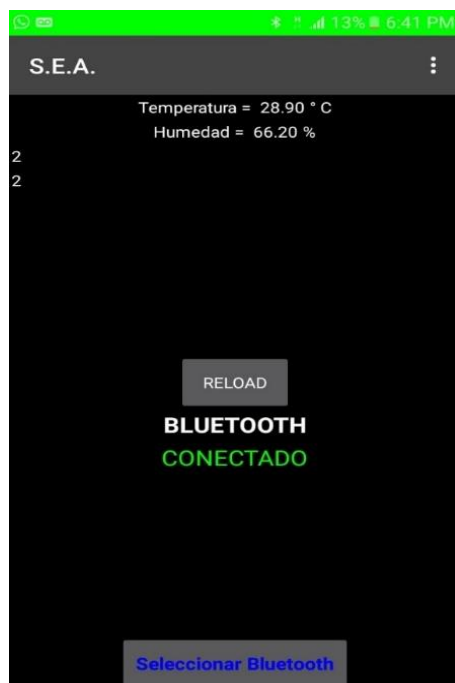


Figura 23: Bosquejo inicial de nuestra App. Elaboración propia.

Durante los 4 meses siguientes supervisaremos nuestro sistema y el cultivo, teniendo en cuenta el control de plagas, la poda de plantas, mantenimiento de equipos y reparación de errores. Pasando de esta forma a la cosecha para finalizar con la recopilación de datos post cosecha, centrándonos en el fruto.



Figura 24: Foto del Grupo de control a las 4 semanas.



Figura 25: Control a las plantas de 8 semanas del Grupo Experimental.

A partir de este momento es cuando inicia nuestro análisis de los datos, para comenzar promediamos todos los atributos de la planta, teniendo en cuenta el tamaño, la cantidad de frutos y la cantidad de enfermedades y plagas presentes. De igual manera pasamos a promediar todos los datos del fruto, es decir, el diámetro, el peso, la contextura, la forma y la coloración. Al tener todos los promedios pasamos a comparar la diferencia de las 2 parcelas y estos valores los expresaremos en porcentaje y fue hallado con la siguiente fórmula:

Tabla 6

Fórmulas para determinar el porcentaje de mejora y el porcentaje de reducción de imperfecciones.

Porcentaje de Mejora	Porcentaje de Reducción
$\left(\frac{(P.I.G.E.) * 100}{(P.I.G.C.)} \right) - 100$	$100 - \left(\frac{(P.I.G.E.) * 100}{(P.I.G.C.)} \right)$
P.I.G.E.= Promedio del Indicador del Grupo Experimental P.I.G.C.= Promedio del Indicador del Grupo Control	

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recalcar que esta fórmula nos servirá para poder determinar el porcentaje de mejora general del cultivo como también por cada planta, y al final se promedian el porcentaje de mejora de la planta con el porcentaje de mejora del fruto y de esta forma se encuentra el porcentaje total de mejora del cultivo.



Figura 26: Comparación entre 2 diferentes frutos de tomate de diferentes parcelas.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Prueba de Hipótesis

Tabla 7

Datos estadísticos generales.

Estadísticas de grupo					
				Desv.	Desv. Error
	Parcela	N	Media	Desviación	promedio
Mejora	1	15	32,9340	4,72891	1,22100
	2	15	-,0187	3,03496	,78362

Fuente: SPSS Statistics.

Tabla 8

Tabla de muestras independientes.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas			prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Se asumen										
N	varianzas	3,011	,094	22,713	28	,000	32,95267	1,45083	29,98078	35,92456
e	iguales									
j	No se									
o	asumen			22,713	23,86	,000	32,95267	1,45083	29,95737	35,94796
r	varianzas									
a	iguales									

Fuente: SPSS Statistics.

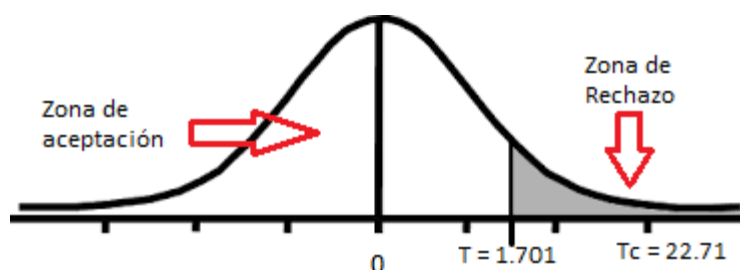


Figura 27: Gráfico en dónde e muestra el rechazo de la Hipótesis Nula.
SPSS Statistics- Elaboración propia.

3.2. Resultados

3.2.1. Resultado 1

Se logró implementar el Sistema de riego automático para el control del riego por goteo en la localidad de Lamas, el cuál funcionó desde el 28 de Agosto del 2018 hasta el 1 de Enero del presente año, abarcando en su totalidad 126 días de trabajo y cuya principal función fue la de censar los valores intervinientes del ambiente y del suelo además de suministrar la cantidad adecuada de agua teniendo en cuenta los valores antes mencionados.

3.2.2. Resultado 2

Nuestro estudio comenzó desde el momento en que se trasplantó la plántula con una altura aproximada entre los 15 y 20 cm., entonces al finalizar las 18 semanas, se recopilaron datos de los frutos y de las plantas (Ver anexos 1 y 2), como también del consumo de agua (Ver anexo 3), que se muestran en el siguiente gráfico y los siguientes cuadros:

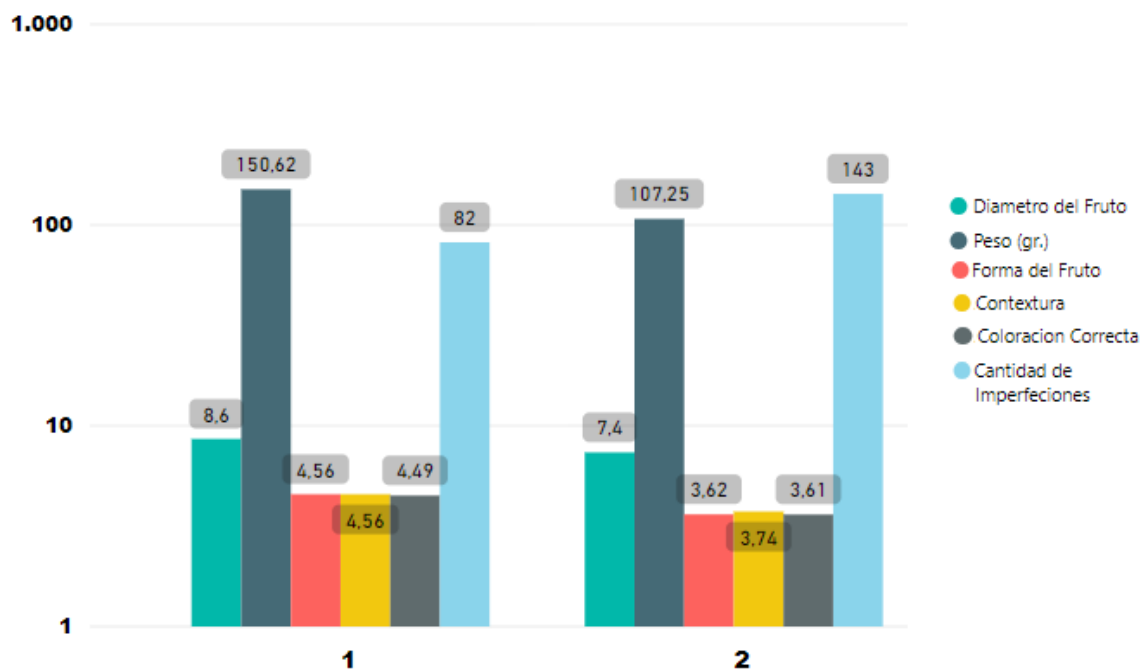


Figura 28: Promedio General de cada indicador de calidad del fruto. Power BI (Elaboración propia).

En la figura anterior se puede observar el promedio general de cada indicador de calidad del fruto, producto de la sumatoria de los frutos de cada parcela, para posteriormente ser procesados y mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 9

Promedio de cada uno de los Indicadores de calidad del Fruto con respecto a cada parcela.

Parcela	Diámetro (cm.)	Peso (gr.)	Forma	Contextura	Coloración	Cantidad de Imperfecciones
1	8.6	150.62	4.56	4.56	4.49	0.55
2	7.36	107.25	3.62	3.74	3.61	0.95

Fuente: Elaboración propia.

Después de encontrar el promedio del diámetro, del peso, de la forma, de la contextura y también de encontrar el porcentaje de reducción de imperfecciones del fruto de cada parcela, se determinó el porcentaje de mejora de la calidad total del cultivo de tomate, recopilando datos los frutos y las plantas del grupo experimental y comparándolo con los valores del grupo de control.

Tabla 10

Porcentaje de mejora de cada indicador perteneciente a la parcela 1 (Grupo Experimental) con respecto a la parcela 2 (Grupo de Control).

	% de Mejora del diámetro	% de Mejora del Peso	% de Mejora de la Forma	% de Mejora de la Contextura	% de Mejora de la Coloración	% de Reducción de la Cantidad de Imperfecciones	Promedio % de Mejora Total del Fruto
1	16.85	40.44	25.97	21.93	24.38	42.11	28.61

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos encontrar los diferentes porcentajes de mejora de los indicadores de calidad del fruto del Grupo Experimental con respecto al Grupo de control, los cuales al ser promediados nos un total de **28.61%** de mejora del grupo Experimental.

Posteriormente pasamos a evaluar los datos de la planta (ver anexo 2) y compararlos entre sí, es decir entre los 2 grupos de nuestro proyecto.

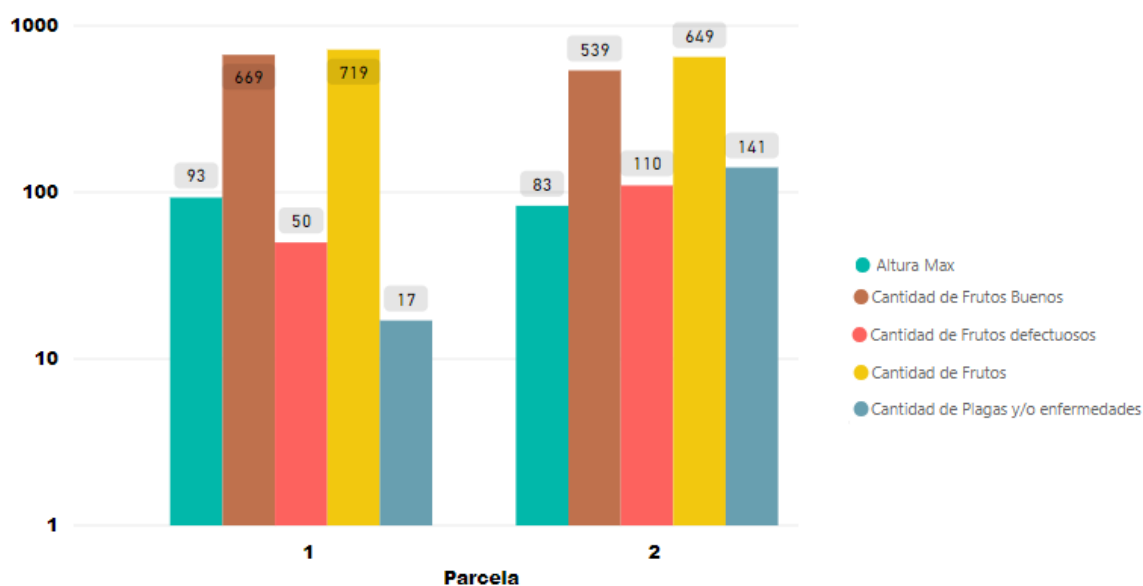


Figura 29: Sumatoria total de los indicadores de calidad de la planta. Power BI (Elaboración propia)

Tabla 11*Datos de los indicadores de la planta.*

Parcela	Altura	Cantidad de Frutos Buenos	Cantidad de Frutos Defectuosos	Cantidad Total de Fruto	Cantidad de plagas y/o Enfermedades
1	93	669	50	719	17
2	83	539	110	649	141

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la planta no se promediaron los valores como se hizo en el fruto, sino que en el caso de la altura se tomó en cuenta el valor final, y con la cantidad de frutos buenos, malos, el total de frutos y la cantidad de plagas y/o enfermedades se trabajó con la sumatoria total de estos valores a lo largo de las 18 semanas de nuestra evaluación; y se obtuvieron los valores mostrados anteriormente.

Tabla 12*Cuadro de porcentajes de mejora de cada indicador de la calidad de la planta.*

	% de Mejora de la Altura	% de Mejora de la Cantidad de Frutos Buenos	% de Reducción de la Cantidad de Frutos defectuosos	% de Mejora de la Cantidad Total de Frutos	% de Reducción de la Cantidad de plagas y/o Enfermedades	% Total de Mejora de la Planta
1	12.05	24.12	54.55	10.79	87.94	37.89

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en el fruto, se evaluó la calidad de la planta del Grupo Experimental con la del grupo de control, teniendo en cuenta las fórmulas de porcentaje de mejora y el porcentaje de reducción; para finalmente al ser promediados, se obtuvo **37.89%** de mejora de la planta.

Tabla 13*Promedio total de mejora del cultivo.*

Parcela	% Total de Mejora del Fruto	% Total de Mejora de la Planta	% Total de Mejora del Cultivo
1	28.61	37.89	33.25

Fuente: Elaboración propia.

En este último cuadro, al encontrar el porcentaje de mejora total del cultivo, se establece la calidad del Cultivo; además queda demostrado que el cultivo perteneciente al grupo Experimental superó por **33.25%** al Cultivo del grupo de control.

3.2.3. Resultado 3

Para poder evaluar la relación existente en el uso del Sistema Electrónico Automático de riego por goteo y la calidad del cultivo de tomate, lo primero a encontrar fue la calidad del uso del sistema electrónico, teniendo en cuenta los valores recibidos por los sensores sobre las veces que ha regado y el volumen de agua suministrada a la planta; cabe aclarar que en caso del Grupo de Control se asumió que la cantidad total de veces regadas es igual a la multiplicación de la cantidad de días del proyecto por la cantidad de plantas por la cantidad de veces que se riega por día, es decir:

$$\text{Veces Regadas} = (\text{Cantidad de días}) * (\text{Veces regadas al día}) * (\text{Cantidad de plantas})$$

$$\text{Veces Regadas} = (127) * (2) * (15)$$

$$\text{Veces Regadas} = 3810$$

Ahora bien, hay que tomar en cuenta las veces que llovieron (Ver Anexo 5) y a su vez solo tomar las veces en las que la lluvia afectó al riego, tanto en las veces que se regó como la cantidad de agua que no recibieron porque se creyó conveniente que no hacía falta. Los datos mencionados son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 14

Días y horas de lluvia que afectar al riego del cultivo en el grupo de control.

Fecha	Hora	Intensidad de lluvia
22/8/2018	06:00:00	682
22/8/2018	18:00:00	655
12/9/2018	00:00:00	713
12/9/2018	18:00:00	775
16/9/2018	06:00:00	844
16/9/2018	18:00:00	843
17/9/2018	00:00:00	971
17/9/2018	18:00:00	869
29/9/2018	00:00:00	852
13/10/2018	00:00:00	688
14/10/2018	06:00:00	710
14/11/2018	00:00:00	841
14/11/2018	18:00:00	944
6/12/2018	12:00:00	773
12/12/2018	06:00:00	1015
12/12/2018	18:00:00	1001
23/12/2018	12:00:00	757
24/12/2018	18:00:00	814

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se analizó la tabla anterior se encontró que las veces en las que no se regó por presencia de lluvia fueron 18 por lo tanto la cantidad de agua suministrada en ese momento es igual a 0, teniendo que actualizar la cantidad de veces que se regó con la siguiente fórmula:

$$\text{Veces Regadas Real} = \text{Veces regadas} - (\text{Cantidad de veces que no se regó} * \text{planta})$$

$$\text{Veces Regadas Real} = 3810 - (18 * 15)$$

$$\text{Veces Regadas Real} = 3540$$

Con respecto al volumen de agua suministrada decimos hicimos una fórmula parecida:

$$\text{Volumen de Agua} = \text{Cantidad de agua suministrada} * \text{días} * \text{Cantidad de Plantas}$$

$$\text{Volumen de Agua} = 4 * 127 * 15$$

$$\text{Volumen de Agua} = 7440$$

A este valor también se le tiene que restar las veces que no fue regada la parcela:

$$\text{Volumen de Agua Real} = \text{Volumen de agua} - (\text{Veces no regadas} * \text{Litros} * \text{plantas})$$

$$\text{Volumen de Agua Real} = 7440 - (18 * 2 * 15)$$

$$\text{Volumen de Agua Real} = 6900$$

Una vez encontrados los verdaderos valores de la cantidad de veces que se regó y el volumen total de litros de agua suministrados al Grupo de Control, obtenemos que el total de veces que regó una planta es de **236** veces y la cantidad de agua por planta es de **460 m³**.

Tabla 15

Valores obtenidos con respecto al Sistema de riego por goteo.

Planta	Veces Regadas	Volumen (Ltrs.)	Porcentaje de reducción de las veces de regado	Porcentaje de reducción del suministro de agua	Promedio Total de Mejora de uso del Sistema
1	175	410.70	25.85	10.72	18.28
2	176	428.70	25.42	6.80	16.11
3	175	421.07	25.85	8.46	17.16
4	176	421.54	25.42	8.36	16.89
5	174	391.67	26.27	14.85	20.56
6	176	418.57	25.42	9.01	17.22
7	174	382.50	26.27	16.85	21.56
8	175	403.70	25.85	12.24	19.04
9	176	420.81	25.42	8.52	16.97

10	175	406.17	25.85	11.70	18.77
11	174	411.59	26.27	10.52	18.40
12	176	417.80	25.42	9.17	17.30
13	175	419.20	25.85	8.87	17.36
14	176	397.90	25.42	13.50	19.46
15	175	394.66	25.85	14.20	20.03

Fuente: Elaboración propia.

Luego de tomar los valores de la tabla y procesarlos con el programa IBM SPSS Statistics 25, a través de la prueba de Correlación Bivariada, se obtuvieron los siguientes cuadros:

Tabla 16

Estadístico descriptivo del cultivo de Tomate y el Sistema Electrónico de riego por goteo.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desv. Desviación	N
Cultivo de Tomate	32,9340	4,72891	15
Sistema Electrónico Automático	18,3407	1,55220	15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Datos correlacionales entre el Cultivo de Tomate y el Sistema Electrónico de riego por goteo.

Correlaciones			
		Cultivo de Tomate	Sistema Electrónico Automático
	Correlación de Pearson	1	-,103
	Sig. (unilateral)		,358
Cultivo de Tomate	Suma de cuadrados y productos vectoriales	313,076	-10,548
	Covarianza	22,363	-,753
	N	15	15

	Correlación de Pearson	-,103	1
	Sig. (unilateral)	,358	
Sistema Electrónico Automático	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-10,548	33,730
	Covarianza	-,753	2,409
	N	15	15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Tabla de coeficientes para determinar la relación.

		Coeficientes				
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
Modelo		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	38,67	59,603		,856	,408
	Sistema Electrónico de riego por goteo	-,31	,999	-,084	-,31	,767

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos encontrar la constante igual a 38.67 y el valor adherido a la variable X es igual a -0.31. Estos 2 valores no ayudaron a graficar la relación que a continuación los demostramos.

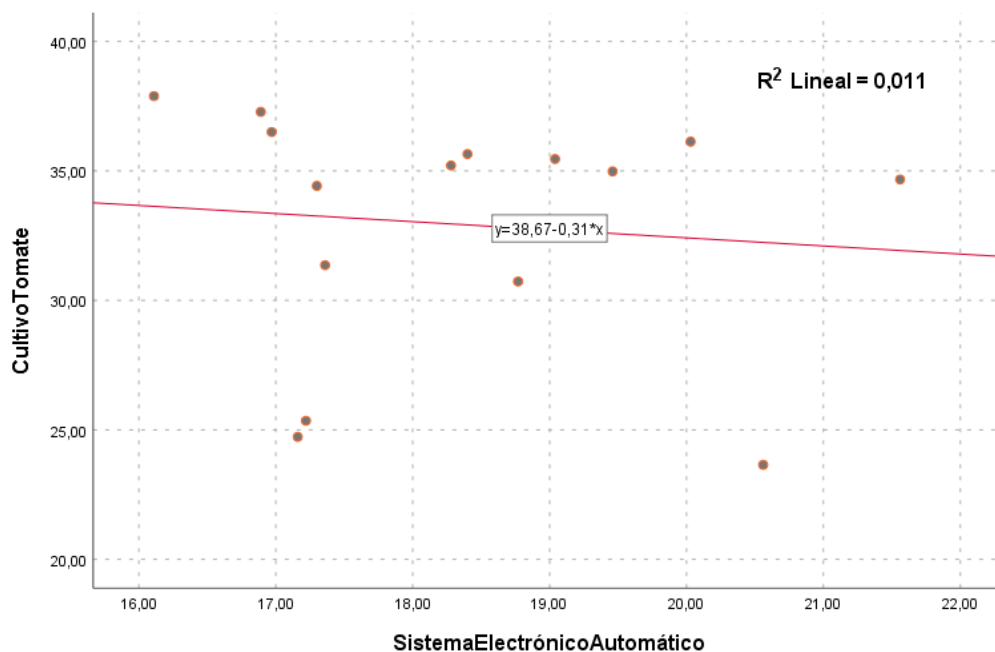


Figura 30: Gráfico de relación entre el Cultivo de Tomate y el Sistema Electrónico Automático. SPSS Statistics - Elaboración propia.

Encontramos la relación de la variable X con respecto a la variable Y, es decir la relación que existe entre el uso del sistema electrónico automático de riego por goteo y la calidad general de mejora del cultivo de tomate. Este valor es representado por la letra R elevada al cuadrado, su rango se encuentra entre 0 y 1, y su valor es igual a 0.011 ($0 \leq R^2 \leq 1$).

El valor $R^2 = 0.011$ es equivalente al 1.1%, puede que este valor sea muy bajo pero hay que tener en cuenta que hay otros factores que también intervienen y marcaron aún más como el 100% de reducción de lluvia, la presencia de un microclima creado a partir de la reducción de la Temperatura y Humedad en el ambiente designado para nuestro grupo de Experimental.

3.3. Otros resultados

3.3.1. Resultado 1

Tabla 19

Total de veces regadas y la cantidad total de agua suministradas.

Parcela	Veces regadas	Cantidad de Agua suministrada
1	2628	6146.58
2	3540	6900.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Diferencia y porcentaje de reducción de veces regadas y de agua suministrada entre el grupo experimental y el grupo de control.

Diferencia de veces regadas	% de Reducción de veces regadas	Diferencia de volumen de agua suministrado	% de Reducción de la cantidad de Agua suministrada
912	25.76	753.42	10.92

Fuente: Elaboración propia.

Después de recolectar nuestro datos (Ver Anexo 6) fueron procesados en la tabla 18, en donde se nos muestra la cantidad total de veces regadas y también la cantidad total de agua suministrada en cada parcela durante todo el proyecto, al analizar los datos y al plasmarlos en la tabla 19, determinamos el porcentaje de reducción del suministro de agua (10.92%) y de las veces de riego (25.76%) además de mostrarnos las diferencias entre ambos grupos, obteniendo que el Grupo Experimental ha regado 912 veces menos y ha reducido 753.42 m³ menos que el grupo de control.

En este tipo de análisis lo que al Agricultor le interesa es cuanto ganará o cuanto ahorrará si invierte en un nuevo tipo de proyecto. Para esto primero se encontró el costo del m³

determinado para la zona en la que se realizó nuestro estudio (S/. 1.448/m³) y lo multiplicamos por la cantidad total de agua suministrada.

Tabla 21

Cantidad total de agua suministrada, el costo del m³ y el costo total al final del Proyecto.

Parcela	Cantidad de Agua suministrada	Costo del m ³	Costo Total en S/.
1	6146.58	1.448	8900.25
2	6900.00	1.448	9991.20
Diferencia	753.42	1.448	1090.95

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar se encontró que la parcela de riego del grupo experimental ha suministrado 753.42 m³ menos que la del grupo de control, lo cual implica **S/. 1090.95** de ahorro en el recibo de agua.

3.3.2. Resultado 2

Luego de analizar los datos del Anexo 7, encontramos que el consumo mensual aproximado es de S/. 7.50 y al final del proyecto (126 días) fue un total aproximado de S/. 31.50, teniendo en cuenta como precio unitario en soles de kWh igual S/. 0.6455.

Tabla 22

Total de consumo de energía eléctrica.

	Watts	KwH	KwD	KwM	KwTP	S/. Mes	S/. Total
Total							
Consumo	8.26	0.50	0.38	11.54	48.84	7.45	31.52

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Resultado 3

Tabla 23

Costo de compra de materiales en 2 tiendas online.

Empresa	Total (S/.)
Ebay	515.7
Naylamp Mecatronics	964

Fuente: Elaboración propia.

Podemos determinar 2 ámbitos en este estudio económico, el primero va por el lado de tiempo de entrega, si es urgente, la opción correcta sería la Empresa trujillana Naylamp Mecatronics, la cual envía los pedidos al día siguiente de haber realizado el pago mientras que Ebay demora cerca de 2 meses en que los productos lleguen a la puerta de tu casa. El segundo ámbito va por el tema del ahorro económico, claramente Ebay supera a Naylamp en ahora por la diferencia de S/. 448.3 lo cual equivale al 46.51% de ahorro.

3.3.4. Resultado 4

Tabla 24

Porcentaje de reducción de los factores medioambientales del Grupo Experimental con respecto al Grupo de Control.

Temperatura	Humedad	Luz	Lluvia
0.04%	0.32%	6.72%	100%

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior es la continuación del Anexo 7, en el cual se nos muestra los valores promedio de los factores medioambientales influyentes en el cultivo, mientras que en la tabla 24 podemos observar el porcentaje de la diferencia que existe entre ambos valores, o lo que nosotros llamaremos el **“Porcentaje de Reducción de Factores Medioambientales”** y esto ha sido determinado y logrado gracias al tambo de cultivo preparado para el grupo experimental, cuyo armazón esta hecho de madera y el techo es recubierto de un plástico especial para invernadero color blanco translucido.

3.4. Discusión de los resultados.

3.4.1. Discusión 1

Al implementarse el sistema automático para el control del riego por goteo se pudieron observar muchas mejoras y beneficios obtenidos; y así como dijo (Olave Tufiño, 2008): "...mejorará la producción en este y otros cultivos y, tendrá mayores ingresos económicos". Por eso, en el presente proyecto quedó demostrado que la producción del cultivo de tomate en el Grupo Experimental, en promedio mejoró un **33.25%** con respecto al Grupo de Control, teniendo en cuenta el **28.61%** de mejora de la calidad del fruto y el **37.89%** de la mejora global de la planta.

También cabe contrastar los resultados mostrados en el proyecto del Ing. (Ríos, 2015), quien implementó al grupo experimental dentro de un invernadero recubierto con un plástico especial para cultivo, dándole a las plantas factores ambientales No Naturales (como la luz, viento, temperatura y humedad) generando así la pérdida total de sus plantas en la etapa de germinación; caso contrario en este proyecto dónde solo se puso un techo con plástico especial para el cultivo pero manteniendo las condiciones ambientales normales, se obtuvo el 100% de germinación de nuestras plantas.

Por otra parte tomamos en cuenta lo dicho por (Pastor Bennet, Barragán, Rossell Polo, Montserrat, & Cots, 1998): "El sistema semiautomático expuesto ha sido probado en un banco de ensayos tanto en su parte eléctrica como en la mecánica, siendo los resultados obtenidos satisfactorios", quedando probada esta teoría al obtener nosotros también resultados altamente satisfactorios.

Nuevamente tomamos nuestros datos y los comparamos con lo expuesto por (Pastor Bennet, Barragán, Rossell Polo, Montserrat, & Cots, 1998) que dijo: "Presenta las ventajas de su gran sencillez, su bajo consumo energético, resultando además económicamente viable debido al ahorro de mano de obra", y con nuestro proyecto aceptamos lo dicho por la misma razón de obtener resultados muy parecidos, en lo que concierne a la sencillez de su modelo, los bajos costos de implementación y el bajo consumo de energía eléctrica.

3.4.2. Discusión 2

Al tratar de encontrar alguna forma de poder escoger y analizar nuestros datos, no se consiguió algún dato relevante ni en las bases teóricas presentes o en alguna otra bibliografía confiable, salvo en el Libro Estadística Básica (Dicovski Riobóo, 2008) que nos da un pequeño indicio, para lo cual determinamos que las muestras serán manejadas bajo el concepto de Porcentaje de Mejora (en caso que sean factores maliciosos se llamará Porcentaje de Reducción). Con este concepto pudimos estandarizar comparar los valores con el Promedio General del Grupo de Control y obtener esas comparaciones; se puede afirmar que no hay estudio o análisis parecido en el caso de proyecto, por lo tanto se consideraría un estudio inédito.

3.4.3. Discusión 3

Si tomamos lo que nos dice la R.A.E. (Real Academia Española, 2019) sobre lo que es un Microclima: “*Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado, resultado de una modificación más o menos acusada y puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales.*”, afirmamos que gracias a la estructura construida para nuestro proyecto, inesperadamente, se ha logrado crear un microclima favorable para el cultivo, que gracias al plástico especial para invernadero adaptado en el techo rejudo 6.72% (en números que entiende en sensor sería un rango de diferencia de 67.2) la intensidad lumínica, lo cual disminuyó casi en su totalidad la presencia de la plaga llamada “mosca blanca”, mientras que el Grupo de control se logró controlar pero aún había mínima presencia en las semanas 6, 7, 12, 13, 17, 18 y 19; también al eliminar la influencia de la lluvia en el Grupo Experimental se redujo completamente la presencia de *Rhizoctonia solania*, *Fusarium sp* y *Pythium sp*, hongos presentes en la primera y segunda semana de germinación y trasplante, estos son los causantes de la enfermedad llamada “*Chupadera Fungosa*” que ataca directamente a la raíz de las plantas y si no se detecta a tiempo puede echar a perder nuestra producción y por último al disminuir el grado de humedad del ambiente también se disminuyó la presencia del hongo conocido como “La Ranchara o Hielo” que afecta a las hojas debido a la alta presencia de humedad en las mismas.

CONCLUSIONES

- Tal y como se muestra en la figura 14, tenemos 95% de grado de confianza, nuestra $t_t=1.701$ y nuestra $t_c=22.71$, dejando fuera de la zona de aceptación de Hipótesis Nula, es decir se acepta la Hipótesis Alternativa, la cual nos afirma que el Sistema Automático de riego por goteo, mejora la calidad del cultivo de tomate en el distrito de Lamas. Se concluye que el sistema es favorable para el riego tecnificado del cultivo del tomate, también se espera que al tratarse de otros frutos o también de su masificación, pueda rendir favorablemente de la misma forma que lo sucedido en este proyecto. Esto representaría un gran avance en la agricultura Regional y también ayudaría a confiar a los agricultores, quienes aún no dan visto bueno a este tipo de tecnologías.
- Al momento de determinar la calidad del cultivo, como se mencionó anteriormente consideramos 2 factores importantes, que son el Fruto y a la Planta propiamente dicha. Se sabe que los frutos del Grupo Experimental tienen una calidad 28.61% mejor que los del Grupo de Control; por otro lado las plantas del Grupo Experimental también presentan una mejora del 37.89% con respecto a sus competidores.
Hablando de términos generales sabemos que el cultivo del tomate mejoró 33.25% en su totalidad, fortaleciendo lo establecido en el párrafo anterior y rechazando la Hipótesis Nula.
- Se puede afirmar que el sistema es altamente rentable debido a 3 grandes factores: primero tenemos al considerable porcentaje de ahorro de agua equivalente al 10.92% (753.42 litros), segundo está el bajo consumo eléctrico al final del mes, siendo menos a S/. 8, y por último, con una buena planificación tenemos al tercer factor que consideramos al bajo costo de inversión, con un monto aproximado de 500 soles en caso de estudio y recopilación de datos, pero como centro de control y procesado de operaciones se invertiría cerca de S/. 300, reduciendo un 40% nuestro primer presupuesto.

- Concluimos que al instalar el tambo para poder reducir el porcentaje de los factores medioambientales se obtuvo resultados del 1% con respecto a la Temperatura y la Humedad, 6% en la disminución de la Luz recibida y se disminuyó 100% en índice de lluvias. Provocando un Microclima favorable para el crecimiento de las plantas y para la reducción de imperfecciones.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al instalar un Sistema de riego, primero identificar los sensores a utilizar, para posteriormente calibrarlos, ya que vienen pre calibrados para un tipo de suelo estándar y muchas veces no va de acorde con nuestro estudio.
- Para mediciones del suelo, se recomienda usar el Sensor YL – 69 para el caso de la Humedad y para la Temperatura del suelo, la mejor opción sería el sensor DS18B20, ya que en algunos casos utilizaron el DHT22 (Sensor de Temperatura y Humedad del Ambiente) presentando diferentes problemas.
- En caso de una producción pequeña o de contar con un buen presupuesto se recomienda instalar el tambo especial para cultivo, ya que se ha demostrado que crea un microclima benéfico para el crecimiento de nuestras plantas y frutos.
- Supervisar constantemente el sistema y también los sensores, ya que en caso de fuertes lluvias con truenos y relámpagos, se han presentado problemas como Reseteo, Reinicio o en algunos casos graves perdida de esos equipos. Por otro lado también tenemos que con el tiempo y el contacto directo con el agua los sensores de suelo tienden a deteriorarse y a descascarar su cubierta metálica, perdiendo así la facilidad de realizar mediciones exactas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino Corp. (2019). *Arduino*. Obtenido de Arduino: www.arduino.cc
- Berlijn, J. (1990). *Riego y Drenaje. 2da Edición*.
- Carvajal Monterrosa, A. B. (26 de Febrero de 2018). *Iberoamérica Divulga*. Obtenido de <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Sociedad-de-informacion-y>
- Choquejahuá Poma, W. J. (2010). *Sistema de riego por goteo computarizado para la gestión del recurso hídrico de la hacienda Chacra Blanca en la Yarada distrito de Tacna*. Tacna, Perú.
- Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. (2005). *Calidad en Investigación*. Madrid: D.G.
- Cruz Concha, J. C. (2009). *Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para la uva Italia*. Lima: PUCP.
- Dicovski Riobóo, L. M. (2008). *Estadística Básica*. Nicaragua: UNI Norte.
- Dirección Regional de Agricultura de San Martín. (2017). *Estadística Regional, Provincial, Distrital 2010 - 2017 Cultivos - Priorizados*. Tarapoto, Perú.
- Ecu Red. (2018). www.ecured.cu. Obtenido de https://www.ecured.cu/Herramientas_informaticas
- Facultad de Ciencias Agronómicas de Chile. (2009). *Manual del cultivo de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Chile: Innova Chile - CORFO.
- Fried, G. H. (1990). *BIOLOGIA* Pág. 383.
- Goval, M. R. (2009). *Manejo de riego por goteo 4ta Edición; los sistemas de Riego*.
- Humpherys, A. (1995). *Semiautomation of irrigated basin and borders: II Dual-Function*. ASAE.
- Humpherys, A. (1995). *Water sensor feedback control system for surface irrigation*. ASAE.
- Infante Gonzales, J., & Fernández Cobiza, C. (2015). *Huertos urbanos y macetohuertos*. OBERON.
- Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. (2013). *Resultados definitivos del IV Censo Nacional Agropecuario*. Lima.
- Liotta, m. (2015). *Riego por goteo*. Rivadaria: UCAR.

- Massachusetts Institute of Technology. (2015). *Guía de iniciación a APP Inventor*. Massachusetts: MIT.
- Medina San Juan, J. A. (2004). *Riego por goteo. 4ta Edición*.
- Ministerio de Agricultura y ganadería. (2013). *El cultivo de Tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana*. Paraguay.
- Monk, S. (2010). *30 Arduino projects for the Evil Genius*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- North Carolina Department of Agriculture. (2014). *Tomate*. Carolina del Norte, USA.
- Olave Tufiño, P. S. (2008). *Capacitación e implantación de un sistema de riego por goteo para el cultivo de sandía (Citrullus Lanatus) en el colegio Alfredo Pérez Guerrero del Cantón Muisne de la Provincia de Esmeraldas*. Esmeraldas.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (Junio de 2018). *www.fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Pastor Bennet, R., Barragán, J., Rossell Polo, J. R., Montserrat, J., & Cots, L. (1998). *Riegos y Drenajes XXI*. Lleyda: ISSN.
- Real Academia Española. (2019). *Diccionario*. España: RAE.
- Ríos Ríos, B. (2015). *Monitoreo automatizado de la temperatura y la humedad del suelo de un invernadero para la producción de tomate, distrito de morales, junio - diciembre 2015*. Morales, Tarapoto.
- Ríos, B. (2015). *Monitoreo automatizado de la temperatura y la humedad del suelo de un invernadero para la producción de tomate, distrito de morales, junio - diciembre 2015*. Morales, Tarapoto.
- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2006). *Metodología y diseños en investigación científica*. Lima: Visión Universitaria.
- Van de Velde, H. (2008). *Texto de consulta y de referencia: Sistematización*. Nicaragua: CICAP.
- Villón Bejar, M. (Julio, 2004). *Drenaje*.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de los promedios de los indicadores de calidad del fruto planta cada planta.

Parcela	Planta	Promedio del Diámetro del Fruto	Promedio del Peso (gr.)	Promedio de la Forma del Fruto	Promedio de la Contextura	Promedio de la Coloración Correcta	Promedio de la Cantidad de Imperfecciones
1	1	8.35	150.30	4.70	4.80	4.40	0.50
1	2	8.44	151.10	4.70	4.70	4.50	0.40
1	3	8.49	151.80	4.40	4.30	4.50	0.50
1	4	9.03	149.80	4.80	4.50	4.40	0.60
1	5	8.17	151.70	4.40	4.60	4.60	0.60
1	6	9.08	152.30	4.70	4.60	4.10	0.60
1	7	8.3	150.90	4.40	4.40	4.70	0.50
1	8	8.56	148.30	4.50	4.70	4.60	0.60
1	9	8.96	149.70	4.50	4.90	4.50	0.40
1	10	8.25	149.40	4.60	4.60	4.50	0.50
1	11	8.56	154.50	4.50	4.50	4.50	0.60
1	12	8.21	149.10	4.60	4.40	4.60	0.50
1	13	8.37	151.30	4.40	4.30	4.50	0.50
1	14	9.07	148.10	4.80	4.60	4.60	0.60
1	15	9.17	151.00	4.40	4.50	4.40	0.80
2	1	7.14	108.70	3.70	3.80	4.00	0.80
2	2	7.78	102.70	3.90	3.30	3.60	1.20
2	3	7.6	107.70	3.60	4.10	3.50	0.70
2	4	7.71	108.80	3.60	3.70	3.80	1.30
2	5	7.39	109.00	3.70	3.60	3.60	1.20
2	6	7.26	106.80	3.10	3.50	3.60	0.90
2	7	7.01	108.40	3.90	3.50	3.90	1.50
2	8	7.88	106.80	4.00	3.70	3.40	0.70
2	9	6.78	110.40	3.70	3.80	3.50	1.00

2	10	7.6	104.30	3.20	3.90	3.60	0.80
2	11	7.65	104.60	3.50	3.70	3.30	0.60
2	12	7.2	108.40	3.60	3.40	3.40	1.10
2	13	7.3	106.40	3.70	4.10	3.80	1.10
2	14	7.24	111.50	3.70	4.00	3.50	0.30
2	15	6.92	104.30	3.40	4.00	3.70	1.10

Anexo 2

Tabla de porcentajes de mejora de los indicadores de calidad del fruto de cada planta, analizados en base a ambos grupos de prueba, siendo comparados en el Grupo de Control.

Parcela	Planta	% de Mejora del Diámetro	% de Mejora del Peso	% de Mejora de la Forma	% de Mejora de la Contextura	% de Mejora de la Coloración	% de Reducción de Imperfecciones	% de Mejoramiento Total del Fruto
1	1	13.45	40.15	29.83	28.34	21.88	47.37	30.17
1	2	14.67	40.90	29.83	25.67	24.65	57.89	32.27
1	3	15.35	41.55	21.55	14.97	24.65	47.37	27.57
1	4	22.69	39.69	32.60	20.32	21.88	36.84	29.00
1	5	11.01	41.46	21.55	22.99	27.42	36.84	26.88
1	6	23.37	42.02	29.83	22.99	13.57	36.84	28.11
1	7	12.77	40.71	21.55	17.65	30.19	47.37	28.37
1	8	16.30	38.29	24.31	25.67	27.42	36.84	28.14
1	9	21.74	39.59	24.31	31.02	24.65	57.89	33.20
1	10	12.09	39.31	27.07	22.99	24.65	47.37	28.92
1	11	16.30	44.07	24.31	20.32	24.65	36.84	27.75
1	12	11.55	39.03	27.07	17.65	27.42	47.37	28.35
1	13	13.72	41.09	21.55	14.97	24.65	47.37	27.23
1	14	23.23	38.10	32.60	22.99	27.42	36.84	30.20
1	15	24.59	40.81	21.55	20.32	21.88	15.79	24.16
2	1	-2.99	1.36	2.21	1.60	10.80	15.79	4.80
2	2	5.71	-4.23	7.73	-11.76	-0.28	-26.32	-4.86
2	3	3.26	0.43	-0.55	9.63	-3.05	26.32	6.01

2	4	4.76	1.45	-0.55	-1.07	5.26	-36.84	-4.50
2	5	0.41	1.64	2.21	-3.74	-0.28	-26.32	-4.35
2	6	-1.36	-0.41	-14.36	-6.42	-0.28	5.26	-2.93
2	7	-4.76	1.08	7.73	-6.42	8.03	-57.89	-8.70
2	8	7.07	-0.41	10.50	-1.07	-5.82	26.32	6.10
2	9	-7.88	2.95	2.21	1.60	-3.05	-5.26	-1.57
2	10	3.26	-2.74	-11.60	4.28	-0.28	15.79	1.45
2	11	3.94	-2.46	-3.31	-1.07	-8.59	36.84	4.22
2	12	-2.17	1.08	-0.55	-9.09	-5.82	-15.79	-5.39
2	13	-0.82	-0.78	2.21	9.63	5.26	-15.79	-0.05
2	14	-1.63	3.97	2.21	6.95	-3.05	68.42	12.81
2	15	-5.98	-2.74	-6.08	6.95	2.49	-15.79	-3.52

Anexo 3

Tabla de los promedios de los indicadores de calidad de la planta analizados en cada planta de ambos grupos de prueba.

Parcela	Planta	Altura de la Planta (cm)	Cantidad de Frutos Buenos	Cantidad de Frutos defectuosos	Cantidad Total de Frutos	Cantidad de Plagas y/o enfermedades
1	1	88	44	3	47	0
1	2	83	44	1	45	0
1	3	86	44	9	53	2
1	4	83	46	1	47	0
1	5	85	42	3	45	8
1	6	80	42	9	51	0
1	7	90	42	2	44	0
1	8	81	46	2	48	0
1	9	89	45	0	45	4
1	10	92	42	5	47	1
1	11	87	45	0	45	2
1	12	85	45	3	48	0
1	13	93	47	7	54	0
1	14	87	46	4	50	0

1	15	81	49	1	50	0
2	1	74	34	9	43	8
2	2	79	38	4	42	9
2	3	81	33	8	41	11
2	4	79	36	9	45	9
2	5	82	35	7	42	8
2	6	77	32	8	40	9
2	7	82	35	7	42	11
2	8	77	41	9	50	11
2	9	79	35	8	43	9
2	10	80	36	7	43	9
2	11	83	38	8	46	11
2	12	78	33	7	40	8
2	13	80	35	6	41	7
2	14	81	38	8	46	13
2	15	77	40	5	45	8

Anexo 4

Tabla de porcentajes de mejora de los indicadores de calidad de cada planta, analizados en base a ambos grupos de prueba, siendo comparados en el Grupo de Control.

Parcela	Planta	% de Mejoramiento de la Altura	% de Mejoramiento de Frutos Buenos	% de Reducción de Frutos Malos	% de Mejoramiento de la Cantidad Total de Frutos	% de Reducción de Enfermedades y/o Plagas	% del Mejoramiento Total de la Planta
1	1	11.01	22.46	59.07	8.65	100.00	40.24
1	2	4.71	22.46	86.36	4.02	100.00	43.51
1	3	8.49	22.46	-22.78	22.52	78.72	21.88
1	4	4.71	28.03	86.36	8.65	100.00	45.55
1	5	7.23	16.89	59.07	4.02	14.89	20.42
1	6	0.92	16.89	-22.78	17.89	100.00	22.58

1	7	13.54	16.89	72.71	1.71	100.00	40.97
1	8	2.18	28.03	72.71	10.96	100.00	42.78
1	9	12.27	25.24	100.00	4.02	57.45	39.80
1	10	16.06	16.89	31.79	8.65	89.36	32.55
1	11	9.75	25.24	100.00	4.02	78.72	43.55
1	12	7.23	25.24	59.07	10.96	100.00	40.50
1	13	17.32	30.81	4.50	24.83	100.00	35.49
1	14	9.75	28.03	45.43	15.58	100.00	39.76
1	15	2.18	36.38	86.36	15.58	100.00	48.10
2	1	-6.65	-5.37	-22.78	-0.60	14.89	-4.10
2	2	-0.34	5.76	45.43	-2.91	4.26	10.44
2	3	2.18	-8.15	-9.14	-5.22	-17.02	-7.47
2	4	-0.34	0.19	-22.78	4.02	4.26	-2.93
2	5	3.44	-2.59	4.50	-2.91	14.89	3.47
2	6	-2.86	-10.94	-9.14	-7.54	4.26	-5.24
2	7	3.44	-2.59	4.50	-2.91	-17.02	-2.92
2	8	-2.86	14.11	-22.78	15.58	-17.02	-2.60
2	9	-0.34	-2.59	-9.14	-0.60	4.26	-1.68
2	10	0.92	0.19	4.50	-0.60	4.26	1.85
2	11	4.71	5.76	-9.14	6.33	-17.02	-1.87
2	12	-1.60	-8.15	4.50	-7.54	14.89	0.42
2	13	0.92	-2.59	18.14	-5.22	25.53	7.36
2	14	2.18	5.76	-9.14	6.33	-38.30	-6.63
2	15	-2.86	11.33	31.79	4.02	14.89	11.83

Anexo 5

Total de días y horas en los que hubo presencia de lluvias.

Fecha	Hora	Intensidad de lluvia
22/8/2018	06:00:00	682
22/8/2018	12:00:00	677
22/8/2018	18:00:00	655

12/9/2018	00:00:00	713
12/9/2018	12:00:00	714
12/9/2018	18:00:00	775
16/9/2018	00:00:00	849
16/9/2018	06:00:00	844
16/9/2018	12:00:00	838
16/9/2018	18:00:00	843
17/9/2018	00:00:00	971
17/9/2018	18:00:00	869
29/9/2018	00:00:00	852
13/10/2018	00:00:00	688
14/10/2018	06:00:00	710
14/11/2018	00:00:00	841
14/11/2018	12:00:00	734
14/11/2018	18:00:00	944
6/12/2018	12:00:00	773
12/12/2018	00:00:00	1006
12/12/2018	06:00:00	1015
12/12/2018	12:00:00	1007
12/12/2018	18:00:00	1001
23/12/2018	12:00:00	757
24/12/2018	18:00:00	814

Anexo 6

Promedio de consumo de agua por planta y el porcentaje de reducción del mismo con respecto al promedio general del grupo de control.

Parcela	Planta	Promedio de consumo de agua	% de Reducción del consumo de agua
1	1	0.81	59.42
1	2	0.84	57.81
1	3	0.83	58.56

1	4	0.83	58.51
1	5	0.77	61.45
1	6	0.82	58.81
1	7	0.75	62.35
1	8	0.79	60.27
1	9	0.83	58.58
1	10	0.80	60.02
1	11	0.81	59.49
1	12	0.82	58.88
1	13	0.83	58.74
1	14	0.78	60.84
1	15	0.78	61.16
2	1	4	0
2	2	4	0
2	3	4	0
2	4	4	0
2	5	4	0
2	6	4	0
2	7	4	0
2	8	4	0
2	9	4	0
2	10	4	0
2	11	4	0
2	12	4	0
2	13	4	0
2	14	4	0
2	15	4	0

Anexo 7

Promedio de muestras (datos) de los factores intervinientes en un cultivo.

Parcela	Temperatura	Humedad	Luz	Lluvia
1	23.23	74.37	423.59	0
2	23.24	74.61	454.13	135.3

Anexo 8

Consumo general de cada dispositivo electrónico, su consumo mensual y al final de todo el proyecto.

Componente	Cantidad	Voltios	Amperios	Watts	KwH	KwD	KwM	KwTP	S/.	S/.
									Mes	Total
DHT22	2	5	0.002	0.02	0.00	0.03	0.86	3.66	0.56	2.36
LDR	2	0.1	0.10	0.02	0.00	0.00	0.03	0.11	0.02	0.07
HC 05	1	5	0.05	0.25	0.02	0.01	0.32	1.37	0.21	0.89
DS18B20	15	5	0.002	0.15	0.01	0.01	0.19	0.82	0.13	0.53
YL - 83	1	5	0.015	0.08	0.00	0.00	0.10	0.41	0.06	0.27
YL - 69	15	5	0.035	2.63	0.16	0.11	3.40	14.40	2.20	9.30
Arduino Mega	1	5	0.093	0.47	0.03	0.02	0.60	2.55	0.39	1.65
TFT 2.4"	1	5	0.50	2.50	0.15	0.11	3.24	13.72	2.09	8.85
Relay	15	5	0.01	0.75	0.05	0.03	0.97	4.11	0.63	2.66
Electroválvula	15	12	0.008	1.40	0.08	0.06	1.81	7.68	1.17	4.96

Anexo 9

Precios de los componentes electrónicos en diferentes tiendas Online.

Componente	Cantidad	Ebay		Naylamp Mecatronics	
		Precio Unitario	Total	Precio Unitario	Total
Arduino Mega	1	33.00	33.00	70.00	70.00
TFT 2.4"	1	27.50	27.50	50.00	50.00
Lector SD	1	7.00	7.00	12.00	12.00
DHT22	2	10.00	20.00	20.00	40.00
LDR	2	0.10	0.20	1.00	2.00
YL - 83	1	8.00	8.00	10.00	10.00
YL - 69	15	3.00	45.00	9.00	135.00
DS18B20	15	5.00	75.00	11.00	165.00
Módulo Relay x8	2	20.00	40.00	15.00	30.00
Electroválvulas	16	15.00	240.00	25.00	400.00
Extras	1	20.00	20.00	50.00	50.00