



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

PROYECTO

ALGORITMO MATEMÁTICO QUE PERMITA AUTOMATIZAR UN SISTEMA DE
RIEGO CONSIDERANDO LA HUMEDAD DEL SUELO EN EL SECTOR DE BAJADA
DE CHANDUY PROVINCIA DE SANTA ELENA

INFORME DE INVESTIGACIÓN PREVIO AL TÍTULO DE: MAGÍSTER EN
MATEMÁTICA, MENCIÓN MODELACIÓN MATEMÁTICA

AUTOR

VICTOR HUGO VILLÓN PINCAY

TUTOR:

ING. FABRICIO GUEVARA VIEJO PhD

MILAGRO, AGOSTO – 2023

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Por la presente hago constar que he analizado el proyecto de informe de investigación presentado por el Sr Víctor Hugo Villón Pincay con el tema ALGORITMO MATEMÁTICO QUE PERMITA AUTOMATIZAR UN SISTEMA DE RIEGO CONSIDERANDO LA HUMEDAD DEL SUELO EN EL SECTOR DE BAJADA DE CHANDUY PROVINCIA DE SANTA ELENA

para la obtención del título de MAGÍSTER EN MATEMÁTICA CON MENCIÓN EN MODELACIÓN MATEMÁTICA, el cual acepto dar el acompañamiento correspondiente al estudiante, durante la etapa de desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Milagro, 12 de marzo de 2023



ING. FABRICIO GUEVARA VIEJO PhD

Cedula # 0917882961

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El autor de esta investigación declara ante el Comité Académico del Programa de Maestría en Modelación Matemática de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de mi propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que está referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad, no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título de una institución nacional o extranjera.

Milagro, 12 de marzo de 2023



Firmado electrónicamente por
VICTOR HUGO VILLON
PINCAAY

VICTOR HUGO VILLON PINCAAY

Cedula # 0912636973

CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO DIRECCIÓN DE POSGRADO CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN MATEMÁTICA CON MENCIÓN EN MODELACIÓN MATEMÁTICA**, presentado por **LIC. VILLON PINCAY VICTOR HUGO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado **"ALGORITMO MATEMÁTICO QUE PERMITA AUTOMATIZAR UN SISTEMA DE RIEGO CONSIDERANDO LA HUMEDAD DEL SUELO EN EL SECTOR DE BAJADA DE CHANDUY PROVINCIA DE SANTA ELENA"**, las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	60.00
DEFENSA ORAL	40.00
PROMEDIO	100.00
EQUIVALENTE	Excelente



Mgti. LAZO SULCA RAFAEL SELEYMAN
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
VOCAL



MBA. BASURTO QUILLIGANA ROBERTO
IVAN
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Señor Doctor.

Fabricio Guevara Viejo

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho de Autor del Trabajo realizado como requisito previo a la obtención de mi Título de Cuarto Nivel, cuyo tema fue “ALGORITMO MATEMÁTICO QUE PERMITA AUTOMATIZAR UN SISTEMA DE RIEGO CONSIDERANDO LA HUMEDAD DEL SUELO EN EL SECTOR DE BAJADA DE CHANDUY PROVINCIA DE SANTA ELENA” y que corresponde al Vicerrectorado de Investigación y Posgrado.

Milagro, 12 de marzo de 2023



Firmado electrónicamente por:
VICTOR HUGO VILLON
PINCAY

VICTOR HUGO VILLON PINCAY

Cedula # 0912636973

DEDICATORIA

El proyecto realizado en esta investigación, va dedicado a Dios como fuente infinita de Sabiduría y Comprensión, ha proveído la fuerza y recursos necesarios para seguir adelante en todos los aspectos de mi vida y saber. Él nunca me olvida, aunque en ocasiones me olvido de Él.

A mi familia por ser el motivo de mi vida, mi esposa Mary Ochoa Gómez que es el motor que me mueve cada día, amigos y compañeros por todo este tiempo de ayuda y compañía.

Víctor Hugo Villón P.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestro Padre Celestial, que es la fuente de toda sabiduría, el que guía mi camino, y me busca sendero por donde dirigirme correctamente, por la salud mía y de mi familia.

A la prestigiosa Universidad Estatal de Milagro UNEMI por acogerme como en sus salones de clase, y darme la oportunidad de seguir esta maestría, que ha elevado mi conocimiento profesional.

Al personal docente que se esfuerza cada día para brindar una educación superior con excelencia a todos los estudiantes de la universidad en todos los niveles.

Gracias por este hermoso sueño que se está cumpliendo y la oportunidad de crecer como profesional.

Víctor Hugo Villón P.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4. PREGUNTA DE INVETIGACIÓN.....	3
1.5. DETERMINACIÓN DEL TEMA	3
1.6. OBJETIVOS GENERALES	4
1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.8. HIPÓTESIS.....	4
1.9. DECLARACION DE LAS VARIABLES.....	6
1.10. JUSTIFICACIÓN	7
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	8
2.1. ANTECEDENTES HISTORICOS.....	8
2.2. ANTECEDENTES REFERENCIALES	8
2.3. CONTENIDO TEORICO QUE FUNDAMENTA LA INVESTIGACIÓN	9
CAPITULO III	29
DISEÑO METODOLÓGICO	29
3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN	30
3.2. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.....	31
3.3. DISEÑO DEL ALGORITMO	32
PRUEBA DE HUMEDAD DEL SUELO	33
TABLA 1: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	33
TABLA 2: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	33
TABLA 3: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	34
TABLA 4: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	34

TABLA 5: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	35
TABLA 6: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	35
TABLA 7: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	36
TABLA 8: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	36
TABLA 9: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	37
TABLA 10: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	37
TABLA 11: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE	38
CODIGO MATLAB PRUEBA 1 VOLTAJE VS HUMEDAD	39
FIGURA 1: VOLTAJE VS HUMEDA	40
CODIGO MATLAB PRUEBA 2 VOLTAJE VS HUMEDAD	41
FIGURA 2: VOLTAJE VS HUMEDA	42
CODIGO MATLAB PRUEBA 3 VOLTAJE VS HUMEDAD	43
FIGURA 3: VOLTAJE VS HUMEDA	44
CODIGO MATLAB PRUEBA 4 VOLTAJE VS HUMEDAD	45
FIGURA 4: VOLTAJE VS HUMEDA	46
CODIGO MATLAB PRUEBA 5 VOLTAJE VS HUMEDAD	47
FIGURA 5: VOLTAJE VS HUMEDA	48
ANALISIS DE VOLTAJE VS HUMEDAD	49
PRUEBA CAUDAL DEL AGUA	75
TABLA 12	75
CODIGO MATLAB PRUEBA 6 CAUDAL VS ABERTURA.....	76
FIGURA 6: CAUDAL VS ABERTURA.....	77
CODIGO MATLAB PRUEBA 7 CAUDAL VS ABERTURA.....	78
FIGURA 7: CAUDAL VS ABERTURA.....	79
CODIGO MATLAB PRUEBA 8 CAUDAL VS ABERTURA.....	80
FIGURA 8: CAUDAL VS ABERTURA.....	81
CODIGO MATLAB PRUEBA 6 CAUDAL VS ABERTURA.....	82
FIGURA 9: CAUDAL VS ABERTURA.....	83
ANALISIS DE CAUDAL VS ABERTURA.....	84
DIAGRAMAS DE SIMULINK.....	94
DIAGRAMA 1	94

GRAFICO DEL DIAGRAMA 1	94
DIAGRAMA 2	95
GRAFICO DEL DIAGRAMA 2	95
DIAGRAMA 3	96
GRAFICO DEL DIAGRAMA 3	96
CODIGO ARDUINO CAUDAL VS APERTURA	97
CODIGO ARDUINO TESTEO DE FÓRMULA	101
CONCLUSIONES.....	103
RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFIA.....	105

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la implementación de un algoritmo matemático, que permitirá realizar la medición efectiva de la humedad del suelo, para la automatización del sistema de riego en la zona de la comuna “Bajada de Chanduy” de la Provincia de Santa Elena. La investigación consideró una orientación descriptiva que permitió conocer las causas y consecuencias del problema sobre la dotación de riego en el cultivo y la utilidad de la automatización de riego mediante la implementación de un algoritmo matemático; las variables analizadas fueron la humedad con una masa de tierra saturada al 100% de humedad y el análisis de tierra seca por evaporación del agua, proceso que determina la humedad gravitacional cuyo promedio de humedad en pérdida es de 18%, apertura de la válvula, caudal del agua con estos valores se procede a elaborar el algoritmo, que nos ayuda al nacimiento, crecimiento y cosecha del cultivo de choclo. Cabe recalcar que se realizaron pruebas y gráficos gracias a la utilización de herramientas adecuadas como un Arduino y un voltímetro, las cuales ayudaron a encontrar la ecuación matemática que nos permite medir de forma óptima la humedad del suelo con una apertura del caudal. Del mismo modo se realizó el seguimiento del proceso de crecimiento y henificación, el cual consiste en fertilizar el suelo, controlar las plagas y malezas de la planta de choclo, para que el producto final sea de alta calidad

PALABRAS CLAVES: Algoritmo matemático, sistema de riego, suelo, humedad, caudal, apertura, automatización

ABSTRACT

The present work aims at implementing a mathematical algorithm, which will allow to carry out the effective measurement of soil moisture for the automation of the irrigation system in the area of the "Bajada de Chanduy" commune in the Province of Santa Elena. This research considered a descriptive approach, which allowed knowing the causes and consequences of the problem on the provision of irrigation in crops and the usefulness of irrigation automation through the implementation of a mathematical algorithm; the variables analyzed were the humidity with a mass of land saturated at 100% humidity and the analysis of dry soil by evaporation of water, a process that determines the gravitational humidity whose average humidity loss is 18%, valve opening, water flow, with these values with we proceed to create the algorithm, which helps us to the birth, growth and harvesting of the crop corn. It is worth mentioning that tests and graphics were conducted thanks to the use of adequate tools, such as an Arduino and voltmeter, which facilitated the finding of the mathematical equation allowing us to measure in an optimal way the soil moisture with a flow opening. Likewise, a growth and haymaking monitoring of the process was carried out, which consists in fertilizing the soil, performing a plague and weed control, in order for the final product to be from high quality. Water flow

KEY WORDS: mathematical algorithm, irrigation system, soil, moisture, flow, opening, automation

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la comuna de Bajada de Chanduy de la provincia de Santa Elena con un aproximado de 3000 habitantes es un sector de la costa ecuatoriana, sus cultivos de ciclo corto se los realiza en épocas de invierno, en el verano las fincas no aprovechan de forma adecuada el agua del transvase Chongón – San Vicente sus sistemas de riego son precarios, el algoritmo matemático automatizado podrá facilitar y aprovechar el agua para los cultivos en todo el año.

La Matemática es una de las ciencias experimentales muy importante para el desarrollo de la sociedad, por su contenido que optimiza el desarrollo cognitivo e intelectual y en la actualidad el desarrollo de la tecnología, por su proceso lógico y de razonamiento ordenado y secuencial, preparándolos para el desarrollo de un pensamiento crítico. (Porras, 2015)

Los Matemáticos suelen decir que la esencia de las matemáticas está en la belleza de los números, figuras y relaciones, hay una gran verdad en eso. Pero la fuerza motriz de la innovación matemática en los siglos pasados ha sido el deseo de entender cómo funciona la naturaleza. (Vázquez, 2002)

El presente trabajo investigativo muestra una relevancia del diseño del algoritmo matemático que permite seguir la secuencia de instrucciones para medir la humedad del suelo para la automatización de un sistema de riego, este tema es relevante porque

permite resolver un problema en la dotación de agua eficiente a las plantas, paso a paso para dar una respuesta en el desarrollo adecuada de las plantas y que los cultivos tengan un buen rendimiento productivo eficaz. (Crespin, 2020)

1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un elemento vital para la vida del ser humano y los demás seres vivos; en el sector agrícola el agua es considerado como un bien público, recurso natural que se ha convertido en un elemento escaso para los cultivos, es por eso que se debe optimizar el aprovechamiento a través de un uso eficiente de este recurso para que los campesinos tengan un aumento en su productividad y oferta alimentaria a la población, lo que contribuirá a reducir los niveles pobreza y marginación en las familias campesinas con ello el mejoramiento de las condiciones y calidad de vida.

El algoritmo matemático permitirá seguir mediante la secuencia de instrucciones la humedad del suelo, en la comuna de Bajada de Chanduy que pertenece a la Península de Santa Elena, las pruebas se lo hará en la finca Baldomero que pertenece a don Marcelino Villón Quinde, en un área de 1 una hectárea en cultivo de choco.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Una forma de optimizar el uso del agua, es con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, el algoritmo matemático es un recurso que favorece para la durabilidad del agua en tiempo de verano que escasea este recurso. (Juliana & Felipe, 2016)

El agua es un problema en los meses de junio hasta diciembre por tal razón se realizó las siguientes preguntas que nos ayudaran para plantear una solución para la comunidad

de Bajada de Chanduy.

¿La comuna Bajada de Chanduy de la Provincia de Santa Elena tiene problema con su abastecimiento de agua por tal motivo necesita un algoritmo matemático que automatice un sistema de riego para humedecer los cultivos de ciclo corto?

1.4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál debe ser el medio para obtener un modelo matemático para un sistema de riego en la comuna Bajada de Chanduy de la provincia de Santa Elena?

¿El agua es utilizada de una forma correcta o se necesita un sistema de riego automatizado?

¿El sector de la comuna Bajada de Chanduy para sembrar se requiere humedecer el suelo para los sembríos de ciclo corto?

1.5. DETERMINACIÓN DEL TEMA

La comuna Bajada de Chanduy es un sector donde todavía no se aplica ninguna clase de tecnología para mejorar sus cultivos, de esta forma nos da hincapié para introducir nuestros conocimientos adquirido en la maestría y elaborar el algoritmo matemático que permita automatizar un sistema de riego considerando la humedad del suelo, este ayudara para optimizar y utilizar de manera eficiente el agua, ya que este tiene un costo y no todos pueden pagar facturas con altos costos

1.6. OBJETIVOS GENERALES

Desarrollar un algoritmo matemático que permita automatizar un sistema de riego considerando la humedad del suelo en el sector de la comuna “Bajada de Chanduy” de la Provincia de Santa Elena.

1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio experimental para la obtención del modelo matemático de sensores de humedad tipo sonda en el terreno de estudio.
- Implementar un sistema de control para la activación automática del sistema de riego.
- Diseñar un sistema que permita controlar la humedad del suelo basado en el algoritmo matemático.

1.8. HIPÓTESIS

1.8.1. HIPÓTESIS GENERAL

La comuna Bajada de Chanduy se encuentra ubicada en la Provincia de Santa Elena es un sector seco en la época de verano de tal manera, a la tierra se necesita humedecerla para poder cultivar siembra de ciclo cortos, tampoco de aprovecha de gran manera el agua de transvase chongo – San Vicente por eso se necesita un sistema de riego automatizado que nos ayude a controlar el agua para obtener productos todo el año

1.8.2. HIPÓTESIS PARTICULAR

Las encuestas y el estudio experimental deben de realizarse a todas las fincas donde se siembran en la comuna de tal forma con los resultados obtenidos se podrá realizar un modelo matemático para optimizar el sistema de riego.

Este sistema de riego aprovechará espacios para los cultivos de ciclo corto, el agua del transvase Chungón – San Vicente se optimizará en todos los sembríos de la región ya que esto no ocurre en la actualidad.

Este algoritmo podrá controlar la humedad del suelo y evitar el exceso de agua en los cultivos, automatizar el riego es una parte esencial en la producción de los cultivos del sector.

En las actividades agropecuarias, la insuficiente humedad del suelo incide de manera negativa en los procesos productivos que se manifiesta en el rendimiento en volumen y calidad de los productos de los cultivos. Las especies vegetales para desarrollar y formarse requiere asimilar agua del suelo, cuando este recurso es insuficiente se dificulta el proceso de absorción, para superar esta carencia es necesario reponer mediante la dotación de riego mediante diferentes métodos que se ajusten de mejor manera a las particularidades de cada cultivo. (Barsky & Dávila, 2010)

Los resultados a los que se llega con la implementación del algoritmo, es la mejora del sistema de producción de sembríos de ciclos cortos en las fincas del sector de Bajada de Chanduy, la automatización en la forma de dar suministro de agua a las plantas, generar acciones positivas en el uso eficiente del agua, El Cambio en la forma de conducción almacenamiento y distribución del agua para riego haciendo optimo su

rendimiento, ahorro en el consumo de agua e inversión, mejora de las actividades productivas, así como el incremento de la producción en volumen y calidad

1.9. DECLARACION DE LAS VARIABLES

1.9.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

El tipo de suelo de la comuna Bajada de Chanduy es el que nos da los nutrientes para el crecimiento de la planta, la luz que produce el sol es un elemento importante para la fotosíntesis, el agua produce la humedad necesaria para los cultivos es una parte primordial en el proyecto

1.9.2. VARIABLES DEPENDIENTES

La tecnología es muy importante en el campo del sistema de riego el algoritmo matemático del proyecto tendrá un gran beneficio a la comunidad, el tipo de cultivo que se realice en las fincas el sistema de riego tendrá que humedecer de una forma adecuada y eficiente, el caudal de agua de pasar por las tuberías es importante para humectar los cultivos de forma óptima.

En relación a la automatización del riego la implementación de un sistema para dotar de agua a los cultivos urbanos de la Fundación Mujeres, de manera automatizada para el control de variables ambientales. El diseño metodológico fue mediante el funcionamiento electrónico, con el que adapto un sistema de control de riego en cultivo de tomate Cherry, sistema que puede ser adaptado a otros cultivos a través de la modificar el valor referencia del requerimiento de agua de cada especie vegetal. (Cortes-Cadavid & Vargas-Garcia, 2021)

1.10. JUSTIFICACIÓN

El sector de Bajada de Chanduy de la Provincia de Santa Elena es seco el proyecto beneficiará a todos los productores de cultivos de ciclos cortos y largos, el maíz grano que mas se cultiva en estos sectores, el sistema de riego favorecerá porque su producción se lo puede realizar en todo el año por los sistemas de riego automatizada con el algoritmo matemático. Las familias tendrán un mejor sustento económico, cambiando forma de vivir y poder llevar a sus hijos para poderlos educar

Para dotar de riego a huertos familiares doméstico, utilizan como solución la implementación de un sistema automatizado para dotar agua de riego para ello utilizan un “hardware y software libres” con el que realizan medición de la humedad del suelo y la atmosfera, que son factores del entorno del huerto, sistema en el que para el control y operatividad añadieron un “microcontrolador”, con el mismo que asegurando la dotación y suministro para mantener una humedad suficiente para el desarrollo de las plantas. Este centro de operaciones incluye además la utilización de un dispositivo móvil, como un elemento de comunicación con el “microcontrolador, con los que genera y reparanseñales, producida en el sistema a través de los sensores, logrando reducir mano de obra. (GUIJARRO-Rodriguez & CEVALLOS-Torres, 2018)

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

Los trabajos realizados sobre este tema tales como diseño, construcción e implementación del sistema de suministro de recursos hídricos para la elaboración de experimentación agro técnica y de energía renovable de la facultad de ingeniería de la universidad del bosque de la universidad de Bogotá y el laboratorio virtual y remoto para simular, monitorear y controlar un sistema de riego por goteo en los olivos tomando estos antecedentes observe la necesidad de elaborar un algoritmo para el ahorro de agua de regío y fortalecimiento del cultivo de maíz, papayas, mangos, cacaoentre otros, dar un valor agregado que sirva para la comunidad de Bajada de Chanduyde la Provincia de Santa Elena. (Gutierrez & Vargas, 2019)

2.2. ANTECEDENTES REFERENCIALES

El suelo es un componente de la corteza terrestre y está constituido de materia orgánica lo que hace posible la vida en el planeta Tierra, el cuidado del suelo debe ser una acción prioritaria, porque ayuda a que se procesen las actividades agrícolas, es suelo es importante porque es la parte fundamental del equilibrio de los ecosistemas. (Silva, 2020)

Se denomina suelo o tierra a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física o química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él. Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la

deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico. (Silva, 2020)

Existen muchas definiciones de suelo, entre ellas la que considera la Comisión Europea que el suelo es la “capa superior de la corteza terrestre que está compuesta por una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos; lo que conforma un medio ambiente muy complejo y variable” (Ramirez, 2021)

El suelo es importante para el sistema de alimentación para los seres vivos, un suelo saludable produce cultivos sanos, estos alimentos nutren a las personas y animales, un suelo fértil es un suelo con vida, es por tal motivo que el agricultor debe hacer posible que la explotación agropecuaria tenga un suelo sano, ya que la calidad de la alimentación depende del suelo. (Riechmann, 2003)

2.3. CONTENIDO TEORICO QUE FUNDAMENTA LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. LA HUMEDAD DEL SUELO

La cantidad de agua que tenga el suelo es importante porque de eso dependen los cultivos, la humedad del suelo hace posible el desarrollo de las plantas que se han cultivado, al medir la humedad del suelo se obtendrá el comportamiento de las propiedades químicas y físicas, es relevante realizar esta actividad porque esto determina el tipo de planta que crecerá. (Hernández Valle & Ponce Mendoza, 2002)

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Su medición exacta se realiza gravimétricamente, pesando una muestra de tierra antes y después del secado. Esta es de gran importancia debido a que el agua

constituye un factor determinante en la formación, conservación, fertilidad y productividad del mismo, así como para la germinación, crecimiento (primario y secundario) y desarrollo de las plantas cultivadas. (Torres., 2019)

Unos niveles suficientes de humedad del suelo son una condición importante para la formación adecuada de las plantas y el alto rendimiento de los cultivos. Para la planta, el agua no sólo sirve como agente de restauración de la humedad, sino también como regulador de la temperatura.

La humedad del suelo hace ver al agricultor que planta debe cultivar, es una condición muy importante para su rendimiento, el ser vivo se alimenta especialmente de las plantas es por eso la importancia de la calidad del suelo, la sociedad actual prioriza la calidad del suelo para sembrar, mediante la medición y el monitoreo de la humedad del suelo se pueden observar las necesidades del riego en los cultivos. La implementación de algoritmo matemático, permite seguir la secuencia de instrucciones para medir la humedad del suelo para la automatización de un sistema de riego. Esta propuesta es valiosa porque ayuda a optimizar los cultivos y mejorar las cosechas. (Rojas Restrepo, 2015)

Es este orden de ideas, la humedad o contenido de agua en el suelo se representa con el porcentaje de la relación entre el peso del agua con respecto a las partículas sólidas que conforma un determinado volumen de suelo. La humedad existente en el suelo puede cambiar en tiempos de manera rápida ya sea en horas o en minutos; en contraste la acción de pérdida de humedad podría tardar tiempos prolongados, meses o semanas. En condiciones de máxima capacidad de retención del suelo el rango de humedad está de

entre 5 al 50% (Rucks & García, 2004)

2.3.2. LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO

La automatización de un sistema de riego se basa en instrucciones que ayudan a la humedad del suelo según la variedad de cultivos, incrementando la eficiencia del y los cultivos son optimizados, un buen control optimiza las cosechas en los cultivos de difícil acceso, los avances tecnológicos permiten que las cosechas mejoren según la utilización del agua que se va a utilizar en las plantas.

Resultado de imagen para La automatización de un sistema de riego. La automatización del sistema de riego, se basa en la sustitución del control manual por controladores automáticos, lo cual pretende ahorrar mano de obra, ahorrar agua, ahorrar energía, incrementar la eficiencia del riego e incrementar la productividad del cultivo.

El agua es un recurso importante de la vida en la Tierra, especialmente para la agricultura, ya que sin agua no se puede cultivar el suelo, el agricultor mediante este valioso recurso logra obtener una buena cosecha, es por eso la importancia de medir la humedad para lograr excelentes cultivos.

La relación entre el recurso de agua y la producción agrícola es directamente proporcional, debido a que dicho recurso es el que permite el buen crecimiento de los cultivos, vale destacar que también se debe acompañar de unos cuidados básicos, a medida que se han ido adelantando estudios acerca de las propiedades de cada tipo de cultivo se ha evidenciado que cada uno tiene necesidades distintas, cada uno se desarrolló en temperaturas ideales específicas, algunas requieren más cantidad de

agua que otras, por lo cual es fundamental garantizar que el cultivo sea regado según sus necesidades. (Dionisio Vitalio Ponce Ruiz, 2016)

2.3.3. IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO DE LOS CULTIVOS

La producción es importante porque permite que se realice exitosamente la cosecha y se tenga buenas ganancias, a nivel mundial los recursos agrícolas son limitados y por tal motivo que el agricultor debe buscar la manera de tener una excelente producción y esto se logra mediante la humedad del suelo.

Se estima que la producción de alimentos deberá incrementarse al menos un 70% para el año 2050 para poder alimentar a los 9000 millones de personas. Sin embargo, los recursos son ya limitados y debemos asegurar la protección del medio ambiente, con lo cual, este gran reto requiere de soluciones inteligentes y eficientes. Las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) han propiciado un vertiginoso cambio en el mundo moderno y la agricultura no queda fuera de esta corriente innovadora dando origen a intensos cambios. (Carlos Gregorio Hernández Díaz - Ambrona, 2012)

La agricultura necesita de la tecnología para lograr exitosos cultivos, los instrumentos que se utilizan intensifican los cultivos, el futuro de la agricultura depende de que el sistema de riego permita que el recurso del agua sea eficiente, eso logrará que la producción sea buena con excelentes ganancias.

Un buen sistema de riego tendrá cultivos y cosechas productivas, de eso depende la tecnología que implemente el agricultor, la utilización es eficiente si se da la correcta humedad del suelo, con el riego de precisión se incrementa la rentabilidad, la

implementación de sistema de riego es importante porque así el cultivo se vuelve exitoso. (Cabrera Geovanny & Monte Orly, 2021)

El futuro de la agricultura de regadío depende, en buena parte, de la implantación de sistemas de riego de precisión en las fincas de cultivo, que permitan la utilización más eficiente de los recursos agua, fertilizante y energía de manera que se mantengan los niveles de producción actuales utilizando menos recursos productivos. Con el riego de precisión se incrementa la rentabilidad de las explotaciones y se minimiza el impacto ambiental de esta actividad al disminuir tanto el uso del agua como la aportación de elementos contaminantes al entorno. La implantación de sistemas de riego de precisión es fundamental para garantizar la sostenibilidad de la agricultura de regadío.

Los cultivos de zona son importantes que tengan un buen regadío, las cosechas se verán más productivas si se realiza un buen proceso de humedad del suelo, la tecnología tiene un papel importante en este proceso al implementar procesos con instrumentos de regadío, que serán de importancia para lograr una excelente productividad en la cosecha.

2.3.4. IMPACTO DE AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO

A nivel internacional la implementación de la agricultura se constituye en una de los más importantes retos a nivel institucional, las estrategias se centran en tener buenos rendimientos sino también en la conservación de los productos naturales, en este contexto es necesario que las políticas de estado se centren en tener una buena producción que optimice la producción.

La eficiencia productiva del sistema de riego es importante las herramientas que utilice en la siembra, los agricultores deben saber qué procesos intervenir para lograr la eficacia en la producción, el riego tecnificado mejora la producción y optimiza resultados.

La eficiencia productiva del riego puede expresarse como la cantidad del producto agrícola a obtener por cada metro cúbico de agua de riego aplicado que varía para cada cultivo y en función de las condiciones meteorológicas; también puede referirse al valor de la producción agrícola obtenida por unidad hídrica utilizada. Su cálculo implica el conocimiento de los volúmenes (o valores) de la producción obtenida y del agua utilizada; y de ésta distinguir cuánta fue aplicada mediante riego y cuánta correspondió a la precipitación. El riego tecnificado mejora la calidad de las cosechas y permite diversificar los productos y reducir el consumo del vital líquido hasta en un 70%. En México esta práctica se encuentra en un estadio prematuro, ya que sólo el 5% de la producción se obtiene a través de la tecnificación. (CARRALES LEY HÉCTOR JAVIER, 2010)

El riego tecnificado es una herramienta que necesita algoritmos matemáticos es por tal motivo la realización del proyecto porque se van a aplicar herramientas que optimizan la producción, las cosechas son exitosas y permiten que la producción se de en gran cantidad, además que permite poco consumo de agua.

El riego tecnificado es un procedimiento técnico diseñado para saber cuándo, cuánto y cómo realizar las prácticas de irrigación permitiendo su aplicación en los cultivos, fertilizantes y nutrientes de forma segura. Dicho procedimiento está orientado a la disminución del consumo de agua, reducción de trabajo, facilidad de aplicación, aumento

de producción por unidad o superficie y obtención de productos con mejor calidad. Esta forma de irrigación implica también habilidades para su uso en la producción. (MP Ramos Ramos, 2013)

2.3.5. IMPORTANTE EL RIEGO INTELIGENTE EN LA AGRICULTURA

El riego en los cultivos hace posible que se den grandes cosechas, es importante que la humedad del suelo se de en grandes cultivos, se ha incorporado los avances tecnológicos, los sistemas optimizan los procesos y así se garantiza que la producción se dé a grandes escalas para garantizar la alimentación en toda la población.

El riego en los cultivos ha incorporado los avances tecnológicos en sus sistemas para así hacer un mejor uso del agua, lo que permite optimizar los procesos en muchos sentidos. A continuación, le damos todos los detalles. Según algunas estimaciones, la producción alimentaria deberá aumentarse como mínimo en un 70% para el 2050 con el objetivo de garantizar alimentos para toda la población. No obstante, el agua, fundamental para el riego en la agricultura, es un recurso limitado por el cual ya empieza a mostrarse preocupación.

2.3.6. PROBLEMÁTICAS DE LA UTILIZACIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA

El agua es importante para los seres vivos, el cambio climático hace posible que haya sequías en el planeta, por lo tanto, las prácticas de agricultura se deben dar de manera asertiva, es importante las herramientas que se utilizan en el proceso de la utilización del agua en la agricultura

El agua es un recurso cada vez más escaso. El cambio climático provocará periodos

más prolongados de sequía en el planeta, limitando aún más el acceso al agua en las diversas zonas del globo donde se practica la agricultura, mientras que aumenta exponencialmente la cantidad de alimentos que se necesitan para sostener a la población. La sofisticación y avances presentados en materia de sistemas de riego por aspersión y demás tipos permitirán una mejor gestión del agua para poder afrontar los numerosos retos que están por venir. (Baltodano Fuentes, 2012)

La automatización incluye en el riego para los cultivos, las condiciones del suelo, es decir que implica que la automatización se de manera que se distribuya de manera satisfactoria, el agua con fertilizantes es relevante para tener una buena condición en el suelo, los agricultores optimizan los factores para potenciar los recursos hídricos, el suelo debe ser trabajado de manera asertiva, las mangueras es una herramienta que utiliza el agricultor para lograr que la producción sea de manera exitosa. (Morillo Rodríguez & Sáenz Daste, 2001)

Esta automatización incluye los momentos, frecuencias y tiempos de riego adecuados para cada cultivo. Teniendo en cuenta las condiciones del suelo y el clima de la localización; es decir, que implica tanto el funcionamiento del sistema como su distribución, dando los satisfactorios resultados anteriormente expuestos. Las mangueras para riego también tienen un papel importante ya que permiten transportar el agua con los fertilizantes a través de los tres tipos de tubería que presenta este tipo de riego. (JC Vásconez Cuzco, 2013)

2.3.7. DEFINICIÓN DE LA DERIVADA DE UNA FUNCIÓN

La derivada de la función (f) es aquella función, denotada por (f'), tal que su valor en un

número x del dominio de (f) está dado por

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Si este límite existe.

Si x_1 es un número particular del dominio de (f') es un subconjunto del dominio de (f)

$$f'(x_1) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_1 + \Delta x) - f(x_1)}{\Delta x}$$

Si el límite existe. Observe que el dominio de (f') es un subconjunto del dominio de (f) .

Al comparar las fórmulas, se observa que la pendiente de la recta tangente a la gráfica de la función (f) en el punto $(x_1, f(x_1))$ es precisamente la derivada de (f) , evaluada en x_1 (Leithold, 2010)

EJEMPLO

Determina la derivada de (f) . si

$$f(x) = \frac{3}{x}$$

SOLUCIÓN

$$f'(x_1) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_1 + \Delta x) - f(x_1)}{\Delta x}$$

$$f'(x_1) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\frac{3}{x_1 + \Delta x} - \frac{3}{x_1}}{\Delta x}$$

$$f'(x_1) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{3x - 3(x + \Delta x)}{\Delta x(x)(x + \Delta x)}$$

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{-3\Delta x}{\Delta x(x)(x + \Delta x)}$$

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{-3}{x(x + \Delta x)}$$

$$f'(x_1) = -\frac{3}{x^2}$$

CRITERIO DE COMPARACIÓN

TEOREMA

Sean f y g funciones definidas en $[a, +\infty[$, continuas a trozos en los intervalos de la forma $[a, b]$, tales que $0 \leq |f(x)| \leq g(x)$; luego

- Si $\int_a^{+\infty} g(x)dx$ es convergente, entonces $\int_a^{+\infty} f(x)dx$ es convergente y, además,

$$\int_a^{+\infty} |f(x)|dx \leq \int_a^{+\infty} g(x)dx$$

- Si $\int_a^{+\infty} |f(x)|dx$ es divergente, entonces $\int_a^{+\infty} g(x)dx$ es divergente.

Es decir, si la integral de la función mayor es convergente, también lo es la integral de la función menor, y si la integral de la función menor es divergente, igualmente lo será la de la función mayor

DEMOSTRACIÓN:

Sea $h(b) = \int_a^b |f(x)| dx$, para $b \geq a$. Como $|f(x)| \geq 0$, entonces $x_1 > x_2$ implica que

$h(x_1) > h(x_2)$, es decir h es creciente. Además

$$h(b) = \int_a^b |f(x)| dx \leq \int_a^b g(x) dx \leq \int_a^{+\infty} g(x) dx = M$$

esto significa que h es acotada.

Como h es creciente y acotada, entonces $\lim_{b \rightarrow +\infty} h(b)$ existe. No obstante

$$\lim_{b \rightarrow +\infty} h(b) = \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_a^b f(x) dx$$

Lo cual implica que la integral $\int_a^{+\infty} |f(x)| dx$ es convergente y de (3), se deduce que

$\int_a^{+\infty} f(x) dx$ es convergente. Además, de (1), se deduce:

$$\int_a^{+\infty} |f(x)| dx \leq \int_a^{+\infty} g(x) dx$$

El teorema anterior permite determinar la convergencia de muchas integrales impropias si se compara con integrales impropias cuya convergencia es conocida

EJEMPLO

La integral $\int_0^{+\infty} e^{-x^2} dx$ es muy útil en estadística. Para probar que es convergente.

SOLUCIÓN:

La función $y = e^{-x^2}$ no tiene primitiva en términos de las funciones elementales. Esto

obliga a verificar su convergencia utilizando algún criterio que no sea definición.

Observe que $x \geq 1 \rightarrow x^2 \geq x \rightarrow -x^2 \leq -x \rightarrow e^{-x^2} \leq e^{-x}$ Además

$$\int_0^{+\infty} e^{-x^2} dx = \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_1^b e^{-x} dx = \lim_{b \rightarrow +\infty} (e^{-1} - e^{-b}) = \frac{1}{b}$$

Esto significa que $\int_1^b e^{-x} dx$ es convergente y como $0 \leq e^{-x^2} \leq e^{-x}$ cuando $x \geq 1$ entonces $\int_0^{+\infty} e^{-x^2} dx$ es convergente.

Por otra parte, para $x > 0$ la función $f(x) = e^{-x^2}$ es decreciente y $f(0) = 1$, entonces $e^{-x^2} \leq 1$ (para todo $x \geq 0$). Por esta razón

$$\int_0^1 e^{-x^2} dx \leq \int_0^1 1 dx = 1$$

Se concluye que $\int_0^{+\infty} e^{-x^2} dx \leq$ es convergente

Para finalizar esta sección, se enuncia un teorema que establece que la integral impropia de una combinación lineal de funciones, cuyas integrales impropias son convergentes, es también convergente.

TEOREMA

Sean f y g dos funciones definidas en $[a, +\infty[$, continuas a trozos en los intervalos de la forma $[a, b]$. Si las integrales impropias de f y g son convergentes y p y q son números reales cualesquiera, entonces la integral impropia de $p f + q g$ es convergente. Además, se cumple que

$$\int_a^{+\infty} [pf(t) + qg(t)]dt = p \int_a^{+\infty} f(t)dt + q \int_a^{+\infty} g(t)dt$$

DEMOSTRACIÓN:

Por la propiedad de las integrales definidas, para cualquier $b \geq a$

$$\int_a^b [pf(x) + qg(x)]dx = p \int_a^b f(x)dx + q \int_a^b g(x)dx$$

Como los dos sumandos del lado derecho de la igualdad anterior tienen límite cuando b tiende a $+\infty$, entonces también lo tiene el lado izquierdo y

$$\lim_{b \rightarrow +\infty} \int_a^b [pf(x) + qg(x)]dx = p \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_a^b f(x)dx + q \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_a^b g(x)dx$$

Así se demuestra lo indicado.

EJEMPLO

Por el teorema 1, la integral $\int_1^{+\infty} \frac{1}{x^2} dx$ es convergente y, por el ejemplo 4. $\int_1^{+\infty} xe^{-2x} dx$

también lo es, entonces la integral $\int_1^{+\infty} (2x^{-5} + 3xe^{-2x}) dx$ es convergente.

2.3.8. CONCEPTOS BÁSICOS DE TRANSFORMADA DE LAPLACE

La transformada de Laplace convierte cierto tipo de ecuaciones diferenciales en ecuaciones algebraicas. De este modo, cuando se resuelve la ecuación algebraica, queda también resuelta la ecuación diferencial correspondiente. La transformada de Laplace se define mediante una integral impropia.

2.3.9. LA TRANSFORMADA DE LAPLACE

Sea f definida en $[0, +\infty[$, la transformada de Laplace de f es una función de s definida mediante

$$f|f(t)|(s) = \int_0^{+\infty} e^{-st} f(t) dt$$

En todos los valores de s para los que la integral sea convergente. Observe que la transformada de Laplace es una función de la variable s de tal modo, como de costumbre, la notación $f|f(t)|$ hace referencia a la función en general, mientras que $f|f(t)|(s)$ es la función evaluada en s . Sin embargo, en algunas ocasiones, escribir $f|f(t)|(s)$ puede resultar incomodo o confuso, por ello se convendrá en escribir $f|f(t)|$ o $f|f|$ teniendo en mente que es la transformada de Laplace $f(t)$ evaluada en s . Así mismo, en ocasiones, por comodidad, si una función se denota con una letra minúscula, entonces su transformada de Laplace se representa con la letra mayúscula correspondiente. Por ejemplo, las transformada de Laplace de $f(t)$, $g(t)$, $h(t)$ serán respectivamente, $F(s)$, $G(s)$, $H(s)$.

En los siguientes ejemplos se calcula la transformada de Laplace de algunas funciones básicas.

EJEMPLO

Sea $f(t) = 1$ para todo $t \in [0, +\infty[$ (la función constante 1 en el intervalo $[0, +\infty[$), entonces

$$f|1| = \int_0^{+\infty} e^{-st} dt = \lim_{b \rightarrow +\infty} -\frac{1}{s} e^{-st} \Big|_0^b = \lim_{b \rightarrow +\infty} \left(-\frac{1}{s} e^{-bs} + \frac{1}{s} \right)$$

Existe limite cuando $s > 0$ y es igual $\frac{1}{s}$, es decir,

$$f|1| = \frac{1}{s} \text{ para } s > 0$$

EJEMPLO

Sea $f(t) = t$, para todo $t \in [0, +\infty[$, entonces

$$f|t| = \int_0^{+\infty} e^{-st} t dt = \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_0^b t e^{-st} dt$$

Si se utiliza integración por parte, se obtiene

$$\int_0^b t e^{-st} dt = \frac{1}{s^2} e^{-st} (-st - 1)$$

Por lo que

$$f|t| = \lim_{b \rightarrow +\infty} \left[\frac{1}{s^2} e^{-st} (-st - 1) \right]_0^b$$

$$\lim_{b \rightarrow +\infty} \left[\frac{1}{s^2} e^{-st} (-st - 1) + \frac{1}{s^2} \right]$$

Este límite existe cuando $s > 0$ y es igual a $\frac{1}{s^2}$, es decir,

$$f|t| = \frac{1}{s^2} \text{ para } s > 0$$

EJEMPLO

Sea a un número real cualquiera. Para que $f[e^{at}] = \frac{1}{s-a}$ para $s > a$

SOLUCIÓN:

$$\begin{aligned} f[e^{at}] &= \int_0^{+\infty} e^{-st} e^{at} dt = \int_0^{+\infty} e^{-(s-a)t} dt \\ &= \lim_{b \rightarrow +\infty} \int_0^b e^{-(s-a)t} dt = \lim_{b \rightarrow +\infty} \left[\frac{-1}{s-a} e^{-(s-a)t} \right]_0^b \\ &= \lim_{b \rightarrow +\infty} \frac{1}{s-a} (-e^{-(s-a)t} + 1) = \frac{1}{s-a} \end{aligned}$$

Si $s - a > 0$, es decir, si $s > a$

Se puede calcular la transformada de Laplace de diversas funciones; sin embargo, antes se establecerá para qué tipo de funciones existe con certeza tal transformada.

En primer lugar, es evidente que para que $f|t|$ exista, la integral $\int_0^b e^{-st} f(t) dt$ debe existir para todo $b > 0$. Esto se puede lograr si f es continua a trozos en todos los intervalos de la forma $[0, b]$, puesto que, en ese caso $(t) = e^{-st} f(t)$ también será continua a trozos en todos los intervalos $[0, b]$ y, de esta manera, la integral $\int_0^b e^{-st} f(t) dt$ existe.

Sin embargo, la continuidad por tramos, aunque garantiza la existencia de cada integral, no necesariamente implica la existencia de $\lim_{b \rightarrow +\infty} \int_0^b e^{-st} f(t) dt$, es decir, no asegura la convergencia. Esto significa que se debe imponer algunas restricciones adicionales a la

función f . A continuación, se define una propiedad la cual permite, a la función que posea, tener transformada de Laplace

DEFINICIÓN

Se dice que una función f es de orden exponencial en $[0, +\infty[$ si existe constantes C y α , con $C > 0$, tal que.

$$|f(t)| \leq Ce^{\alpha t}$$

Para todos los valores no negativos de t en los cuales f este definida.

EJEMPLO

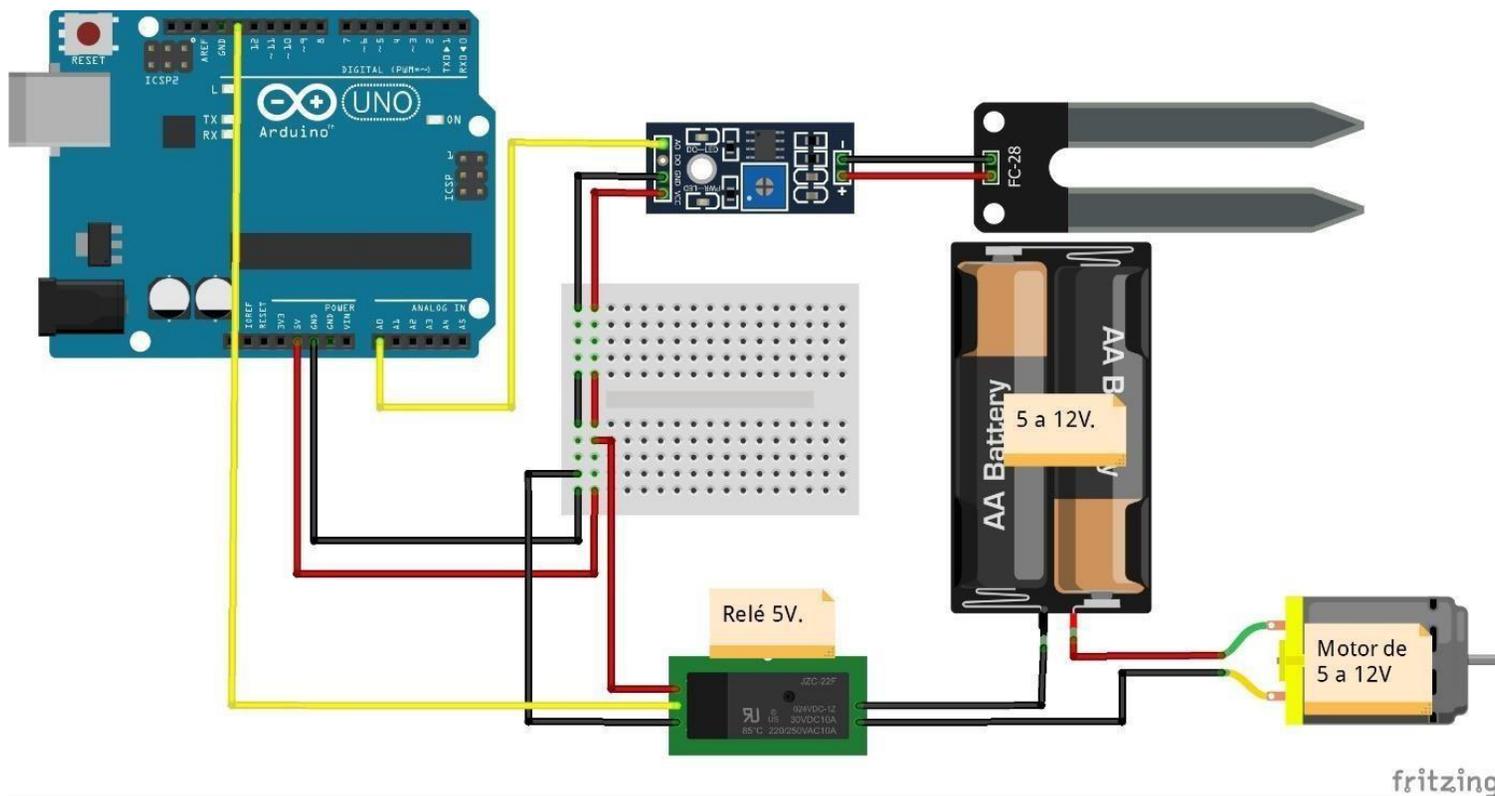
La función constante $f(t) = 1$ es de orden exponencial, puesto que

$$|f(t)| = |1| = 1 \cdot e^{\alpha t}$$

Es decir, si se toma $C = 1$ y $\alpha = 0$, se satisface $|f(t)| \leq Ce^{\alpha t}$

2.3.10. SISTEMA DE CONTROL DEL ARDUINO

IMAGEN N° 1. DIAGRAMA DE CONEXIÓN



2.3.11. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL ARDUINO

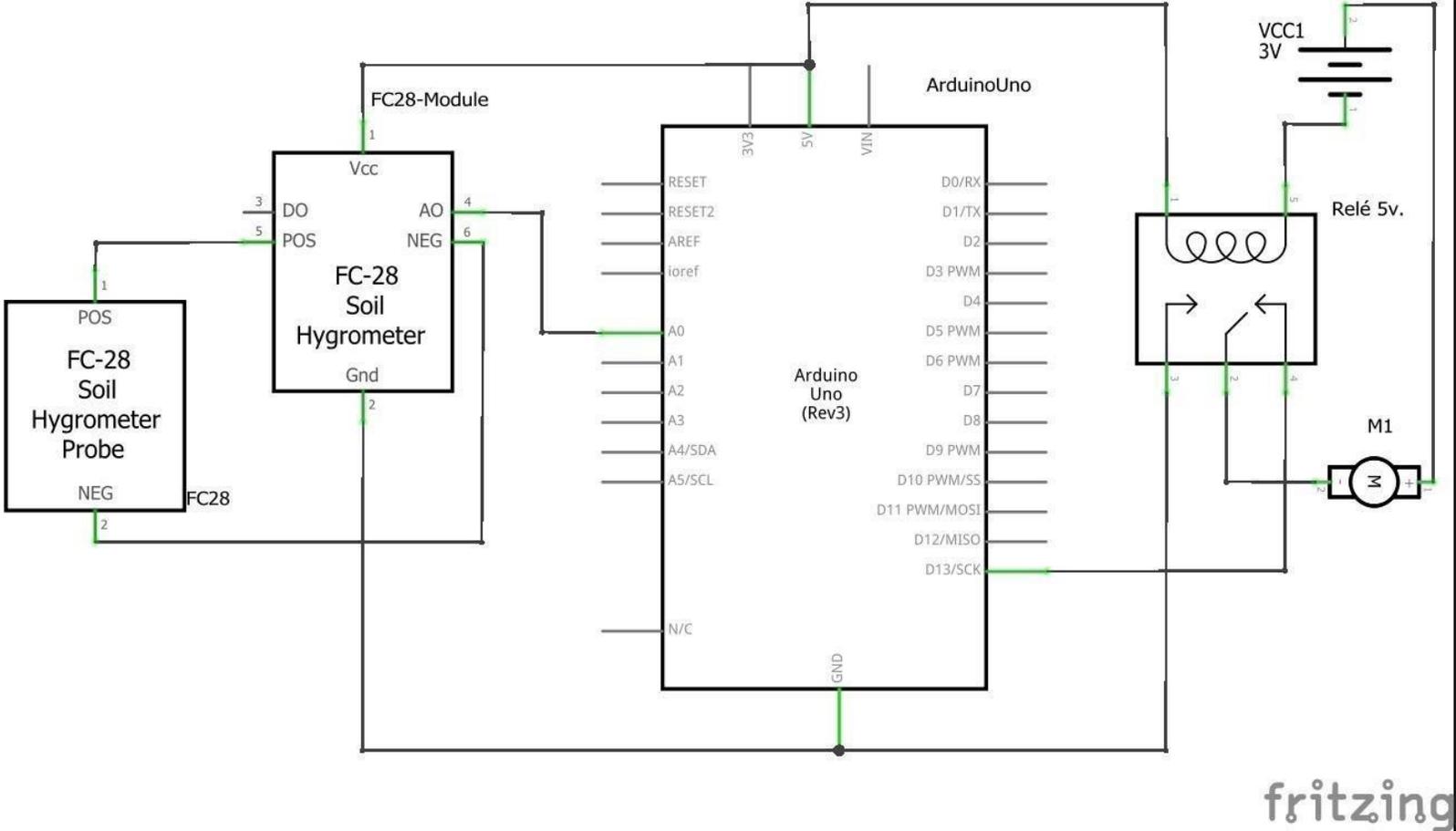


IMAGEN N° 2. DIAGRAMA ESQUEMATICO

2.3.12. CÓDIGO DEL PROCESO DE ARDUINO



Sistema de Riego_Codigo: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
int bomba = 13;
void setup() {

  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, INPUT); //sensor de humedad conectado en el pin 2
  pinMode (bomba, OUTPUT); // Bomba
}

void loop() {

  int val = analogRead(A0); // se va ha hacer una lectura analoga
  Serial.println(val); // imprime en el monitor serial
  delay(500);
  if(val > 500){ // comprobaci?n de entrada digital
    Serial.println ("SECO");
    Serial.println ("RIEGO...");
    digitalWrite (bomba, HIGH);
    delay (1500);
    digitalWrite (bomba,LOW);
    delay (1000);
  }else {Serial.print("HUMEDO ");
  digitalWrite (bomba, LOW);
  delay (500);
}
```

IMAGEN N° 3. CODIGO DE PROCESO

CAPITULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación permitió optimizar la implementación del algoritmo matemático, que permita seguir la secuencia de instrucciones para medir la humedad del suelo para la automatización de un sistema de riego en el sector de Bajada de Chanduy de la provincia de Santa Elena en el que se observa unaproducción de choclo, papaya y mango.

El trabajo de investigación se enmarco en un enfoque de investigación Mixta (cualitativo y cuantitativo) y un análisis observacional directo en su contexto lo que permitió que su realidad sea sintetizada de manera objetiva, para la obtención de datos con resultados viables sin controlar o manipular variable alguna es decir con la aplicación de una metodología cuasiexperimental.

El análisis de la investigación se partió de la descripción del problema, proceso investigativo que permitió el conocimiento más a fondo del estado situacional; procesos que facilitó el manejo de los datos con exactitud, mediante la aplicación de diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control ante las variables dependientes.

Quispe, (2018), indica que “La investigación cuantitativa tiene como base el método científico; que, para fines de inferencias, usan muestras representativas y aleatorias. La encuesta es uno de dos métodos clásicos de este enfoque.” (Quispe, 2010, pág. 32)

La investigación necesita la investigación cualitativa y la cuantitativa porque las dos se complementan para la realización de la investigación:

Según, Perea (2017) “La investigación cuantitativa y cualitativa, lejos de ser paradigmas alternativas irreconciliables, son complementarios. El modelo cuantitativo presta únicamente atención a lo observable, lo inmedible, lo cuantificable, lo repetible. Parte siempre de una muestra significativa para generalizar los resultados.” (Perea, 2011, pág. 12)

La investigación cuantitativa como cualitativa se complementan porque necesite datos de soporte con tinte numérico para la obtención de los datos.

En la investigación se utilizó estas dos corrientes de investigativas, la observación permitió que se realice el análisis y la síntesis de los datos registrados en los ensayos experimentales; la medición permitió que en el contexto observado determinar las magnitudes con las que se llegó a los resultados cuantitativos que contribuyeron a visualizar el problema y las acciones para la posible solución.

3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Metodológicamente, existe una gran variedad de tipología que va a ser definida por los investigadores una vez que se establezca la relación entre el objetivo que se quiere alcanzar y el tipo de investigación. Blanco, M. (2010), expresa que “El investigador debe ubicar en sus estudios, en la tipología que mejor se adapte a la investigación y que cumpla con el propósito planteado”.

Los tipos de investigación que se utilizaron en este proyecto fueron:

3.2. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

La Investigación descriptiva, también conocida como la investigación estadística, describen los datos y este debe tener un impacto en las vidas de la gente que le rodea.

Según, Díaz, J. L. (2011), expresa que:

La investigación descriptiva parte del hecho, de la hipótesis afirmativa cuyos resultados, a su vez da pie a elaborar hipótesis de relación causa-efecto entre variables; esto es posible en tanto que de “estas se han demostrado sus relaciones a través de la indagación descriptiva. (Díaz, 2011, pág. 81)

En el presente trabajo la investigación descriptiva permitió conocer las causas de la pérdida de la humedad del suelo. La variable considerada para estos análisis fue

- Masa (gr). (muestra con agua);
- Masa (gr) (muestra seca) (pérdida de humedad debido a la evaporización)
- Humedad gravimétrica; (peso del suelo con humedad antes y después del secado)
- Humedad gravimétrica (%); (pesos según concentración de humedad)
- Humedad Volumétrica; (relación entre el volumen del agua en el suelo y el volumen del suelo)
- Humedad Volumétrica (%)
- Profundidad (mm)
- Cantidad de agua (L)
- Tiempo de Evaporación (minutos)

3.3. DISEÑO DEL ALGORITMO

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL PARA ELABORAR EL ALGORITMOMATEMÁTICO



PRUEBA DE HUMEDAD DEL SUELO

TABLA 1: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 1

Masa total de la muestra	26308,40 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	24675,47 gr
Masa de agua 0	0,00 gr
% humedad	0,00 %
% humedad	0,00 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	1019	4,980	1005	4,912	982	4,800	967	4,726	954	4,663
	2	1017	4,971	1007	4,922	985	4,814	968	4,731	957	4,677
	3	1016	4,966	1008	4,927	986	4,819	971	4,746	958	4,682
	4	1015	4,961	1001	4,892	988	4,829	973	4,756	960	4,692
	5	1018	4,976	1000	4,888	989	4,834	972	4,751	955	4,668
Promedio		4,971		4,908		4,819		4,742		4,676	

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 2: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 2

Masa total de la muestra	26928,15 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	25295,22 gr
Masa de agua 1	619,75 gr
% humedad	2,45 %
% humedad	11,27 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	1000	4,888	978	4,780	952	4,653	910	4,448	840	4,106
	2	999	4,883	977	4,775	949	4,638	912	4,457	844	4,125
	3	997	4,873	976	4,770	948	4,633	911	4,453	845	4,130
	4	998	4,878	975	4,765	950	4,643	913	4,462	849	4,150
	5	1001	4,892	978	4,780	951	4,648	911	4,453	848	4,145
Promedio		4,883		4,774		4,643		4,455		4,131	

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 3: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 3

Masa total de la muestra	27540,58 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	25907,65 gr
Masa de agua 2	1232,18 gr
% humedad	4,76 %
% humedad	22,40 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	978	4,780	930	4,545	917	4,482	895	4,374	776	3,793
	2	980	4,790	929	4,541	919	4,492	896	4,379	779	3,807
	3	979	4,785	928	4,536	920	4,497	898	4,389	778	3,803
	4	977	4,775	927	4,531	916	4,477	894	4,370	775	3,788
	5	975	4,765	931	4,550	917	4,482	897	4,384	781	3,817
Promedio		4,779		4,541		4,486		4,379		780	3,802

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 4: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 4

Masa total de la muestra	28144,90 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	26511,97 gr
Masa de agua 3	1836,5 gr
% humedad	6,93 %
% humedad	33,39 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	845	4,130	810	3,959	785	3,837	645	3,152	592	2,893
	2	850	4,154	813	3,974	788	3,851	640	3,128	591	2,889
	3	844	4,125	815	3,983	789	3,856	641	3,133	590	2,884
	4	843	4,120	812	3,969	790	3,861	642	3,138	593	2,898
	5	842	4,115	814	3,978	786	3,842	644	3,148	590	2,884
Promedio		4,129		3,973		3,849		3,140		590	2,890

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 5: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 5

Masa total de la muestra	28748,68 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	27115,75 gr
Masa de agua 4	2440,28 gr
% humedad	9,00 %
% humedad	44,37 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	789	3,856	667	3,260	623	3,045	555	2,713	524	2,561
	2	792	3,871	665	3,250	624	3,050	556	2,717	525	2,566
	3	793	3,876	668	3,265	622	3,040	558	2,727	526	2,571
	4	788	3,851	669	3,270	625	3,055	553	2,703	524	2,561
	5	787	3,847	664	3,245	623	3,045	552	2,698	523	2,556
Promedio			3,860		3,258		3,047		2,712		2,563

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 6: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 6

Masa total de la muestra	29363,92 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	27730,99 gr
Masa de agua 5	3055,52 gr
% humedad	11,02 %
% humedad	55,55 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	732	3,578	692	3,382	667	3,260	614	3,001	587	2,869
	2	729	3,563	691	3,377	669	3,270	615	3,006	586	2,864
	3	728	3,558	695	3,397	665	3,250	613	2,996	584	2,854
	4	727	3,553	690	3,372	664	3,245	612	2,991	583	2,849
	5	730	3,568	693	3,387	668	3,265	614	3,001	585	2,859
Promedio			3,564		3,383		3,258		2,999		2,859

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 7: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 7

Masa total de la muestra	29963,65 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	28330,72 gr
Masa de agua 6	3655,25 gr
% humedad	12,90 %
% humedad	66,46 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	692	3,382	656	3,206	610	2,981	588	2,874	540	2,639
	2	689	3,368	649	3,172	612	2,991	589	2,879	545	2,664
	3	687	3,358	658	3,216	614	3,001	590	2,884	547	2,674
	4	690	3,372	659	3,221	610	2,981	588	2,874	549	2,683
	5	686	3,353	560	2,737	615	3,006	591	2,889	543	2,654
Promedio		3,367		3,110		2,992		2,880		2,663	

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 8: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 8

Masa total de la muestra	30584,47 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	28951,54 gr
Masa de agua 7	4276,07 gr
% humedad	14,77 %
% humedad	77,75 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	592	2,893	569	2,781	521	2,546	487	2,380	433	2,116
	2	597	2,918	570	2,786	523	2,556	489	2,390	434	2,121
	3	599	2,928	569	2,781	522	2,551	485	2,370	435	2,126
	4	595	2,908	572	2,796	520	2,542	486	2,375	437	2,136
	5	594	2,903	567	2,771	525	2,566	489	2,390	432	2,111
Promedio		2,910		2,783		2,552		2,381		2,122	

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 9: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 9

Masa total de la muestra	31174,08 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	29541,15 gr
Masa de agua 8	4865,68 gr
% humedad	16,47 %
% humedad	88,47 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	554	2,708	515	2,517	485	2,370	424	2,072	378	1,848
	2	557	2,722	512	2,502	486	2,375	427	2,087	379	1,852
	3	558	2,727	514	2,512	488	2,385	429	2,097	381	1,862
	4	553	2,703	516	2,522	487	2,380	430	2,102	384	1,877
	5	552	2,698	513	2,507	485	2,370	421	2,058	379	1,852
Promedio		2,712		2,512		2,376		2,083		1,858	

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 10: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

Prueba # 10

Masa total de la muestra	31769,84 gr
Masa de recipiente	1632,93 gr
Masa de tierra	30136,91 gr
Masa de agua 9	5461,44 gr
% humedad	18,12 %
% humedad	99,30 %

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%		
	Medida del arduino	Conversión a Voltaje									
Medidas	1	489	2,390	456	2,229	392	1,916	320	1,564	288	1,408
	2	492	2,405	449	2,195	399	1,950	319	1,559	289	1,413
	3	488	2,385	451	2,204	398	1,945	318	1,554	285	1,393
	4	490	2,395	450	2,199	395	1,931	321	1,569	284	1,388
	5	491	2,400	452,000	2,209	397	1,940	318	1,554	283	1,383
Promedio		2,395		2,207		1,936		1,560		1,397	

FUENTE: AUTOR (2022)

TABLA 11: PROFUNDIDAD VS VOLTAJE

FUENTE: AUTOR (2022)

Excel - voltaje_vs_humedad PRUEBA - Excel (Error de activación de productos)

Inicio | Insertar | Disposición de página | Fórmulas | Datos | Revisar | Vista | Ayuda | ¿Qué desea hacer?

Portapapeles | Fuente | Alineación | Número | Estilos | Celdas | Edición

E152 | $= (5/1023)*D152$

Profundidad	10%		25%		50%		75%		100%	
	Voltaje	Humedad %								
Prueba # 1	4,971	0,000	4,908	0,000	4,819	0,000	4,742	0,000	4,676	0,000
Prueba # 2	4,883	11,268	4,774	11,268	4,643	11,268	4,455	11,268	4,131	11,268
Prueba # 3	4,779	22,403	4,541	22,403	4,486	22,403	4,379	22,403	3,802	22,403
Prueba # 4	4,129	33,391	3,973	33,391	3,849	33,391	3,140	33,391	2,890	33,391
Prueba # 5	3,860	44,369	3,258	44,369	3,047	44,369	2,712	44,369	2,563	44,369
Prueba # 6	3,564	55,555	3,383	55,555	3,258	55,555	2,999	55,555	2,859	55,555
Prueba # 7	3,367	66,459	3,110	66,459	2,992	66,459	2,880	66,459	2,663	66,459
Prueba # 8	2,910	77,747	2,783	77,747	2,552	77,747	2,381	77,747	2,122	66,459
Prueba # 9	2,712	88,467	2,512	88,467	2,376	88,467	2,083	88,467	1,858	88,467
Prueba # 10	2,395	99,299	2,207	99,299	1,936	99,299	1,560	99,299	1,397	99,299

Activar Windows
Ir a Configuración de PC para activar Windows.

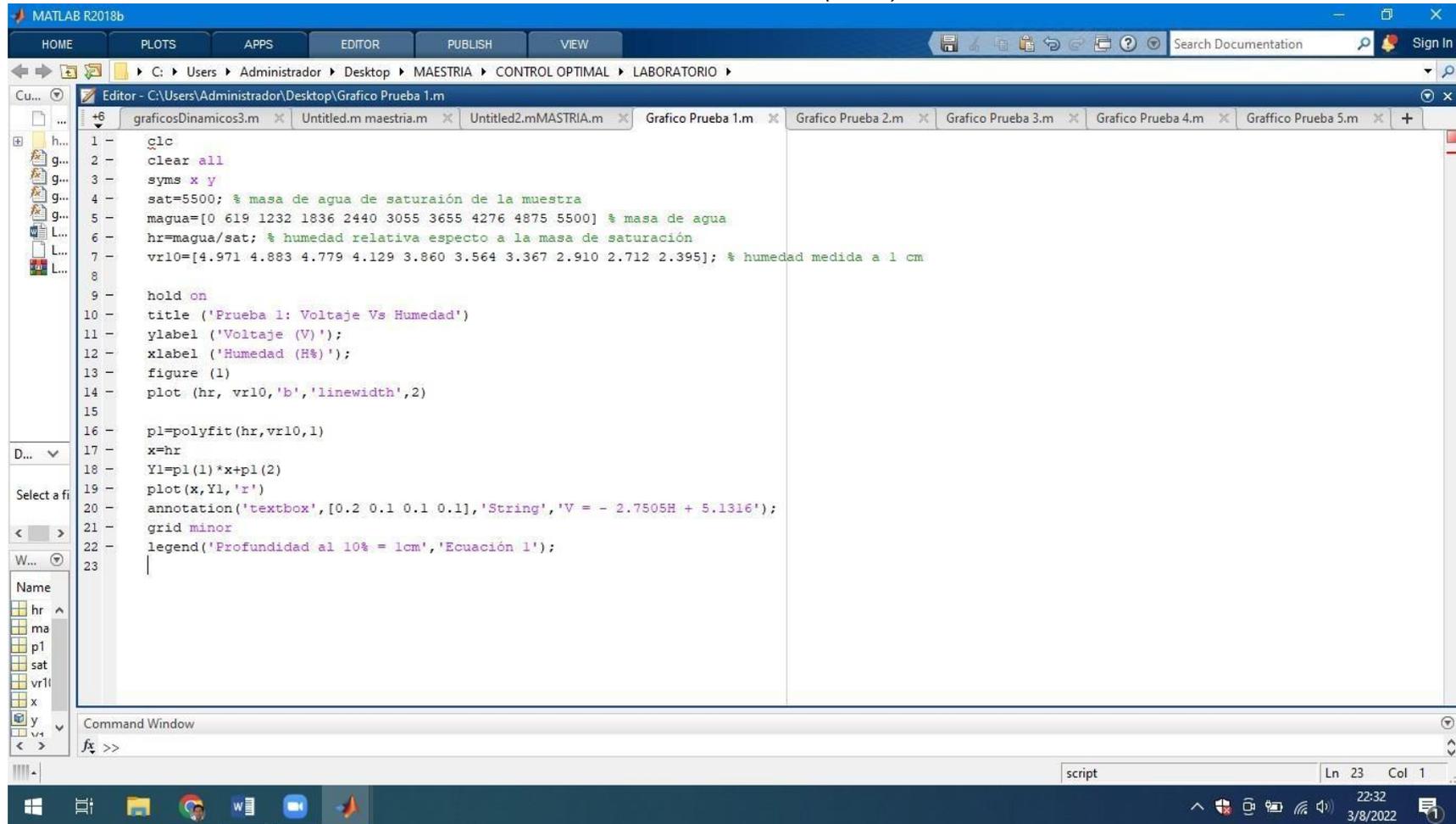
Sheet1 | Sheet2 | Hoja1

Accesibilidad: es necesario investigar

23:48 03/08/2022

CODIGO MATLAB PRUEBA 1 VOLTAJE VS HUMEDAD

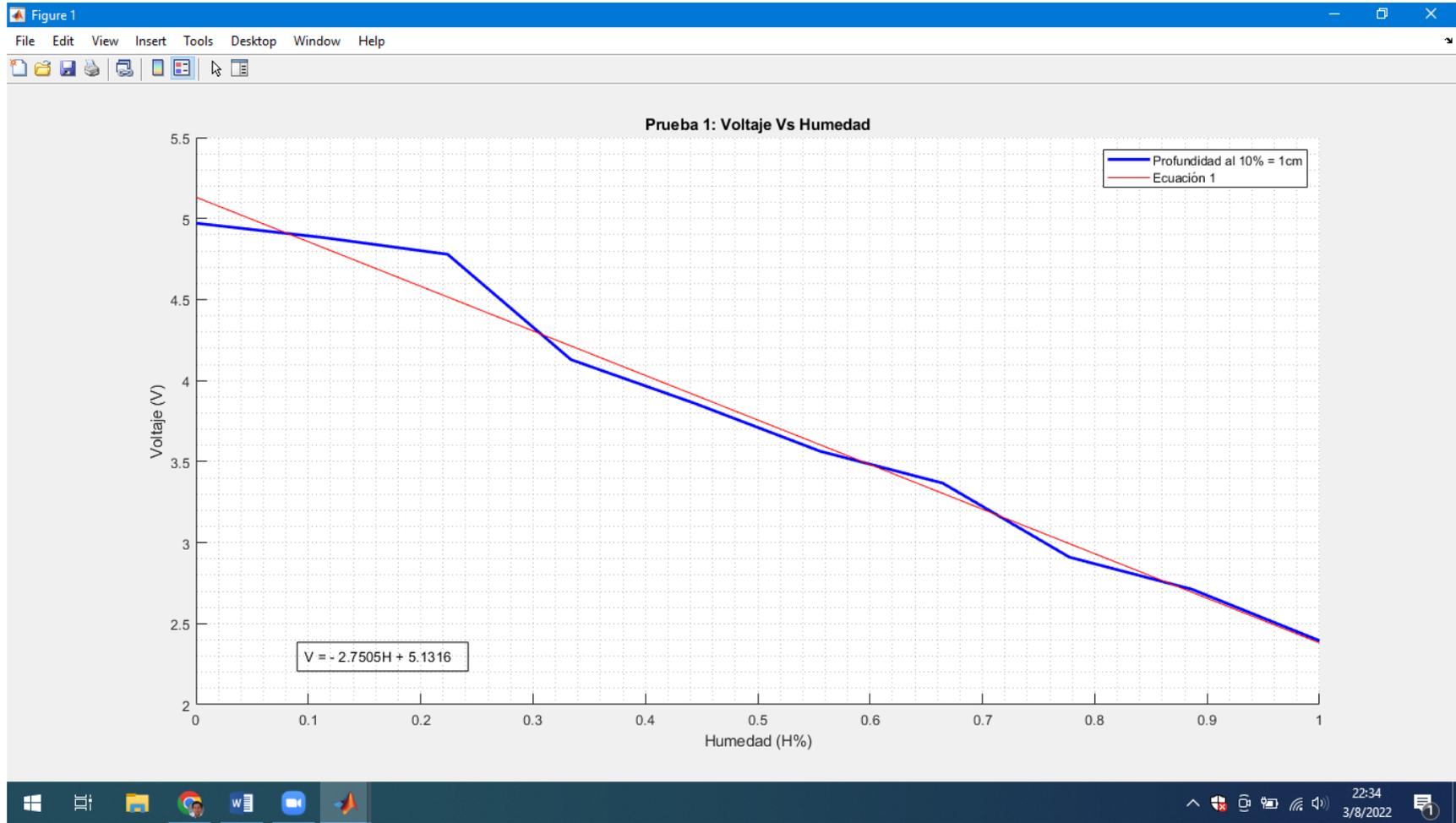
FUENTE: AUTOR (2022)



```
1 - clc
2 - clear all
3 - syms x y
4 - sat=5500; % masa de agua de saturación de la muestra
5 - magua=[0 619 1232 1836 2440 3055 3655 4276 4875 5500] % masa de agua
6 - hr=magua/sat; % humedad relativa respecto a la masa de saturación
7 - vr10=[4.971 4.883 4.779 4.129 3.860 3.564 3.367 2.910 2.712 2.395]; % humedad medida a 1 cm
8
9 - hold on
10 - title ('Prueba 1: Voltaje Vs Humedad');
11 - ylabel ('Voltaje (V)');
12 - xlabel ('Humedad (H%)');
13 - figure (1)
14 - plot (hr, vr10, 'b', 'linewidth', 2)
15
16 - p1=polyfit (hr, vr10, 1)
17 - x=hr
18 - Y1=p1(1)*x+p1(2)
19 - plot (x, Y1, 'r')
20 - annotation ('textbox', [0.2 0.1 0.1 0.1], 'String', 'V = - 2.7505H + 5.1316');
21 - grid minor
22 - legend ('Profundidad al 10% = 1cm', 'Ecuación 1');
23
```

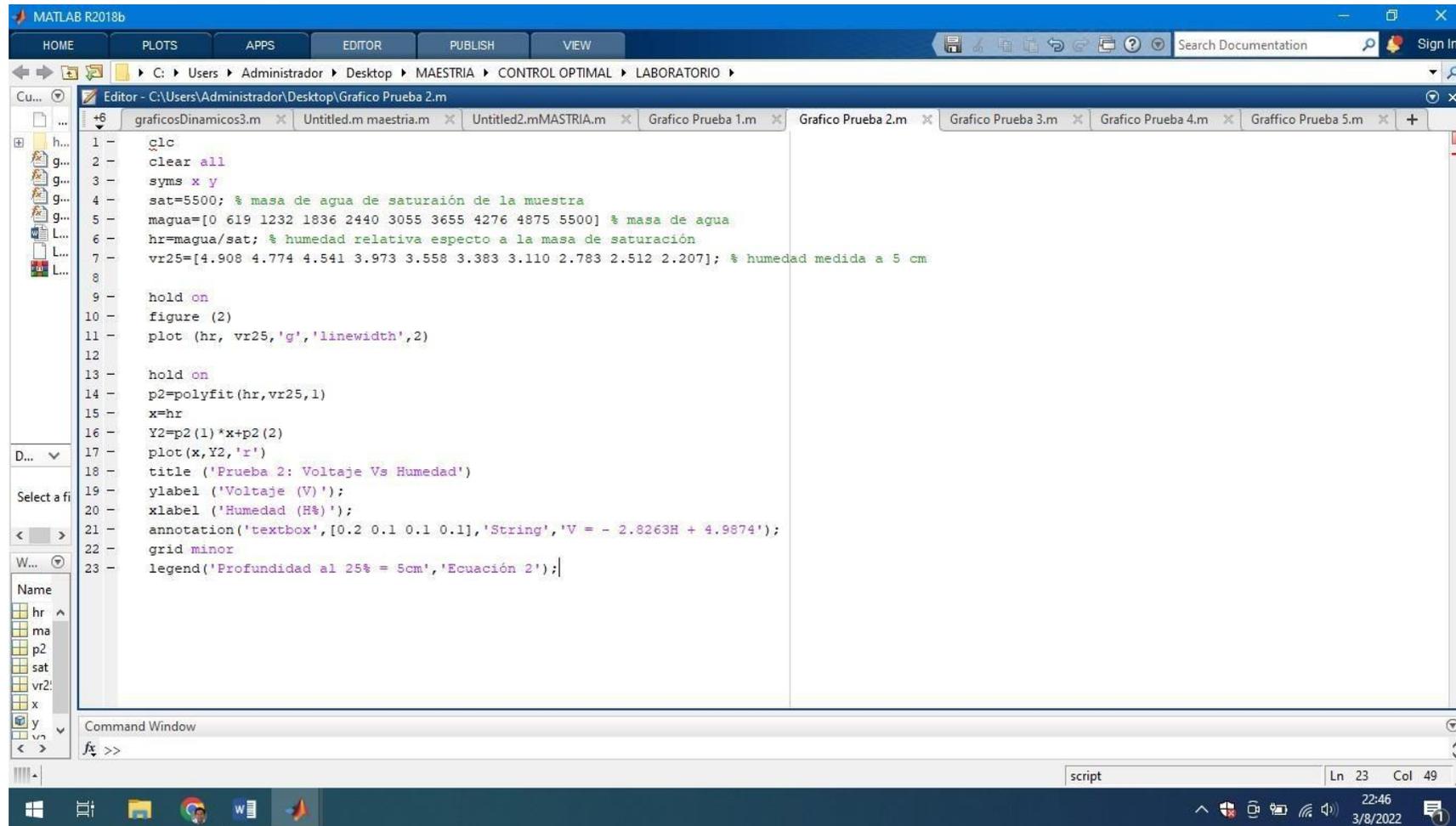
FIGURA 1: VOLTAJE VS HUMEDA

FUENTE: AUTOR (2022)



CODIGO MATLAB PRUEBA 2 VOLTAJE VS HUMEDAD

FUENTE: AUTOR (2022)



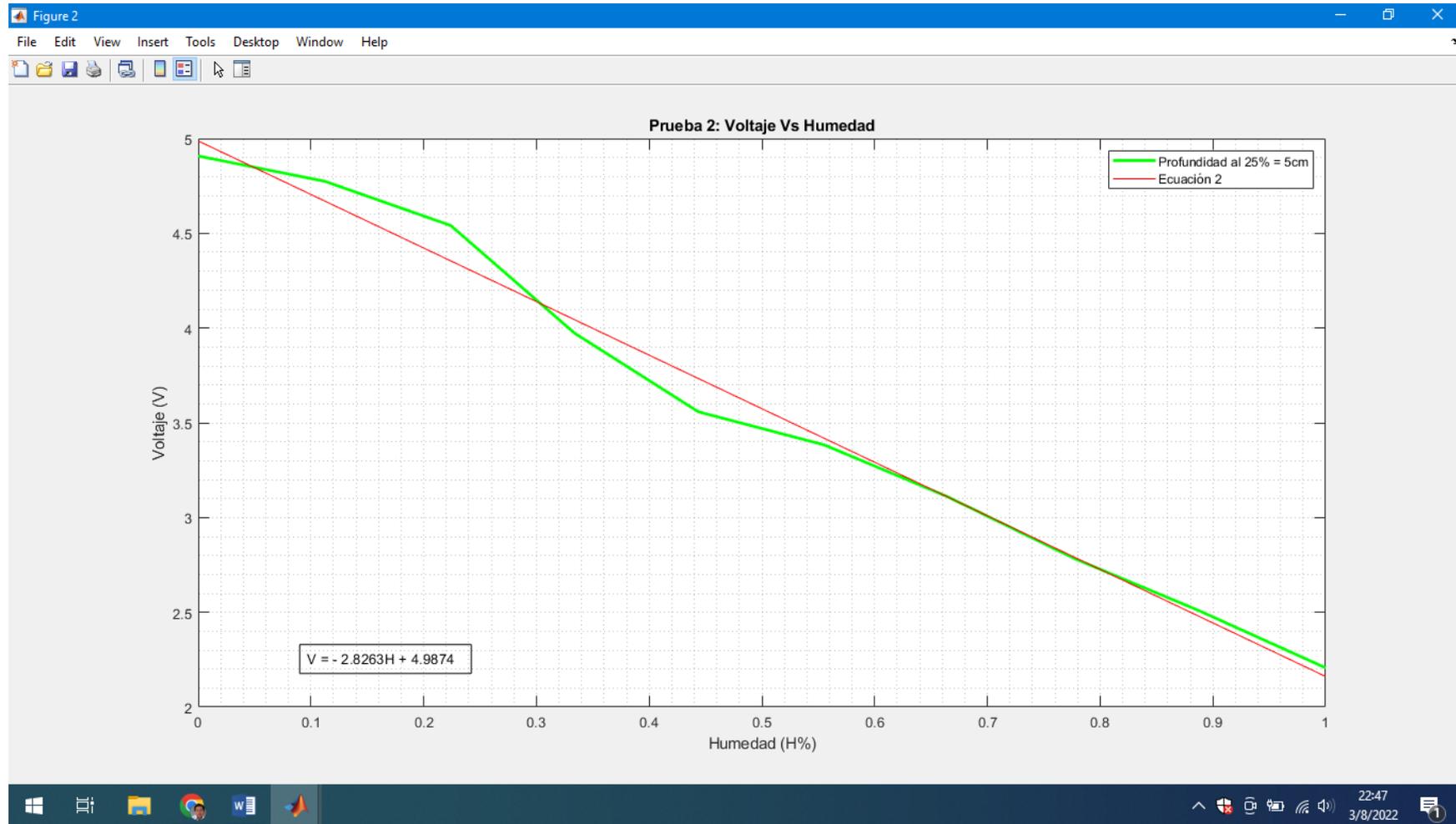
```
1 -  clc
2 -  clear all
3 -  syms x y
4 -  sat=5500; % masa de agua de saturación de la muestra
5 -  magua=[0 619 1232 1836 2440 3055 3655 4276 4875 5500] % masa de agua
6 -  hr=magua/sat; % humedad relativa respecto a la masa de saturación
7 -  vr25=[4.908 4.774 4.541 3.973 3.558 3.383 3.110 2.783 2.512 2.207]; % humedad medida a 5 cm
8
9 -  hold on
10 - figure (2)
11 - plot (hr, vr25, 'g', 'linewidth', 2)
12
13 - hold on
14 - p2=polyfit(hr, vr25, 1)
15 - x=hr
16 - Y2=p2(1)*x+p2(2)
17 - plot(x, Y2, 'r')
18 - title ('Prueba 2: Voltaje Vs Humedad')
19 - ylabel ('Voltaje (V)');
20 - xlabel ('Humedad (H%)');
21 - annotation('textbox', [0.2 0.1 0.1 0.1], 'String', 'V = - 2.8263H + 4.9874');
22 - grid minor
23 - legend('Profundidad al 25% = 5cm', 'Ecuación 2');
```

Command Window
fx >>

script Ln 23 Col 49

22:46
3/8/2022

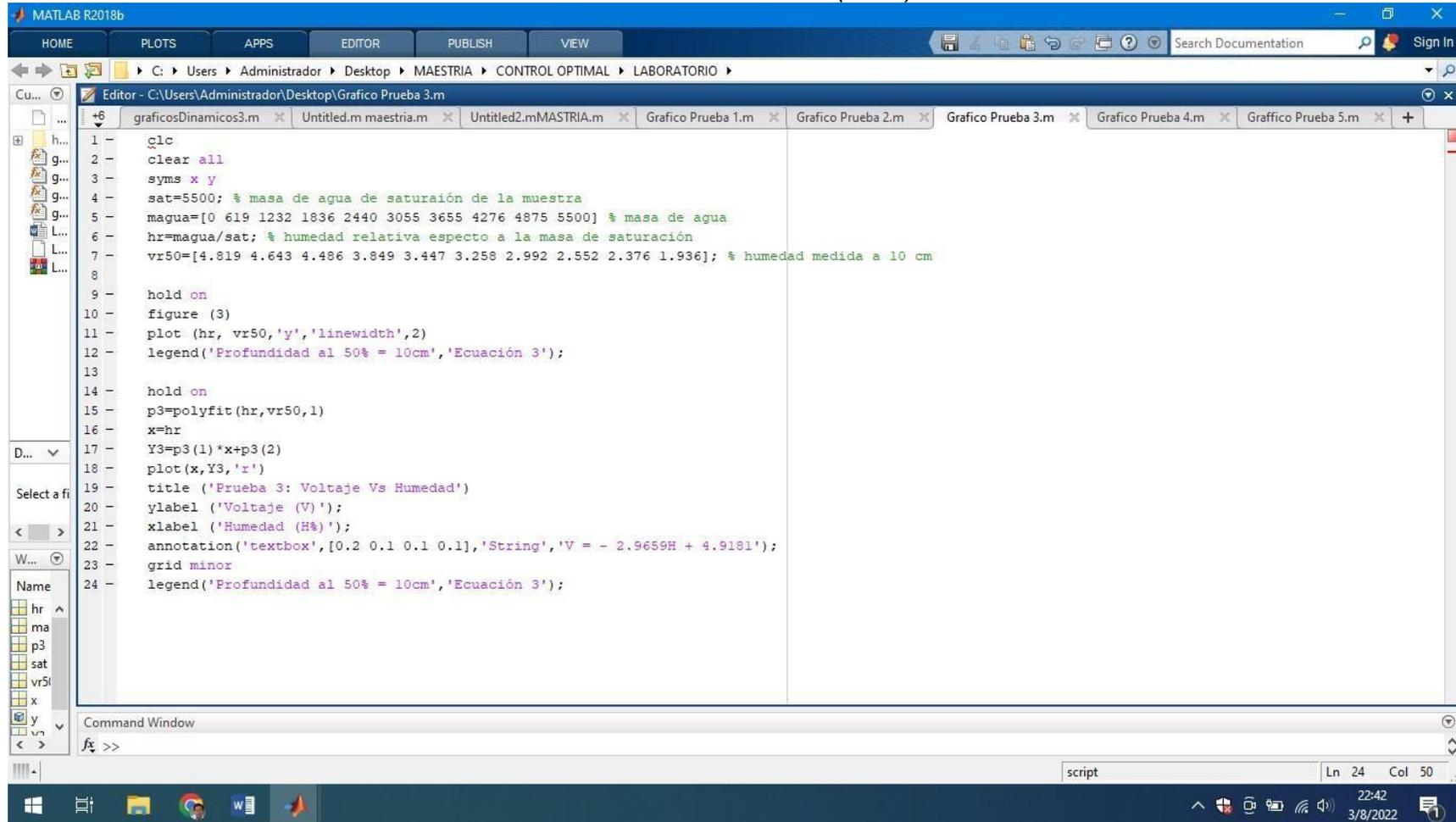
FIGURA 2: VOLTAJE VS HUMEDA



FUENTE: AUTOR (2022)

CODIGO MATLAB PRUEBA 3 VOLTAJE VS HUMEDAD

FUENTE: AUTOR (2022)

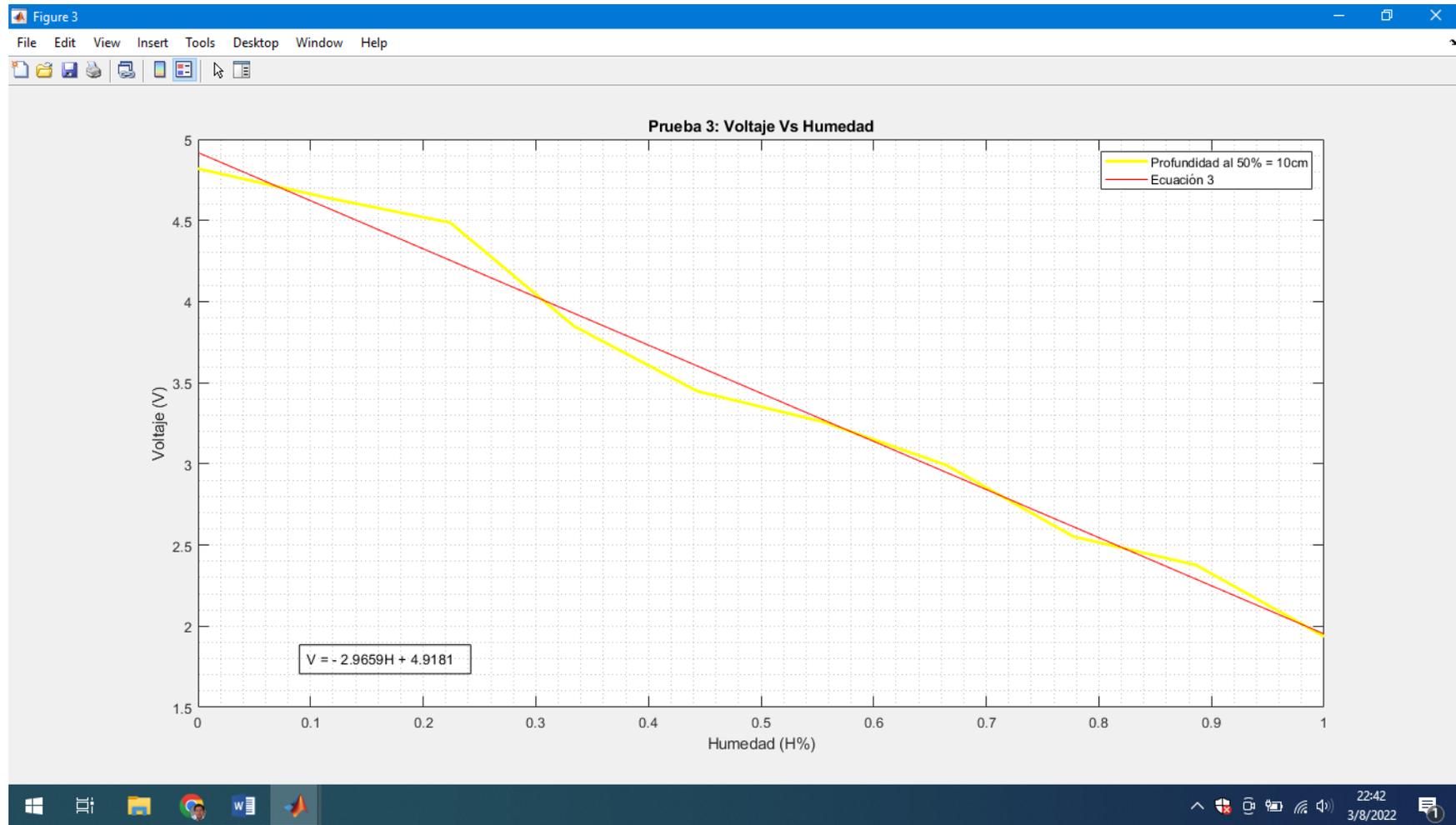


The screenshot shows the MATLAB R2018b environment. The editor window displays a script with the following code:

```
1 - clear
2 - clear all
3 - syms x y
4 - sat=5500; % masa de agua de saturación de la muestra
5 - magua=[0 619 1232 1836 2440 3055 3655 4276 4875 5500] % masa de agua
6 - hr=magua/sat; % humedad relativa respecto a la masa de saturación
7 - vr50=[4.819 4.643 4.486 3.849 3.447 3.258 2.992 2.552 2.376 1.936]; % humedad medida a 10 cm
8
9 - hold on
10 - figure (3)
11 - plot (hr, vr50,'y','linewidth',2)
12 - legend('Profundidad al 50% = 10cm','Ecuación 3');
13
14 - hold on
15 - p3=polyfit(hr,vr50,1)
16 - x=hr
17 - Y3=p3(1)*x+p3(2)
18 - plot(x,Y3,'r')
19 - title ('Prueba 3: Voltaje Vs Humedad')
20 - ylabel ('Voltaje (V)');
21 - xlabel ('Humedad (H%)');
22 - annotation('textbox',[0.2 0.1 0.1 0.1],'String','V = - 2.9659H + 4.9181');
23 - grid minor
24 - legend('Profundidad al 50% = 10cm','Ecuación 3');
```

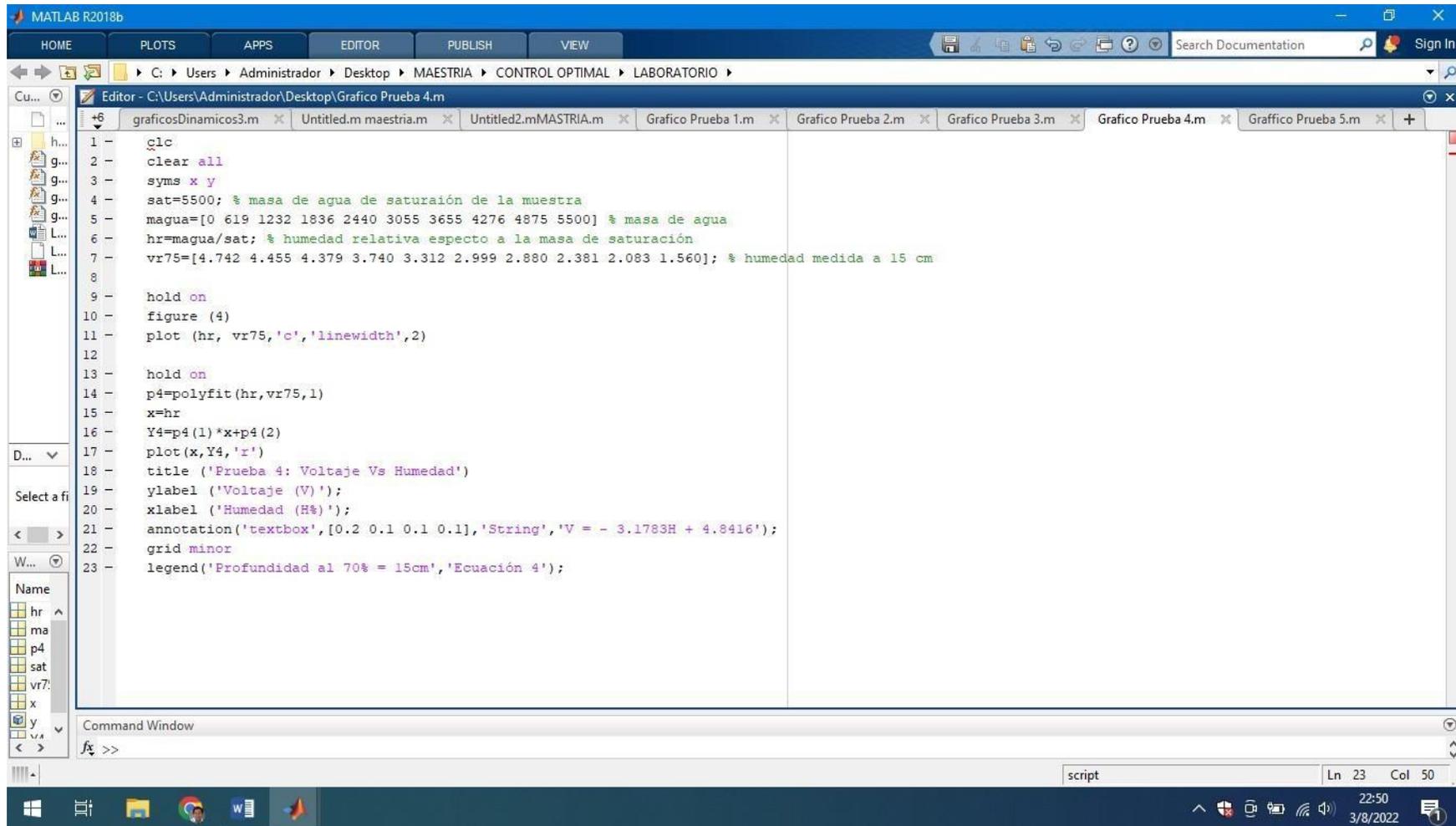
The Command Window at the bottom shows the prompt `>>`. The status bar indicates the current position is line 24, column 50.

FIGURA 3: VOLTAJE VS HUMEDA



FUENTE: AUTOR (2022)

CODIGO MATLAB PRUEBA 4 VOLTAJE VS HUMEDAD



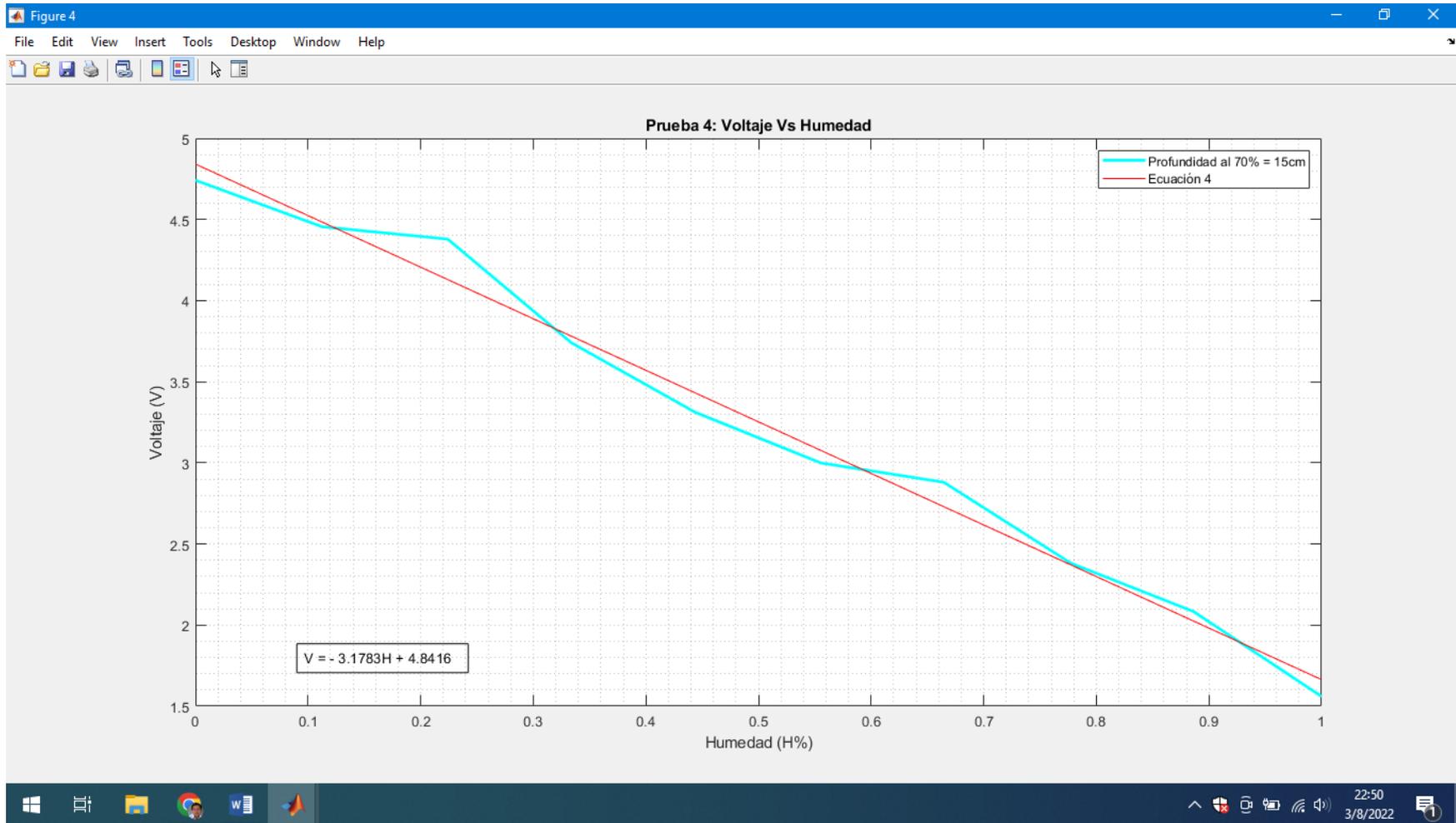
The screenshot shows the MATLAB R2018b Editor interface. The script in the Editor window is as follows:

```
1 -  clc
2 -  clear all
3 -  syms x y
4 -  sat=5500; % masa de agua de saturación de la muestra
5 -  magua=[0 619 1232 1836 2440 3055 3655 4276 4875 5500] % masa de agua
6 -  hr=magua/sat; % humedad relativa respecto a la masa de saturación
7 -  vr75=[4.742 4.455 4.379 3.740 3.312 2.999 2.880 2.381 2.083 1.560]; % humedad medida a 15 cm
8
9 -  hold on
10 - figure (4)
11 - plot (hr, vr75,'c','linewidth',2)
12
13 - hold on
14 - p4=polyfit(hr,vr75,1)
15 - x=hr
16 - Y4=p4(1)*x+p4(2)
17 - plot(x,Y4,'r')
18 - title ('Prueba 4: Voltaje Vs Humedad')
19 - ylabel ('Voltaje (V)');
20 - xlabel ('Humedad (H%)');
21 - annotation('textbox',[0.2 0.1 0.1 0.1],'String','V = - 3.1783H + 4.8416');
22 - grid minor
23 - legend('Profundidad al 70% = 15cm','Ecuación 4');
```

The Command Window at the bottom shows the prompt `>>`.

FUENTE: AUTOR (2022)

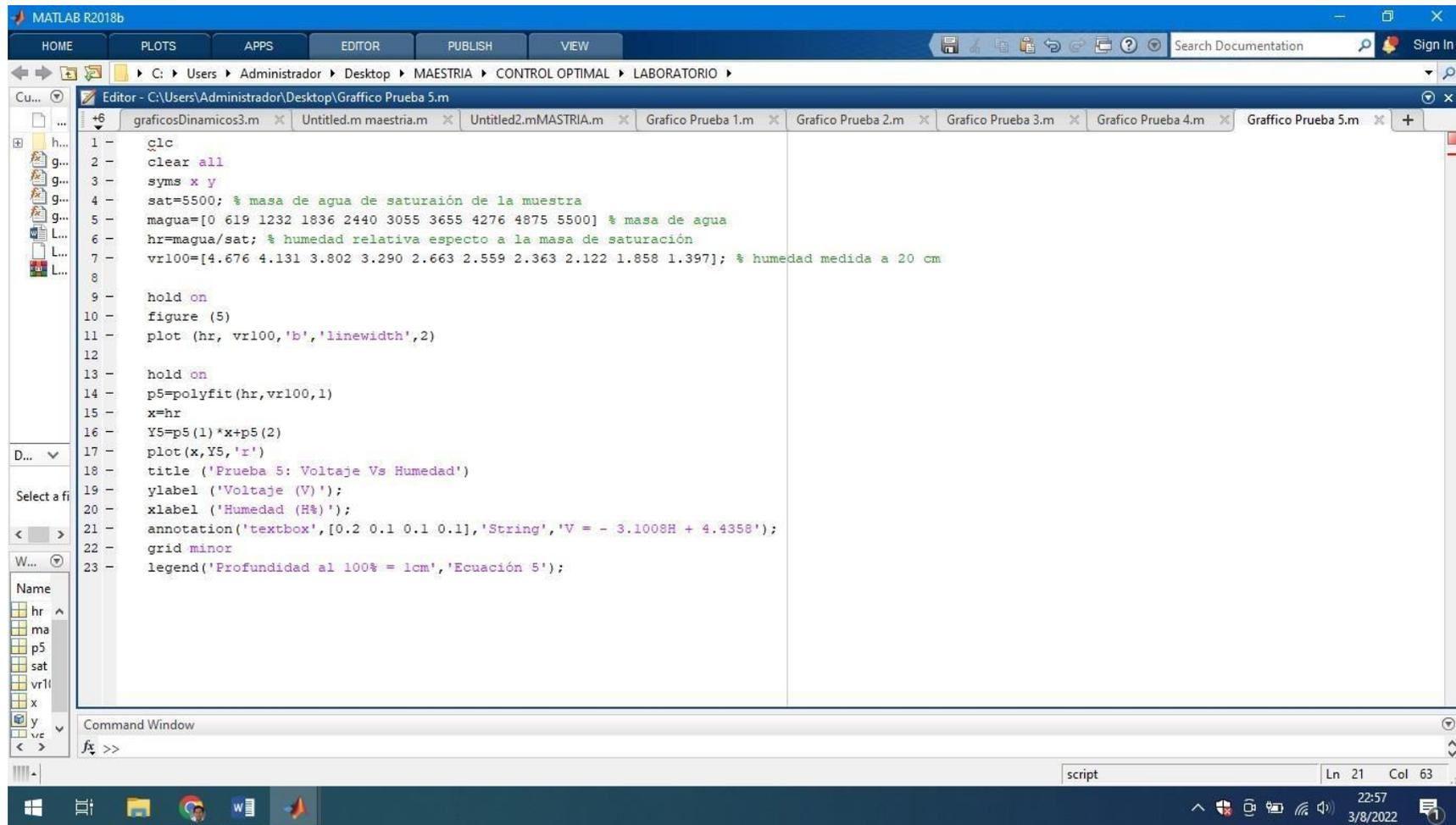
FIGURA 4: VOLTAJE VS HUMEDA



FUENTE: AUTOR (2022)

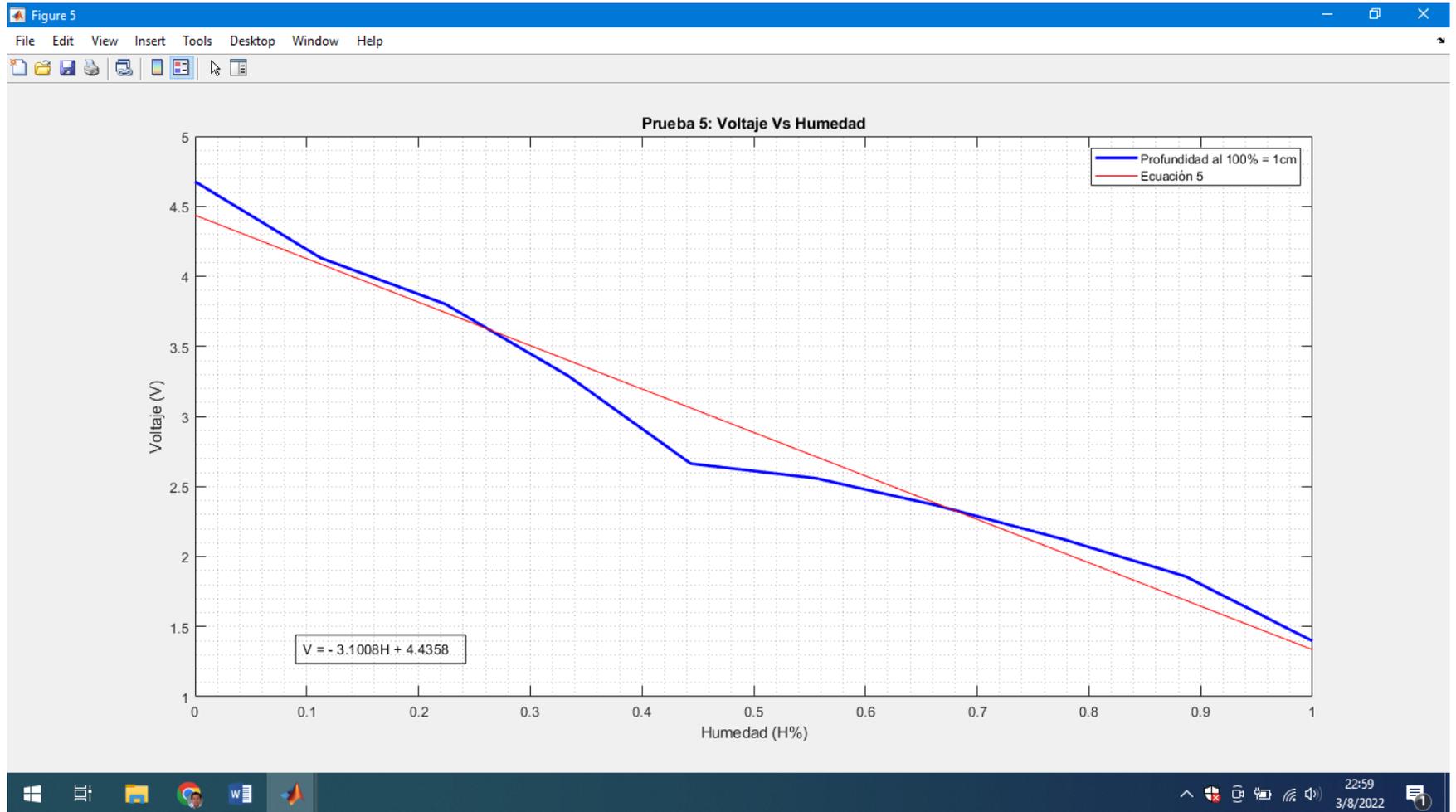
CODIGO MATLAB PRUEBA 5 VOLTAJE VS HUMEDAD

FUENTE: AUTOR (2022)



```
1 -   clc
2 -   clear all
3 -   syms x y
4 -   sat=5500; % masa de agua de saturación de la muestra
5 -   magua=[0 619 1232 1836 2440 3055 3655 4276 4875 5500] % masa de agua
6 -   hr=magua/sat; % humedad relativa respecto a la masa de saturación
7 -   vr100=[4.676 4.131 3.802 3.290 2.663 2.559 2.363 2.122 1.858 1.397]; % humedad medida a 20 cm
8 -
9 -   hold on
10 -  figure (5)
11 -  plot (hr, vr100,'b','linewidth',2)
12 -
13 -  hold on
14 -  p5=polyfit(hr,vr100,1)
15 -  x=hr
16 -  Y5=p5(1)*x+p5(2)
17 -  plot(x,Y5,'r')
18 -  title ('Prueba 5: Voltaje Vs Humedad')
19 -  ylabel ('Voltaje (V)');
20 -  xlabel ('Humedad (H%)');
21 -  annotation('textbox',[0.2 0.1 0.1 0.1],'String','V = - 3.1008H + 4.4358');
22 -  grid minor
23 -  legend('Profundidad al 100% = 1cm','Ecuación 5');
```

FIGURA 5: VOLTAJE VS HUMEDA



FUENTE: AUTOR (2022))

ANALISIS DE VOLTAJE VS HUMEDAD:

Luego de realizar todas las medidas en las profundidades y sacando todos los cálculos, la ecuación que vamos a utilizar es, donde (V) es el voltaje y (H) la humedad del suelo.

$$V(H) = -3.1008H + 4.4358$$

Se utilizo en la profundidad del 100%, que está a 20 cm ya que las raíces de las plantas llegan en promedio hasta esa profundidad.

CÁLCULO DE LA HUMEDAD GRAVITATORIA

$$\%humedad\ gravitatoria = \frac{P_{sh} - P_s}{P_{ss}} \times 100$$

$$humedad\ volumetrica = humedad\ gravitatoria \times \frac{densidad\ aparente}{densidad\ del\ agua}$$

PRUEBA CAUDAL DEL AGUA

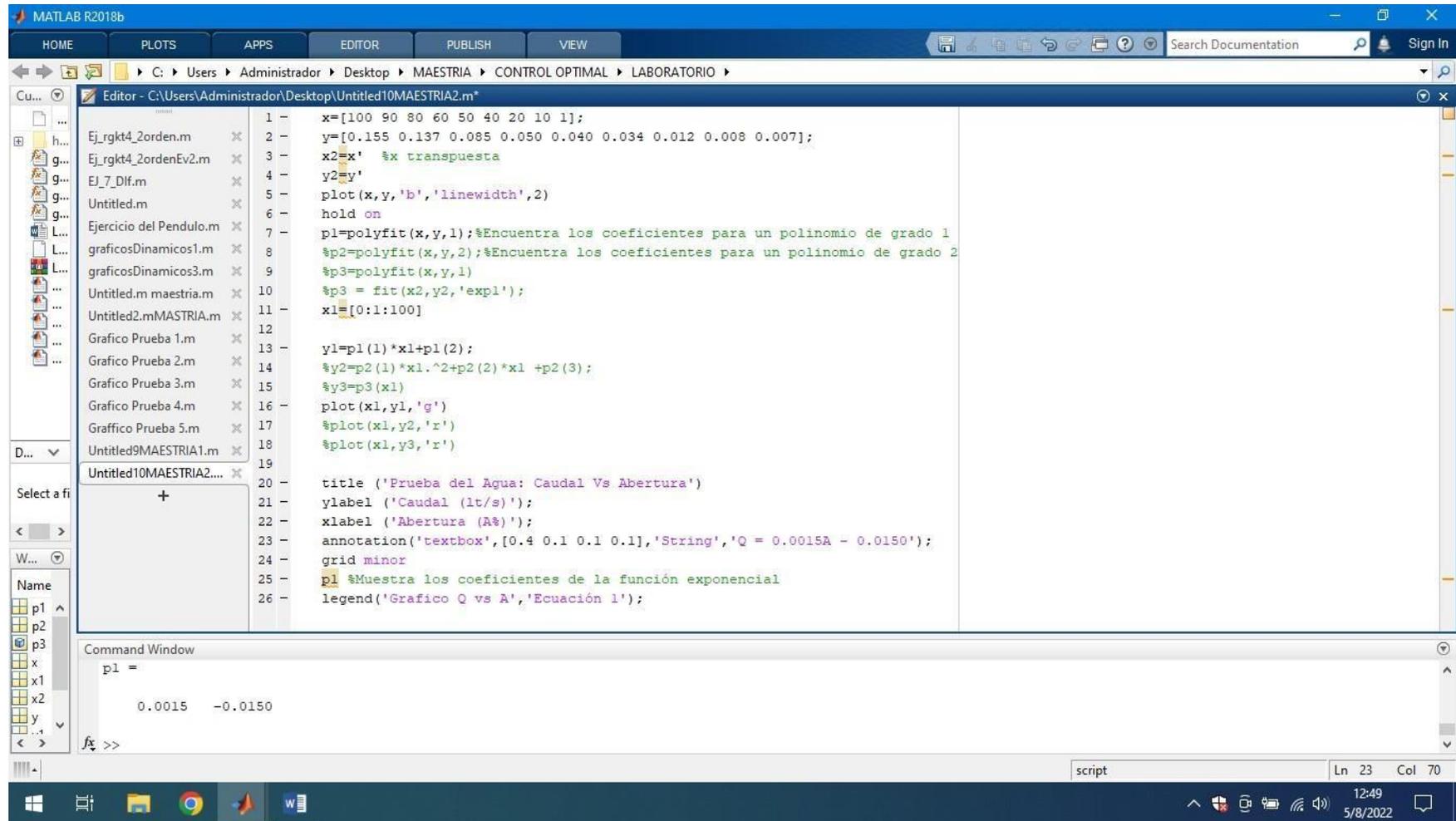
TABLA 12

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a table of data. The table is located in the range E4:M13. The columns are: Abertura de la Valvula (°), Abertura de la Valvula (%), Volumen (lt), Tiempo (s), and Caudal (lt/s). The data is as follows:

Abertura de la Valvula (°)	Abertura de la Valvula (%)	Volumen (lt)	Tiempo (s)	Caudal (lt/s)
90°	100	5,5	35,29	0,1559
81°	90	5,5	39,99	0,1375
72°	80	5,5	64,32	0,0855
54°	60	5,5	107,34	0,0512
45°	50	5,5	130,95	0,0420
36°	40	5,5	161,76	0,0340
18°	20	5,5	458,34	0,0120
9°	10	5,5	674,39	0,0082
1°	0,9	5,5	785,71	0,0070

FUENTE: AUTOR (2022)

CODIGO MATLAB PRUEBA 6 CAUDAL VS ABERTURA



```
1 - x=[100 90 80 60 50 40 20 10 1];
2 - y=[0.155 0.137 0.085 0.050 0.040 0.034 0.012 0.008 0.007];
3 - x2=x' %x transpuesta
4 - y2=y'
5 - plot(x,y,'b','linewidth',2)
6 - hold on
7 - p1=polyfit(x,y,1);%Encuentra los coeficientes para un polinomio de grado 1
8 - %p2=polyfit(x,y,2);%Encuentra los coeficientes para un polinomio de grado 2
9 - %p3=polyfit(x,y,1)
10 - %p3 = fit(x2,y2,'expl');
11 - x1=[0:1:100]
12 -
13 - y1=p1(1)*x1+p1(2);
14 - %y2=p2(1)*x1.^2+p2(2)*x1 +p2(3);
15 - %y3=p3(x1)
16 - plot(x1,y1,'g')
17 - %plot(x1,y2,'r')
18 - %plot(x1,y3,'r')
19 -
20 - title ('Prueba del Agua: Caudal Vs Abertura')
21 - ylabel ('Caudal (lt/s)');
22 - xlabel ('Abertura (A%)');
23 - annotation('textbox',[0.4 0.1 0.1 0.1],'String','Q = 0.0015A - 0.0150');
24 - grid minor
25 - p1 %Muestra los coeficientes de la función exponencial
26 - legend('Grafico Q vs A','Ecuación 1');
```

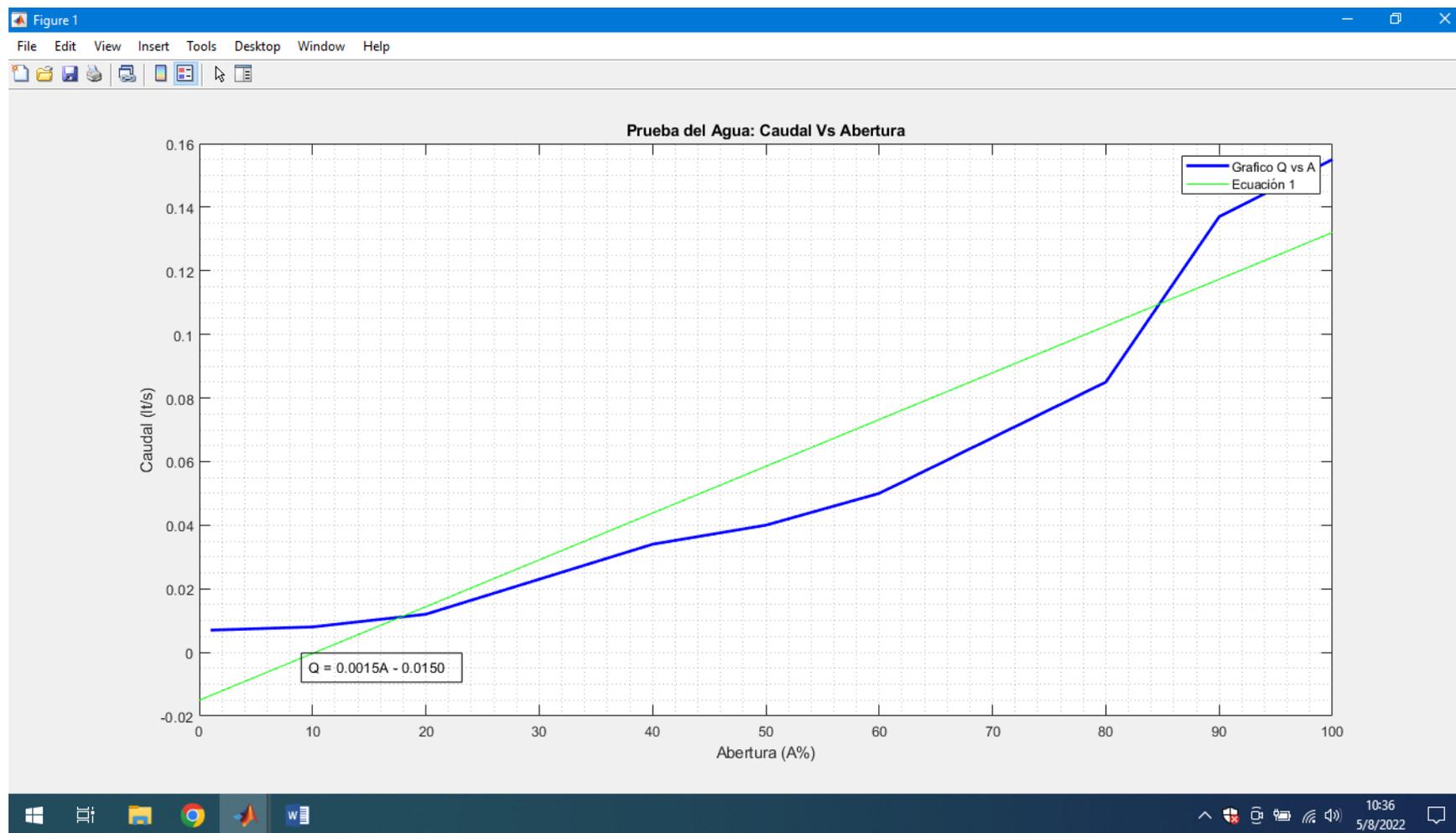
Command Window

```
p1 =
    0.0015    -0.0150
```

script Ln 23 Col 70

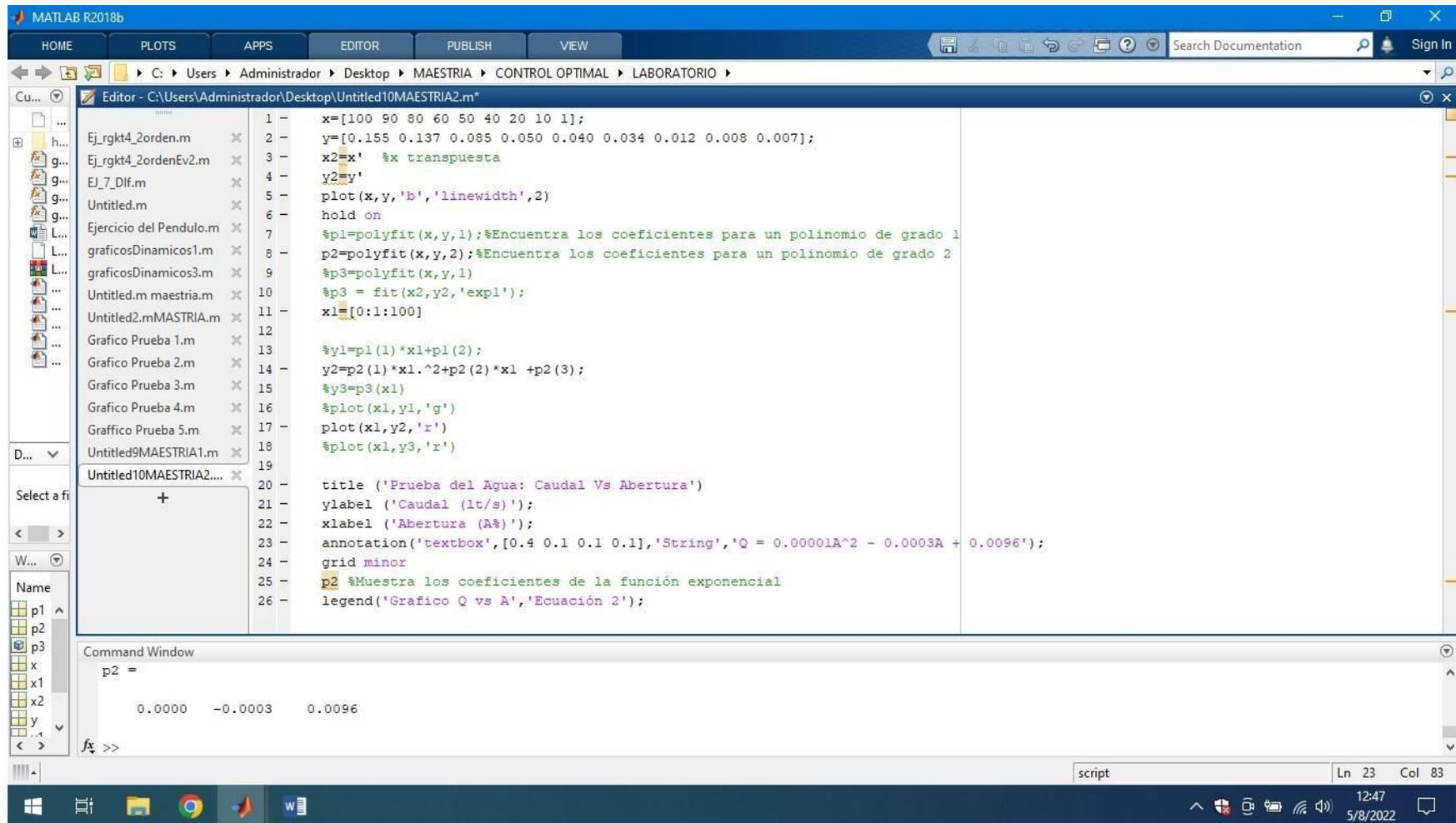
FUENTE: AUTOR (2022)

FIGURA 6: CAUDAL VS ABERTURA



FUENTE: AUTOR (2022)

CODIGO MATLAB PRUEBA 7 CAUDAL VS ABERTURA



```
1 - x=[100 90 80 60 50 40 20 10 1];
2 - y=[0.155 0.137 0.085 0.050 0.040 0.034 0.012 0.008 0.007];
3 - x2=x' %x transpuesta
4 - y2=y'
5 - plot(x,y,'b','linewidth',2)
6 - hold on
7 - %p1=polyfit(x,y,1);%Encuentra los coeficientes para un polinomio de grado 1
8 - p2=polyfit(x,y,2);%Encuentra los coeficientes para un polinomio de grado 2
9 - %p3=polyfit(x,y,1)
10 - %p3 = fit(x2,y2,'exp1');
11 - x1=[0:1:100]
12 -
13 - %y1=p1(1)*x1+p1(2);
14 - y2=p2(1)*x1.^2+p2(2)*x1 +p2(3);
15 - %y3=p3(x1)
16 - %plot(x1,y1,'g')
17 - plot(x1,y2,'r')
18 - %plot(x1,y3,'r')
19 -
20 - title ('Prueba del Agua: Caudal Vs Abertura')
21 - ylabel ('Caudal (lt/s)');
22 - xlabel ('Abertura (A%)');
23 - annotation('textbox',[0.4 0.1 0.1 0.1],'String','Q = 0.00001A^2 - 0.0003A + 0.0096');
24 - grid minor
25 - p2 %Muestra los coeficientes de la función exponencial
26 - legend('Grafico Q vs A','Ecuación 2');
```

Command Window

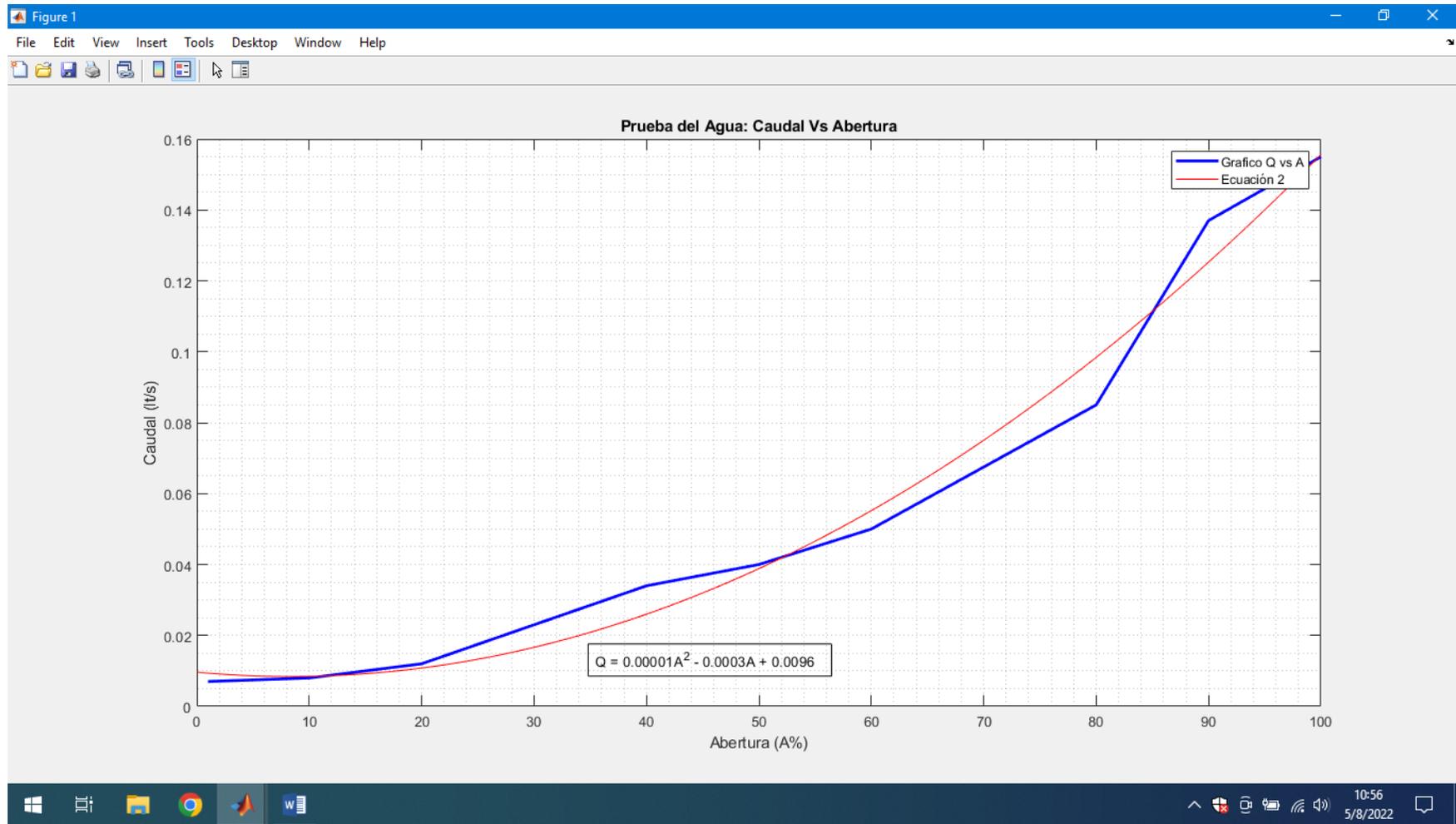
```
p2 =
    0.0000   -0.0003    0.0096
```

script Ln 23 Col 83

12:47
5/8/2022

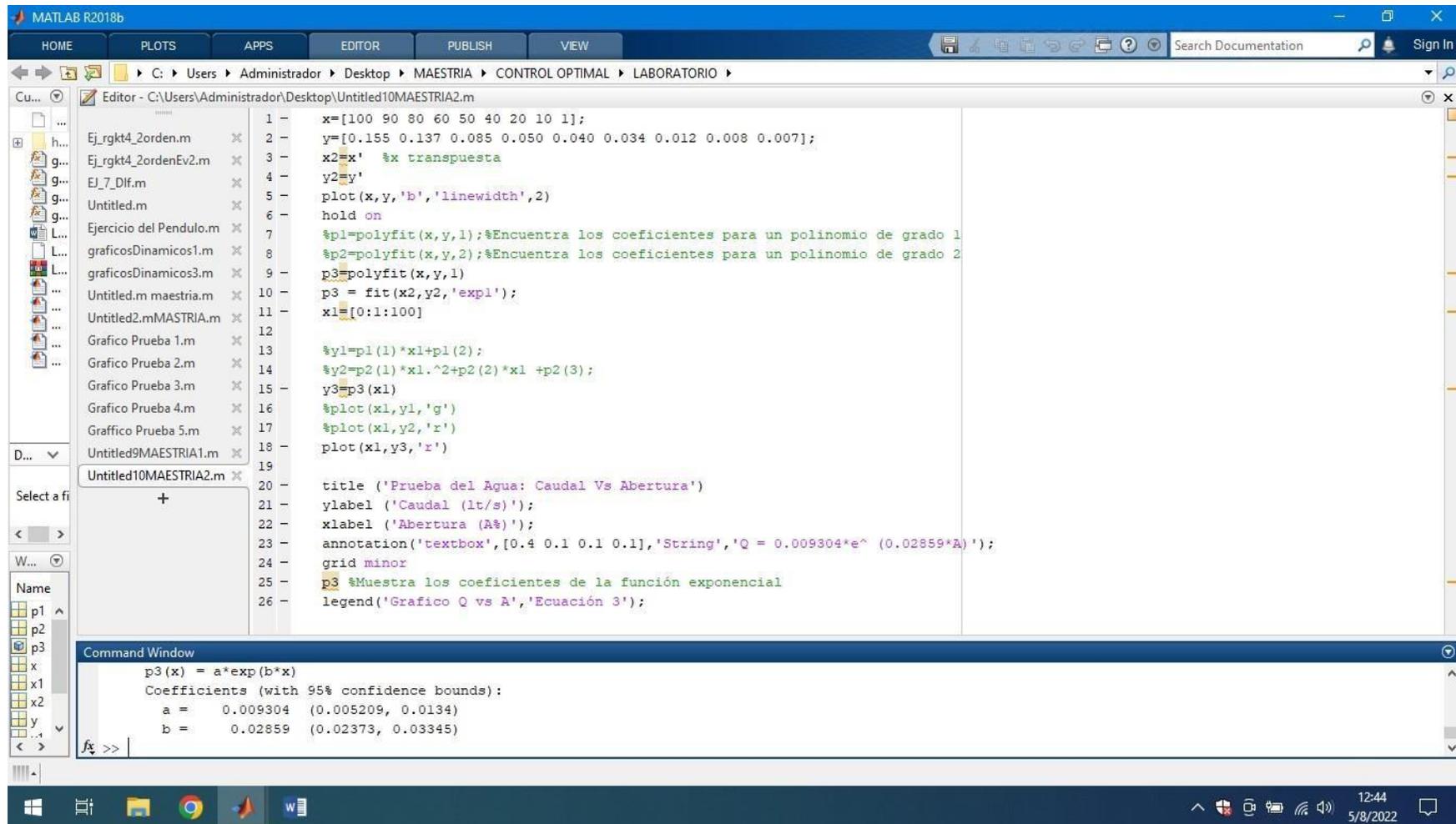
FUENTE: AUTOR (2022)

FIGURA 7: CAUDAL VS ABERTURA



FUENTE: AUTOR (2022)

CODIGO MATLAB PRUEBA 8 CAUDAL VS ABERTURA



The screenshot shows the MATLAB R2018b environment. The editor window displays a script with the following code:

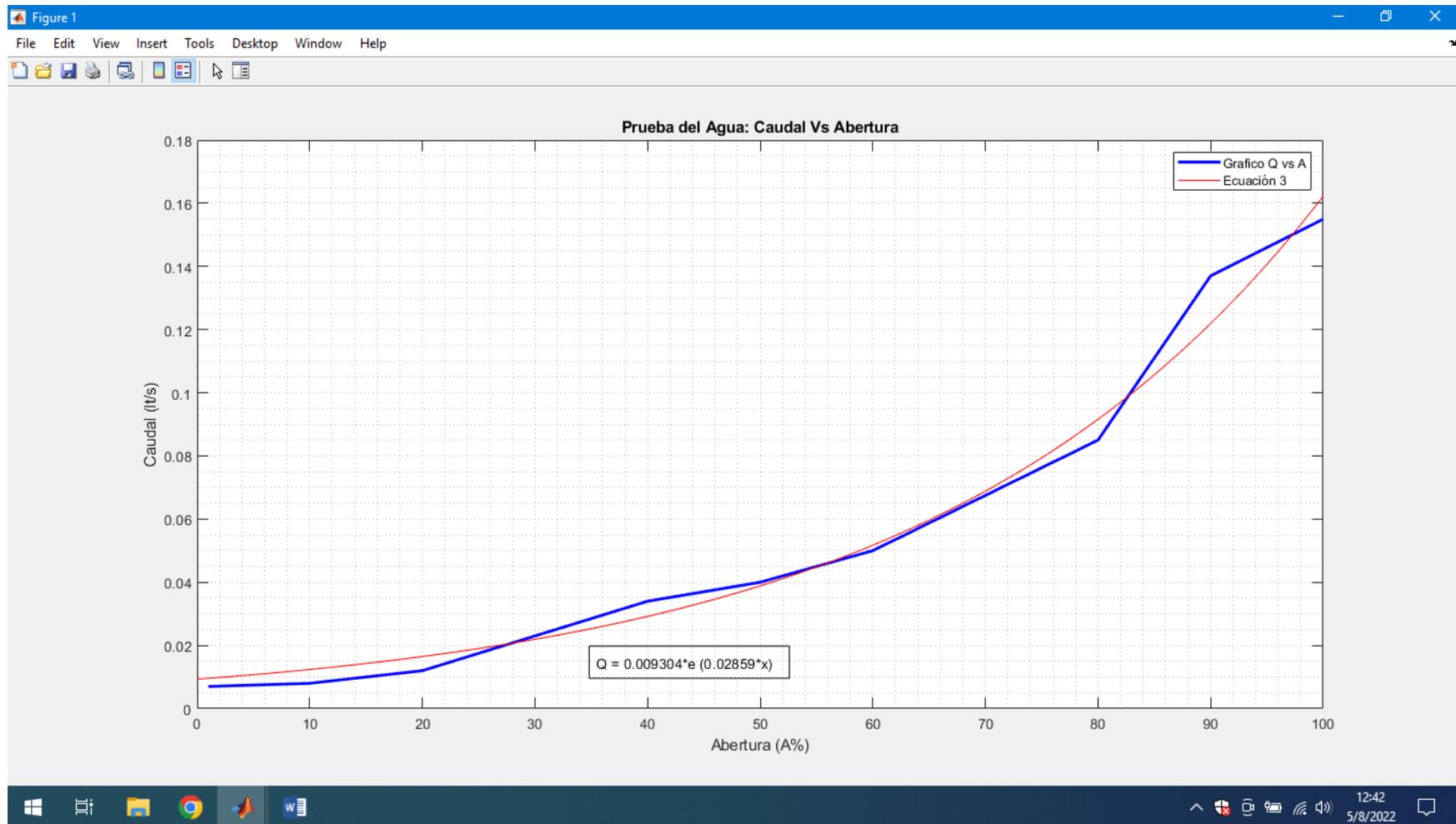
```
1 - x=[100 90 80 60 50 40 20 10 1];
2 - y=[0.155 0.137 0.085 0.050 0.040 0.034 0.012 0.008 0.007];
3 - x2=x' %x transpuesta
4 - y2=y'
5 - plot(x,y,'b','linewidth',2)
6 - hold on
7 - %p1=polyfit(x,y,1);%Encuentra los coeficientes para un polinomio de grado 1
8 - %p2=polyfit(x,y,2);%Encuentra los coeficientes para un polinomio de grado 2
9 - p3=polyfit(x,y,1)
10 - p3 = fit(x2,y2,'exp1');
11 - x1=[0:1:100]
12
13 - %y1=p1(1)*x1+p1(2);
14 - %y2=p2(1)*x1.^2+p2(2)*x1 +p2(3);
15 - y3=p3(x1)
16 - %plot(x1,y1,'g')
17 - %plot(x1,y2,'r')
18 - plot(x1,y3,'r')
19
20 - title ('Prueba del Agua: Caudal Vs Abertura')
21 - ylabel ('Caudal (lt/s)');
22 - xlabel ('Abertura (A%)');
23 - annotation('textbox',[0.4 0.1 0.1 0.1],'String','Q = 0.009304*e^ (0.02859*A)');
24 - grid minor
25 - p3 %Muestra los coeficientes de la función exponencial
26 - legend('Grafico Q vs A','Ecuación 3');
```

The Command Window shows the output of the fit function:

```
p3(x) = a*exp(b*x)
Coefficients (with 95% confidence bounds):
a = 0.009304 (0.005209, 0.0134)
b = 0.02859 (0.02373, 0.03345)
```

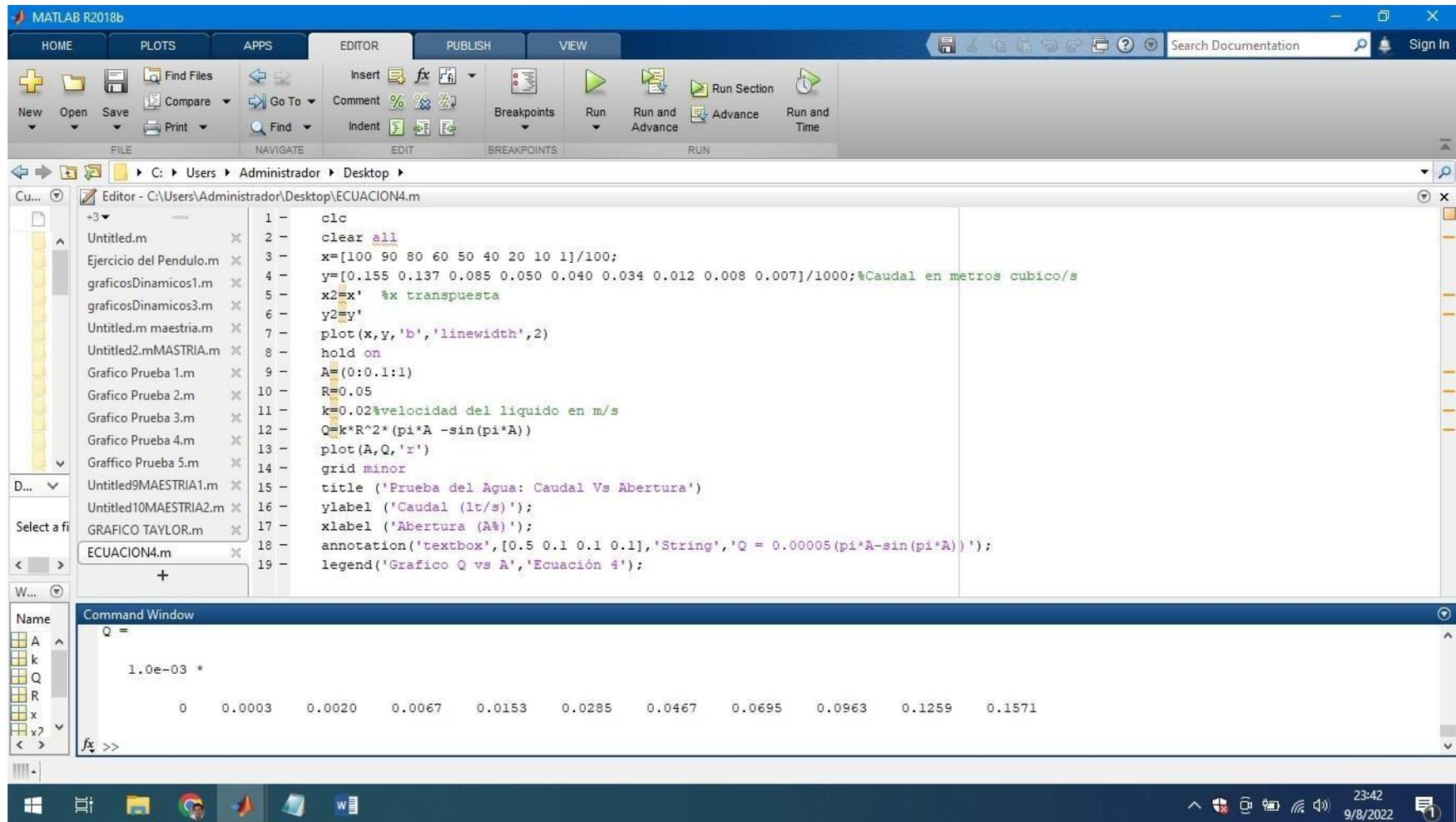
FUENTE: AUTOR (2022)

FIGURA 8: CAUDAL VS ABERTURA



FUENTE: AUTOR (2022)

CODIGO MATLAB PRUEBA 6 CAUDAL VS ABERTURA



The screenshot displays the MATLAB R2018b environment. The Editor window shows a script named 'EcuACION4.m' with the following code:

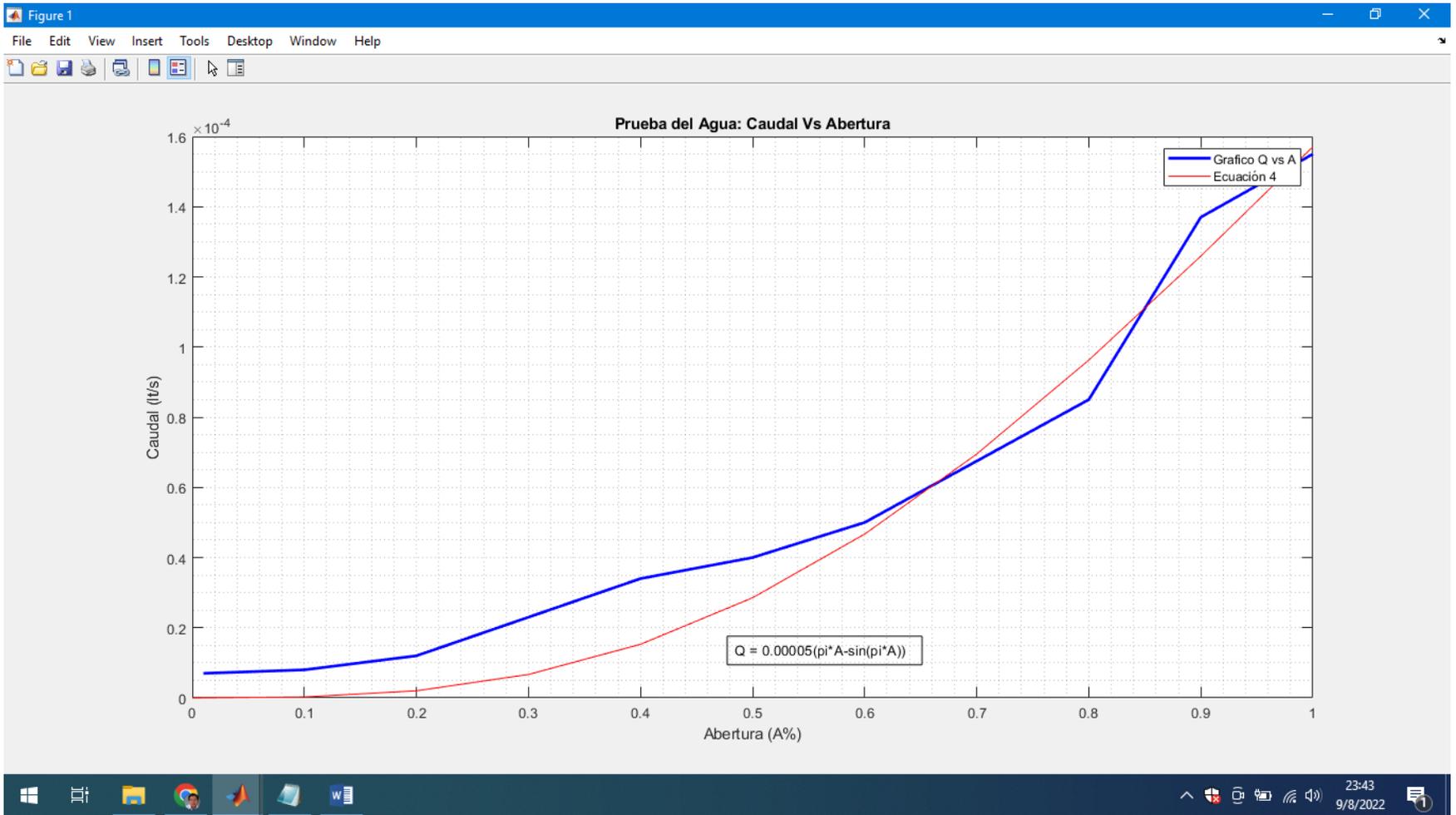
```
1 -   clc
2 -   clear all
3 -   x=[100 90 80 60 50 40 20 10 1]/100;
4 -   y=[0.155 0.137 0.085 0.050 0.040 0.034 0.012 0.008 0.007]/1000;%Caudal en metros cubico/s
5 -   x2=x' %x transpuesta
6 -   y2=y'
7 -   plot(x,y,'b','linewidth',2)
8 -   hold on
9 -   A=(0:0.1:1)
10 -  R=0.05
11 -  k=0.02%velocidad del liquido en m/s
12 -  Q=k*R^2*(pi*A -sin(pi*A))
13 -  plot(A,Q,'r')
14 -  grid minor
15 -  title ('Prueba del Agua: Caudal Vs Abertura')
16 -  ylabel ('Caudal (lt/s)');
17 -  xlabel ('Abertura (A%)');
18 -  annotation('textbox',[0.5 0.1 0.1 0.1],'String','Q = 0.00005(pi*A-sin(pi*A))');
19 -  legend('Grafico Q vs A','Ecuación 4');
```

The Command Window shows the output of the script:

```
Q =
    1.0e-03 *
    0    0.0003    0.0020    0.0067    0.0153    0.0285    0.0467    0.0695    0.0963    0.1259    0.1571
```

FUENTE: AUTOR (2022)

FIGURA 9: CAUDAL VS ABERTURA



FUENTE: AUTOR (2022)

ANALISIS DE CAUDAL VS ABERTURA

Realizando todas las medidas del caudal del agua sacando todos los cálculos, la ecuación que vamos a utilizar es, donde (Q) es el caudal de agua que sale por la tubería y (A) la abertura de la válvula de agua, utilizando la fórmula de segmento circular ya que la válvula es de orificio circular

$$Q(A) = k(2 \cdot \text{área segmento circular})$$

$$Q(A) = k(2(\text{área sector} - \text{área triángulo}))$$

$$Q(A) = k \cdot 2 \left(\frac{\pi R^2}{2\pi} \alpha - \frac{R^2}{2} \sin \alpha \right)$$

$$Q(A) = kR^2(\alpha - \sin \alpha)$$

$\alpha = \pi A$ la abertura depende del ángulo de la válvula

$$Q(A) = kR^2(\pi A - \sin(\pi A))$$

velocidad caudal: $k = 0.02 \text{ m/s}$

radio: $R = 0.05 \text{ m}$

$$Q(A) = 0.00005(\pi A - \sin(\pi A))$$

Aplicación de la serie de Taylor de $f(x_0)$ alrededor de x_0 es:

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2}(x - x_0)^2 + \frac{f'''(x_0)}{3!}(x - x_0)^3 + \frac{f^{(4)}(x_0)}{4!}(x - x_0)^4 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x - x_0)^n$$

$$Q(A) = 0.00005(\pi A - \sin(\pi A))$$

$$Q(A) = 0.00005(\pi A - \sin(\pi A)) = 0.00005\pi A - 0.00005 \sin(\pi A)$$

$$Q'(A) = 0.00005(\pi(1) - \pi \cos(\pi A)) = 0.00005\pi - 0.00005\pi \cos(\pi A)$$

$$Q''(A) = 0.00005(+ \pi^2 \sin(\pi A)) = 0.00005\pi^2 \sin(\pi A)$$

$$Q'''(A) = 0.00005(+ \pi^3 \cos(\pi A)) = 0.00005 \pi^3 \cos(\pi A)$$

$$Q^{iv}(A) = 0.00005(- \pi^4 \sin(\pi A)) = -0.00005 \pi^4 \sin(\pi A)$$

$$Q^v(A) = 0.00005(- \pi^5 \cos(\pi A)) = -0.00005 \pi^5 \cos(\pi A)$$

Generalizando:

$$f(x) = 0.00005 [\pi A + \pi(A - A_0) + \cos(\pi A) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\pi^{2n+1}(A - A_0)^{2n+1}}{(2n + 1)!} (-1)^{2n+1} + \sin(\pi A) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\pi^{2n}(A - A_0)^{2n}}{2n!} (-1)^{2n+1}]$$

$$[\cos(\pi A) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\pi^{2n+1}(A - A_0)^{2n+1}}{(2n + 1)!} (-1)^{2n+1} + \sin(\pi A) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\pi^{2n}(A - A_0)^{2n}}{2n!} (-1)^{2n+1}] \text{ Es el error tolerable}$$

Entonces:

$$f(x) - f(x_0) = (0.00005\pi - 0.00005\pi \cos(\pi A))(A - A_0)$$

$A_0 = 0.6$ abertura ideal que necesitamos

$$\Delta Q(A) = 0.00005\pi(1 - \cos(\pi(0.6)))(\Delta A)$$

$$\Delta Q(A) = 0.00005\pi(1 - \cos(\pi(0.6)))(\Delta A)$$

$$\Delta Q(A) = (2.0562 * 10^{-4})(\Delta A)$$

Aplicando la transformada de L'PLACE

$$Q(s) = (2.0562 * 10^{-4})(A(s))$$

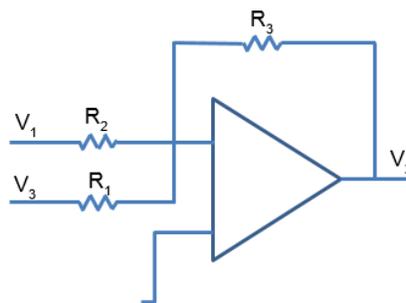
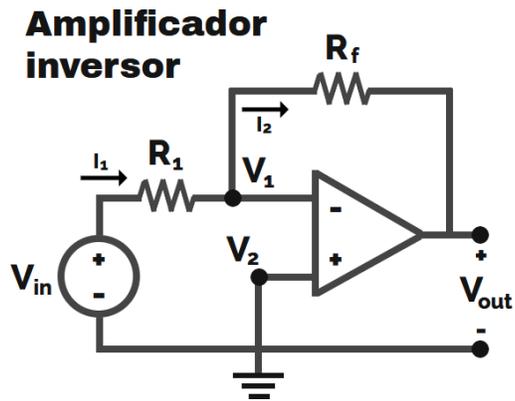
Ecuaciones que nos resultaron de las dos pruebas realizadas y el análisis en MATLAB

$$\begin{cases} V(H) = -3.1008H + 4.4358 & \text{Ec. 1} \\ Q(s) = (2.0562 * 10^{-4})(A(s)) & \text{Ec. 3} \end{cases}$$

$$Q(s) = (2.0562 * 10^{-4})(A(s))$$

$$\frac{Q}{A} = 2.0562 * 10^{-4}$$

$$V(H) = -3.1008H + 4.4358$$



$$R_1 = R_2 = R_3$$

$$V_3 = -4.4358$$

$$V_2 = -(V_1 + V_3)$$

$$V_2 = -(-3.1008H + 4.4358 - 4.4358)$$

$$V(H) = 3.1008H$$

$$\frac{V}{H} = 3.1008$$



$$\frac{Q}{A} * \frac{H}{Q} * \frac{V}{H} = \frac{V}{A}$$

$$(2.0562 * 10^{-4}) * \frac{K}{S} * (3.1008) = \frac{V}{A}$$

$$K = 0.02$$

$$(2.0562 * 10^{-4}) * \frac{(0.02)}{S} * (3.1008) = \frac{V}{A}$$

$$\frac{1.2752 * 10^{-5}}{S} = \frac{V}{A}$$

$$\frac{V}{A} = \frac{1.2752 * 10^{-5}}{S}$$

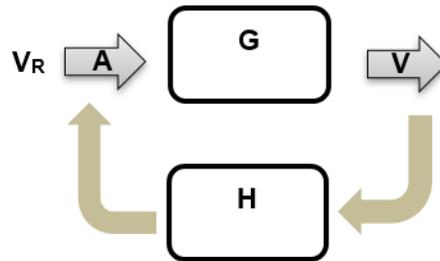
$5V$	→	90°	→	100%
------	---	------------	---	------

$0V$	\rightarrow	0°	\rightarrow	0%
------	---------------	-----------	---------------	-------

$$A = 20V_R$$

$$\frac{V}{20V_R} = \frac{1.2752 * 10^{-5}}{S}$$

$$\frac{V}{V_R} = \frac{2.5504 * 10^{-4}}{S}$$



$$\frac{V}{V_R} = G \rightarrow V = V_R G : \text{ecuación 1}$$

$$V_R - VH = \text{Error} : \text{ecuación 2}$$

$$V = (V_R - VH)G$$

$$V = V_R G - VH G$$

$$V + VH G = V_R G$$

$$V(1 + HG) = V_R G$$

$$V = \frac{V_R G}{1 + HG}$$

$$\frac{V}{V_R} = \frac{G}{1 + HG} \quad \text{donde } H = 1$$

$$\frac{G}{1 + G} = \frac{\frac{2.5504 * 10^{-4}}{S}}{1 + \frac{2.5504 * 10^{-4}}{S}}$$

$$\frac{V}{V_R} = \frac{2.5504 * 10^{-4}}{2.5504 * 10^{-4} + S}$$

$$\Delta H = Q\Delta t - f(t)$$

$f(t) \approx 0$: función de secado

$$\Delta H = Q\Delta t$$

$$\frac{V}{H} = 3.1008$$

$$V = 3.1008 * H$$

humedad $\rightarrow H = 0.6$

$$V = 3.1008 * 0.6$$

$$V = 1.86$$

$$\frac{V}{V_R} = \frac{2.5504 * 10^{-4}}{2.5504 * 10^{-4} + S}$$

$$V_R = \frac{V(2.5504 * 10^{-4} + S)}{2.5504 * 10^{-4}}$$

$$V_R = \lim_{S \rightarrow 0} \left(\frac{V(2.5504 * 10^{-4} + S)}{2.5504 * 10^{-4}} \right)$$

$$V_R = V$$

$$V_R = 1.86$$

$$\frac{V}{V_R} = \frac{k G}{1 + kG}$$

$$\frac{V}{V_R} = \frac{k \left(\frac{2.5504 * 10^{-4}}{S} \right)}{1 + k \left(\frac{2.5504 * 10^{-4}}{S} \right)}$$

$$\frac{V}{V_R} = \frac{k (2.5504 * 10^{-4})}{S + k(2.5504 * 10^{-4})}$$

$$k(2.5504 * 10^{-4}) = a$$

$$tau \rightarrow r = \frac{1}{a}$$

$$r = \frac{1}{k(2.5504 * 10^{-4})}$$

$$r = \frac{10^4}{2.5504 * k}$$

$$T_{ss} = 4r$$

$$T_{ss} = 4 \left(\frac{10^4}{2.5504k} \right)$$

$$T_{ss} = \frac{1.5684 * 10^4}{k}$$

$$k = \frac{1.5684 * 10^4}{T_{ss}}$$

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los cultivos depende de la cantidad de agua que tenga el suelo, la humedad del suelo hace posible el desarrollo de las plantas, está en relación con la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno, para ello se pesa antes la tierra seca y después en el experimento en las 10 muestras del ensayo del secado, el promedio de la materia seca es del 82% esto muestra una pérdida del 18% esto muestra la importancia y necesidad de automatizar a través de establecimiento de un algoritmo que se transforme en la dotación de un sistema inteligente de riego aspecto que se relaciona con lo expuesto, el agua constituye un factor determinante en la formación, conservación, fertilidad y productividad del mismo, así como para la germinación, y crecimiento. La humedad del suelo es una condición importante para su rendimiento,

La implementación de algoritmo matemático, permite seguir la secuencia de instrucciones para medir la humedad del suelo para la automatización de un sistema de riego. Los adecuados niveles de humedad del suelo son una condición importante para la formación de las plantas y el alto rendimiento de los cultivos. Para la planta, el agua no sólo sirve como agente de restauración de la humedad, sino también como regulador de la temperatura.

La automatización de un sistema de riego se basa en instrucciones que ayudan a la humedad del suelo según la variedad de cultivos, incrementando la eficiencia, un buen control optimiza las cosechas, los avances tecnológicos permiten que las cosechas mejoren según la utilización del agua que se va a utilizar en las plantas.

La investigación muestra que la agricultura necesita de la tecnología para lograr exitosos cultivos, esto determina que el futuro de la agricultura depende de que el sistema de riego, ya que este permita que el recurso del agua sea eficiente, eso logra que la producción sea buena con excelentes ganancias.

El futuro de la agricultura, depende, en buena parte, de la implantación de sistemas de riego de precisión en las fincas, que permitan la utilización más eficiente de los recursos agua, fertilizante y energía. La eficiencia productiva del sistema de riego es importante, esta se expresa como la cantidad del producto agrícola a obtener por cada metro cúbico de agua de riego aplicado que varía para cada cultivo y en función de las condiciones meteorológicas.

El riego tecnificado es una herramienta que necesita algoritmos matemáticos es por tal motivo la realización del proyecto porque se va a aplicar herramientas que optimizan la producción, las cosechas son exitosas y permiten que la producción se de en gran cantidad, además que permite poco consumo de agua. El riego en los cultivos hace posible que se den grandes cosechas, es importante que la humedad del suelo se cultivos, se ha incorporado los avances tecnológicos, los sistemas optimizan los procesos y así se garantiza que la producción se dé a gran escala para garantizar la alimentación en toda la población.

DIAGRAMAS DE SIMULINK

DIAGRAMA 1

FUENTE: AUTOR (2022)

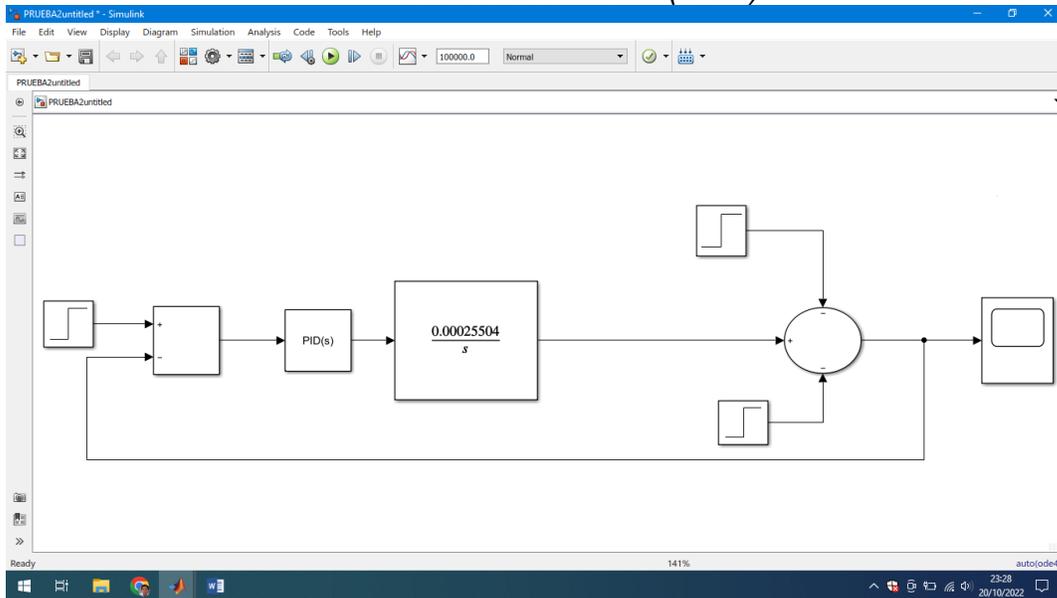
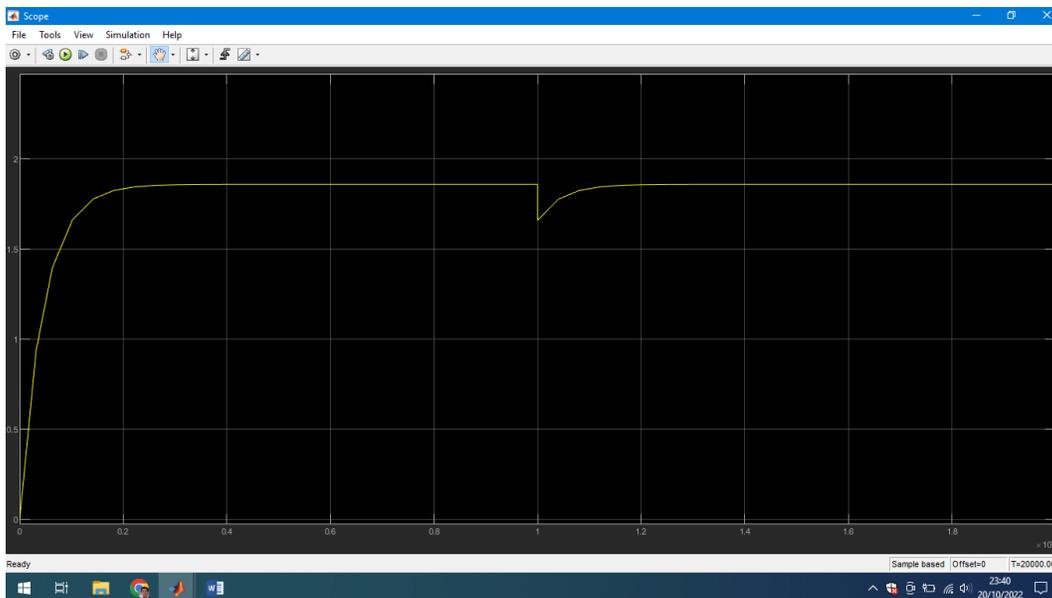
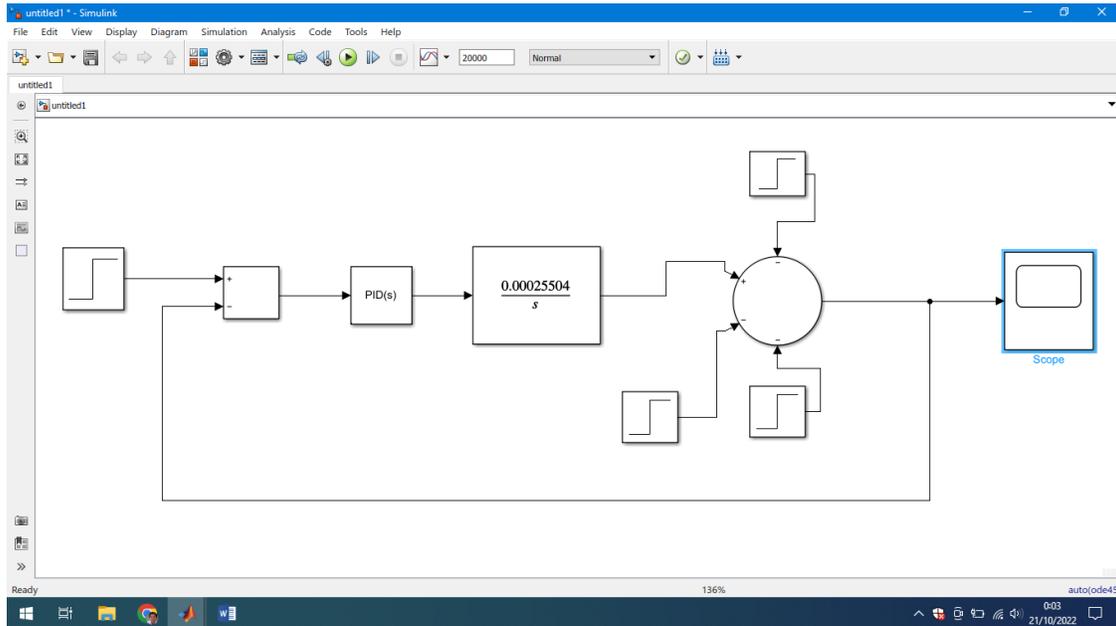


GRAFICO DEL DIAGRAMA 1



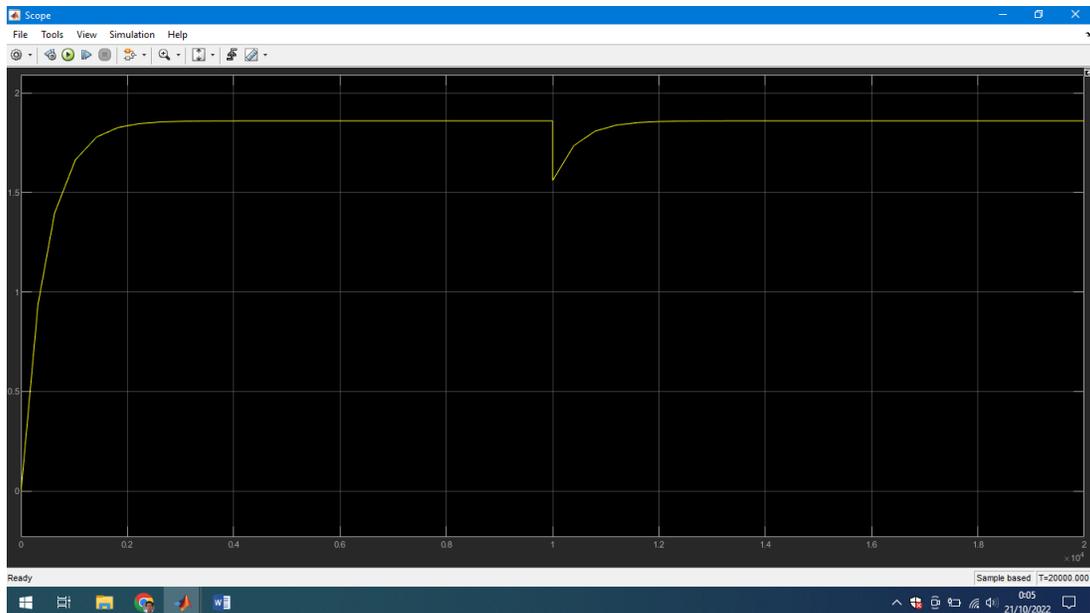
FUENTE: AUTOR (2022)

DIAGRAMA 2



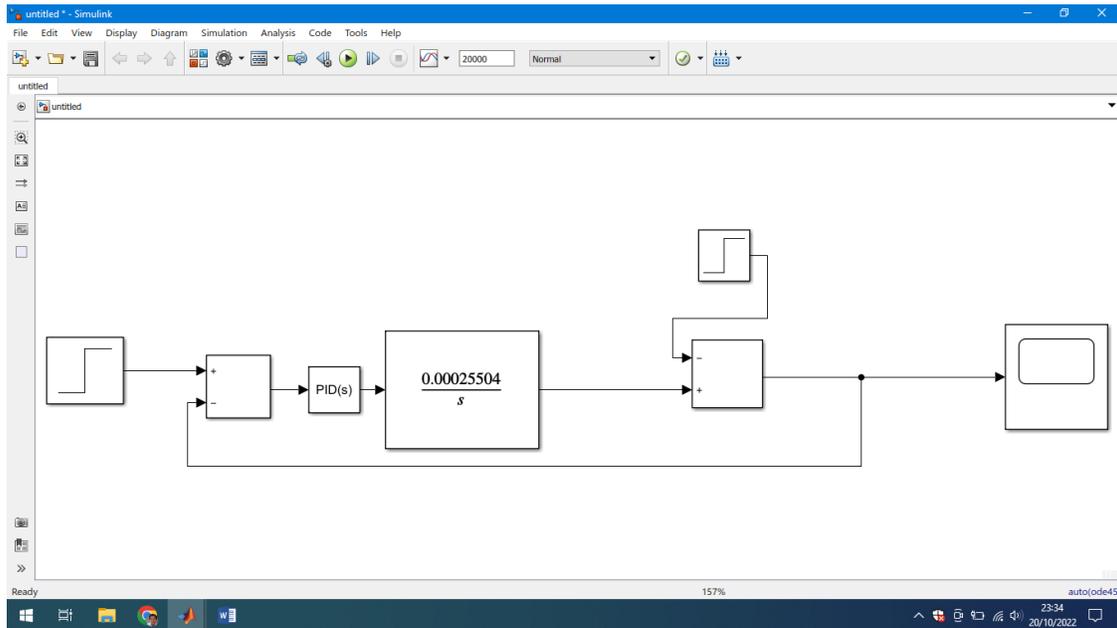
FUENTE: AUTOR (2022)

GRAFICO DEL DIAGRAMA 2



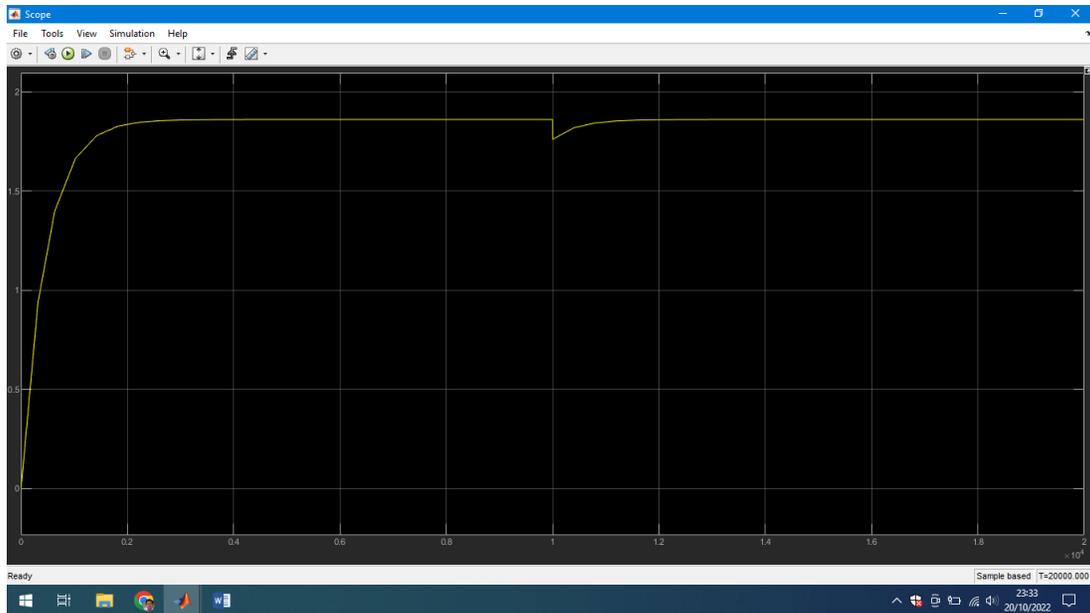
FUENTE: AUTOR (2022)

DIAGRAMA 3



FUENTE: AUTOR (2022)

GRAFICO DEL DIAGRAMA 3



FUENTE: AUTOR (2022)

CODIGO ARDUINO CAUDAL VS APERTURA

```
//Q = caudal    Q= 0.00005 (3.14 A - Sin (3.14 A)) EC2
// A = Angulo
#define DEBUG(a)
Serial.println(a);int bomba
= 13;
const float
pi = 3.14;
float Q;
float res =50;

void
  setup() {
    Serial.beg
    in(9600);
    pinMode (2, INPUT);
    //Sensor Pin2pinMode
    (bomba, OUTPUT);
  }

void loop() {
  int val =
  analogRead(A0)
  ;Serial.print
  (val);
  delay (50);

  if (val >200){
```

```
Serial.print ("Suelo
Seco"); Serial.print
("Riego");
digitalWrite
(bomba,HIGH);
delay (1500);
digitalWrite
(bomba,LOW);
delay (100);
calculo ();
}else if (val >60 || val <199)
{ calculo ();
Serial.print
("Medio Seco");
Serial.print
("Riego");
digitalWrite
(bomba,HIGH);
delay (700);
digitalWrite
(bomba,LOW);
delay (100);
calculo ();

}else if (val ==5) {

Serial.print ("Casi
Seco"); Serial.print
("Riego");
digitalWrite
(bomba,HIGH);
```

```

delay (500);
digitalWrite
(bomba,LOW);
delay (100);
calculo ();
} else {
  Serial.print
  ("HúMEDO");
  digitalWrite
  (bomba,LOW);
  delay (500);
}
}

```

```

void calculo ()

```

```

{//Serial.print ("INGrese:

```

```

  "); Serial.print

```

```

  ("ABERTURA: ");

```

```

String str =

```

```

Serial.readStringUntil('\n');

```

```

const float data =

```

```

str.toFloat();

```

```

//DEB

```

```

UG(dat

```

```

a);res

```

```

= data

```

```

*10;

```

```

Q = 0.00005 * ((3.14 * res) - (sin (3.14 *res))) ;

```

```

Serial.print (data);

```

```

Serial.print (" con un

```

```
ángulo del: ");Serial.print  
(data);  
Serial.println (" % de  
apertura"); Serial.print (" El  
caudal del agua es: ");  
Serial.print (Q,4);  
Serial.println (" Lts/S");  
Serial.println ("Ingrese la abertura: ");  
}
```

CODIGO ARDUINO TESTEO DE FÓRMULA

```
//Q = caudal    Q= 0.00005 (3.14 A - Sin (3.14 A)) EC2
// A = Angulo
#define DEBUG(a)
Serial.println(a);float Q;
float
A =
90;
float
res;
void
setu
p() {
  Serial.begin(9600); // opens serial port, sets data rate to 9600 bps
}

void loop() {

  Serial.print
  ("INICIO"); if
  (Serial.available() > 0)
  {
    void calculo ();
  }
}

void calculo ()
{ //Serial.print ("INgrese: ");
```

```

Serial.print
("ABERTURA: ");
String str =
Serial.readStringUntil('\n');
const float data =
str.toFloat();
//DEB
UG(dat
a);res
= data
*10;
Q = 0.00005 * ((3.14 * res) - (sin (3.14
*res))) ;Serial.print (data);
Serial.print (" con un
ángulo del: ");Serial.print
(data);
Serial.println (" % de
apertura"); Serial.print (" El
caudal del agua es: ");
Serial.print (Q,4);
Serial.println (" Lts/S");
Serial.println ("Ingrese la abertura: ");
}

```

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La elaboración del algoritmo matemático, se transforma en un instrumento que permitirá realizar la medición efectiva de la humedad del suelo, magnitud que será el factor para mejorar el sistema de riego en la zona de la comuna “Bajada de Chanduy” de la Provincia de Santa Elena.

El proceso experimental que se realizó nos permitió medir con que velocidad se humedece el suelo para que el cultivo se encuentre dentro de los niveles óptimos de humedad para su mayor productividad.

Es posible realizar el seguimiento y visualización de la información mediante la implementación de una gráfica elaborada por el algoritmo.

Para el funcionamiento del sistema se establece un control de mando para la activación y suspensión de la dotación de riego de manera automática.

RECOMENDACIONES

Para mejorar el algoritmo se recomienda incrementar las variables que vinculen el tipo de plantas de ciclo corto o largo aportando al sector productivo, como un elemento que contribuye al mejoramiento de los cultivos y la productividad en volúmenes y calidad y el aprovechamiento óptimo del agua para riego.

Para generalizar el algoritmo de manera que pueda ser aplicado en otras zonas geográficas, se recomienda considerar la incidencia de factores climáticos como la temperatura y el viento, los tipos de cultivos entre otros.

BIBLIOGRAFIA

- Baltodano Fuentes, A. (2012). Insumos para la definición de estrategias de gestión del recurso hídrico en zonas vulnerables a cambio climático: Percepciones y escenarios de uso del agua en Guanacaste.
- Barsky, O., & Dávila, M. (2010). La revelión del campo. Historia del conflicto agrario Argentino. *Editorial Sudamericano*.
- Cabrera Geovanny, C. S., & Monte Orly, E. I. (2021). Implementación de un sistema automatizado para riego basado en la tecnología arduino para controlar balance de humedad de suelo en el recinto Siete Ríos. *Universidad Técnica de Cotopaxi*.
- Chamba Tenemaza, F. d. (2013). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio. 21 -26.
- CONGOPE, J. L., & MAE, G. V. (2019). Mejorar la capacidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales para gestionar y acceder a financiamiento climático en Ecuador y contribuir a la implementación de la NDC. *Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador – CONGOPE*.
- Cortes-Cadavid, & Vargas-Garcia. (2021). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante lot en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Maria Poussepin.
- Crespin, J. F. (2020). Análisis y diseño de un prototipo para un sistema de control de riego automatizado con monitoreo y alertas a dispositivos moviles utilizando arduino, conectividad Ble y Software open soure para los diferentes cultivos en el canton Daule provincia del Guay. *Universidad de Guayaquil*.
- González, F. J. (2016). *Valoración de efectos ecotoxicológicos de oxitetraciclina en organismos terrestres y acuáticos mediante el empleo de sistemas multi-especie en suelo*. Universidad Complutense de Madrid.
- Gonzalez, P. (2021). Aplicación de Algoritmo Predictivos para la eficiencia en la gestión de riego. *Universidad Oberta de Catalunya*.
- GUIJARRO-Rodriguez, A. A., & CEVALLOS-Torres, L. J. (2018). Sistema de riego automatizado con arduino. *Revista ESPACIO*.

- Gutierrez, & Vargas, C. (2019). Diseño, construcción e implementación del sistema de recursos hídricos para el laboratorio de experimentación agrotécnica y de energías renovables de la Facultad de Ingeniería.
- Hernández Valle, E. D., & Ponce Mendoza, M. (2002). Evaluación de los diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y las propiedades químicas del suelo. *Universidad Nacional Agraria*.
- Juliana, P. F., & Felipe, J. G. (2016). Desarrollo, implementación y socialización de un sistema de redes inalámbricas de sensores enfocados al sector agrícola colombiano para la optimización de recursos y control de riesgos agroambientales y agroclimáticos. *Universidad de Bucaramanga*.
- Leithold, L. (2010). *Definición de la derivada de una función*. California: 104.
- Morelo, C. E. (2021). SEGUIMIENTO DE LABORES DE REFORESTACIÓN, HENIFICACIÓN, MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y REGISTRO DEL VIVERO PARA COMERCIALIZAR FRUTALES Y MADERABLES. *Universidad de Córdoba*, 17.
- Morillo Rodríguez, A. V., & Sáenz Daste, D. C. (2001). Estudio técnico-económico e implementación de control de riego en invernaderos.
- Porras, F. J. (2015). El Desarrollo de la competencia Matemática en el aula de ciencia experimental.
- Ramirez, Y. (2021). Modelación matemática del riego por contaminación del suelo por metales pesados en Ecuador.
- Riechmann, J. (2003). *Políticas agrarias y alimentarias sostenibles para entrar en el siglo XXI*. Icaria Editorial.
- Rojas Restrepo, J. J. (2015). Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano. *Escuela de Geociencias*.
- Silva, S. (2020). Propuesta de un modelo de desarrollo sostenible basado en logística inversa para el manejo y disposición del residuo industrial en el sector agropecuario.
- Torres, S. M. (2019). Diseño de un sistema piloto de riego tecnificado-área de prácticas de la Escuela de Agronomía de la UNP, usando tecnología inalámbrica

y energía solar.

Vázquez, J. L. (2002). Matemática, Ciencia y Tecnología una Relación Profunda y Duradera. *Universidad Autónoma de Madrid*, pagina 1.