

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Diseño de un sistema de riego autónomo con supervisión remota para
el cultivo de maíz en los fundos de Salas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Sergio Enrique Caveró Santa Cruz

ASESOR

Jorge Alberto Villanueva Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-2529-1161>

Chiclayo, 2026

**Diseño de un sistema de riego autónomo con supervisión remota
para el cultivo de maíz en los fundos de Salas**

PRESENTADA POR

Sergio Enrique Caveró Santa Cruz

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Alexander Querevalú Morante

PRESIDENTE

Dante Omar Panta Carranza

SECRETARIO

Jorge Alberto Villanueva Zapata

VOCAL

Dedicatoria

Con profundo cariño, dedico este trabajo a mis padres, quienes con esfuerzo, valentía y sacrificio hicieron posible mi formación académica. Su apoyo permanente ha sido esencial para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

De igual manera, lo dedico a mis hermanos, por su respaldo incondicional y por alentarme a seguir adelante en los momentos de mayor dificultad.

Agradecimientos

Expreso mi sincero agradecimiento al ingeniero Jorge Alberto Villanueva Zapata, por su acompañamiento, compromiso y constante apoyo profesional durante el desarrollo de la presente investigación. Su experiencia y conocimientos fueron determinantes para enriquecer y fortalecer este estudio.

Asimismo, manifiesto mi gratitud al ingeniero Martín Huamán, quien amablemente me brindó acceso a su fundo ubicado en el distrito de Salas, además de compartir información valiosa y orientación técnica que contribuyeron de manera significativa al desarrollo de esta tesis.

Diseño de un sistema de riego autónomo con supervi

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	4%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
4	html.pdfcookie.com Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	vdocuments.es Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
8	Olga Lucia Ostos Ortiz, Sonia Marcela Rosas Arango. "Reflections on Public Water Policies in Colombia and Latin America: Challenges and Opportunities for Water Governance and Management", Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal, 2024 Publicación	<1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
<i>Realidad problemática</i>	<i>13</i>
<i>Objetivos</i>	<i>15</i>
<i>Objetivo general</i>	<i>15</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>15</i>
Revisión de literatura	15
<i>Antecedentes</i>	<i>15</i>
<i>Bases teóricas</i>	<i>16</i>
<i>Localización</i>	<i>16</i>
<i>Riego</i>	<i>17</i>
<i>Riego tecnificado</i>	<i>17</i>
<i>Riego por goteo</i>	<i>17</i>
<i>Funcionamiento del sistema de riego por goteo</i>	<i>18</i>
<i>Evapotranspiración</i>	<i>19</i>
<i>Evaporación</i>	<i>19</i>
<i>Transpiración</i>	<i>20</i>
<i>Coefficiente de cultivo</i>	<i>20</i>
<i>Bombas centrifugas</i>	<i>21</i>
<i>Electroválvulas</i>	<i>22</i>
<i>Arrancador suave</i>	<i>23</i>
<i>Interruptor termomagnético</i>	<i>24</i>
<i>Automatización</i>	<i>25</i>
<i>Controlador lógico programable (PLC)</i>	<i>25</i>
<i>Software libre Logo! Soft Comfort v8.3</i>	<i>25</i>
<i>Supervisión remota</i>	<i>26</i>
Materiales y métodos.....	27
Tipo y nivel de investigación.....	27
Población y Muestra	27
Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	28
OPERACIÓN DE VARIABLES	29
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	30
Resultados y discusión.....	31

Realizar el diseño propuesto del sistema de riego autónomo	31
Determinar los requerimientos de riego del cultivo de maíz en el distrito de Salas...	34
<i>Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto)</i>	34
<i>Coefficiente del cultivo (Kc):</i>	36
<i>Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de interés (Etc)</i>	36
<i>Cálculo de la demanda hídrica del cultivo</i>	36
<i>Tiempo de riego de fertilizantes</i>	38
Seleccionar los equipos necesarios del sistema autónomo.....	39
<i>Pozo a tajo abierto</i>	39
<i>Determinación de la altura dinámica total del sistema de bombeo</i>	40
<i>Selección de la electrobomba</i>	42
<i>Selección para almacenamiento de agua y fertilizantes</i>	43
<i>Selección de Electroválvula</i>	44
<i>Selección de Arrancador suave</i>	45
<i>Tanque de mezcla de dosificación química con agitador</i>	45
<i>Selección del Interruptor termomagnético</i>	46
<i>Selección de conductores</i>	46
<i>Selección de sensor de nivel</i>	47
<i>Selección de Lámpara de señalización</i>	47
<i>Selección de Pulsadores</i>	48
<i>Selección del PLC</i>	48
<i>Selección de Router de internet con chip</i>	50
<i>Cálculo del Sistema de Potencia Eléctrica</i>	51
Realizar la evaluación de costos del proyecto.	55
Recomendaciones	59
Referencias	59
Anexos	62

Lista de tablas

TABLA I: COORDENADAS DE LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	17
TABLA II: OPERACIÓN DE VARIABLES	29
TABLA III: MATRIZ DE CONSISTENCIA	30
TABLA IV: CALAENDARIO AGRICOLA Y VALORES (KC) [15].....	36
TABLA V: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE INTERÉS	36
TABLA VI: FACTORES DE CONVERSIÓN PARA EXPRESAR EVAPOTRANSPIRACIÓN [15].....	37
TABLA VII: EFICIENCIA SEGUN EL METODO DE RIEGO [15]	37
TABLA VIII: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC) EN M ³ /HA-DÍA Y CÁLCULO DEL CAUDAL NECESARIO	38
TABLA IX: DOSIS DE FERTILIZANTES PARA EL CULTIVO DE MAIZ [25]	38
TABLA X: DOSIS DE FERTILIZANTES PARA CADA PERIODO	39
TABLA XI: PARÁMETROS DE LA ALTURA TOTAL [20]	42
TABLA XII: ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC	48
TABLA XIII: TIEMPO DE RIEGO PARA EL CULTIVO	52
TABLA XIV: PERIODO DE INYECCION DE FERTILIZANTES	53

Lista de figuras

Figura 1: Superficies no trabajadas por razones principales [2].....	13
Figura 2: Uso de energía eléctrica de Productores agropecuarios.....	13
Figura 3: Ubicación de la zona de estudio.....	16
Figura 4:Riego por goteo en meseta de cultivo. [14]	18
Figura 5: Esquema de sistema de riego por goteo [14]	18
Figura 6: Gráfica evapotranspiraría [15]	19
Figura 7: Esquema de una estoma [15]	20
Figura 8: Valores del coeficiente único del cultivo [15]	21
Figura 9: Bomba centrífuga [16]	22
Figura 10: Características de una electroválvula [17]	22
Figura 11: Arrancador suave de SIEMENS [18].....	24
Figura 12: Interruptor termomagnético [19].....	24
Figura 13: Modulo lógico Logo! de Siemens [21]	25
Figura 14: Software libre Logo! Soft Comfort v8.3 [21]	26
Figura 15: Supervisión remoto a través de un dispositivo [21].....	26
Figura 16: Amazon Web services Logo [22].....	27
Figura 17: Boceto del diseño del sistema de riego autónomo	31
Figura 18: Vista Planta general del sistema de riego autónomo.....	32
Figura 19: Vista en planta de los componentes del sistema de riego y control.....	33
Figura 20: Red de tuberías para el riego por goteo y de fertilizantes	33
Figura 21: Vista isométrica del riego por goteo a la planta de maíz y fertirriego	34
Figura 22: Comportamiento de la evapotranspiración del cultivo de referencia.....	35
Figura 23: Curva de ETo por mes	35
Figura 24: Pozo a tajo abierto o tubular	40
Figura 25: Datos técnicos de la bomba [24]	43
Figura 26: Características de la bomba cl 95-3m [24].....	43
Figura 27: Reservorio de almacenamiento de agua.....	44
Figura 28: electroválvula modelo 2W-50.....	45
Figura 29: Especificaciones del Arrancador suave 3RW30 18	45
Figura 30: Tanque mezclador de 200 L.....	46
Figura 31: Parámetros del interruptor termomagnético.....	46
Figura 32: Datos del conductor de cable	47

Figura 33: Sensor de nivel Rotoplas.....	47
Figura 34: Especificaciones técnicas de lampara de señalización.....	48
Figura 35: Pulsadores colores rojo y verde de siemens.....	48
Figura 36: PLC Logo!	49
Figura 37: Modulo de ampliación de PLC	50
Figura 38: Router de internet con chip	50
Figura 39: Entradas y salidas para la programación.....	53
Figura 40: Configuración del PLC en el laboratorio de automatizacion.....	54
Figura 41: Esquema de la supervisión remota.....	54

Resumen

Actualmente la baja frecuencia de lluvias en la provincia de la Lambayeque ha causado en los agricultores a buscar un sistema de riego tecnificado para sus cultivos. Gran parte de las zonas agrícolas utiliza el sistema de riego por goteo ya que incrementa el uso eficiente del agua captada de pozo a tajo abierto, logrando de esta manera una mejor opción de cultivo maximizando el recurso hídrico.

La presente investigación plantea un diseño de un sistema de riego autónomo con supervisión remota con el fin de optimizar el riego en el cultivo de maíz, para ello se empleó PLC modelo LOGO230RCEO de la marca Siemens, programada con el software libre LOGO!SOFT COMFORT V8.3 y la supervisión remota conectada a la nube de LOGO!WEB EDIT las cuales aportarán a planificar una repartición a la distribución de agua y nutrientes de manera que el cultivo de maíz obtengan lo necesario para su crecimiento, controlado y supervisado sin tener que estar en el campo.

Para el desarrollo de este sistema se utilizará el software Cropwat 8.0 y Climwat 2.0 para calcular el requerimiento de agua y los datos necesarios de riego en base a la información de la zona de estudio, la cual presenta un área de 1 hectárea de cultivo de maíz utilizando el riego por goteo en un fundo ubicado en el distrito de Salas, provincia de Lambayeque.

Palabras clave: Riego autónomo, PLC, Supervisión Remota, Cultivo de maíz.

Abstract

Currently, the low frequency of rainfall in the province of Lambayeque has caused farmers to seek a technified irrigation system for their crops. Most of the agricultural areas use the drip irrigation system because it increases the efficient use of water collected from open pit wells, thus achieving a better crop option maximizing the water resource.

This research proposes the design of an autonomous irrigation system with remote supervision in order to increase the productivity of the corn crop and avoid manual handling, for this it is automated using PLC, programmed with the free software LOGO!SOFT COMFORT V8.3 and the remote supervision connected to the LOGO!WEB EDIT cloud which will contribute to plan a distribution of water and nutrients distribution so that the corn crop obtain what is necessary for its growth, controlled and supervised without having to be in the field.

For the development of this system, the Cropwat 8 software will be used to calculate the water requirement and the necessary irrigation data based on the information of the study area, which presents an area of 1 hectare of corn crop using drip irrigation located in a farm in the district of Salas, province of Lambayeque.

Keywords: Autonomous irrigation, PLC, Remote Supervision, Corn crop.

Introducción

El sistema de riego por goteo es un método de riego artificial diseñado para suministrar a las plantas suficiente agua, permitiendo un desarrollo adecuado y optimicen su ciclo de vida [1] Según la INEI, del último Censo Nacional Agropecuario 2012, hay 1 800 302 hectáreas con cultivo bajo riego de la cuales 1 582 545.48 es riego por gravedad y 217 756,52 hectáreas son por otros tipos de riego, en esta última 127,200 (12,0%) utiliza el sistema de riego por goteo encabezando en la lista de los más utilizados. Si bien es cierto, no hay datos actualizados debido a que aún no está establecido el V Censo Nacional Agropecuario hasta la fecha, por lo tanto, las cifras han incrementos en los últimos 10 años [2]

La electrónica apoya todas las áreas del conocimiento y sobre todo a la agricultura de manera especial. Los nuevos avances han hecho posible optimizar el uso de los recursos naturales, encontrando así formas de aumentar los rendimientos agrícolas. [3] Un sistema de supervisión remoto es una aplicación entre cliente y servidor orientada a facilitar el seguimiento de datos desde cualquier lugar con una interfaz simple e intuitiva. [4]

Para la mejora del sistema y una automatización más eficiente, se requiere de un controlador lógico programable (PLC) con ethernet incorporado, la cual es un dispositivo electrónico diseñado para controlar y automatizar procesos industriales. A través de un software se programa este dispositivo brindando todas las necesidades requeridas para la automatización del sistema de riego por goteo [5]. Además, el equipo remoto que ejecuta el Logo! 8.3 con conexión a la nube permite controlar y monitorizar la máquina. Por lo que, ambos equipos se conectan a un roster para lograr la conexión remota. [6]

Los agricultores en los fundos del distrito Salas utilizan de manera empírica el sistema de riego por goteo y/o riegos tradicionales para el cultivo de maíz, provocando una ineficiencia en la necesidad hídrica y desperdicio de fertilizantes. De esta manera, la presencia del agricultor debe ser permanente en los tiempos de riego, generando costos adicionales por mano de obra y riegos en el grado de producción. Esta investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de riego autónomo con supervisión remota, la cual permite mantener el nivel requerido del consumo de agua y nutrientes, además de reducir de la intervención de mano de obra al mínimo con la monitorización remota.

Realidad problemática

Actualmente en la costa norte peruana sufre con un déficit del recurso hídrico a comparación con las demás regiones, es por ello por lo que buscan alternativas de riego para sus cultivos, una de las soluciones para las 83,632 hectáreas de cultivos expuestos en la provincia de la Lambayeque es la implementación del riego tecnificado aprovechando al máximo el agua. Según el informe multianual de inversiones en asociaciones públicas privadas, en el 2014, el sector agrario sufrió una caída 11,60% en la producción de los principales cultivos como es el arroz (-25,20%), maíz amarillo duro (-23,00%) y caña de azúcar (-5,70%). [7]

Para disminuir las pérdidas de producción de los cultivos, los agricultores han tenido que usar agua subterránea, originando un aumento en el costo de los frutos y también a buscar cultivos que generen mayor rentabilidad aprovechando al máximo el recurso hídrico, a continuación, se muestra las principales razones por la cual se disminuye la actividad agrícola:

Razón Principal	Total	Estructura %	Región Natural		
			Costa	Sierra	Selva
Total	774 882,24	100,0	301 463,84	237 712,78	235 705,62
Falta de agua	378 912,23	48,9	207 826,53	122 923,67	48 162,04
Falta de semilla	32 491,35	4,2	2 929,24	17 612,65	11 949,46
Falta de crédito	186 386,05	24,1	41 740,40	40 403,12	104 242,54
Falta de mano de obra	87 866,64	11,3	11 274,91	31 419,84	45 171,89
Por sanidad, erosión	38 653,52	5,0	19 308,17	13 070,39	6 274,97
Consiguió otro trabajo	5 752,25	0,7	927,09	1 850,27	2 974,89
Robo	2 095,75	0,3	1 662,21	220,14	213,40
Por terrorismo	355,37	0,0	1,28	99,29	254,80
Por desastre natural	14 480,85	1,9	3 467,16	4 088,99	6 924,70
Otra	27 888,23	3,60	12 326,86	6 024,43	9 536,93

Figura 1: Superficies no trabajadas por razones principales [2]

Según la INEI, el bastecimiento de energía eléctrica es por red pública, las cuales el 41,70% se encuentra en la región costa, el 42,50% en la sierra y la selva en 16%, no cabe duda, que en los últimos años debe haber progresado la electrificación rural. [7]

Región Natural	Total	Si Utilizan	%	No Utilizan
Total	2 213 506	23 547	100,0	2 178 652
Costa	350 500	9 829	41,7	337 811
Sierra	1 407 032	10 018	42,5	1 392 595
Selva	455 974	3 700	15,7	448 246

Figura 2: Uso de energía eléctrica de Productores agropecuarios

La situación actual de los agricultores de los distritos de la provincia de la Lambayeque, en su mayoría son minifundistas, a su vez se dedican a los cultivos de arroz, caña de Azúcar y Maíz. Su desarrollo en la actividad agrícola afronta graves problemas, tales como [8]:

- Baja asistencia técnica, capacitaciones y asesoría
- Poca organización de los productores
- Insuficiente formación Empresarial
- Acumulación de deudas
- Aumento de precios de fertilizantes
- Desconocimiento de nuevas tecnologías agrarias

Las explotaciones agrícolas con enfoque empresarial suelen contar con equipos y maquinaria que facilitan el cumplimiento constante de las labores requeridas dentro de la producción. En cambio, para los pequeños y medianos productores la situación se hace más difícil, debido a que no cuentan con acceso al uso de maquinarias por ser altamente costosas al igual que su alquiler. Las unidades que brindan el estado no están en condiciones óptimas de operatividad limitando sus servicios, además de ser deficiente, costoso e inadecuado para los productores. [8]

El uso de energía eléctrica para la actividad agrícola forma parte del principal desarrollo de producción, la cual es utilizada en diversas formas:

- Bombeo de agua
- En maquinarias de laboreo, recolección o tratamientos
- Procesos de transformación
- Conservación de los productos.
- Funcionamiento de equipos de automatización

Por otro lado, el problema de la mano de obra en el distrito de Salas es escasa, por ello, el costo se incrementa para el servicio de mantenimiento. Este servicio de riego y/o mantenimiento hacia las áreas agrícolas en la zona es de 60 nuevos soles diarios, donde

su función del operario es poner en marcha la bomba situada en un pozo a tajo abierto y controlar de forma manual el sistema de riego por goteo en un tiempo de 8 horas, posteriormente añade los nutrientes al cultivo de maíz en la fecha que lo requiere.

¿Será factible que el diseño de un sistema de riego autónomo con supervisión remota permita el aumento de productividad de los cultivos?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema de riego autónomo con supervisión remota con el fin de aumentar la productividad de los cultivos de maíz

Objetivos específicos

1. Realizar el diseño propuesto del sistema de riego autónomo
2. Determinar los requerimientos de riego del cultivo de maíz en el distrito de Salas.
3. Seleccionar los equipos necesarios del sistema de riego autónomo.
4. Desarrollar la programación del PLC con supervisión remota.
5. Realizar la evaluación de costos del proyecto.

Revisión de literatura

Antecedentes

Según [9], se desarrolló un sistema automatizado orientado al control y seguimiento de un riego por goteo parcial en campo abierto, dentro del Centro de Riego Experimental de la Facultad de Recursos Naturales, mediante la incorporación de sensores. Los resultados del estudio evidenciaron que la automatización del riego, apoyada en sensores de humedad, radiación ultravioleta, temperatura y precipitación, permitió una reducción aproximada del 40 % en el consumo de agua frente al riego manual. Asimismo, el sistema brinda supervisión continua al usuario y facilita la comprensión de su funcionamiento.

En la tesis [10] se presenta el diseño de un prototipo de riego automatizado orientado a disminuir el estrés hídrico mediante la incorporación de tecnología IoT, conocida también como Internet de las Cosas. Gracias a su gestión remota,

se concluye que constituye una alternativa adecuada para sistemas de riego aplicados en extensas áreas de producción agrícola, debido a que ajusta el suministro de agua según los requerimientos específicos del cultivo.

De acuerdo con el estudio [11], se implementó un sistema automatizado de riego por goteo en una hacienda situada en el distrito de Oyotún, provincia de Chiclayo. Previamente, el predio utilizaba riego por inundación; por ello, se compararon los niveles de productividad del cultivo de maíz antes y después de la incorporación del nuevo sistema. Para la automatización se empleó un controlador lógico programable (PLC) de la marca Schneider Electric, configurado mediante el software Zelio Soft 2. Los resultados evidenciaron una disminución de las horas de trabajo en campo y un incremento de la productividad del maíz de 383,33 %. Asimismo, la evaluación económica reportó un VAN a 10 años de S/. 414 430,09 y una TIR de 124,6 %, confirmando la viabilidad del proyecto.

Bases teóricas

Localización

La zona de estudio está localizada en el distrito de Salas, a una distancia aproximada de 78 km de la provincia de Chiclayo. El fundo se sitúa a una altitud de 166 m s. n. m. y dispone de un área de 1 ha destinada al cultivo de maíz en grano.



Figura 3: Ubicación de la zona de estudio

Las coordenadas detallan la zona del proyecto como se muestra en la tabla N°I

TABLA I: COORDENADAS DE LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

UTM WGS 84					
ZONA	PUNTOS	DIRECCIÓN AL NORTE (M)	DIRECCIÓN AL ESTE (M)	LATITUD	LONGITUD
17 M	P 1	9304774,00	650293,00	6°17'7,4"	79°38'28,9"
17 M	P 2	9304777,00	650397,00	6°17'7,3"	79°38'25,5"
17 M	P 3	9304615,00	650407,00	6°17'12,6"	79°38'25,2"
17 M	P 4	9304616,00	650297,00	6°17'12,7"	79°38'28,8"

Riego

El riego se define como la necesidad hídrica que requieren las plantas para desarrollarse de manera adecuada. Además, en un determinado terreno el nivel de humedad debe cumplir las condiciones del crecimiento del cultivo siendo importante para cubrir las necesidades de agua cuando hay escases de lluvia [12].

Riego tecnificado

Es una técnica o método tecnológico de riego que permite optimizar el uso del recurso hídrico, conservando de manera eficiente su desarrollo y reduciendo el riesgo de erosión. Esta práctica para los agricultores es la mejor opción, ya que minimizan las pérdidas de productividad y generan mayor rentabilidad.[13]

Los tipos de riegos tecnificados son los siguientes:

- Riego californiano
- Riego por goteo
- Riego por aspersión
- Riego por microaspersión
- Riego por Mangas

Riego por goteo

El riego por goteo permite la aplicación de agua filtrada y fertilizantes directamente al cultivo a través de gotas con cantidades sumamente necesarias en el momento oportuno y óptimo. Utilizar este tipo de riego, aumenta el rendimiento

y la calidad de cosecha debido a que no hay contacto entre el agua con el follaje, los tallos o los frutos, ya que va directamente al suelo, por lo tanto, aprovecha al máximo el recurso hídrico. A través de una red de tuberías se transporta el agua hacia los goteros, estos emisores presentan un orificio de diámetro pequeño, permitiendo la descarga de gotas al suelo con un determinado caudal.[14]



Figura 4:Riego por goteo en meseta de cultivo. [14]

Funcionamiento del sistema de riego por goteo

En cuanto al funcionamiento, el agua es almacenada en un tanque elevado y debido a la presión, el agua recorre a través de tuberías hacia las cintas de goteo. Finalmente, llega a los goteros para la distribución a cada planta, por gota a gota. [14]

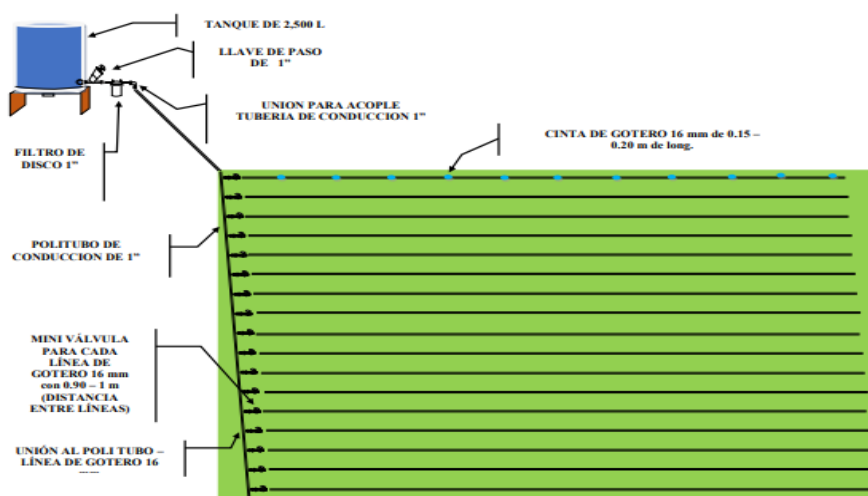


Figura 5: Esquema de sistema de riego por goteo [14]

Evapotranspiración

Es la combinación de dos procesos diferentes: evaporización y la transpiración de los cultivos. Para determinar este proceso, se debe tener en cuenta parámetros climatológicos como la temperatura máxima y mínima, la humedad, la velocidad del viento y la radiación. [15]

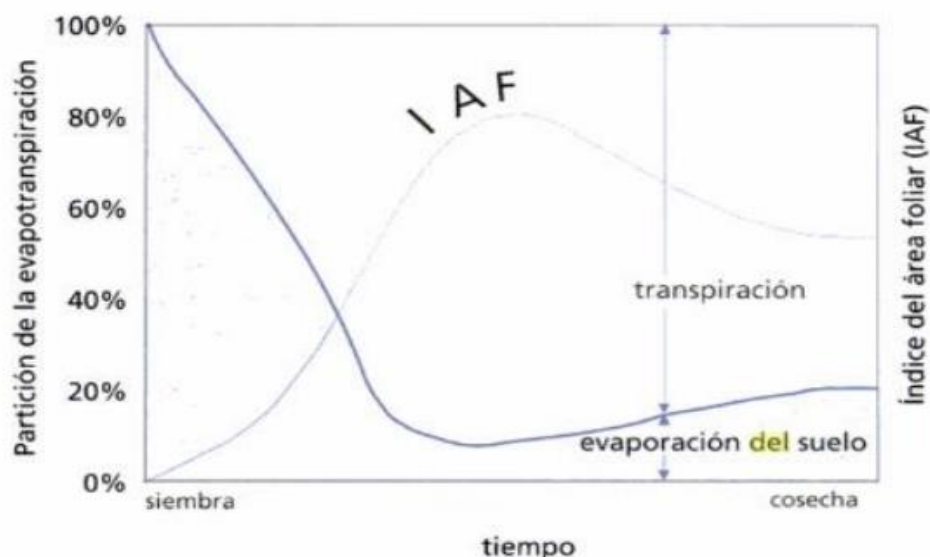


Figura 6: Gráfica evapotranspiración [15]

Para hallar la E_{Tc} se realiza la siguiente fórmula:

$$E_{Tc} = E_{T0} \times K_c$$

Donde:

E_{Tc} corresponde a la evapotranspiración del cultivo específico (mm/día); E_{T0} representa la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día); K_c es el coeficiente del cultivo, cuyo valor depende de la etapa fenológica en la que se encuentre.

Evaporación

La evaporación es un proceso físico mediante el cual el agua pasa de estado líquido a estado gaseoso, convirtiéndose en vapor. Este fenómeno ocurre principalmente por efecto de la radiación solar y la temperatura del aire, factores

que favorecen la liberación del vapor desde la superficie donde se encuentra el agua [15]

Transpiración

La transpiración es el proceso por el cual el agua contenida en los tejidos vegetales es liberada hacia la atmósfera en forma de vapor, a través de los estomas presentes en las hojas de las plantas [15].

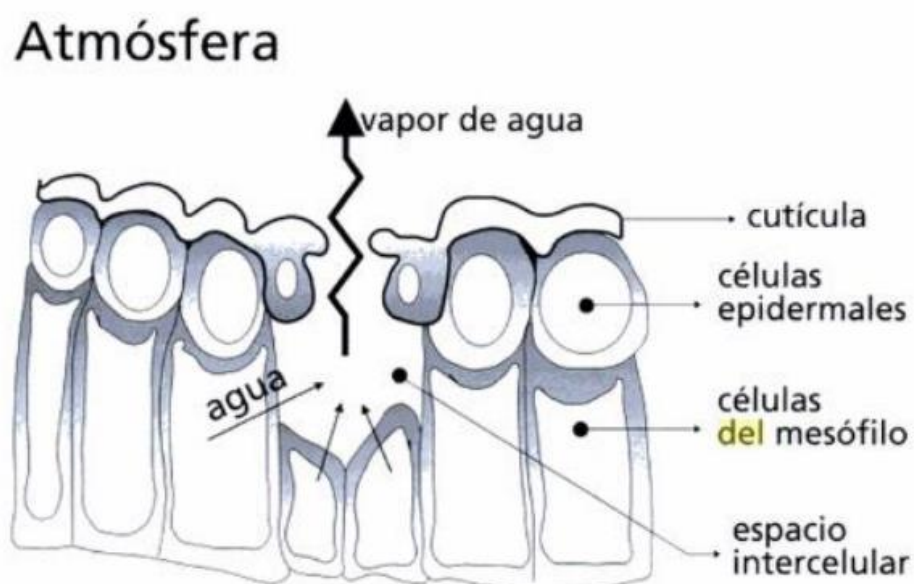


Figura 7: Esquema de una estoma [15]

Coefficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) representa la relación promedio, en un periodo determinado, entre la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración de referencia. Este parámetro resulta fundamental en la planificación y diseño de sistemas de riego, ya que permite considerar la influencia de las condiciones de humedad del suelo y las características propias del cultivo. De acuerdo con el documento FAO de riego y drenaje, los valores de este coeficiente se establecen según las distintas etapas de desarrollo del cultivo [15].

COEFICIENTES DE CULTIVO REGION ALTIPLANO														
N°	CULTIVO	PERIODO (días)	CALENDARIO AGRÍCOLA Y VALORES Kc											
			JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABRI	MAY
1	Ajo	210	0.40	0.50	0.62	0.75	1.03	0.95	0.88					
2	Alfalfa	270			0.40	0.70	1.15	0.40	0.70	1.15	0.40	0.70	1.15	
3	Arveja (seca)	240				0.44	0.44	0.53	0.63	0.97	0.89	0.82	0.65	
4	Arveja (verde)	150							0.44	0.53	0.97	0.89	0.82	
5	Avena (forrajera)	120							0.35	0.75	1.15	0.60		
6	Avena (grano)	180		0.43	0.75	0.85	1.15	0.80	0.85					
7	Cebada (grano)	150							0.33	0.74	1.15	0.87	0.60	
8	Cebada (verde)	120				0.37	0.76	1.15	0.60					
9	Cebolla (Cabeza)	180			1.15	1.16	1.38	1.16	1.14	0.94				
10	Cebolla (Verde)	150			1.15	1.16	1.38	1.16	0.94					
11	Cucúrbitas	210				0.37	0.75	0.85	0.95	1.00	0.87	0.75		
12	Durazno	270			0.55	0.95	1.05	1.15	1.15	1.15	1.10	0.90	0.85	
13	Haba (grano)	240			0.48	0.57	0.92	0.97	0.97	0.91	0.95	0.81		
14	Haba (verde)	150				0.48	0.57	0.92	0.86	0.81				
15	Hortalizas (carpa solar)	120				0.37	0.68	1.00	0.90					
16	Locoto	180				0.35	0.45	0.80	1.00	1.03	0.95			
17	Maiz (choclo)	150				0.36	0.75	1.15	1.10	1.05				
18	Maiz (grano)	180						0.33	0.74	0.94	1.15	0.87	0.60	
19	Manzana	270			0.85	1.00	1.15	1.25	1.25	1.25	1.20	0.95	0.85	
20	Nabo	120					0.37	0.70	1.03	0.95				
21	Oca	150						0.20	0.50	1.02	1.30	0.60		
22	Papa (Tardía)	180						0.20	0.50	1.02	1.30	1.30	0.60	
23	Papa (Temprana)	150						0.20	0.50	1.02	1.30	0.60		
24	Papalisa	210						0.20	0.50	0.80	1.02	1.03	1.03	0.6
25	Pasturas (nativas)	365	0.10	0.20	0.30	0.50	0.60	0.70	0.85	0.80	0.75	0.70	0.50	0.30
26	Quinua	210				0.40	0.70	0.75	0.85	1.00	0.70	0.40		
27	Trigo	150							0.35	0.75	1.15	0.67	0.20	
28	Zanahoria	180				0.37	0.73	0.91	1.10	0.95	0.80			

Figura 8: Valores del coeficiente único del cultivo [15]

Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas presentan un impulsor que a través de su máxima aceleración llevan agua por su eje y la expulsan en forma radial. Estos artefactos pueden sumergirse o permanecer en la superficie, además tienen la capacidad de extraer agua a más de 60 metros, ello supeditado al número y tipo de impulsores. Las bombas están diseñadas para un alcance estrecho de cargas dinámicas totales y la expulsión del agua se acrecienta con relación a la aceleración rotacional. En específico, las bombas de succión superficial se colocan a la altura del suelo y son ventajosas porque se pueden controlar y dar servicio de forma sencilla; sin embargo, son inadecuadas cuando la profundidad para succionar sobrepasa los 8 metros.[16]

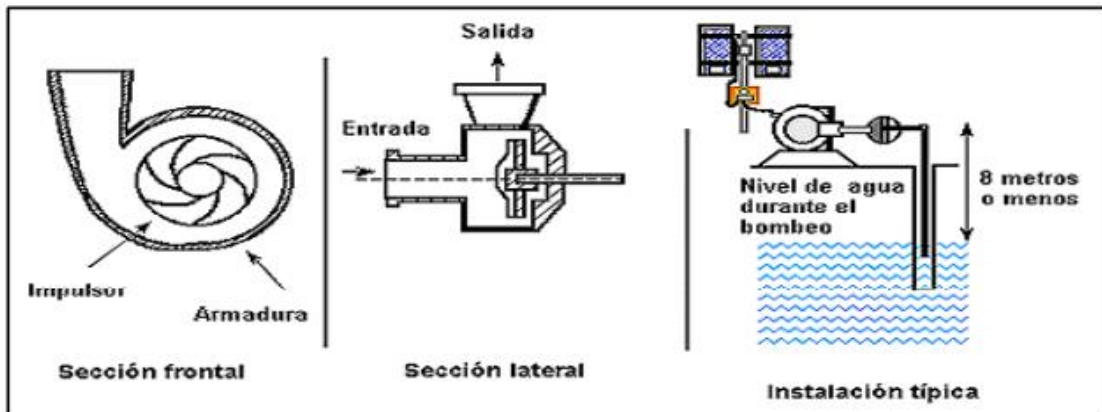


Figura 9: Bomba centrífuga [16]

Electroválvulas

Las electroválvulas de mando directo

Las electroválvulas de mando directo se encargan de direccionar el aire comprimido de la alimentación a la utilización y también pueden tomar la acepción de un tipo de obturador. Su composición consta de la mecánica, un canal en latón o acero en el cual se atraviesa la bobina. En el conducto se desliza el núcleo móvil que llevan los obturadores de estanqueidad y es activado por el campo magnético de la bobina bajo tensión. En la terminación de la mecánica se encuentra el núcleo fijo que se encarga de extender el campo magnético, y en caso de emplear un tipo de corriente alterna, lleva un anillo de cobre denominado, desfase, que condiciona las vibraciones ocasionadas por la corriente. [17]

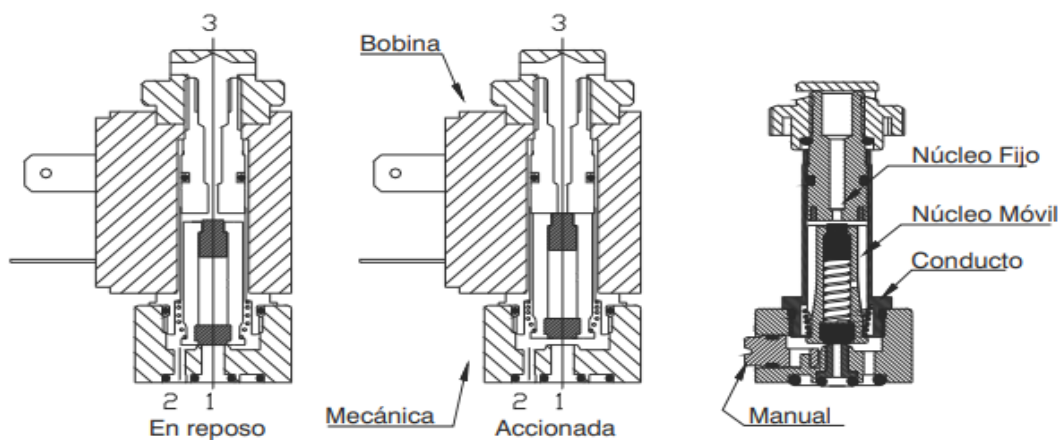


Figura 10: Características de una electroválvula [17]

Las electroválvulas de mando indirecto

Las electroválvulas de mando indirecto se encuentran compuestas por una válvula electromecánica de mando directo que mediante la tensión alimenta un operador neumático. Es decir, consiste en la distribución neumática a partir de una señal de energía. Según lo indicado se pueden distinguir dos versiones: [17]

Servoasistidas (o alimentadas): En estas el operador se suministra del aire de la conexión principal del primer distribuidor, transportando la bobina el aire de la primera conexión conlleva al operador neumático que activa la electroválvula. La tensión de la activación y del suministro de la electroválvula son iguales.

Alimentadas externamente: Esta variante presenta la misma definición que la versión anterior con la excepción de que el operador se alimenta de aire de la parte externa y no de la conexión principal como la servoasistida.

Arrancador suave

Los arrancadores suaves son dispositivos diseñados para limitar la corriente eléctrica y el par durante el arranque del motor, con el fin de evitar esfuerzos mecánicos bruscos y caídas de tensión en la red. Su funcionamiento se basa en el control de fase, lo que permite aplicar inicialmente una tensión reducida e incrementarla de manera gradual hasta alcanzar el valor nominal en un tiempo previamente configurado.

Gracias a este ajuste continuo de la tensión, el comportamiento del motor puede adaptarse a las condiciones de operación del sistema mecánico. Como resultado, el equipo acelera de forma progresiva, lo que contribuye a disminuir el desgaste de sus componentes y a mejorar su desempeño operativo, favoreciendo así una mayor vida útil [18].



Figura 11: Arrancador suave de SIEMENS [18]

Interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético es un dispositivo de protección encargado de interrumpir el paso de corriente en un circuito cuando esta supera los límites establecidos. Su funcionamiento se basa en la acción combinada de dos principios: el efecto térmico y el efecto magnético, originados por el flujo de corriente eléctrica.

Este equipo integra en una sola unidad distintos mecanismos de protección. Dispone de tres formas de actuación: manual, térmica y magnética, las cuales pueden operar de manera independiente [19]

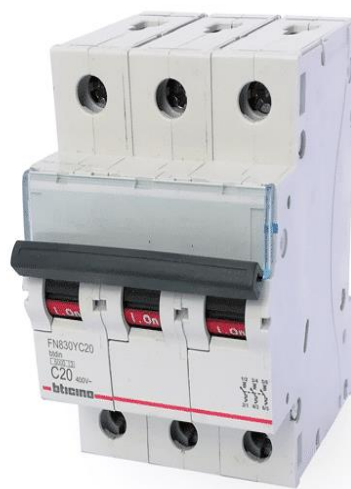


Figura 12: Interruptor termomagnético [19]

Automatización

Es un conjunto de procesos o actividades previamente programadas usando tecnología con el fin de lograr una producción óptima en cualquier sector industrial. Simplifica las tareas repetitivas con operadores humanos y dispositivos electrónicos, mejorando las condiciones de trabajo y realiza operaciones complejas la cuales son imposibles de controlar intelectualmente.[20]

Controlador lógico programable (PLC)

Es un dispositivo electrónico programable, utilizado para automatizar procesos lógicos, secuenciales y funciones aritméticas. Para su funcionamiento, el PLC debe programarse mediante software compatibles de acuerdo con el proceso que se desea. Presenta señales de entradas y salidas tanto analógicas como digitales.[21]



Figura 13: Modulo lógico Logo! de Siemens [21]

Software libre Logo! Soft Comfort v8.3

LOGO! Soft Comfort V8.3 es un entorno de desarrollo diseñado para la programación, simulación y puesta en marcha de controladores lógicos programables de la familia LOGO! de Siemens. Su interfaz basada en bloques funcionales permite implementar estrategias de control en sistemas automatizados de pequeña escala. [21]



Figura 14: Software libre Logo! Soft Comfort v8.3 [21]

Supervisión remota

LOGO! Editor web

Logotipo gratuito Web Editor (LWE) es un editor de sitios web que permite realizar contenido de forma personalizada sin conocimiento del mismo. Además, a través de este se puede inspeccionar y controlar proyectos de automatización de forma sencilla desde un ordenador o dispositivo móvil como un celular o tableta.

En el editor se pueden diseñar dibujos, gráficos u otros complementos para una página web, asimismo se pueden añadir textos, imágenes y enlaces, para ello lo único que se debe realizar es llevar los componentes a el área de edición.

Los valores similares se pueden evidenciar como un valor, un gráfico de barras o un control que se desliza. El editor web se puede efectuar en los diversos sistemas operativos que son comunes [21]



Figura 15: Supervisión remoto a través de un dispositivo [21]

Amazon Web Services (AWS)

A Amazon Web Services (AWS) constituye un entorno de servicios en la nube basado en infraestructura distribuida, que ofrece capacidades de almacenamiento, procesamiento, conectividad y seguridad bajo demanda. Su arquitectura permite el despliegue y gestión eficiente de aplicaciones, adaptándose dinámicamente a los requerimientos del sistema.

El uso de AWS en entornos productivos contribuye a la reducción de costos asociados a infraestructura física, al mismo tiempo que mejora la escalabilidad y disponibilidad de los servicios, lo que favorece el crecimiento sostenido de las organizaciones [22].



Figura 16: Amazon Web services Logo [22]

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

Tipo

La siguiente investigación fue tipo APLICADA, debido al uso de conocimientos de ingeniería la cuales fueron aplicados a la resolución de problemas en el sector de la agricultura.

Nivel

El nivel de investigación es CORRELACIONAL, ya que tienen una relación a evaluar entre la variable dependiente y la variable independiente.

Población y Muestra

Población

Propietarios de los fundos agrícolas que utilizan riego por goteo, la cuales brindan los datos e información de la producción de maíz.

Muestra

El presente estudio se realizó en un terreno agrícola de 1 ha dedicado al cultivo de maíz, localizado en el distrito de Salas, provincia de Lambayeque, el cual fue definido como área de análisis para la investigación.

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de la presente investigación, se realizó una visita técnica al área de cultivo ubicada en el distrito de Salas. Con el apoyo de los propietarios, se evaluó la situación actual de la productividad del cultivo de maíz, así como el tipo de sistema de riego tecnificado empleado.

A partir de este diagnóstico inicial, se procedió a identificar y seleccionar los componentes necesarios para la implementación del sistema automatizado. Posteriormente, mediante la recopilación y análisis de la información obtenida, se determinaron los equipos más adecuados para garantizar un funcionamiento eficiente del sistema.

Asimismo, se utilizaron herramientas especializadas como CROPWAT 8.0 y CLIMWAT 2.0 para el análisis hídrico, AutoCAD para el diseño del sistema, y LOGO! Soft Comfort V8.3 para la programación y control del sistema automatizado.

OPERACIÓN DE VARIABLES

TABLA II: OPERACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE	Es un sistema de riego que reduce la intervención humana directa en los cultivos, ya que funciona de forma automática proporcionando el recurso hídrico y nutrientes de manera eficiente supervisada remotamente.	El riego autónomo será automatizado por un PLC con conexión a internet, por lo tanto, se utiliza el software Soft Comfort v8.3, la cual incluye la programación remota	Programación de proceso	Lenguaje de programación	Ladder
DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTÓNOMO CON SUPERVISIÓN REMOTA				Supervisión remota	Web

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
VARIABLE DEPENDIENTE	Los cultivos de maíz son plantas que duran dos temporadas por año y forma parte de la alimentación básica de varias regiones del país, la cual se incrementa su productividad si son regadas con el agua suficiente, ya que cualquier exceso se marchitaría o no desarrollaría adecuadamente la cantidad de granos.	A través de los datos meteorológicos dadas por software libre Cropwat 8.0 se determina el requerimiento de agua del cultivo	área de cultivo	hectáreas	ha
CULTIVO DE MAÍZ EN LOS FUNDOS DE SALAS			Demanda hídrica del Cultivo	Evapotranspiración	mm/día
				Coficiente de cultivo	adimensional
			Caudal	m ³ /h.ha	

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TABLA III: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Diseño de un sistema de riego autónomo con supervisión remota para el cultivo de maíz en los fundos de Salas					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	
¿Será factible que el diseño de un sistema de riego autónomo con supervisión remota permita el aumento de productividad de los cultivos?	General	General	Variable independiente	Diseño de investigación	
	Desarrollar un sistema de riego autónomo con capacidad de supervisión a distancia, con el propósito de mejorar el rendimiento productivo del cultivo de maíz.	Si se implementa un sistema de riego autónomo basado en tecnología PLC con supervisión remota, entonces se incrementará la productividad del cultivo.	Diseño de un sistema de riego autónomo con supervisión remota		Tipo aplicada-correlacional
			Indicadores	Técnica: Recolección de datos	
			Lenguaje de programación	En la presente investigación se empleará la técnica de observación directa en el área de cultivo, complementada con la aplicación de una encuesta al propietario. Posteriormente, la información recopilada será procesada y analizada mediante el uso de softwares especializados.	
	Específicos	Específicos	Supervisión remota		
	Realizar el diseño propuesto del sistema de riego autónomo	La aplicación del diseño del sistema de riego autónomo permitirá identificar y establecer de manera adecuada los elementos y componentes necesarios para su operación eficiente.	Variable dependiente	Población y muestra	
	Determinar los requerimientos de riego del cultivo de maíz en el distrito de Salas.	Si se determinan los requerimientos de riego del cultivo de maíz, entonces se podrá establecer la demanda hídrica necesaria para su adecuado desarrollo.	Cultivo de maíz en los fundos de Salas	Propietarios de los fundos agrícolas que utilizan riego por goteo, la cuales brindan los datos e información de la producción de maíz.	
	Seleccionar los equipos necesarios del sistema de riego autónomo.	Si se seleccionan adecuadamente los equipos requeridos, entonces se logrará implementar un sistema automatizado de riego con supervisión remota eficiente.	Indicadores		
			Área de cultivo		
	Desarrollar la programación del PLC con supervisión remota.	La implementación de la programación del PLC mediante LOGO! Soft Comfort V8.3, con conexión a la plataforma AWS, permitirá regular y monitorear el suministro de agua en el sistema de riego del cultivo de maíz.	Demanda hídrica del Cultivo	La investigación se llevó a cabo en un terreno agrícola de 1 ha dedicado al cultivo de maíz, localizado en el distrito de Salas, provincia de Lambayeque, el cual fue definido como área de estudio.	
Realizar la evaluación de costos del proyecto.	Si se realiza una evaluación económica del proyecto, entonces se podrá determinar la viabilidad y el nivel de inversión requerido para la automatización del sistema de riego.				

Resultados y discusión

Realizar el diseño propuesto del sistema de riego autónomo

Consiste en utilizar una bomba sumergible para extraer agua de un pozo tubular, la cual es enviada al tanque elevado de agua y fertilizante mediante tubos, que permita el riego controlado al cultivo de maíz a través de un sistema automatizado.

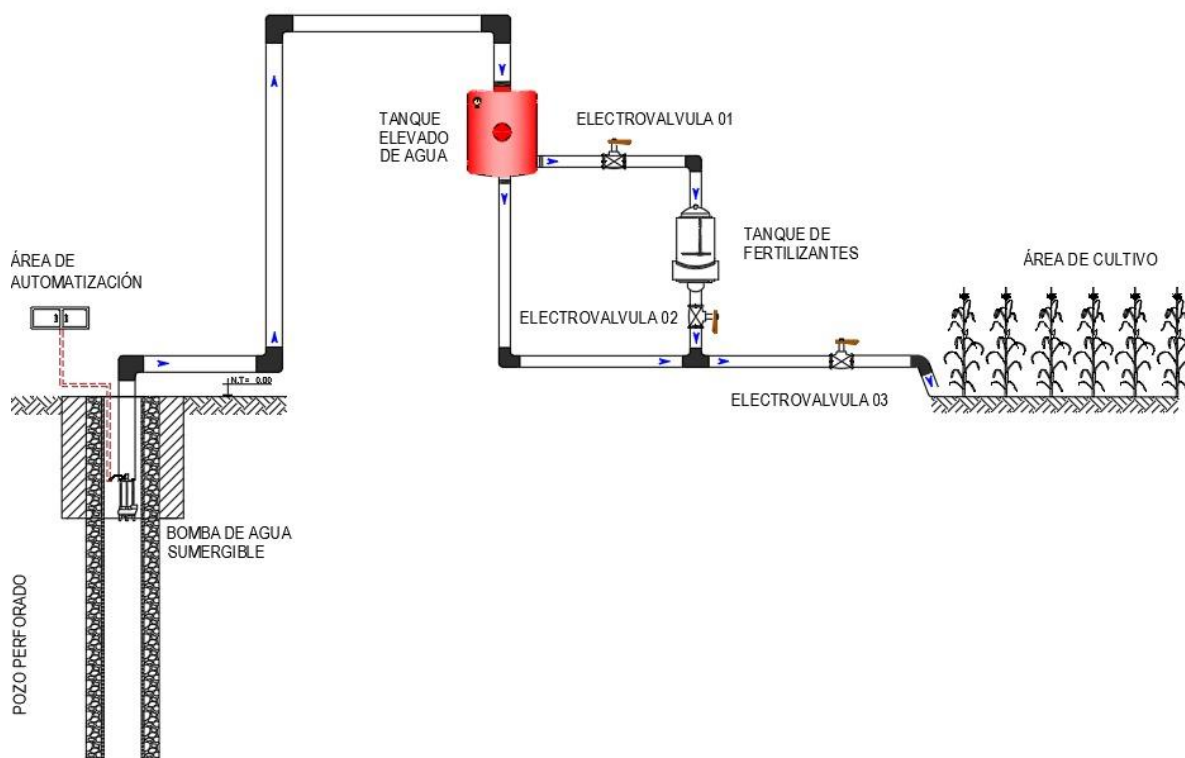


Figura 17: Boceto del diseño del sistema de riego autónomo

El área de estudio se realizará en una 1 hectárea de cultivo de maíz en el distrito de Salas, haciendo el uso del software AUTO CAD se muestra en la figura N°19 el sistema de riego comprendida en dos secciones, la primera muestra el tipo de riego tecnificado (GOTEO) y en la segunda lo elementos o equipos para el funcionamiento del riego del cultivo con su respectivo sistema de automatización.

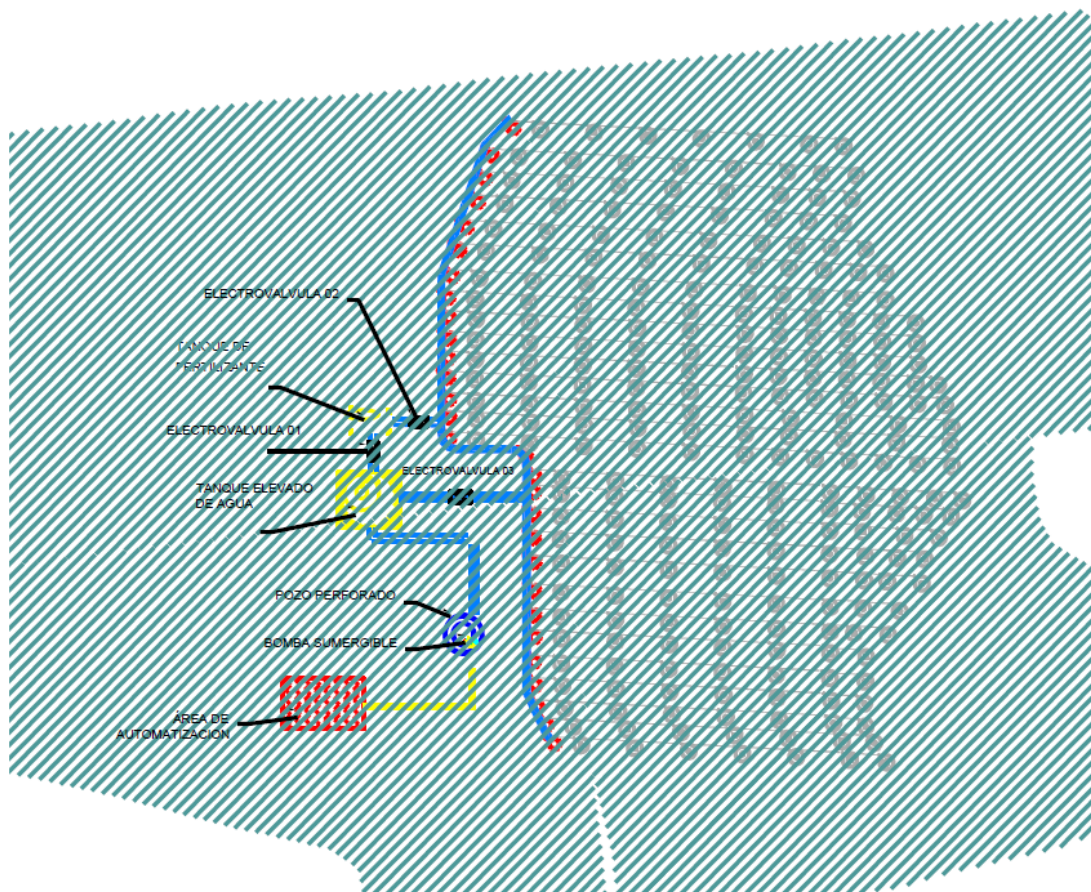


Figura 18: Vista Planta general del sistema de riego autónomo

En la figura N°19, se observa los componentes del sistema de riego y control automatizado, las cuales son las siguientes:

- Pozo a tajo abierto
- Tanque elevado de agua
- Tanque de fertirriego
- Bomba
- Tuberías
- Electroválvulas
- Sistema de control

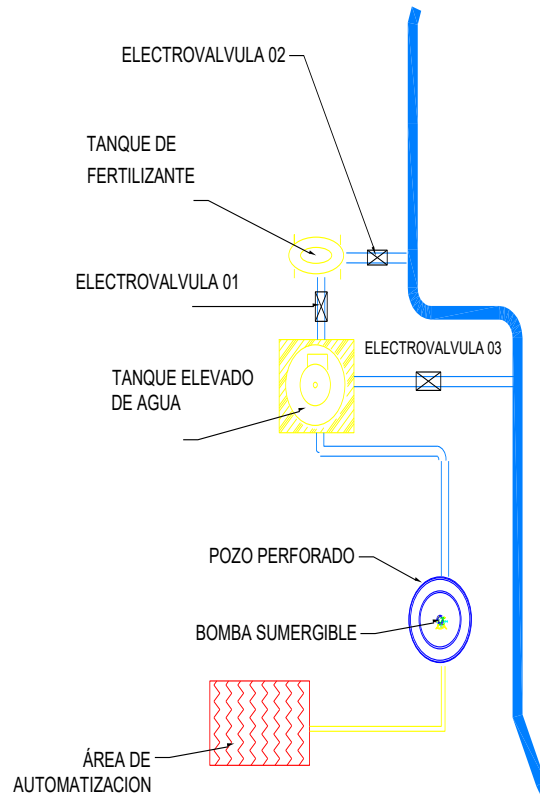


Figura 19: Vista en planta de los componentes del sistema de riego y control

En la Figura N.º 20 se presenta el tipo de riego tecnificado implementado, orientado a incrementar la eficiencia en el uso del agua y favorecer el rendimiento productivo.

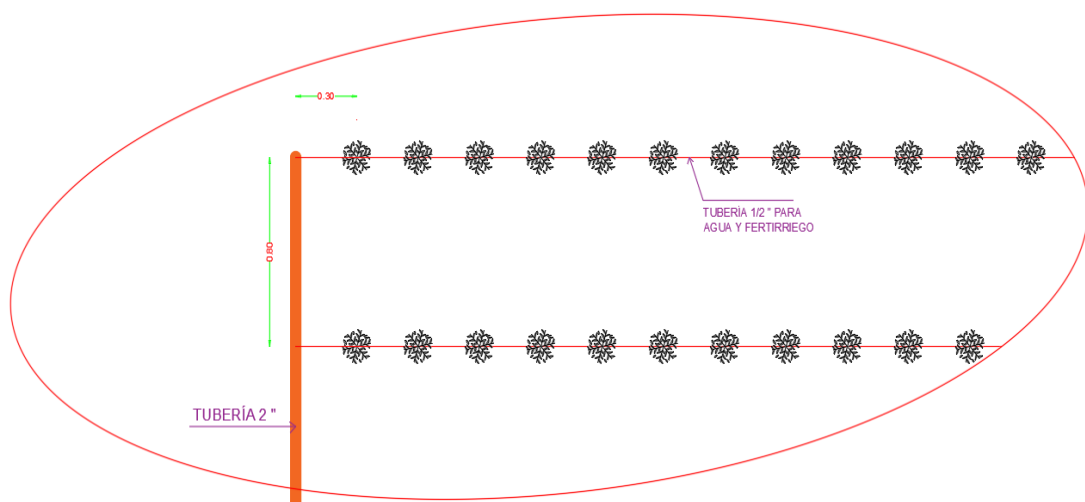


Figura 20: Red de tuberías para el riego por goteo y de fertilizantes

En la figura N°21, se observa el riego de agua y fertilizantes a través de una misma red tuberías.

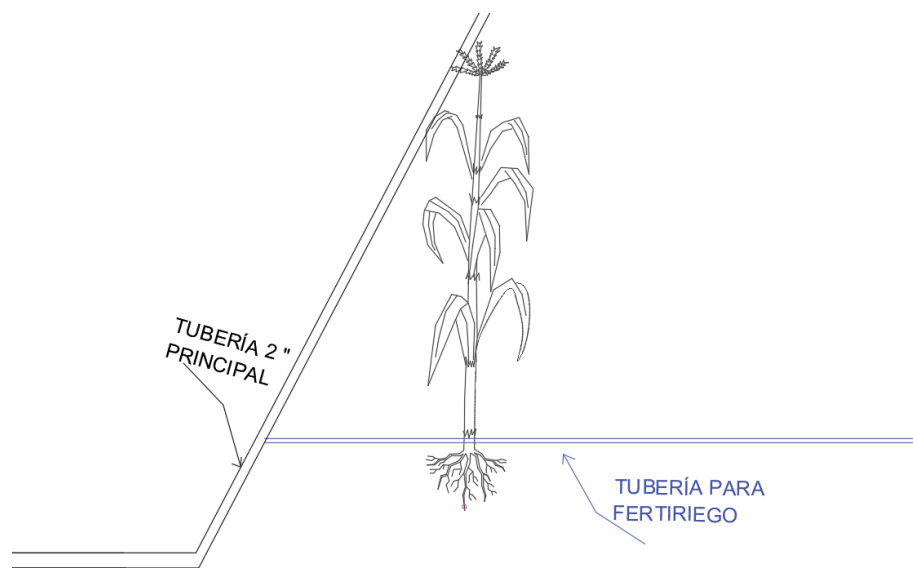


Figura 21: Vista isométrica del riego por goteo a la planta de maíz y fertirriego

Determinar los requerimientos de riego del cultivo de maíz en el distrito de Salas

Para la obtención de la información necesaria, se seleccionó como área de estudio un fundo ubicado en el distrito de Salas, provincia de Lambayeque. El terreno cuenta con una extensión total de 20 hectáreas, de las cuales 1 hectárea está destinada al cultivo de maíz para fines agrícolas. Asimismo, se tomó como referencia el documento FAO de riego y drenaje.

En esta sección se estimará la demanda de agua y los requerimientos de fertirrigación del cultivo de maíz en sus tres etapas fenológicas: inicial, intermedia y final, con el propósito de definir los tiempos de riego adecuados y el caudal requerido por hectárea.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo, se emplearon los programas de libre acceso CROPWAT 8, basado en el método de Penman-Monteith, y CLIMWAT 2.0, utilizado para la obtención de datos meteorológicos correspondientes a la zona de estudio.

Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto)

Para el desarrollo de los softwares se necesita saber la ubicación meteorológica de zona de estudio.

Ubicación: Distrito de Salas - Lambayeque

Altitud: 166 m

Latitud: 6,27361

Longitud: 79,6047

Clima: Árido

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\sup...							
País		PERU		Estación		SALAS	
Altitud		166 m.		Latitud		6.27 °S	
				Longitud		79.60 °W	
Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	20.5	30.0	76	4.0	6.3	19.4	4.77
Febrero	21.0	31.3	74	3.6	6.4	19.8	5.05
Marzo	20.8	31.2	75	3.6	6.1	19.1	4.90
Abril	19.5	29.5	76	4.0	6.3	18.3	4.57
Mayo	18.5	27.3	78	4.0	6.2	16.7	3.91
Junio	16.5	25.0	79	3.6	4.9	14.3	3.23
Julio	15.5	24.0	81	3.6	4.5	14.0	2.99
Agosto	15.0	23.5	81	4.0	5.1	15.9	3.21
Septiembre	15.3	23.8	80	4.0	5.6	17.8	3.54
Octubre	15.5	24.5	79	4.4	5.9	18.8	3.85
Noviembre	16.3	26.0	77	4.0	6.2	19.2	4.11
Diciembre	18.0	30.3	77	4.4	6.1	18.9	4.71
Promedio	17.7	27.2	78	3.9	5.8	17.7	4.07

Figura 22: Comportamiento de la evapotranspiración del cultivo de referencia.

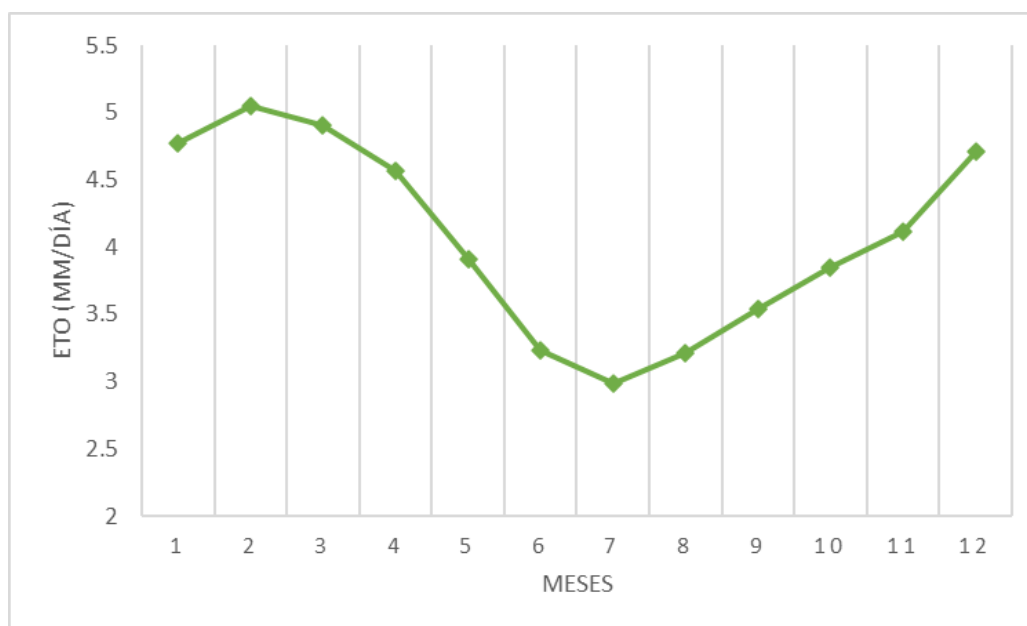


Figura 23: Curva de ETo por mes

Coefficiente del cultivo (Kc):

Para optimizar las condiciones de riego se utiliza el coeficiente del cultivo (Kc), según los estudios de la FAO los mejores periodos de crecimiento del cultivo del maíz grano se dan durante los meses de noviembre a abril, la cual los Kc se presenta en la Figura N°08

TABLA IV: CALAENDARIO AGRICOLA Y VALORES (Kc) [15]

Cultivo	CALAENDARIO AGRICOLA Y VALORES (Kc)					
	nov.	dic.	ene.	feb.	mar.	abr.
Maíz grano	0,33	0,74	0,94	1,15	0,87	0,6

Estos datos coinciden con los periodos de siembra y cosecha señaladas por el agricultor.

Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de interés (Etc)

Con el objetivo de cuantificar el requerimiento de agua del cultivo en condiciones reales, se calcula la evapotranspiración del cultivo (ETc) mediante la relación entre la evapotranspiración de referencia (ETo) y el coeficiente de cultivo (Kc).

$$Etc = ETo \times Kc$$

TABLA V: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE INTERÉS

Mes	Evapotranspiración del cultivo de interés (ETc) mm/día					
	Kc=0,33	Kc=0,74	Kc=0,94	Kc=1,15	Kc=0,87	Kc=0,6
Noviembre	1,36	3,04	3,86	4,73	3,58	2,47
Diciembre	1,55	3,49	4,43	5,42	4,10	2,83
Enero	1,57	3,53	4,48	5,49	4,15	2,86
Febrero	1,67	3,74	4,75	5,81	4,39	3,03
Marzo	1,62	3,63	4,61	5,64	4,26	2,94
Abril	1,51	3,38	4,30	5,26	3,98	2,74

En la tabla N°3 se evidencia la evapotranspiración del cultivo de interés (Etc) para cada mes del año.

Cálculo de la demanda hídrica del cultivo

Los factores de conversión según el estudio de la FAO, será necesario para determinar la demanda de agua en m³/Ha-día.

TABLA VI:FACTORES DE CONVERSIÓN PARA EXPRESAR EVAPOTRANSPIRACIÓN [15]

	Altura de agua	volumen por unidad de área		energía por unidad de área *
	mm día ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ día ⁻¹	l s ⁻¹ ha ⁻¹	MJ m ² día ⁻¹
1 mm día ⁻¹	1	10	0,116	2,45
1 m ³ ha ⁻¹ día ⁻¹	0,1	1	0,012	0,245
1 l s ⁻¹ ha ⁻¹	8,640	86,40	1	21,17
1 MJ m ² día ⁻¹	0,408	4,082	0,047	1

Para completar el periodo de cosecha (180 días) que requiere el cultivo de maíz, se tomará desde el día 1 de noviembre a 30 abril.

En los fundos del distrito de Salas, el sistema de riego predominante es el riego por goteo. De acuerdo con la Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR), este método permite suministrar el agua de manera localizada, continua y eficiente, optimizando su aplicación en zonas específicas del cultivo., además suministra el fertilizante según las necesidades de las plantas, lo cual promueve un desarrollo y producción significativos. [23]

TABLA VII:EFICIENCIA SEGUN EL METODO DE RIEGO [15]

Método de Riego	Rango de Eficiencia de Aplicación en Porcentaje
SUPERFICIAL	
Riego Tradicional o Tendido	10 – 30
Riego en Curvas de Nivel	30 – 60
Riego por Bordes	40 – 80
Riego por Surcos	40 – 85
PRESURIZADO	
Riego por Aspersión	50 – 90
Riego por Microjet	60 – 95
Riego por Goteo	65 – 95

La determinación de la lámina bruta de riego (Lb) se realiza a partir de la evapotranspiración del cultivo, ajustada según la eficiencia del sistema de riego. Esta relación permite establecer el volumen de agua requerido para satisfacer adecuadamente las necesidades hídricas del cultivo de maíz.

TABLA VIII:EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC) EN M³/HA-DÍA Y CÁLCULO DEL CAUDAL NECESARIO

Mes	Días del periodo	Kc	Eto	Etc	Eficiencia de riego	Lb		Demanda hídrica x Ha m ³ /día	Caudal requerido m ³ /h
				mm/día	Goteo	mm/día	mm/periodo		
Noviembre	30	0,33	4,11	1,36	0,90	1,51	45,21	15,07	0,63
Diciembre	31	0,74	4,71	3,49	0,90	3,87	120,05	38,73	1,61
Enero	31	0,94	4,77	4,48	0,90	4,98	154,44	49,82	2,08
Febrero	28	1,15	5,05	5,81	0,90	6,45	180,68	64,53	2,69
Marzo	31	0,87	4,90	4,26	0,90	4,74	146,84	47,37	1,97
Abril	29	0,60	4,57	2,74	0,90	3,05	88,35	30,47	1,27

Se tomará en cuenta el momento donde la planta necesita la mayor demanda hídrica, la cual es 64,53 m³/ha-día, de tal modo, se selecciona los equipos necesarios para el riego.

Tiempo de riego de fertilizantes

El suministro de fertilizantes en solución ocurre gracias al movimiento turbulento del agua dentro del sistema de tuberías, lo que facilita su distribución desde el cabezal de riego hasta los conductos laterales, asegurando su aplicación directa en el entorno de las raíces del cultivo [24].

Según el estudio [25] determina la dosis necesaria para el cultivo de maíz de acuerdo con la siguiente tabla

TABLA IX: DOSIS DE FERTILIZANTES PARA EL CULTIVO DE MAIZ [25]

Fertilizantes	Dosis (Kg ha ⁻¹)
Nitrógeno (N)	160
Ácido fosfórico (P ₂ O ₅)	112
Oxido de potasio (K ₂ O)	224

El agricultor señala los periodos de inyección de fertilizantes las cuales se dan durante después de los 15 días de siembra y, por último, en 38 días después de la

primera inyección, de esta manera el fertirriego se da durante dos veces por temporada. Por lo tanto, la primera inyección de fertilizantes será en el mes de noviembre día 15 ya que es tomada como el periodo más eficiente para la siembra, posteriormente la segunda inyección se realizará en el mes de diciembre día 23.

TABLA X: DOSIS DE FERTILIZANTES PARA CADA PERIODO

Mes	Dia de inyección de fertilizantes	Dosis de Fertilizantes Kg/ha		
		Nitrógeno (N)	Ácido fosfórico (P ₂ O ₅)	Oxido de potasio (K ₂ O)
Noviembre (1-30)	15	80	56	112
Diciembre (1-31)	23	80	56	112

El total de dosis de fertilizantes se divide entre el número de periodos para completar el requerimiento necesario de fertilizantes para el cultivo de maíz por hectárea.

Seleccionar los equipos necesarios del sistema autónomo.

Pozo a tajo abierto

Se realiza un estudio preliminar la cual consiste en hacer un sondeo para detectar el agua en la superficie, posteriormente se hace un aforo para hallar el volumen de agua, debido a la beta, el agua en la superficie es constante. Según las medidas tomadas en la zona de estudio e información dada por el agricultor, tenemos las siguientes características:

el pozo a tajo abierto tiene una profundidad de 30 metros.

Distancia del pozo al tanque 5 metros

Carga estática total es de 23 metros



Figura 24: Pozo a tajo abierto o tubular

Cálculo y selección de la electrobomba

Para la elección de la electrobomba se consideran principalmente el caudal requerido y la altura manométrica del sistema. En el presente caso, la instalación corresponde a un sistema de impulsión hacia un depósito. De acuerdo con los cálculos obtenidos el caudal es de $64,53 \text{ m}^3/\text{ha} - \text{día}$ y la altura manométrica se obtiene calculado la altura total del sistema de bombeo.

Determinación de la altura dinámica total del sistema de bombeo

La altura total que debe proporcionar la electrobomba se calcula mediante la siguiente expresión [25]

$$H_T = H_d + H_e + H_f + H_v$$

Donde: H_d ; Altura dinámica o abatimiento; H_e ; Altura por elevación; H_f ; pérdidas por fricción; H_v ; Carga de velocidad

a) Cálculo de las pérdidas por fricción

Para estimar las pérdidas de energía en la tubería se emplea la ecuación de Darcy-Weisbach, la cual permite evaluar la fricción en el flujo de fluidos, especialmente en régimen turbulento dentro de conductos circulares [25]

$$H_f = \frac{4 * f * l}{d} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde: f ; factor de fricción;

l ; longitud de la tubería

d ; diámetro de la tubería

v ; velocidad del fluido

g ; aceleración de la gravedad

Para la velocidad del fluido se tiene el caudal de $0,0007468 \text{ m}^3/\text{s}$ y el diámetro de la tubería de 2" ($0,0508 \text{ m}$)

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 * 0,0007468 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0,0508^2} = 0,368 \text{ m/s}$$

El número de Reynolds se calcula mediante:

$$Re = \frac{pvd}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \text{ Kg/m}^3 * 0,368/\text{s} * 0,0508 \text{ m}}{1,14 * 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 16398,596$$

Dado que $Re > 4000$, el flujo es de tipo turbulento [25]

En este caso, se utiliza una tubería de PVC donde $\varepsilon = 1,5 * 10^{-6} \text{ m}$

$$\gamma = \frac{\varepsilon}{d} = \frac{1,5 * 10^{-6} \text{ m}}{0,0508 \text{ m}} = 3 * 10^{-5}$$

El factor de fricción se calcula con la siguiente formula

$$f = \frac{1.325}{\left(\ln\left(\frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2} = 0,0272$$

Por lo tanto, reemplazamos los valores:

$$H_f = \frac{4 * 0,0272 * 50 \text{ m}}{0,0508 \text{ m}} * \frac{\left(\frac{0,368 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(\frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)} = 0,739 \text{ m}$$

b) Cabezal de velocidad

Esta dada por la siguiente formula [25]

$$H_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0,368 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 0, \text{ m}$$

Entonces, la altura o carga total requerida es:

TABLA XI: PARÁMETROS DE LA ALTURA TOTAL [20]

ALTURA DINÁMICA (HD)	30 m
CARGA ESTÁTICA (HE)	17 m
PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN (HF)	0,739 m
CARGA DE FRICCIÓN Y VELOCIDAD (HV)	0,069 m
CARGA TOTAL REQUERIDA (HT)	47,808 m

Selección de la electrobomba

Para el óptimo funcionamiento de la bomba, según los fabricantes no debe exceder a 8 horas diarias.

$$Q = \frac{Q/dia}{T_f}$$

$$Q = \frac{64,53}{8} = 8,066m^3/h$$

Por lo tanto, para la selección de la bomba se usa el programa SAER Pump Selection Software, ya que en base al caudal de 8.066 m³/ y la carga total de 47,808 m son parámetros requeridos por el software.

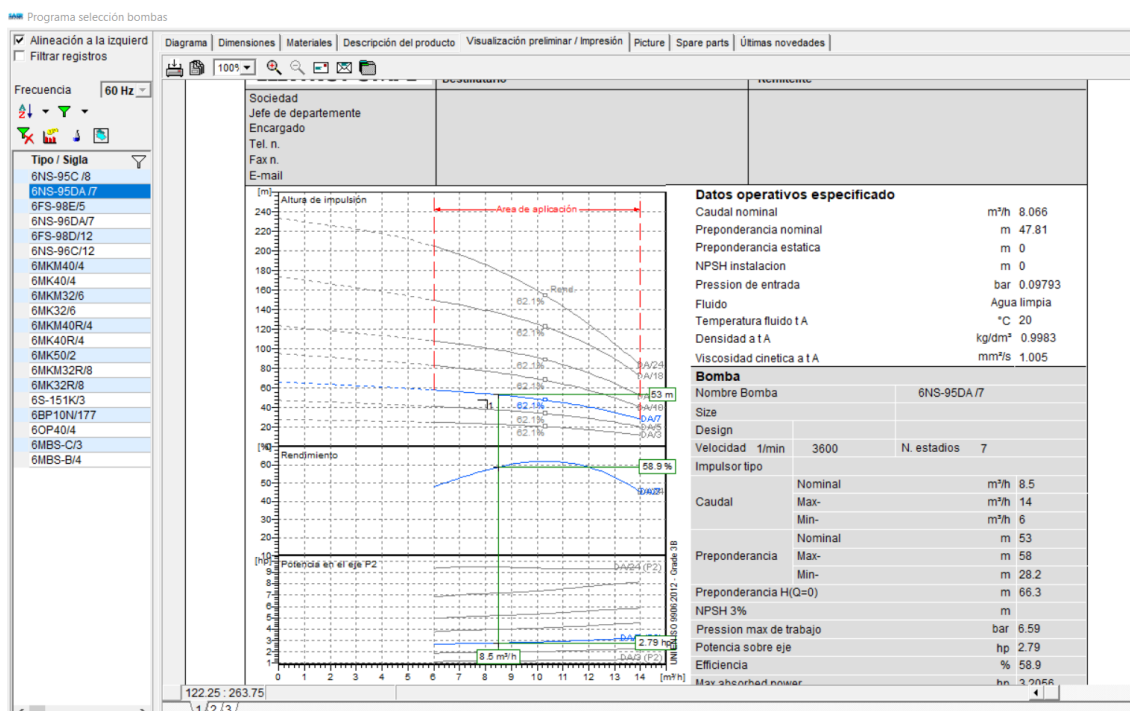


Figura 25: Datos técnicos de la bomba [24]



Motor		Tamaño de construcción			
Constructor/Mod.		SAER	CL 95-3M		
Potencia	hp	2.9502	Rendimiento 4/4	73 %	
Corriente eléctrica	A	14.7	Velocidad	1/min	3430
Tensión eléctrica	V	230 V	1~	Hz	60
Tipo de arranque	Directo				
Grado de protección	IP 68		Clase de aislamiento		

Figura 26: Características de la bomba cl 95-3m [24]

De acuerdo con la figura N°26 se selecciona la bomba modelo CL 95-3M de la marca SAER de 3 HP la cual posee un diámetro de 2 pulgadas de descarga.

Selección para almacenamiento de agua y fertilizantes

Para el almacenamiento de agua se ha considerado un reservorio con una capacidad de 8000 litros, cuyas dimensiones son 2 m de largo, 2 m de ancho y 2 m de altura. Este se ubicará a una elevación de 6 metros respecto al nivel del suelo, hasta su punto más alto, soportado por una estructura de concreto.

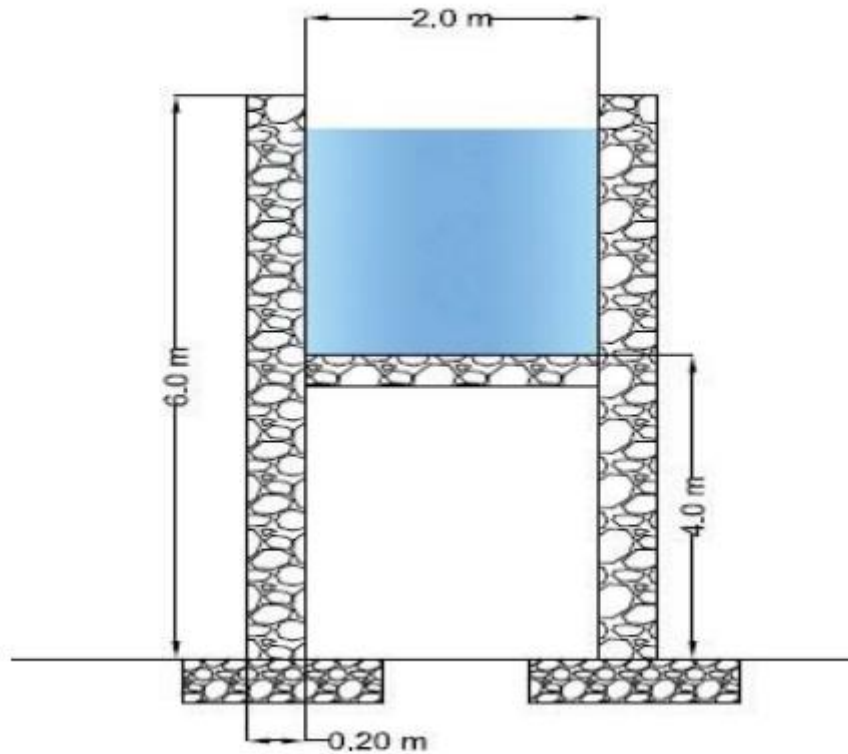


Figura 27: Reservorio de almacenamiento de agua

De acuerdo con el caudal nominal de la bomba de $8.5\text{m}^3/\text{h}$, se determina el tiempo de llenado.

$$V_{\text{cubo}} = L^3$$

$$V_{\text{Reservorio}} = (2\text{m})^3$$

$$V_{\text{Reservorio}} = 8\text{m}^3 \approx 8000\text{L}$$

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}} = \frac{8\text{m}^3}{8.5\text{m}^3/\text{h}} = 0.941\text{h} \approx 56.46 \text{ minutos}$$

Selección de Electroválvula

Teniendo en cuenta el caudal de $8.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ se selecciona las 3 electroválvulas modelo 2W-50 de la marca Walfront la cuales serán conectadas por el tubo de PVC de 2", presentando un solenoide de 220 AC



Figura 28: electroválvula modelo 2W-50

Selección de Arrancador suave

Con el objetivo de limitar la corriente de arranque generada por la electrobomba de 3 HP y 14,7 A, se optó por la selección de un arrancador suave modelo 3RW3018 de la marca Siemens, el cual tiene una capacidad de operación de hasta 17,6 A. Este equipo permite reducir los picos de corriente durante el arranque, contribuyendo a la protección del motor y a la estabilidad del sistema eléctrico.



Arrancador suave Q11 Tipo	Intensidad nominal A	Contactador de red (opcional) Q21		Interruptor automático 400V +10% Q1		Intensidad asignada A	Fusible de línea, máximo		
		Tipo	Tipo	Tipo	Tipo		Intensidad asignada A	Tamaño	
Tipo coordin. 2 ¹⁾ ; I _{cs} = 65 kA a 480 V + 10%									
3RW30 03 ²⁾	3	3RT1015	3RT2015	3RV1011-1EA10	3RV20 11-1EA (previo)	4	3NA3805 ³⁾	20	000
3RW30 13	3,6	3RT1015	3RT2015	3RV1021-1FA10	3RV20 11-1FA	5	3NA3803-6	10	000
3RW30 14	6,5	3RT1015	3RT2015	3RV1021-1HA10	3RV20 11-1HA	8	3NA3805-6	16	000
3RW30 16	9	3RT1016	3RT2016	3RV1021-1JA10	3RV20 11-1JA	10	3NA3807-6	20	000
3RW30 17	12,5	3RT1024	3RT2018	3RV1021-1KA10	3RV20 11-1KA	12,5	3NA3810-6	25	000
3RW30 18	17,6	3RT1026	3RT2026	3RV1021-4BA10	3RV20 21-4BA	20	3NA3814-6	35	000
3RW30 26	25	3RT1026	3RT2026	3RV1031-4DA10	3RV20 21-4DA	25	3NA3822-6	63	00
3RW30 27	32	3RT1034	3RT2027	3RV1031-4EA10	3RV20 21-4EA	32	3NA3824-6	80	00
3RW30 28	38	3RT1035	3RT2028	3RV1031-4EA10	3RV20 21-4FA	40	3NA3824-6	80	00
3RW30 36	45	3RT1036		3RV1031-4GA10		45	3NA3130-6	100	1
3RW30 37	63	3RT1044		3RV1041-4JA10		63	3NA3132-6	125	1
3RW30 38	72	3RT1045		3RV1041-4KA10		75	3NA3132-6	125	1
3RW30 46	80	3RT1045		3RV1041-4LA10		90	3NA3136-6	160	1
3RW30 47	106	3RT1046		3RV1041-4MA10		100	3NA3136-6	160	1

Figura 29: Especificaciones del Arrancador suave 3RW30 18

Tanque de mezcla de dosificación química con agitador

Se selecciona un tanque mezclador para la disolución de los fertilizantes la cual posee un agitador.



Figura 30: Tanque mezclador de 200 L

Selección del Interruptor termomagnético

Para seleccionar el interruptor termomagnético, la corriente nominal (14.7A) de la electrobomba se debe multiplicar 2 veces debido a que se usara un arrancador suave la cual disminuye la intensidad de corriente nominal. Por lo tanto, se utiliza el interruptor termomagnético modelo 5SL6332-7MB de Siemens.

Código (MLFB)	Corriente Nominal (A)	Capacidad de Ruptura en (kA)		Pedido Mínimo (Unidades)	Precio Lista Unit. \$/.
		IEC 60898 220V	IEC 60947-2 220V		
Interruptores termomagnéticos tripolares					
5SL6301-7MB	1	15	15	4	90
5SL6302-7MB	2	10	10	4	66
5SL6304-7MB	4	10	10	4	66
5SL6306-7MB	6	10	10	4	66
5SL6310-7MB	10	10	10	4	63
5SL6316-7MB	16	10	10	4	63
5SL6320-7MB	20	10	10	4	63
5SL6325-7MB	25	10	10	4	63
5SL6332-7MB	32	10	10	4	66
5SL6340-7MB	40	15	15	4	70
5SL6350-7MB	50	15	15	4	70
5SL6363-7MB	63	15	15	4	70

Figura 31: Parámetros del interruptor termomagnético

Selección de conductores

Para el cálculo del conductor eléctrico se tomó en cuenta una corriente de diseño de 32 A. En base a este criterio, se eligió un conductor de 4 mm², adecuado para soportar dicha carga y asegurar la correcta operación del sistema eléctrico.

DATOS CONSTRUCTIVOS Y ELECTRICOS						
Sección Nominal mm ²	Número de Hilos Nº	Espesor de Aislación mm	Diámetro Exterior mm	Peso Aproximado Kg / Km	Capacidad de Corriente (*) Amperios	
					Aire	Ducto
CONDUCTOR SOLIDO						
2,5	1	0,80	3,5	30	35	25
4	1	0,80	4,0	45	50	35
6	1	0,80	4,5	65	60	45
10	1	1,10	6,0	110	90	65
CONDUCTOR CABLEADO						
2,5	7	0,80	4,0	32	35	25
4	7	0,80	4,5	47	50	35
6	7	0,80	5,0	66	60	45
10	7	1,10	6,5	112	90	65
16	7	1,50	8,5	182	120	80
25	7	1,50	9,5	272	160	105

Figura 32: Datos del conductor de cable

Selección de sensor de nivel

Se implementaron sensores de nivel tipo mínimo y máximo para supervisar el volumen de almacenamiento en el reservorio de 8000 L y en el tanque de fertilizantes de 200 L (Rotoplas). Estos dispositivos permiten automatizar el control del llenado y vaciado, garantizando la continuidad operativa del sistema.



Figura 33: Sensor de nivel Rotoplas

Selección de Lámpara de señalización

Se selecciona lámparas de señalización para el sistema, en este caso uno de led de color rojo modelo 3SB3652-6BA20 de Siemens indicando la sobrecarga y, por otro lado, un led color verde modelo 3SB3652-6BA20 de Siemens indicando la marcha. Las especificaciones técnicas se encuentran en la Figura N°33

Lámparas de señalización ¹⁾		
Incluyen casquete y soporte para fijación posterior		
3583648-6BA20	Roja con led.	110 VAC
3583652-6BA20	Roja con led.	230 VAC
3583644-6BA30	Amarilla con led.	24 VAC/VDC
3583648-6BA30	Amarilla con led.	110 VAC
3583648-6BA40	Verde con led.	110 VAC
3583652-6BA40	Verde con led.	230 VAC

Figura 34: Especificaciones técnicas de lampara de señalización

Selección de Pulsadores

Para el control manual del sistema ante condiciones de operación normal o situaciones imprevistas, se seleccionaron pulsadores de mando. Se consideró un pulsador de color verde para la función de arranque del sistema, correspondiente al modelo 3SB3603-0AA41 de la marca Siemens. Asimismo, para la detención del sistema se eligió un pulsador de color rojo, modelo 3SB3603-0AA21, de la misma marca.

Pulsadores ¹⁾	
Incluyen pulsador, soporte para fijación posterior y contactos	
3583602-0AA11	Pulsador negro + 1NA.
3583603-0AA21	Pulsador rojo + 1NC.
3583602-0AA41	Pulsador verde + 1NA.
3583500-1HA20	Pulsador rojo de hongo 40 mm (ver nota 2).

Figura 35: Pulsadores colores rojo y verde de siemens

Selección del PLC

Para la implementación del sistema de control, se seleccionó un controlador lógico programable (PLC) considerando la cantidad requerida de entradas y salidas, tal como se detalla en la Tabla N.º XII. Posteriormente, se utilizó un software especializado para la programación y configuración del dispositivo.

TABLA XII: ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

ENTRADAS AL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)			
Nº	CODIFICACIÓN	DESCRPCIÓN	BORNES DEL PLC
1	IT	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	L-N
2	PBS	PULSADOR DE MARCHA - BOMBA SUMERGIBLE	I1
3	PBM	PULSADOR DE PARO - BOMBA SUMERGIBLE	I2
4	SAE	SENSOR DE NIVEL ALTO TANQUE ELEVADO	I3

5	SBE	SENSOR DE NIVEL BAJO TANQUE ELEVADO	I4
6	PMM	PULSADOR DE MARCHA – MOTOR MEZCLADOR	I5
7	PPM	PULSADOR DE PARO – MOTOR MEZCLADOR	I6
8	SAF	SENSOR DE NIVEL ALTO TANQUE MEZCLADOR DE FERTILIZANTES	I7
9	SBF	SENSOR DE NIVEL BAJO TANQUE MEZCLADOR DE FERTILIZANTES	I8
SALIDAS DEL PLC			
1	LA1	SEÑAL DE PARO DE LA BOMBA SUMERGIBLE	Q1
2	LA2	SEÑAL DE ARRANQUE DE LA BOMBA SUMERGIBLE	Q2
3	LA3	SEÑAL DE PARO DEL MOTOR MEZCLADOR	Q3
4	LA4	SEÑAL DE ARRANQUE DEL MOTOR MEZCLADOR	Q4
5	E01	ELECTROVALVULA 1	Q5
6	E02	ELECTROVALVULA 2	Q6
7	E03	ELECTROVALVULA 3	Q7
8	LE1	LAMAPARA DE EMERGENCIA	Q8

Considerando la necesidad de 8 entradas y 8 salidas para el sistema de control, se optó por el PLC Siemens LOGO! 230RCEO, cuyas especificaciones se presentan en la Figura N.º 36. El dispositivo cuenta con 8 entradas digitales y 4 salidas tipo relé, siendo necesario complementar con módulos adicionales para satisfacer la demanda total del sistema.




Spiridon	Código (MLFB)	Descripción	Tensión	Entrada / Salida	Precio Lista Unit. \$/.
Módulos lógicos básicos. Con posibilidad de expansión (DI: Digital Input - DO: Digital Output)					
100411779	6ED1052-1MD08-0BA0	LOGO! 12/24RCE, Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	12/24 VDC	8 DI (4AI de 0-10V) / 4 DO relé (10A)	763
100411806	6ED1052-1CC08-0BA0	LOGO! 24 CE, Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	24 VDC	8 DI (4AI de 0-10V) / 4 DO	674
100411803	6ED1052-1H808-0BA0	LOGO! 24RCE, Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	24 VAC/DC	8 DI / 4 DO relé (10A)	763
100411800	6ED1052-1F808-0BA0	LOGO! 230RCE, Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	115/240 VAC/DC	8 DI / 4 DO relé (10A)	781
100411805	6ED1052-2MD08-0BA0	LOGO! 12/24RCEO, Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	12/24 VDC	8 DI (4AI de 0-10V) / 4 DO relé (10A)	610
100411807	6ED1052-2CC08-0BA0	LOGO! 24CEO, Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	24 VDC	8 DI (4AI de 0-10V) / 4 DO	585
100411804	6ED1052-2H808-0BA0	LOGO! 24RCEO (AC), Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	24 VAC/DC	8 DI / 4 DO relé (10A)	610
100411802	6ED1052-2F808-0BA0	LOGO! 230RCEO, Ethernet, web server, datalog Micro SD-Card Logo!	115/240 VAC/DC	8 DI / 4 DO relé (10A)	626

Figura 36: PLC Logo!

A) Módulo de ampliación

Dado que el controlador principal no cuenta con suficientes salidas para satisfacer las necesidades del sistema, se optó por la integración de un módulo de expansión. En este caso, se eligió el módulo Siemens LOGO! DM8 230R, el cual incorpora 4 entradas digitales y 4 salidas tipo relé, permitiendo complementar la capacidad del PLC. Sus especificaciones se detallan en la Figura N.º 36.



Símbolo	Nombre	Fuente de alimentación	Entradas	Salidas
[Logo]	LOGO! DM 8 12/24R	12/24 V DC	4 digitales	4 relés (5A)
	LOGO! DM 8 24	24 V DC	4 digitales	4 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R ⁽³⁾	24 V AC/DC	4 digitales	4 relés (5A)
[Logo]	LOGO! DM 8 230R	115...240 V AC/DC	4 digitales ⁽¹⁾	4 relés (5A)
	LOGO! DM 16 24	24 V DC	8 digitales	8 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 16 24R	24 V DC	8 digitales	8 relés (5A)
	LOGO! DM 16 230R	115...240 V AC/DC	8 digitales ⁽⁴⁾	8 relés (5A)
[Logo]	LOGO! AM 2	12/24 V DC	2 analógicas 0 ... 10V ó 0 ... 20mA ⁽²⁾	Ninguna
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 V DC	2 Pt100 -50 °C a +200 °C	Ninguna
	LOGO! AM 2 AQ	24 V DC	Ninguna	2 analógicas 0 ... 10 V DC 0/4...20mA ⁽⁵⁾

Figura 37: Módulo de ampliación de PLC

Selección de Router de internet con chip

La conexión a Internet del router permite acceder y controlar el sistema PLC de forma remota, la cual se puede supervisar y controlar los procesos automatizados a través de una interfaz de usuario en línea, desde cualquier lugar con conexión a Internet permitiendo una mayor flexibilidad, eficiencia y control en la gestión de sistemas automatizados. Por lo tanto, se selecciona un Router modelo TL-MR640 de la marca TP-link como indica las especificaciones técnicas del Anexo N.º2.



Figura 38: Router de internet con chip

Cálculo del Sistema de Potencia Eléctrica

a) Determinación de la demanda eléctrica del sistema

Para el dimensionamiento del sistema eléctrico se determinó la potencia total requerida por los equipos que conforman el sistema automatizado. La carga total está compuesta principalmente por el motor de la electrobomba y el motor del sistema de mezcla de fertilizantes.

La potencia total se calcula mediante:

$$P_{total} = \sum P_i$$

Donde:

- P_i = Potencia de cada equipo eléctrico
- Electrobomba sumergible de 3 HP igual a una potencia de 2.24 kW
- Motor mezclador de fertilizantes de 0.5 HP igual a una potencia de 0.37 kW
- Sistema de control con una potencia de 200 W

$$P_{total} = 2.24 + 0.37 + 0.20$$

$$P_{total} = 2.81 \text{ kW}$$

b) Cálculo de la corriente nominal

Para determinar la corriente del sistema se emplea la ecuación de potencia para sistemas trifásicos:

$$I = \frac{P_{total}}{\sqrt{3} \times V \times FP}$$

Donde:

- La potencia total es de 2.81 kW
- Voltaje de sistema es de 380 V
- El factor de potencia de 0.85

$$I = \frac{2810 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85}$$

$$I = 5.02 \text{ A}$$

c) Verificación de la caída de tensión eléctrica

La caída de tensión en el conductor se calculó con la ecuación para sistemas trifásicos. Considerando una corriente de 5.02 A, una longitud de conductor de 30 m y un conductor de cobre calculado anteriormente con una resistencia de 0.00828 Ω /m. Por lo tanto, se determina con la siguiente fórmula:

$$\%V_d = \frac{\sqrt{3} \times I \times L \times R}{V} \times 100$$

$$\%V_d = \frac{\sqrt{3} \times 5 \times 30 \times 0.00828}{380} \times 100$$

$$\%V_d = \frac{2.15}{380} \times 100$$

$$\%V_d = 0.56\%$$

El resultado obtenido se encuentra por debajo del límite máximo permisible del 3 %, lo que indica que el conductor seleccionado cumple con los criterios técnicos y asegura un funcionamiento adecuado del sistema eléctrico..

Desarrollar la programación del PLC con supervisión remota.

Para el desarrollo de la programación se debe tener en cuenta las funciones que se debe agregar al software LOGO! Soft Comfort V8.3, en este caso, es necesario identificar los tiempos de riego para la automatización.

TABLA XIII: TIEMPO DE RIEGO PARA EL CULTIVO

Mes	Periodo de riego	Demanda hidrica (m3/día)	Caudal nominal de la bomba (m3/h)	Tiempo de riego (h/día)
Noviembre	01/11-30/11	15,07	8,5	1,773
Diciembre	01/12-30/12	38,73	8,5	4,556
Enero	01/01-30/01	49,82	8,5	5,861
Febrero	01/02-28/02	64,53	8,5	7,592
Marzo	01/03-31/13	47,37	8,5	5,573
Abril	01/04-30/04	30,47	8,5	3,585

Para la programación de la inyección de fertilizantes se debe tener en cuenta el día y el tiempo de mezclado para la disolución con el agua, posteriormente, para el riego de nutrientes se abre la electroválvula correspondiente.

TABLA XIV: PERIODO DE INYECCION DE FERTILIZANTES

Mes	Inyección de fertilizantes	Motor de mezcla
Noviembre	15-Nov	5 min
Diciembre	23-Dic	5 min

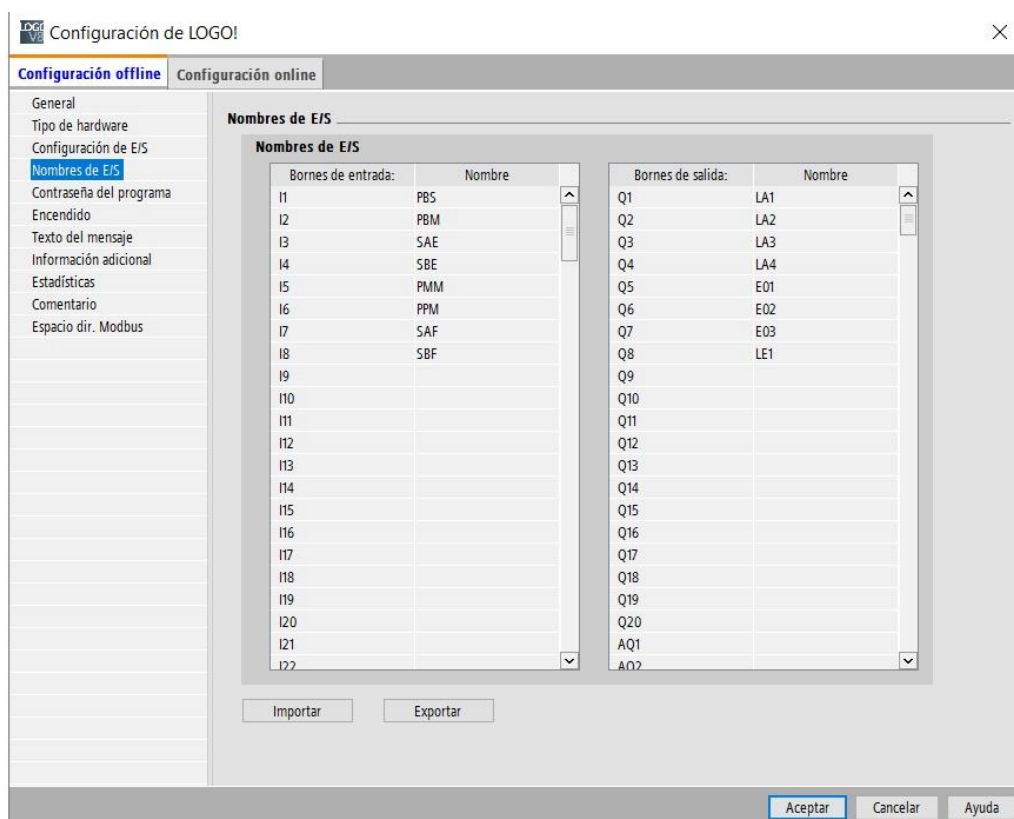


Figura 39: Entradas y salidas para la programación

En el ANEXO 5 y 6 se aprecia la programación en el software LOGO! Soft Comfort V8.3 mostrando un lenguaje por diagrama por bloques.



Figura 40: Configuración del PLC en el laboratorio de automatización

Se comprueba la interfaz de la programación en el ordenador hacia el PLC, dando como resultado un funcionamiento correcto.

Se realiza un esquema de la automatización en LOGO! Web Editor, la cual se enlaza cada objeto o variables hacia la nube de AWS AMAZON.

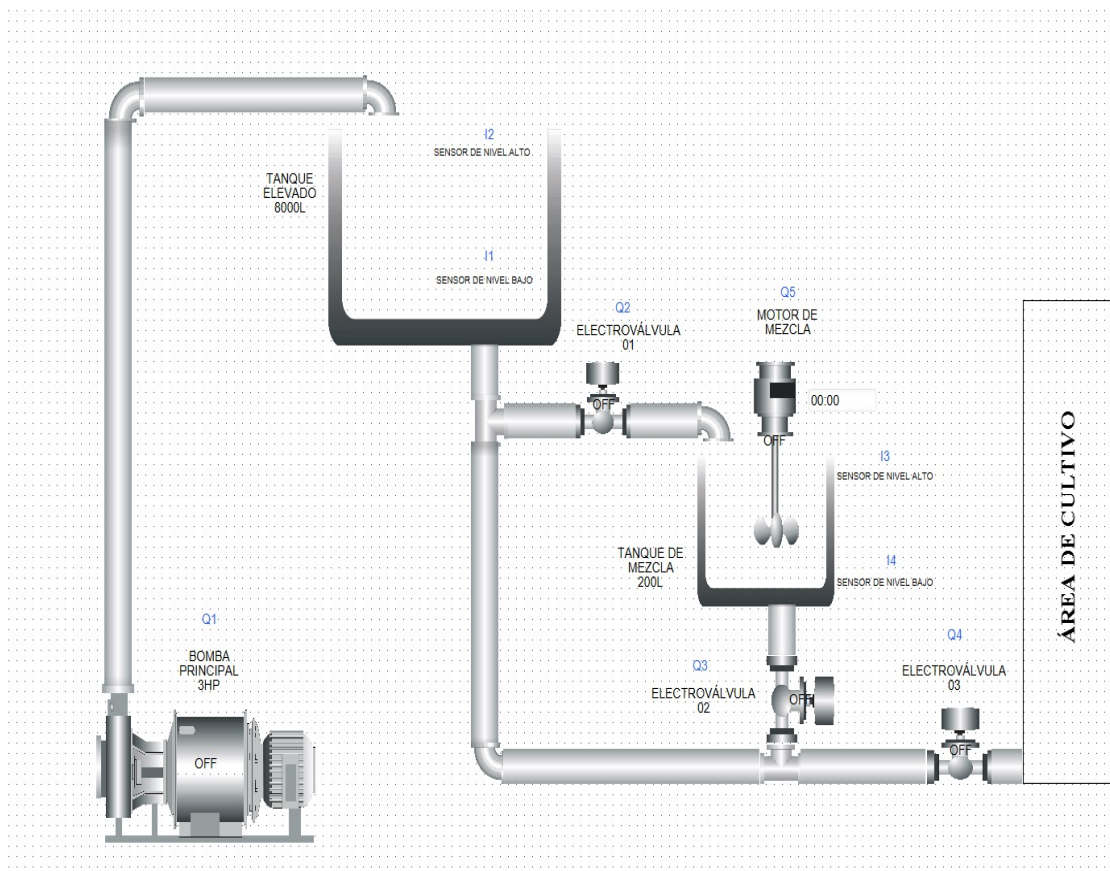


Figura 41: Esquema de la supervisión remota

Por último, utilizando el PLC Logo! 8.3 se transfieren los datos y los ajustes hacia la conexión a la nube, por ello, se realiza los siguientes pasos:

1. Se debe crear un usuario en AWS AMAZON y habilitar políticas de uso para la aplicación LOGO!
2. Crear el programa en LOGO! Soft Comfort
3. Registrar el LOGO! en AWS con LOGO! Soft Comfort
4. Crear la aplicación web con LOGO! Web Editor
5. Desplegar la aplicación en AWS con LOGO! Web Editor

Realizar la evaluación de costos del proyecto.

En esta sección se presenta el análisis económico del proyecto, considerando los costos proyectados de los equipos y materiales requeridos, en función de los precios de mercado vigentes al momento de la elaboración del estudio.

a) Determinación del Valor Actual Neto (VAN)

Para calcular el Valor Actual Neto (VAN), se utilizó una tasa de descuento anual del 10%. Del mismo modo, en la evaluación se consideraron los costos vinculados a la operación del sistema:

EGRESOS

- El mantenimiento de la electrobomba sumergible se lleva a cabo cada 2000 horas de funcionamiento, siguiendo las indicaciones del fabricante. Para efectos del análisis, se ha estimado que este mantenimiento se efectúa aproximadamente cada dos años de funcionamiento, con un costo aproximado de S/ 350.00 por intervención.
- El gasto anual destinado a la adquisición de semillas y fertilizantes se estima en S/ 3 000.00.
- Se considera el pago anual de un trabajador encargado de la operación del tablero de fuerza y control, así como de labores de supervisión y vigilancia, con un costo de S/ 4 800.00.
- Asimismo, se contempla la contratación de dos trabajadores para las actividades de siembra y cosecha del cultivo de maíz, lo cual representa un gasto aproximado de S/ 3 500.00 al año.

- La reposición de las cintas de riego por goteo se realiza cada dos campañas agrícolas, es decir, una vez por año, con un costo estimado de S/ 8 400.00.
- Se considera el costo del consumo de energía eléctrica en zona rural bajo tarifa comercial, el cual asciende a aproximadamente S/ 1 440.00 anuales.

TABLA XV: PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

Item	Descripción	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
01	EQUIPOS Y/O ELEMENTOS			S/8,128,96
1.01	Bomba sumergible	1	S/3 790,04	S/3 790,04
1.02	Tanque Mezclador 200 L	1	S/1 184,00	S/1 184,00
1.03	Electroválvulas	3	S/211,90	S/635,70
1.04	Arrancador suave	2	S/354,88	S/709,76
1.05	Interruptor termomagnético	1	S/61,00	S/61,00
1.06	Sensor de nivel	2	S/70,70	S/141,40
1.07	Lampara de señalización	2	S/61,00	S/122,00
1.08	Pulsadores	4	S/58,00	S/232,00
1.09	PLC	1	S/626,00	S/626,00
1.10	Modem ethernet con chip	1	S/329,00	S/329,00
1.11	Módulo de ampliación	1	S/294,37	S/294,37
1.12	Membresía AWS AMAZON	1	S/3,69	S/3,69
	SUB TOTAL			S/8 128,96
	I.G.V. (18%)			S/1 463,21
	Transporte de equipos (5% del subtotal)			S/406,45
	Instalación de equipos (20% del subtotal)			S/1 625,79
	TOTAL DEL PRESUPUESTO			S/11 624,41

- Finalmente, el total de presupuesto asignado por los equipos y/o elementos del sistema es de S/. 11 624.41

INGRESOS

La producción de maíz alcanza 200 quintales por hectárea, con un precio de S/60.00 por quintal. Considerando que se dispone de una hectárea de cultivo y que se realizan dos campañas al año, se obtiene un ingreso anual aproximado de S/ 24 000.00.

Una vez establecidos los egresos e ingresos, se procedió a elaborar una tabla en el programa Microsoft Excel, en la cual se registraron los flujos netos de efectivo, calculados como la diferencia entre dichos conceptos. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.:

TABLA XVI: FLUJOS NETOS

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS		S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00
Producción de Maíz		S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00	S/ 24 000.00
EGRESOS	S/ 11 624.41	S/ 13 940.00	S/ 14 290.00	S/ 13 940.00	S/ 14 290.00	S/ 13 940.00	S/ 14 290.00	S/ 13 940.00	S/ 14 290.00	S/ 13 940.00	S/ 14 290.00
Inversión inicial del proyecto	S/ 11 624.41										
Costo de mantenimiento			S/ 350.00		S/ 350.00		S/ 350.00		S/ 350.00		S/ 350.00
Gasto en semillas y fertilizantes		S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00	S/ 3 000.00
Costo de pago anual de operario de supervisión		S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00	S/ 4 800.00
Costo de pago a trabajadores de simbra y cosecha		S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00	S/ 3 500.00
Costos de reposición de cintas de riego		S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00	S/ 1 200.00
Costo de tarifa eléctrica		S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00	S/ 1 440.00
FLUJO ECONÓMICO		S/ 10 060.00	S/ 9 710.00	S/ 10 060.00	S/ 9 710.00	S/ 10 060.00	S/ 9 710.00	S/ 10 060.00	S/ 9 710.00	S/ 10 060.00	S/ 9 710.00

En consecuencia, de acuerdo con los cálculos realizados en Microsoft Excel, la inversión puede considerarse viable, ya que el Valor Actual Neto (VAN) obtenido es de S/49 165.84. Además, el proyecto presenta una rentabilidad del 85.31%, la cual supera la tasa de descuento considerada del 10%. Del mismo modo, el análisis del Payback o PRI respalda la factibilidad económica del proyecto.

TABLA XVII: EVALUACIÓN ECONÓMICA MEDIANTE VAN, TIR Y PERIODO DE RECUPERACIÓN

VAN	S/. 49 165.84
TIR	85.31%
PAYBACK(PRI)	1.16

Conclusiones

1. Se realizó el diseño propuesto del sistema de riego autónomo para un correcto funcionamiento en cada uno de sus componentes, de esta manera se logra sistematizar el riego al cultivo de maíz aprovechando al máximo el recurso hídrico y a su vez con la misma red de tuberías se realiza el fertirriego, la cual permite el control y monitoreo eficaz para suministrar la cantidad de agua y fertilizantes necesarias al cultivo.
2. Se determinó el requerimiento de riego utilizando los datos meteorológicos de la zona de estudio con un área de 1 hectárea destinada a fines agrícolas ubicada en el distrito de Salas, de este modo se obtiene los parámetros para la ejecución del software libre CROPWAT 8.0, determinando los requerimientos hídricos del cultivo de maíz en cada periodo de riego entre los meses de noviembre a abril, donde se tomará en cuenta el momento donde la planta necesita la mayor demanda hídrica, la cual es 64,53 m³/ha-día, además se reduce el desperdicio de fertilizantes ya que se programa los periodos de inyección de las dosis de Nitrógeno (N), Ácido fosfórico (P₂O₅), y Oxido de potasio (K₂O) necesarias para el cultivo, donde la primera se realiza a los 15 días después de la siembra y la segunda 38 días después.
3. Se seleccionó los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema de riego autónomo, calculando la demanda hídrica se necesita una bomba sumergible modelo CL 95-3M de la marca SAER de 3HP, de acuerdo con las entradas (04) y salidas (06) se utiliza un módulo de expansión LOGO DM 8 230R de la marca Siemens
4. Se desarrolló la programación en el PLC modelo LOGO230RCEO de la marca Siemens en el software Logo Soft Comfort V8.3 en función a los periodos de riego de agua e inyección de fertilizantes. Posteriormente, se edita el sistema autónomo en el LOGO WEB EDIT para el procesamiento de datos hacia la nube de AWS AMAZON y ser supervisada por un ordenador o teléfono móvil.
5. Se realizó la evaluación de costos según los precios del mercado actual, con un presupuesto de total S/. 11 624,41 para la implementación de este sistema. Asimismo, los resultados de la evaluación económica reflejan que el proyecto es viable y rentable, evidenciado por un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 49 165,84 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 85.31%. Además, el periodo de recuperación de la inversión se estima a partir del año y medio de operación.

Recomendaciones

Se recomienda a los agricultores a implementar tecnología de automatización para el riego de sus cultivos, con el fin de mejorar la productividad y optimizar el recurso hídrico en los tiempos de sequía. Asimismo, se recomienda utilizar sensores de humedad, radiación ultravioleta, temperatura y lluvia que permitan un control más preciso en tiempos de riego en la zona agrícola. Por otro lado, se recomienda tener cobertura de internet y electrificación en las zonas agrícolas para el funcionamiento de los equipos y monitorear remotamente el cultivo sin estar presente en el campo.

Referencias

[1] C. Natalia y H. M. J. A. R. Gauna Andrea, “Sistema de riego por goteo,” Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 2015.

[2] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), IV Censo Nacional Agropecuario, Lima, Perú, 2012.

[3] E. F. F. García, “Agricultura de precisión,” Revista Ciencia y Tecnología, vol. 8, 2008, pp. 99–116.

[4] D. A. y H. R. J. S. Carvajal Tabares, “Prototipo de sistema de control de riego para cultivo de soya con supervisión remota de humedad,” 2016.

[5] S. y A. F. Limachi, “Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión virtual de módulos de entrenamiento industrial y automatización con PLC,” 2018.

[6] «"LOGO! 8.3 CLOUD, El nuevo Logo! de Siemens se conecta con la nube",» RELEPRO, [En línea]. Available: https://relepro.com/blog/22_LOGO-8-3-CLOUD-El-nuevo-Logo-de-Siemens.html. [Último acceso: 10 Marzo 2023].

[7] «Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), “Resultados definitivos del IV CENAGRO,” [En línea]. Disponible en: <https://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPúblicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>. [Accedido: 20-mar-2023].

[8] P. Lambayeque, «PLAN ESTRATÉGICO REGIONAL PLAN ESTRATÉGICO REGIONAL,» CHICLAYO, 2008.

[9] K. A. C. Quiroz, "Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo parcial en campo abierto en el centro experimental de riego," Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2017.

[10] Bazan Rivera, E. A., Mariños de la Vega, D. J., & Papa Perauna, A. E., "Internet de las cosas (iot) en un sistema autónomo de riego por goteo y el estrés hídrico en las zonas agrícolas", UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Callao, 2022.

[11] L. I. C. Wong, "Diseño de un sistema automatizado de riego por goteo para aumentar la producción de maíz en Chiclayo," Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2020.

[12] S. Y. T. Welch, "El riego por goteo: una introducción," Oregon State University, 2013.

[13] L. H. Limachi, "Sistemas de riego tecnificado," Instituto de Capacitación del Oriente, Vallegrande, 2019.

[14] Instituto de Capacitación del Oriente (ICO), "Sistemas de riego tecnificado," Bolivia, 2019.

[15] L. P. D. R. M. S. R. G. Allen, "Evapotranspiración del cultivo," FAO, Roma, 2006.

[16] D. Campuzano Bautista, C. Bautista y C. Javier, "Estudio de perfil de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del municipio Dirimba," Managua, 2016.

[17] Rodavigo, "Información técnica II," [En línea]. Disponible en: <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01%20Introducción/04%20Información%20técnica%20III.pdf>. [Accedido: 30 mar 2023].

[18] Siemens, "SIRIUS 3RW5 soft starters," [En línea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-controls/sirius/sirius-hybrid/3rw5-soft-starter.html>. [Accedido: 20-abr-2023].

[19] G. Viteri y A. López, "Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos," Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2011.

[20] Li3n Guillermo Casta3on, "Automatizaci3n del riego", *Agropecuaria Y Ganadera*, n.º 860, pp. 2002–205, 2004.

[21] Siemens, LOGO! Soft Comfort, [En l3nea]. Disponible en: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-software.html>. [Accedido: 01 Abr 2023].

[22] B. I. Garc3a Vaca, "Dise3o e implementaci3n de un prototipo IoT para el monitoreo de par3metros ambientales aplicados a la avicultura," Trabajo de titulaci3n, Universidad Polit3cnica Salesiana, Guayaquil, 2021.

[23] Ministerio de Agricultura y Riego, "Manual de c3lculo de eficiencia para sistemas de riego," Lima, 2015.

[24] R. Ortiz, A. Quilancham3n, M. Chile y Y. Cartagena, "Efecto del fertirriego en el cultivo de ma3z (*Zea mays L.*)," *Archivos Acad3micos*, vol. 38, no. 43, 2021.

[25] C. F. Quilacham3n Angos, "Efecto de m3todos de aplicaci3n de riego por goteo en el rendimiento del cultivo de ma3z (*Zea mays L.*) en el CADET," Trabajo de titulaci3n, Universidad Central del Ecuador, Quito, 2022.

[26] Chikuni y E. Edward, "Program-assisted sizing of a photovoltaic-powered system," vol. 23, no. 1, pp. 3–5, Feb. 2012.

Anexos

ANEXO 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN

SIEMENS

Data sheet

6ED1055-1FB00-0BA2



LOGO! DM8 230R expansion module, PS/I/O: 230V/230V/relay, 2 MW, 4 DI/4 DO for LOGO! 8

Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 2 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 115 V DC	Yes
• 230 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	100 V
permissible range, upper limit (DC)	253 V
Line frequency	
• permissible range, lower limit	47 Hz
• permissible range, upper limit	63 Hz
Digital inputs	
Number of digital inputs	4
Input voltage	
• Type of input voltage	AC/DC
• for signal "0"	< 40 V AC, < 30 V DC
• for signal "1"	> 79 V AC, > 79 V DC
Input current	
• for signal "0", max. (permissible quiescent current)	0.06 mA; 0.05 mA with AC, 0.06 mA with DC
• for signal "1", typ.	0.13 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— at "0" to "1", max.	40 ms
— at "1" to "0", max.	75 ms
Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No
Controlling a digital input	Yes
Switching capacity of the outputs	
• on lamp load, max.	1 000 W; 500 W at 115V AC
Output current	
• for signal "1" rated value	5 A
• for signal "1" minimum load current	100 mA
• with inductive load, max.	0.5 Hz
• mechanical, max.	10 Hz
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A
— with resistive load, max.	5 A
Dimensions	
Width	35.5 mm
Height	90 mm
Depth	58 mm

ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ROUTER



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MARCA	TP-LINK
MODELO	TL-MR6400
NÚMERO DE PARTE	TL-MR6400
TIPO	Router
COLOR	-
ESPECIFICACIONES	
CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE	
INTERFACE	3 Puertos LAN 10/100Mbps, 1 Puerto LAN/WAN 10/100Mbps y 1 Ranura para Tarjeta SIM
PUERTOS	3x 10/100 Mbps LAN ports, 1x 10/100 Mbps LAN/WAN Port, 1x Micro SIM Card Slot
BOTÓN	Botón WPS/Reset, Botón Wi-Fi On/Off y Botón Power On/Off
FUENTE DE ALIMENTACIÓN EXTERNA	12V/1A
FUENTE DE ALIMENTACIÓN EXTERNA (EU)	9V/0.85A
DIMENSIONES (W X D X H)	202 x 141 x 33.6 mm. (7.95 x 5.55 x 1.32 in).
TIPO DE ANTENA	2 Antenas Wi-Fi Internas, 2 Antenas 4G LTE Externas
CARACTERÍSTICAS INALÁMBRICAS	
ESTÁNDARES INALÁMBRICOS	IEEE 802.11b/g/n 2.4GHz
FRECUENCIA	2.4GHz
TASA DE SEÑAL	300Mbps en 2.4GHz
SENSIBILIDAD DE RECEPCIÓN	11g 54M: -74dBm 11n HT20: -71dBm 11n HT40: -67dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	CE: <20dBm(2.4GHz)
FUNCIONES INALÁMBRICAS	Habilitar/Deshabilitar la Emisión Inalámbrica, WDS Bridge, WMM y Estadísticas Inalámbricas
WAN FAILOVER	Yes
SEGURIDAD INALÁMBRICA	Encriptaciones 64/128-bit WEP, WPA/WPA2 y WPA-PSK/WPA2-PSK
TIPO DE RED (V2)	T4G: FDD-LTE B1/B3/B7/B8/B20 (2100/1800/2600/900/800MHz) TDD-LTE B38/B39/B40/B41 (2600/1900/2300/2500MHz) 3G: DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS B1/B8 (2100/900MHz) 2G: EDGE/GPRS/GSM Quad Band (850/900/1800/1900MHz) *Sujeto a cambio por región de uso, confirme esta información con su soporte local
TIPO DE RED	4G: FDD-LTE B1/B3/B7/B8/B20 (2100/1800/2600/900/800MHz) TDD-LTE B38/B40 (2600/2300MHz) 3G: DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS B1/B8 (2100/900MHz) 2G: EDGE/GPRS/GSM Quad Band (850/900/1800/1900MHz)

ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TANQUE MEZCLADOR



Especificación del agitador (envíe su especificación requerida)

Voltaje	110V/ 220V/ 240V/ 380V/ 415V
Potencia	0,37 kW-11kW
Frecuencia	50HZ/ 60HZ
Frase	Frase señal/tres frases
Velocidad	60-130 RPM
Eje	Revestimiento de acero inoxidable o plástico 304
Característica	Motor ajustable de velocidad VFD o Motor a prueba de explosiones disponible



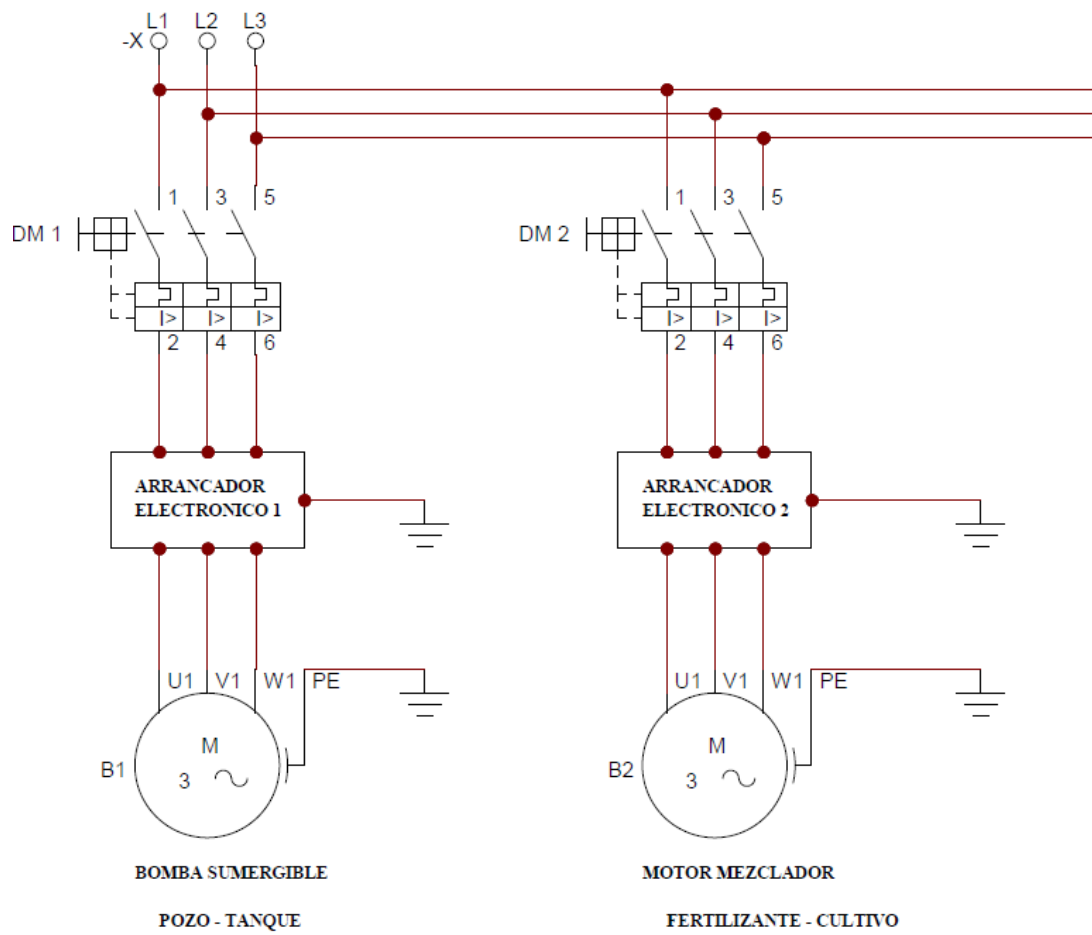
Detalles del producto

Nombre del producto	Tanque químico
Material	LLDPE duradero y resistente
Capacidad	200L
Día	600mm
Espesor de pared	6mm
Altura del cono/altura total	350mm/ 1080mm
Calibre	150mm
Color	Blanco, amarillo, azul
Característica	Anticolisión, antiácido y álcali, larga vida útil, reciclable
Aplicación	Mezcla y dosificación de líquidos
Palabras clave del producto	Tanque químico con soporte

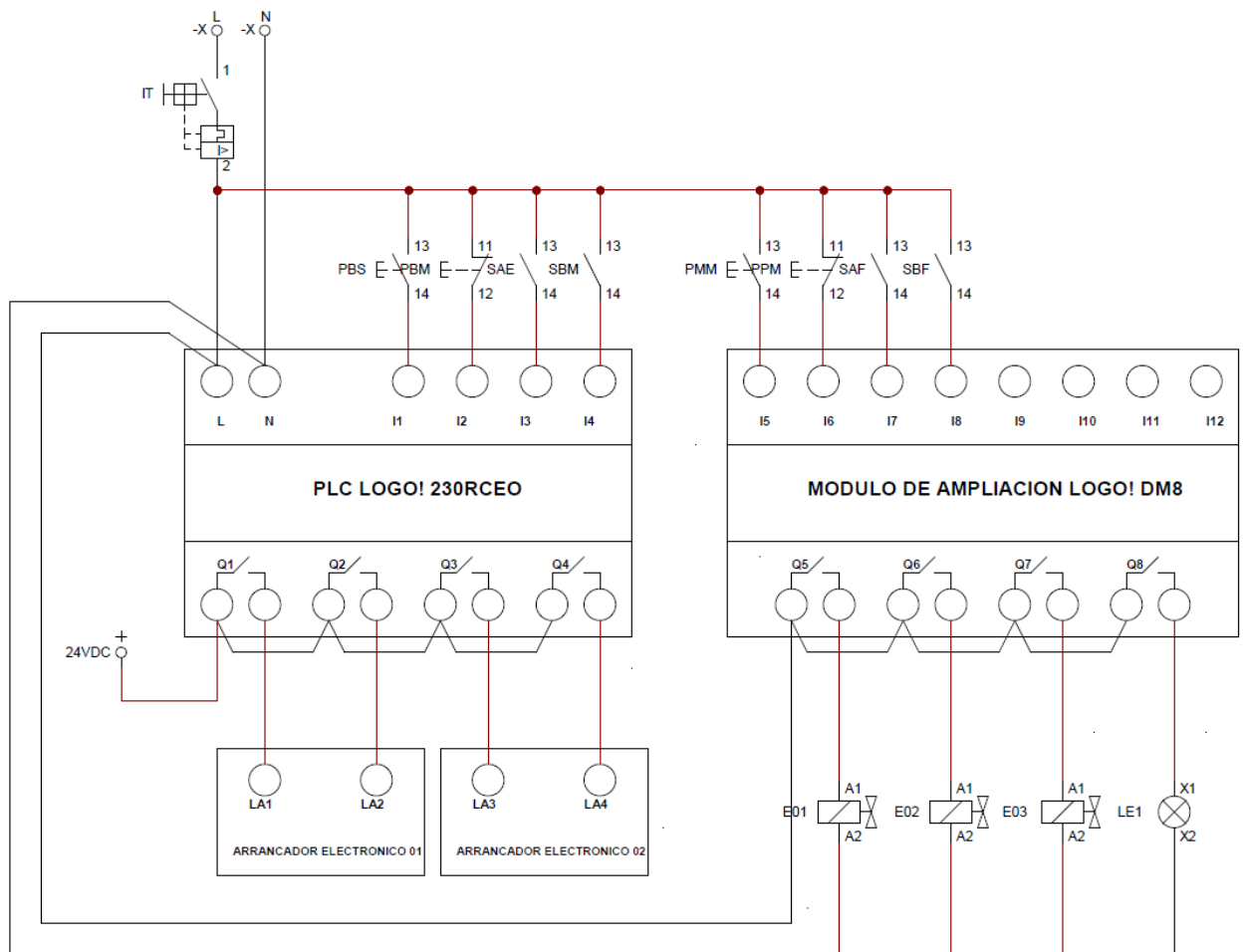
ANEXO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICA DE SENSOR DE NIVEL

Atributo	Detalle
Características	Totalmente hermético. Reinyectado a presión
Marca	Rotoplas
Material	Polipropileno
Contenido	1 control automático de nivel, 1 contrapeso, 1 traba de sujeción del consumo
Largo del cable	3 a 6 m
Voltaje	220 VCA
Frecuencia	60 Hz
Tipo de conexión	Monofásico
Grado de protección	IP-68
Temperatura de trabajo	0/60°C
Color	Negro - anaranjado - azul

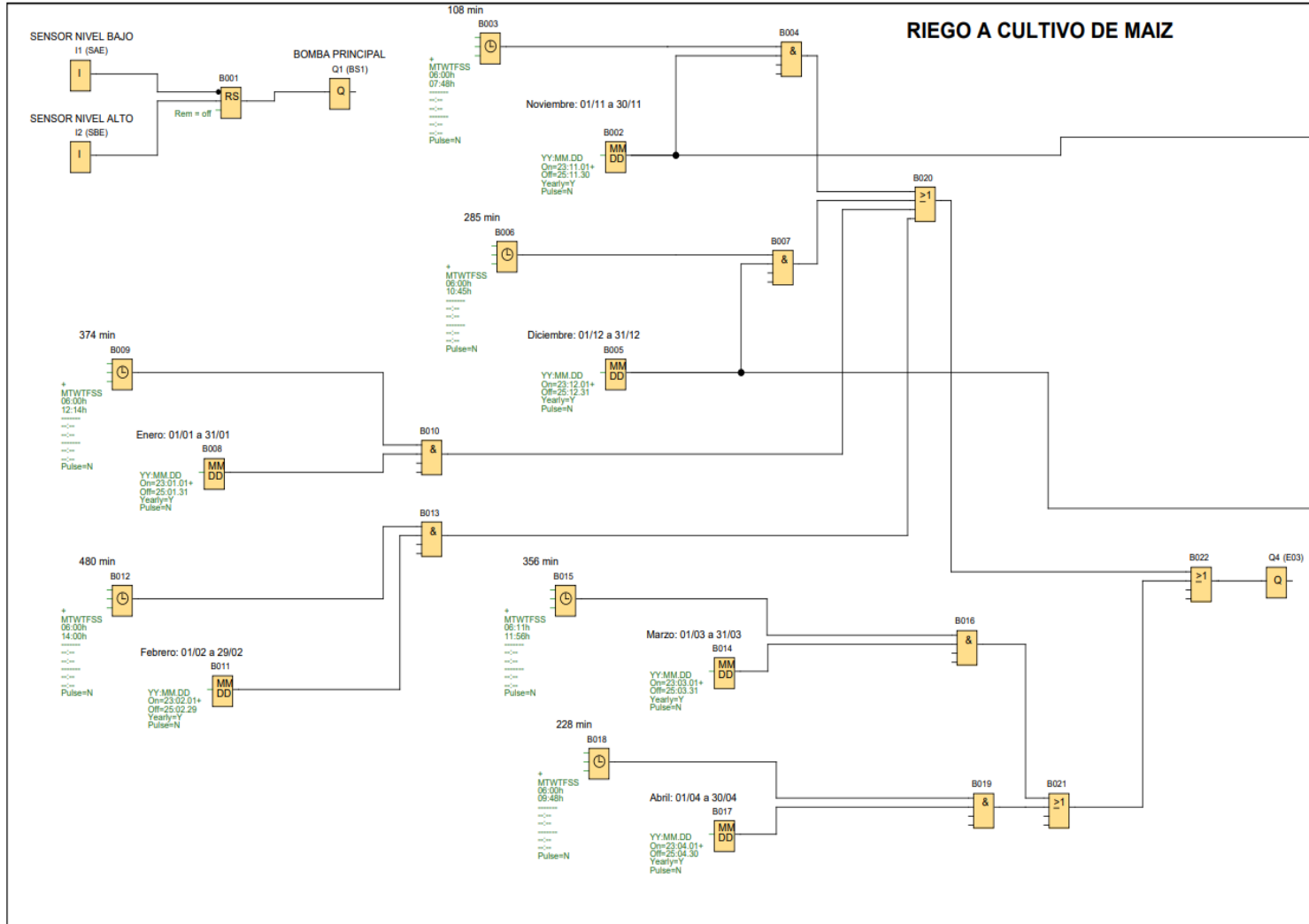
ANEXO 5: DIAGRAMA ELECTRICO DE FUERZA



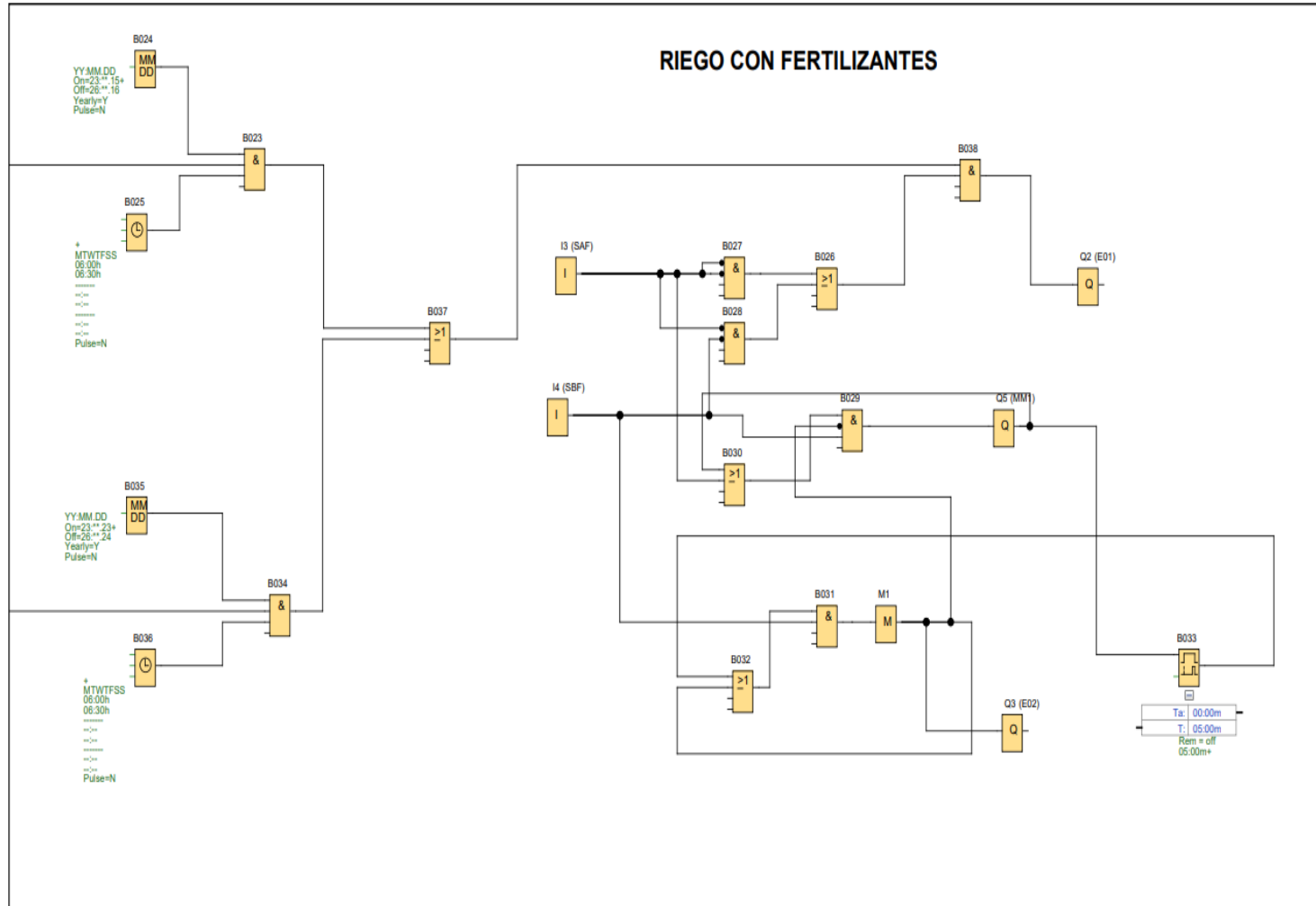
ANEXO 6: DIAGRAMA ELECTRICO DE MANDO

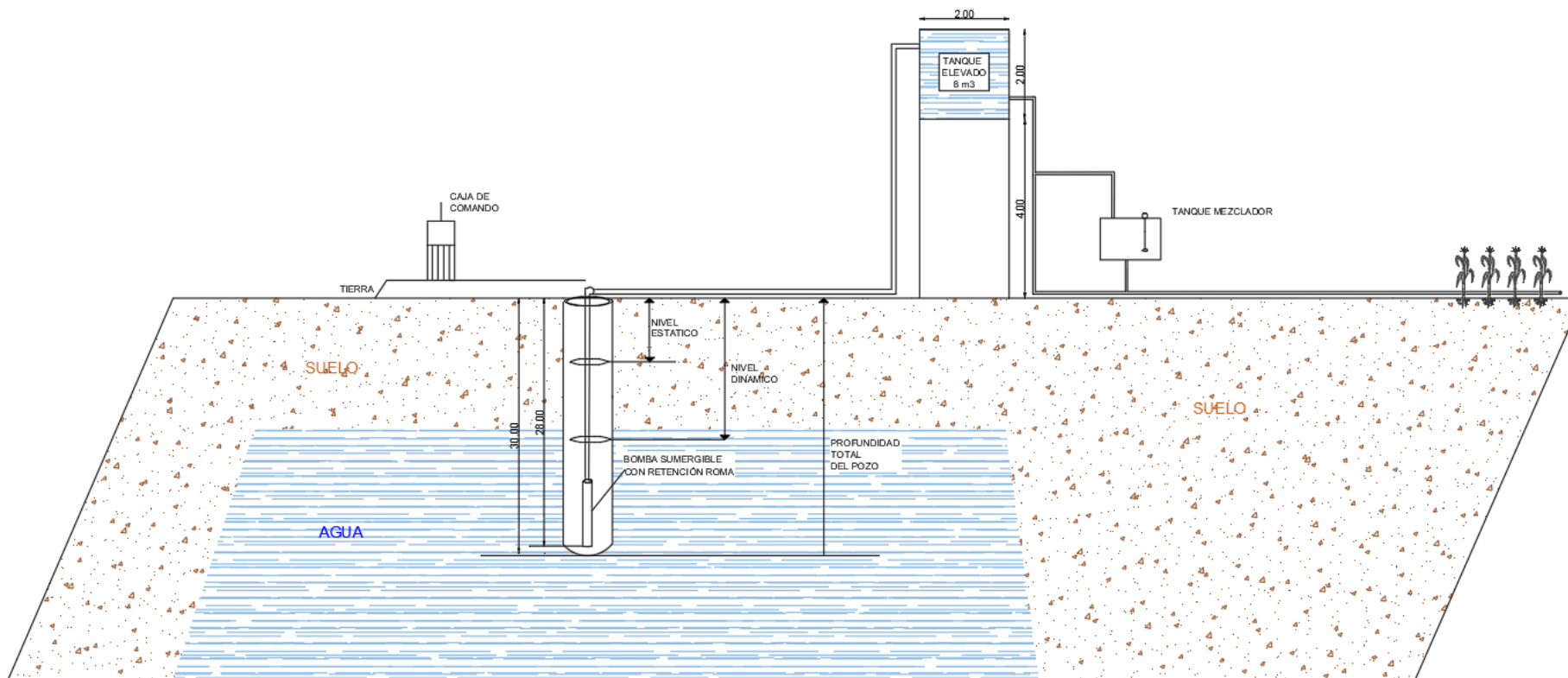


ANEXO 7: PROGRAMACION DE RIEGO A CULTIVO EN EL SOFTWARE




ANEXO 8: PROGRAMACION DE RIEGO CON FERTILIZANTES EN EL SOFTWARE





COMPONENTES PROYECTADAS

N°	DESCRIPCION	UND	CANT
1	BOMBA SUMERGIBLE	UND	1
2	SENSOR DE NIVEL	UND	2
3	TANQUE ELEVADO DE AGUA	UND	1
4	TANQUE MEZCLADOR DE FERTILIZANTE	UND	1
5	POZO TUBULAR	UND	1
6	ELECTROVALVULA	UND	3
7	CAJA DE CONTROL	UND	1

 UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MORGUEJO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA	ASESOR : ING. JORGE ALBERTO VILLANUEVA ZAPATA		
	TESIS : DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTÓNOMO CON SUPERVISIÓN REMOTA PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN LOS FUNDOS DE S.A.L.A.S.		
PLANO : SISTEMA DE RIEGO AUTÓNOMO	CODIGO : 1714072426	DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE	LAMINA : SR-01
	FECHA : 24 DE MAYO DEL 2023	PROVINCIA : LAMBAYEQUE	
	CURSO : TESIS II	DISTRITO : S.A.L.A.S.	