

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

Automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la Ciudad de Moquegua 2019

Yosi Mark Muñoz Amesquita

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTO

Doy el agradecimiento a la Universidad Continental, a la escuela de Ingeniería Mecánica y a los ingenieros por haberme transmitido sus conocimientos durante mi formación profesional.

Agradezco al ingeniero Jonathan Alain Sanchez Paredes y compañeros de clase por haberme compartido sus conocimientos durante la formación de la carrera profesional.

DEDICATORIA

Dedico todo este trabajo de investigación a Dios y a mis padres por permitirme llegar a este momento tan importante de mi vida de mi formación profesional.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	1
1.2.1 Problema general.....	1
1.2.2 Problemas específicos	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.3.3 Justificación e importancia	3
1.4 Descripción de variables	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes del problema	5
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 Ecuación de Bernoulli aplicado en la ecuación general de energía	7
2.2.2 Microcontroladores.....	8
2.3 Definición de términos básicos.....	11
2.3.1 Panel solar	11
2.3.2 Regulador o controlador PWM.....	11
2.3.3 Arduino.....	11
2.3.4 SIM 900 GSM GPRS SHIELD.....	11
2.3.5 Sensor se flujo de agua	11
2.3.6 Electroválvula.....	11
2.3.7 Aspensor.....	11

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA	12
3.1 Método de investigación	12
3.2 Alcance de la investigación.....	12
3.3 Tipo y nivel de investigación	12
3.4 Diseño de la investigación.....	12

3.5	Población y muestra.....	13
3.5.1	Población	13
3.5.2	Muestra	13

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....		14
4.1	Lista de exigencias.....	14
4.2	Estructura de secuencia de operaciones	20
4.3	Matriz morfológica.....	23
4.4	Proyectos preliminares.....	27
4.4.1	Alternativa 1	27
4.4.2	Alternativa 2	27
4.4.3	Alternativa 3	28
4.5	Desarrollo y cálculo del trabajo	28
4.5.1	Radiación solar en el Perú	28
4.5.2	Modelo de panel solar	32
4.5.3	Regulador PWM.....	34
4.5.4	Arduino UNO.....	34
4.5.5	Tarjeta SIM 900 GSM GPRS SHIELD	35
4.5.6	Tipo de sensor de flujo de agua	36
4.5.7	Electroválvula de ½ pulgada con solenoide de 12 voltios	37
4.5.8	Microcontrolador 16F628A.....	38
4.5.9	Selección de aspersores	38
4.5.10	Manguera PEAD	41
4.5.11	Calculo de energía solar	42
4.5.12	Calculo de presiones y velocidades	44
4.5.13	Diseño de base para el panel solar.....	51
4.5.14	Programación para el arduino	61
4.5.15	Programación con el programa MicroCode studio	65

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		68
5.1	Resultados de tratamiento y análisis de la información	68
5.2	Discusión de resultados	69

CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXO	76
9.1 Cronograma de actividades del trabajo de investigación	76
9.2 Matriz de Consistencia.....	78
9.3 Hoja de datos de laminado en caliente del manual Aceros Arequipa	81
9.4 Hoja de datos de tubo LAC ASTM A500 del manual Aceros Arequipa	82
9.5 Hoja de datos del supercito del manual Soldexa	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Variable dependiente e independiente del trabajo de investigación.....	4
Tabla 2 Lista de exigencias.....	15
Tabla 3 Matriz morfológica.....	23
Tabla 4 Características del panel solar de 95 Watts.....	33
Tabla 5 Dimensiones del panel solar de 95 Watts.....	33
Tabla 6 Costo de materiales el trabajo de investigación.....	68
Tabla 7 Cronograma de actividades.....	76
Tabla 8 Matriz de consistencia del trabajo de investigación.....	78

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Sistema de flujo que ilustra la conservación general de energía.	7
<i>Figura 2.</i> Diagrama de bloques funcionales del microcontrolador 16F628A.	9
<i>Figura 3.</i> Diagrama de pines del microcontrolador 16F628A.	10
<i>Figura 4.</i> Funciones especiales de los pines del microcontrolador 16F628A.	10
<i>Figura 5.</i> Secuencia de operaciones.	21
<i>Figura 6.</i> Caja negra.	22
<i>Figura 7.</i> Irradiación normal directa.	29
<i>Figura 8.</i> Irradiación horizontal global.	30
<i>Figura 9.</i> Potencial de energía fotovoltaica.	31
<i>Figura 10.</i> Ventajas de selección de panel solar.	32
<i>Figura 11.</i> Panel solar de 95 vatios.	32
<i>Figura 12.</i> Regulador de voltaje para panel solar de 12 voltios.	34
<i>Figura 13.</i> Hardware y cables USB.	35
<i>Figura 14.</i> El GPRS SIMCOM SIM900 GSM.	36
<i>Figura 15.</i> Sensor de flujo.	37
<i>Figura 16.</i> Electroválvula de 12 voltios.	37
<i>Figura 17.</i> Modelo de aspersor 6025 SD.	38
<i>Figura 18.</i> Válvulas anti drenaje y rango de productos.	39
<i>Figura 19.</i> Datos técnicos de la válvula.	39
<i>Figura 20.</i> Posición del aspersor.	40
<i>Figura 21.</i> Modelo 6025-SD tabla de rendimiento precipitación (mm/h) espaciamento (m).	41
<i>Figura 22.</i> Diseño de la red de las tuberías y las medidas de esta figura están en metros.	44
<i>Figura 23.</i> Base del panel solar y de la batería con sus accesorios en 3D.	52
<i>Figura 24.</i> Base del panel solar y de la batería con sus accesorios 2D.	52
<i>Figura 25.</i> Distribución de fuerza en la viga y las medidas están en metros.	55
<i>Figura 26.</i> Dimensiones del tubo cuadrado y las medidas están en milímetros.	56
<i>Figura 27.</i> Diseño del perno en la base para hallar a fuerza del aire en cada perno.	60

RESUMEN

Se diseñó un sistema automatizado para un riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua, para que el agricultor tenga el control de encendido y apagado de todo el sistema. El agricultor tendrá la facilidad de regar su chacra desde cualquier parte del Perú, con tan solo un mensaje de texto vía celular. tendrá

La toma de recepción de agua se hará desde una sequía con una tubería de 4 pulgadas a una altura de 220 metros. La fuente de alimentación se dará por un panel solar de 95 watts con un acumulador de energía de 40 amperios hora para que pueda alimentar todo el sistema electrónico y tiene un factor de seguridad de 1,5. El riego por aspersión tendrá un menor consumo de agua para el riego de la hectárea de sembrío. Todo este proyecto está usando 25 electroválvulas y cada electroválvula soportara una presión de 8 bares con 25 aspersores cada aspersor soporta una presión de 4 bares.

ABSTRACT

An automated system was designed for a sprinkler irrigation with wireless control for one hectare of alfalfa located in the city of Moquegua so that the farmer has the control of turning on and off the entire system. The farmer will have the facility to irrigate his farm from anywhere in Peru with just a text message via cell phone.

The reception of water will be made from a drought with a pipe of 4 inches at a height of 220 meters. The power supply will be given by a 95-watt solar panel with a 40-amp hour energy accumulator so that it can power the entire electronic system and has a safety factor of 1.5. Sprinkler irrigation will have a lower water consumption to irrigate the hectare of crops. All this project is using 25 electrovalves and each electrovalve will support a pressure of 8 bars with 25 sprinklers each sprinkler supports a pressure of 4 bars.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayor parte de los agricultores del Perú, riegan sus sembríos a base de un riego por gravedad como lo hacían los antepasados. En las diferentes labores que realiza el agricultor la mayor demanda de tiempo se da en el riego de los sembríos para así obtener una cosecha. Hoy en día la tecnología ha llevado a que los productos utilizados para diferentes tipos de riego tengan un costo muy accesible para los agricultores y obtenga mejores resultados de los sembríos.

El primer capítulo describe el planteamiento del estudio. Donde se da a conocer la situación problemática que se vive en la actualidad de riego en la agricultura. Realizando así la formulación del problema, con los objetivos que se busca con el trabajo de investigación, la justificación y descripción de variables dependiente e independiente.

El segundo capítulo describe el marco teórico, donde se presenta las investigaciones hechas anteriormente por otros investigadores, las bases teóricas están sujetas a la conservación de energía que se da en las tuberías y la automatización de riego usando la electrónica e electricidad.

El tercer capítulo describe la metodología, donde está conformado por el método de investigación, el alcance de investigación, el tipo y nivel de investigación, diseño de investigación y finalmente la población y muestra.

El cuarto capítulo describe los resultados y discusión, obteniendo los cálculos matemáticos y códigos de programación tanto en el microcontrolador y el arduino uno.

Finalmente, el trabajo de investigación concluye en el costo del proyecto, cronograma de actividades, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Los agricultores de la ciudad de Moquegua normalmente usan el tipo de riego por gravedad, que es aplicado en la superficie del suelo y se distribuye en el campo de sembrío por gravedad. El caudal de riego disminuye a lo largo del campo de sembrío debido a la filtración que se da en el terreno y a su vez consume mayor agua al momento de regar, este tipo de riego por gravedad toma mayor tiempo en regar todo el terreno sembrado la cual el agricultor direcciona manualmente el riego en el terreno.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Se puede automatizar un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo se va a categorizar la automatización que se realizará en el sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?

¿Qué se va a evaluar en la automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?

¿Por qué reducir el consumo de agua con el control automático de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Automatizar un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.

1.3.2 Objetivos específicos

- Categorizar el sistema de riego como una automatización inalámbrica a través de mensajes SMS con tecnología GPRS Sim 900 para el riego a aspersión de una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.
- Evaluar el sistema de funcionamiento de control y actuadores programado con un microcontrolador en la automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.

- Reducir el consumo de agua para dar un mejor uso al recurso hídrico con el control automático de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.

1.3.3 **Justificación e importancia**

Este trabajo de investigación ayudará a cambiar el riego por gravedad a riego por aspersión, teniendo un control autónomo por el método de riego a aspersión en el sembrío y a su vez las redirecciones de riego serán automáticos, controlados por un microcontrolador 16F628A. El encendido ó apagado de todo el sistema será controlado por un GPRS SIM 900 GSM y un arduino uno. Donde el riego por aspersión necesita menor cantidad de agua para un sembrío que un riego por gravedad.

1.4 Descripción de variables

Tabla 1

Variable dependiente e independiente del trabajo de investigación.

Ítems	Variables	Dimensión	Indicadores
1	Variable dependiente: Eficiencia de recurso hídrico.	Riego a aspersión	Aspersores para riego.
2	Variable independiente: Riego autónomo.	Control de actuadores y tiempo.	Microcontrolador 16F628A. GPRS Sim 900. Arduino uno. Componentes electrónicos.

Nota: Fuente Propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización EPIME 2016. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico eléctrico en la universidad nacional del altiplano, Puno – Perú, 2017.

- Esta tesis estudio la automatización con arduino y sensores de un sistema de riego con micro aspersores como también midiendo la cantidad de humedad que se logra cuando se riega a su vez teniendo un monitoreo de consumo de potencia. Con este proyecto de investigación se ha logrado reducir un consumo de agua del 10.9% respecto al riego por gravedad. Ubicada en el departamento de Puno. Las pruebas se hicieron en un cultivo de cebada pudiendo así comparar el consumo de agua con riego a gravedad y riego a aspersión. El aporte de este proyecto de investigación es muy importante ya que casi los mismos materiales se usan (MAMANI APAZA, 2016).

Diseño y cálculo de sistema de energía fotovoltaico para la iluminación pública del malecón turístico de la playa la Meca-Tacna. Tesis para optar el título profesional de ingeniero electricista en la universidad nacional de san Agustín, Arequipa – Perú, 2017.

- En esta tesis se estudió la captación de radiación solar mediante un panel solar para así obtener una acumulación de energía en una batería y dar una iluminación pública en una zona turística de Meca –Tacna. Por otra parte, ha mejorado la calidad de vida en dicha ciudad tanto para niños y adultos. El proyecto fue ejecutado demostrando así que el gasto económico del proyecto de investigación, es menos gasto de una red eléctrica pública midiendo los parámetros a largo plazo, este aporte de investigación ayuda en los cálculos numéricos de captación solar, gasto de energía y duración de la batería (LUPACA MAMANI, 2017).

Automatización de un sistema de riego con monitoreo local usando una touch y control remoto inalámbrico vía GSM (arduino open source) para el mejoramiento dentro del campo agrícola en Asofrut de la ciudad de Ambat. Tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial en la escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador, 2017.

- Este proyecto de investigación estudio el análisis hidráulico general para su diseño de redes de riego, así como también establecer las condiciones óptimas para su funcionamiento con el propósito de administrar los recursos más eficientes. Tener un sembrío con una humedad eficiente y controlar todo el sistema por solo una persona, tener un monitoreo lo más real posible en campo. Este proyecto de investigación aportara los cálculos matemáticos a realizar ya que son similares las maquinas e equipos. (ZAMBRANO CALLE, 2017)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Ecuación de Bernoulli aplicado en la ecuación general de energía

Según la teoría de la ecuación de Bernoulli solo se aplica para fluidos no compresibles y donde se aplica la conservación de energía en la entrada y salida de la tubería tomando en cuenta que, si en el medio de la tubería habría válvulas, tubería, codos y etc, esto genera una pérdida de energía, pero si hubiera una bomba esto genera una ganancia de energía para la conservación de energía en la tubería. (MOTT, 2006).

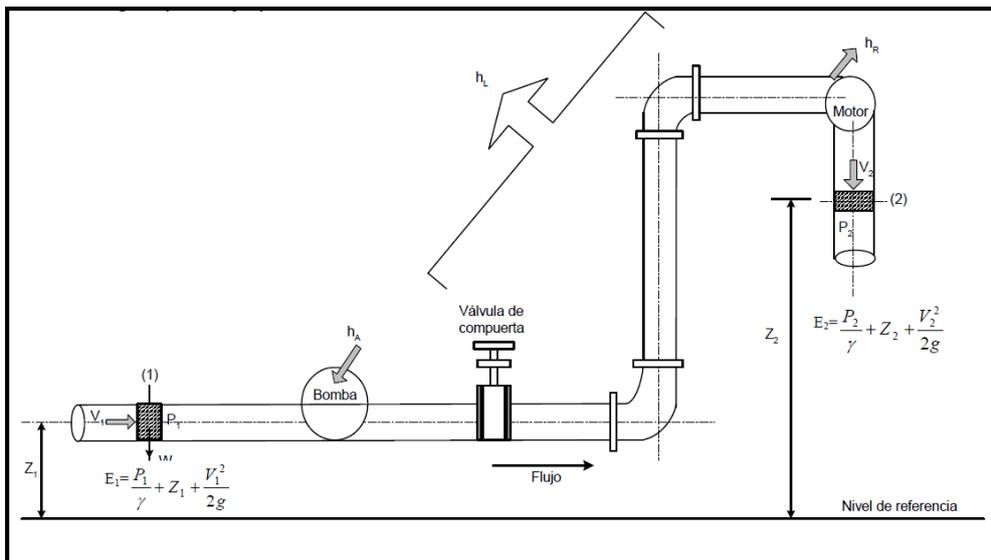


Figura 1. Sistema de flujo que ilustra la conservación general de energía.

Fuente: Propia.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

γ = Peso específico.

V_1 = Velocidad en la entrada en el punto 1.

V_2 = Velocidad en la salida en el punto 2.

h_L = Perdía total en la tubería y otros accesorios.

h_A = Energía que una bomba agrega al sistema.

h_R = Energía que es removida del fluido por un dispositivo mecánico.

Q_i = Caudal en el punto 2.

P_1 = Presión de energía en la entrada.

P_2 = Presión de energía en la salida.

Z_1 = Altura de entrada del fluido.

Z_2 = Altura de salida del fluido.

2.2.2 Microcontroladores

Según la teoría de los microcontroladores han ido evolucionando en transcurso del pasar de los años que son fabricados por Microchip Technology Inc. Son utilizados en circuitos electrónicos comerciales que ayudan a reducir el precio de los productos electrónicos como también ayudan hacer más compactos.

Es un circuito integrado que incluye, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es un CPU, Memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida. Un microcontrolador de fábrica, no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice dicha tarea por lo que son programados en distintos lenguajes de programación. (REYES, 2008).

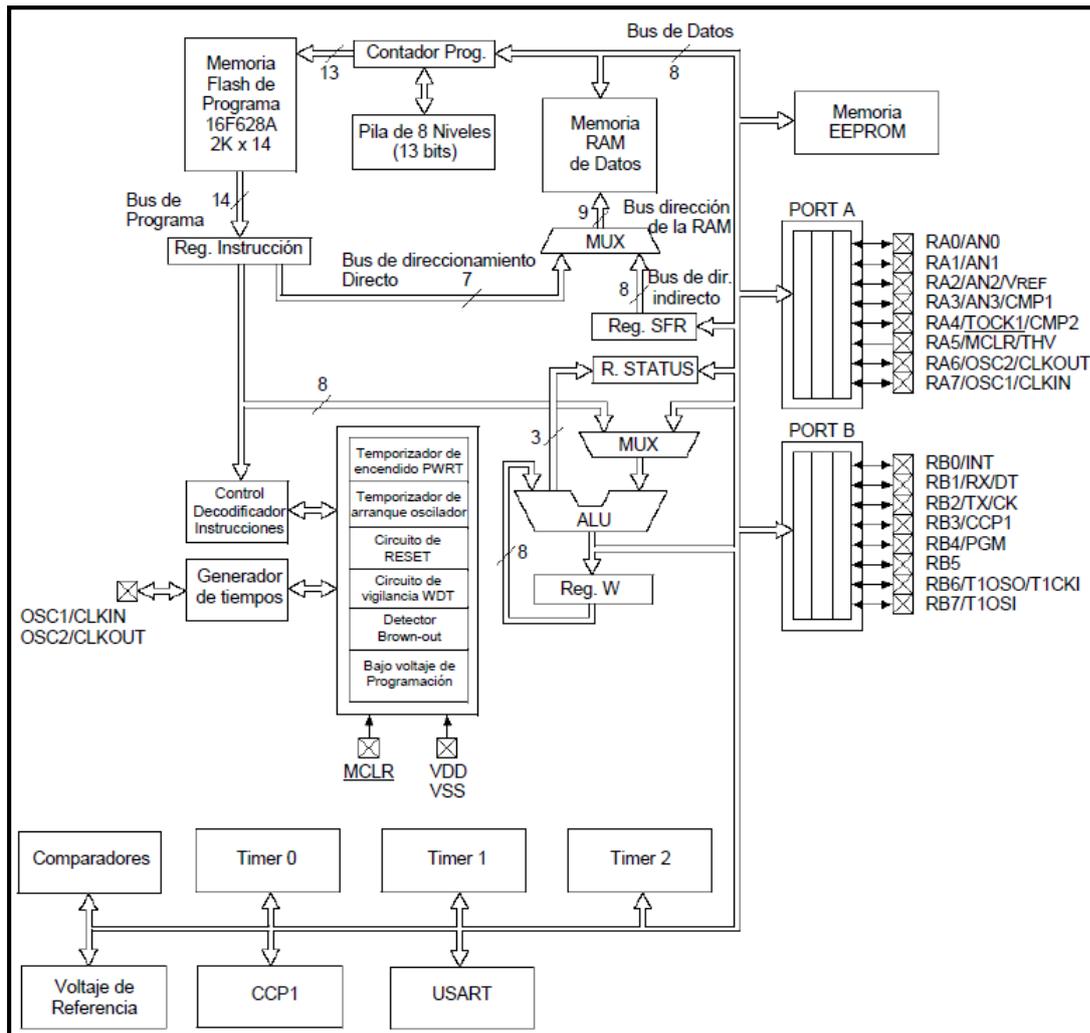


Figura 2. Diagrama de bloques funcionales del microcontrolador 16F628A.
Fuente: (REYES, 2008).

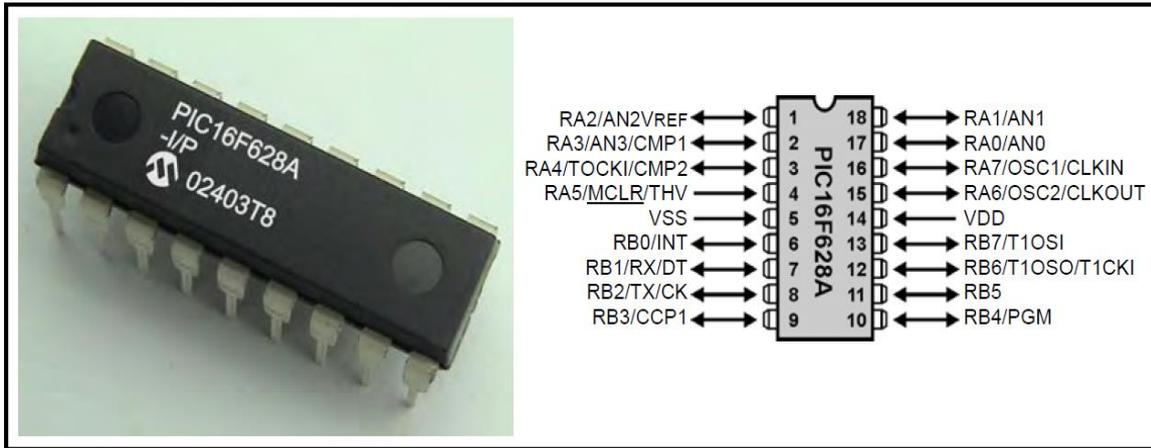


Figura 3. Diagrama de pines del microcontrolador 16F628A.

Fuente: (REYES, 2008).

PIN	NOMBRE	DESCRIPCION
17	RA0/AN0	Pin bidireccional I/O, entrada comparador análogo.
18	RA1/AN1	Pin bidireccional I/O, entrada comparador análogo.
1	RA2/AN2/VREF	Pin bidireccional I/O, entrada comp. análogo y Voltaje de referencia.
2	RA3/AN3/CMP1	Pin I/O, entrada comp. análogo y salida del comparador análogo 1.
3	RA4/T0CKI/CMP2	Pin I/O, entrada reloj TIMER0 y salida del comparador análogo 2.
4	RA5/MCLR/VPP	Pin de entrada, en modo MCLR activa RESET externo.
15	RA6/OSC2/CLKOUT	Pin I/O, entrada oscilador externo, salida de ¼ de la frecuencia OSC 1.
16	RA7/OSC1/CLKIN	Pin I/O, entrada oscilador externo, entrada del reloj externo.
6	RB0/INT	Pin I/O, resistencia Pull-Up programable, entrada de interrupción ext.
7	RB1/RX/DT	Pin I/O, resist. Pull-Up, entrada dato RS232, I/O dato serial asincrónico.
8	RB2/TX/CK	Pin I/O, resist. Pull-Up, salida dato RS232, I/O señal de reloj asincrónico.
9	RB3/CCP1	Pin I/O, resist. Pull-Up, módulo CCP/PWM entrada o salida.
10	RB4/PGM	Pin I/O, resist. Pull-Up, entrada del voltaje bajo de programación.
11	RB5	Pin I/O, resistencia Pull-Up programable.
12	RB6/T1OSO/T1CKI	Pin I/O, resist. Pull-Up, salida oscilador TIMER1, entrada reloj de ICSP.
13	RB7/T1OSI	Pin I/O, resist. Pull-Up, entrada oscilador TIMER1, I/O datos de ICSP.

Figura 4. Funciones especiales de los pines del microcontrolador 16F628A.

Fuente: (REYES, 2008).

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Panel solar

Es un dispositivo que capta la radiación solar para generar electricidad (AUTOSOLAR).

2.3.2 Regulador o controlador PWM

Un regulador es un controlador de carga y descarga de una batería o acumulador donde PWM es regulador por ancho de pulso (PANEL solar Perú).

2.3.3 Arduino

Es una placa electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar (ARDUINO).

2.3.4 SIM 900 GSM GPRS SHIELD

Es una tarjeta ultra compacta de comunicación inalámbrica. Que es compatible con Arduino UNO y microcontroladores. El GPRS está configurado y controlado por vía UART usando comandos AT (HETPRO).

2.3.5 Sensor de flujo de agua

Es un sensor que determina si hay circulación de agua en una tubería.

2.3.6 Electroválvula

Es un dispositivo electromecánico que permite abrir o cerrar el paso del agua.

2.3.7 Aspersor

Es un dispositivo mecánico que funciona a través de un líquido presurizado en una tubería que se ocupa para regar.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El método de investigación utilizada para desarrollar el trabajo de investigación es aplicativo, debido a que es diseñado directamente para un campo de riego en la agricultura.

3.2 Alcance de la investigación

El tipo de alcance utilizada para desarrollar el trabajo de investigación es una propuesta tecnológica debido que el sistema de riego será autónomo, controlado el encendido y apagado de todo el sistema, con un mensaje de texto desde el celular del agricultor.

3.3 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación utilizada para desarrollar el trabajo de investigación es descriptivo tecnológico por lo que se tiene una observación cuantitativa al momento de hacer los cálculos matemáticos que se aplican en la conservación de energía en las tuberías y uso de tarjetas electrónicas. El nivel de investigación es explorativo debido a que hay información nacional e internacional que se aplican en diferentes rubros y que ayuda a desarrollar este trabajo de investigación.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de investigación utilizada para desarrollar el trabajo de investigación es tecnológico ya que es un sistema de control autónomo de riego en la agricultura.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Agricultores del centro poblado de Otorá, distrito de Torata de la región Moquegua.

3.5.2 Muestra

El trabajo de investigación se realizó para una área de 1000 metros cuadrados de la familia Amesquita en el centro poblado de Otorá.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 Lista de exigencias

La lista de exigencia resume los requerimientos que debe de cumplir este proyecto de investigación.

Fecha de modificación: Registro que se ha realizado durante las modificaciones del proyecto.

Deseo o exigencia: En la tabla 2 da a conocer si es exigencia o deseo, con la letra D (deseo) o E (exigencia).

Descripción: Se da a conocer las características de cada ítem de las exigencias o deseos en el proyecto de investigación

Responsable: Es la persona que está a cargo de la decisión si es deseo o exigencia.

Tabla 2
Lista de exigencias.

LISTA DE EXIGENCIAS			Edición:
PROYECTO	Automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.		Fecha:
			Revisado:
Cliente: Los agricultores de la zona de Otorá del departamento de Moquegua			Elaborado por: Yosi Mark Muñoz Amesquita
Fecha (Cambios)	Deseo o exigencia	Descripción	Responsable
16/04/2019	E	<p>FUNCIÓN PRINCIPAL:</p> <p>Tener un consumo de agua mínimo para regar la hectárea de sembrío con los aspersores, con encendido a control automático mediante mensajes de texto con el equipo GPRS SIM 900 y</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita

		<p>arduino uno. Controlador automático de encendido y apagado de los aspersores con el microcontrolador 16F628A.</p>	
<p>16/04/2019</p>	<p>E</p>	<p>GEOMETRÍA:</p> <p>El equipo debe ser instalado en un espacio de 1 metro de largo y 1 metro de ancho, al costado del campo de sembrío de la hectárea de alfalfa. El equipo será totalmente compacto en sus componentes electrónicos, para poder facilitar el traslado como también el armado y robusto como para asegurar la resistencia a la lluvia o radiación solar para su uso continuo.</p>	<p>Yosi Mark Muñoz Amesquita</p>

16/04/2019	E	<p>ENERGIA:</p> <p>Todo el equipo electrónico y eléctrico debe ser alimentado mediante energía solar. Tiene una batería de gel que permite acumular la energía como también distribuir la corriente continua a todos los componentes electrónicos.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita
16/04/2019	E	<p>POTENCIA:</p> <p>El equipo debe de tener 266.4 watts como mínimo y como máximo 480 watts que acumula la batería de 40 amperios, para poder regar en 5 horas la hectárea de alfalfa.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita
16/04/2019	E	<p>PRESIÓN:</p> <p>La presión de agua de línea será de 4.47 bar que es lo suficiente para poder vencer</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita

		la fuerza del resorte del aspersor y pueda tener un regado óptimo en el sembrío.	
16/04/2019	D	<p>SEÑALES (DESEOS):</p> <p>El control de encendido y apagado de todo el sistema será entendible para cualquier persona no entrenada en electrónica o mecánica.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita
16/04/2019	E	<p>SEÑALES (EXIGENCIAS):</p> <p>El control de encendido y apagado de todo el sistema, es controlado mediante SMS desde un celular desde cualquier parte del país.</p> <p>Encendido: SMS enviado desde un celular para encender todo el sistema.</p> <p>Apagado: SMS enviado desde un celular para el apagado todo el sistema.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita

16/04/2019	E	<p>SEGURIDAD:</p> <p>Todo el diseño deberá cumplir con la norma E090 de estructuras metálicas y NTP IEC 60364-1 de instalaciones eléctricas de baja tensión. Todos los componentes electrónicos y eléctricos deben ser seleccionados adecuadamente para evitar corto circuitos en el todo el sistema.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita
16/04/2019	E	<p>MANTENIMIENTO:</p> <p>Todo el sistema electrónico deberá poder ser desarmada para labores de mantenimiento, con una persona especializada o tenga conocimiento en electrónica nivel intermedio.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita
16/04/2019	D	<p>USO:</p> <p>Todo el sistema electrónico y eléctrico deberá estar cubierto herméticamente para evitar que se moje por la lluvia.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita
16/04/2019	E	<p>FECHA DE ENTREGA:</p> <p>El proyecto final se entregará el 17 de Junio del 2019.</p>	Yosi Mark Muñoz Amesquita

16/04/2019	E	<p>COSTO:</p> <p>El costo de todo el sistema está en un promedio de 13000 nuevos soles.</p>	<p>Yosi Mark Muñoz Amesquita</p>
------------	---	----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

Nota: Fuente Propia.

4.2 Estructura de secuencia de operaciones

Para esta fase del proyecto de investigación se a tomado encuesta las funciones consecutivas que realiza el sistema de riego automatizado.

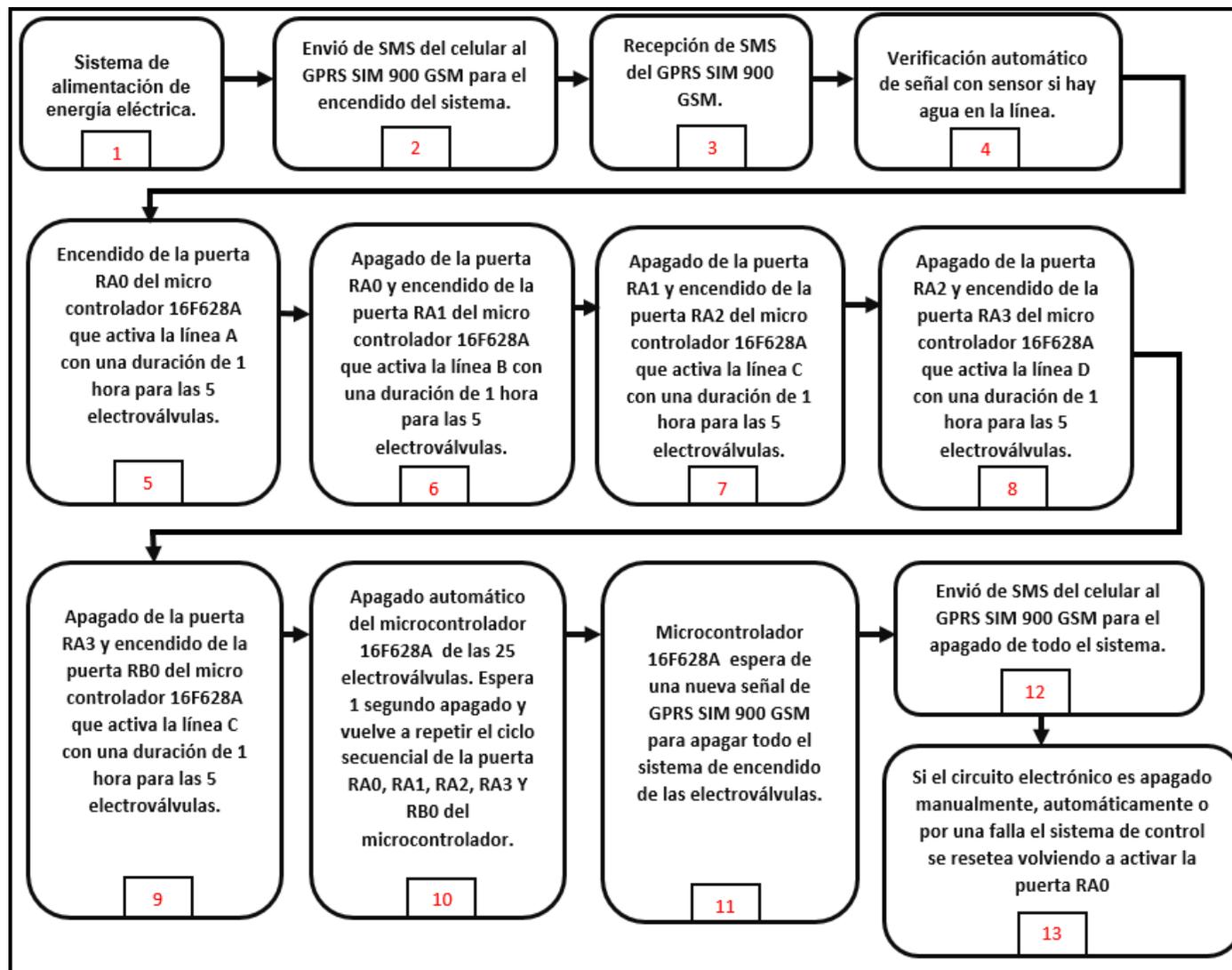


Figura 5. Secuencia de operaciones.

Fuente: Propia.

La caja negra se ha realizado en base a la estructura de secuencia de operaciones.

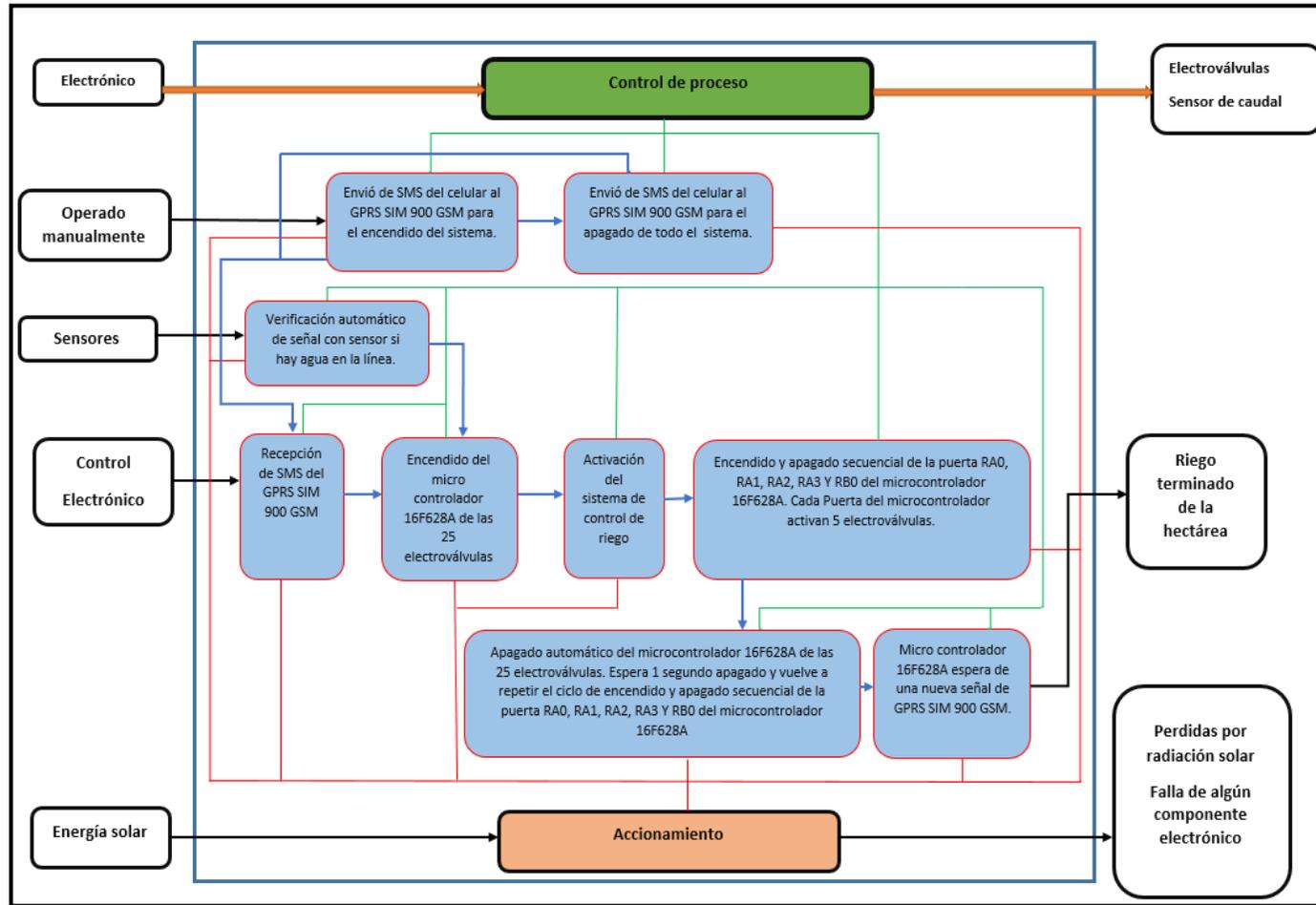


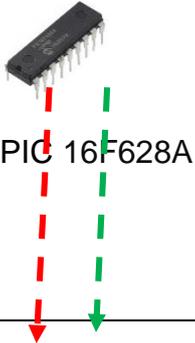
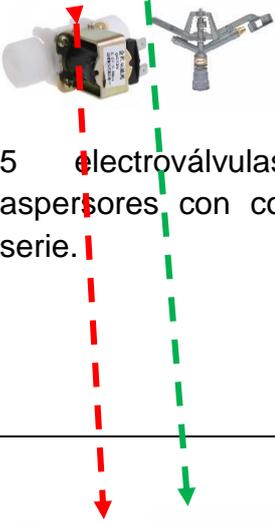
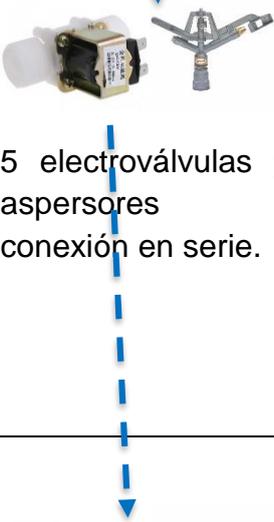
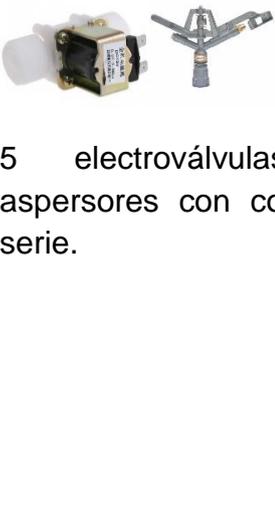
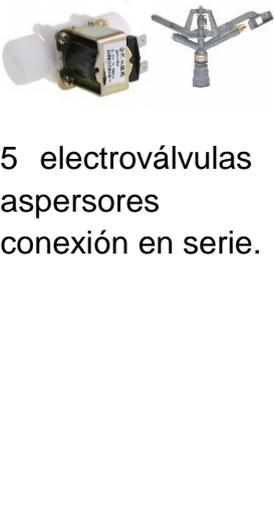
Figura 6. Caja negra.

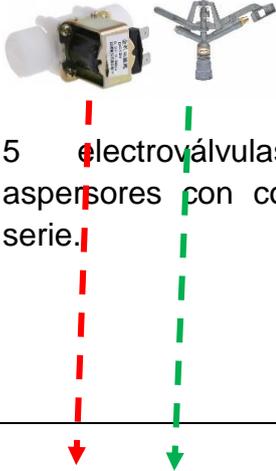
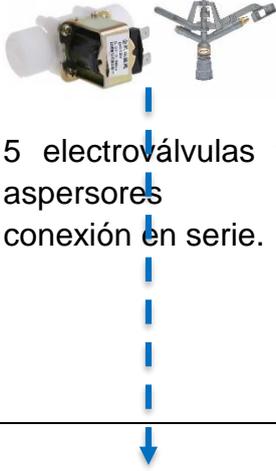
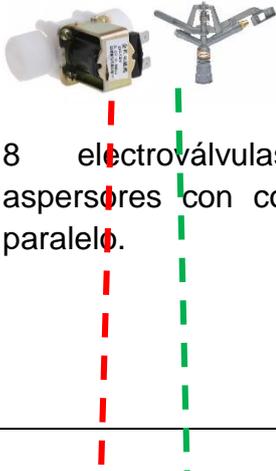
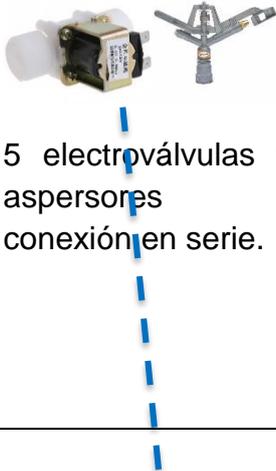
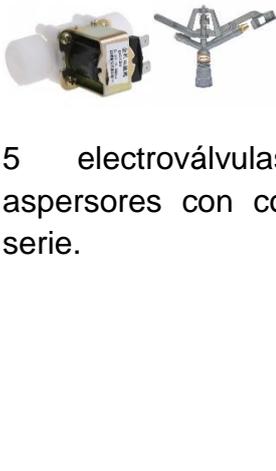
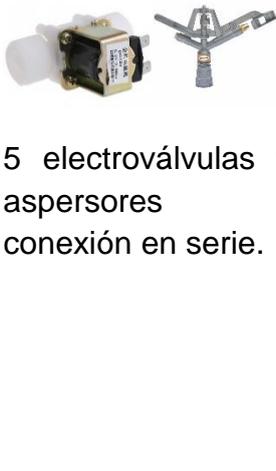
Fuente: Propia.

4.3 Matriz morfológica

Tabla 3
Matriz morfológica.

MATRIZ MORFOLÓGICA		
Automatización de un sistema de riego a aspersion con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.		
Funciones	PORTADORES DE FUNCIONES (Alternativas de efectos y/o de principios de solución)	
Sistema de alimentación de energía eléctrica.	 Panel solar + Regulador de voltaje + Bateria	
Envío de SMS del celular al GPRS SIM 900 GSM para el encendido del sistema.	 Celular	Sin celular
Recepción de SMS del GPRS SIM 900 GSM.	 GPRS SIM 900 + Arduino uno	Sin GPRS SIM 900 y sin Arduino uno
Verificación automática de señal con sensor si hay agua en la línea.	 Caudalimetro con sensor de flujo	 Con sensor de humedad

<p>Encendido del micro controlador 16f628a de las 5 primeras de la línea A electroválvulas.</p>	 <p>PIC 16F628A</p>	 <p>PIC 16F628A</p>
<p>Activación del sistema de control de riego.</p>	<p>Energizado con todo el sistema</p>	<p>Energizado con todo el sistema</p>
<p>Encendido y apagado automático de las 5 primeras electroválvulas de los aspersores. De la línea (A) con una duración de riego de 1 hora.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>
<p>Encendido y apagado automático de las 5 primeras electroválvulas de los aspersores. De la línea (B) con una duración de riego de 1 hora.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>

<p>Encendido y apagado automático de las 5 primeras electroválvulas de los aspersores. De la línea (C) con una duración de riego de 1 hora.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>
<p>Encendido y apagado automático de las 5 primeras electroválvulas de los aspersores. De la línea (D) con una duración de riego de 1 hora.</p>	 <p>8 electroválvulas y 8 aspersores con conexión en paralelo.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>
<p>Encendido y apagado automático de las 5 primeras electroválvulas de los aspersores. De la línea (E) con una duración de riego de 1 hora.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>	 <p>5 electroválvulas y 5 aspersores con conexión en serie.</p>

<p>Apagado automático del micro controlador 16f628A de las 5 electroválvulas de la línea E.</p>	 <p>PIC 16F628A + 25 electroválvulas + 25 aspersores</p>		 <p>PIC 16F628A + 25 electroválvulas + 25 aspersores</p>
<p>Micro controlador 16f628A espera de una nueva señal de GPRS SIM 900 GSM.</p>	 <p>PIC 16F628A</p>		 <p>PIC 16F628A</p>
<p>Envío de SMS del celular al GPRS SIM 900 GSM para el apagado de todo el sistema.</p>	 <p>Celular</p>		<p>Sin Celular</p>
	<p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN N° 1</p>	<p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN N° 2</p>	<p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN N° 3</p>

Nota: Fuente Propia.

4.4 Proyectos preliminares

En base a la matriz morfológica, se dará a conocer teóricamente las alternativas.

4.4.1 Alternativa 1

Desde el celular se envía un mensaje con la palabra (Encender LED) al número de celular que tiene el GPRS SIM900, este decodifica el mensaje y activa el encendido del PIC 16F628A. El flujómetro envía una señal de pulso al GPRS SIM900 y este envía un mensaje de texto al celular agregado en la programación que si hay agua o no hay agua en la tubería.

El microcontrolador 16F628A activa la puerta RA0, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA0, activa la puerta RA1, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA1, activa la puerta RA2, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA2, activa la puerta RA3, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA3, activa la puerta RB0, pasado la 1 hora se apaga la puerta RB0 y así luego se repite el ciclo. La persona debe contralar el tiempo de 5 horas para poder enviar el mensaje de apagado con la palabra (Apagar LED) y todo el sistema se apagará.

4.4.2 Alternativa 2

Desde el celular se envía un mensaje con la palabra (Encender LED) al número de celular que tiene el GPRS SIM900, este decodifica el mensaje y activa el encendido del PIC 16F628A. El flujómetro envía una señal de pulso al GPRS SIM900 y este envía un mensaje de texto al celular agregado en la programación que si hay agua o no hay agua en la tubería.

El microcontrolador 16F628A activa la puerta RA0, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA0, activa la puerta RA1, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA1, activa

la puerta RA2, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA2, activa la puerta RA3, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA3, activa la puerta RB0, pasado la 1 hora se apaga la puerta RB0 y así luego se repite el ciclo. La persona debe contralar el tiempo de 5 horas para poder enviar el mensaje de apagado con la palabra (Apagar LED) y todo el sistema se apagará.

4.4.3 Alternativa 3

El encendido y apagado es manual de todo el circuito. El microcontrolador 16F628A tendrá un sensor de humedad para poder activar la puerta RA0, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA0, activa la puerta RA1, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA1, activa la puerta RA2, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA2, activa la puerta RA3, pasado la 1 hora se apaga la puerta RA3, activa la puerta RB0, pasado la 1 hora se apaga la puerta RB0 y así luego se repite el ciclo. La persona tiene que apagar el sistema pasado las 5 horas.

4.5 Desarrollo y cálculo del trabajo

4.5.1 Radiación solar en el Perú

La energía solar está relacionada directamente con la intensidad de la radiación solar que incide en dicha área determinada, la cual es necesario contar con registros de radiación solar confiables para poder aplicar en el proyecto de investigación.

La captación de energía solar es la conversión directa de la radiación solar, en calor y en electricidad o también llamada fotovoltaica. Los mapas de la figura 7, figura 8 y figura 9 nos indican el promedio de radiación solar diaria en el Perú que

se da en kWh/m². Esto permite evaluar la eficiencia de los sistemas solares según el lugar de ubicación.

Según Solargis en el Perú la zona con mayor cantidad de energía solar de todo el país se encuentra en la zona sur del Perú, en las regiones Tacna, Moquegua y Arequipa con un promedio anual de energía solar de un rango de 5 a 7 kWh/m².

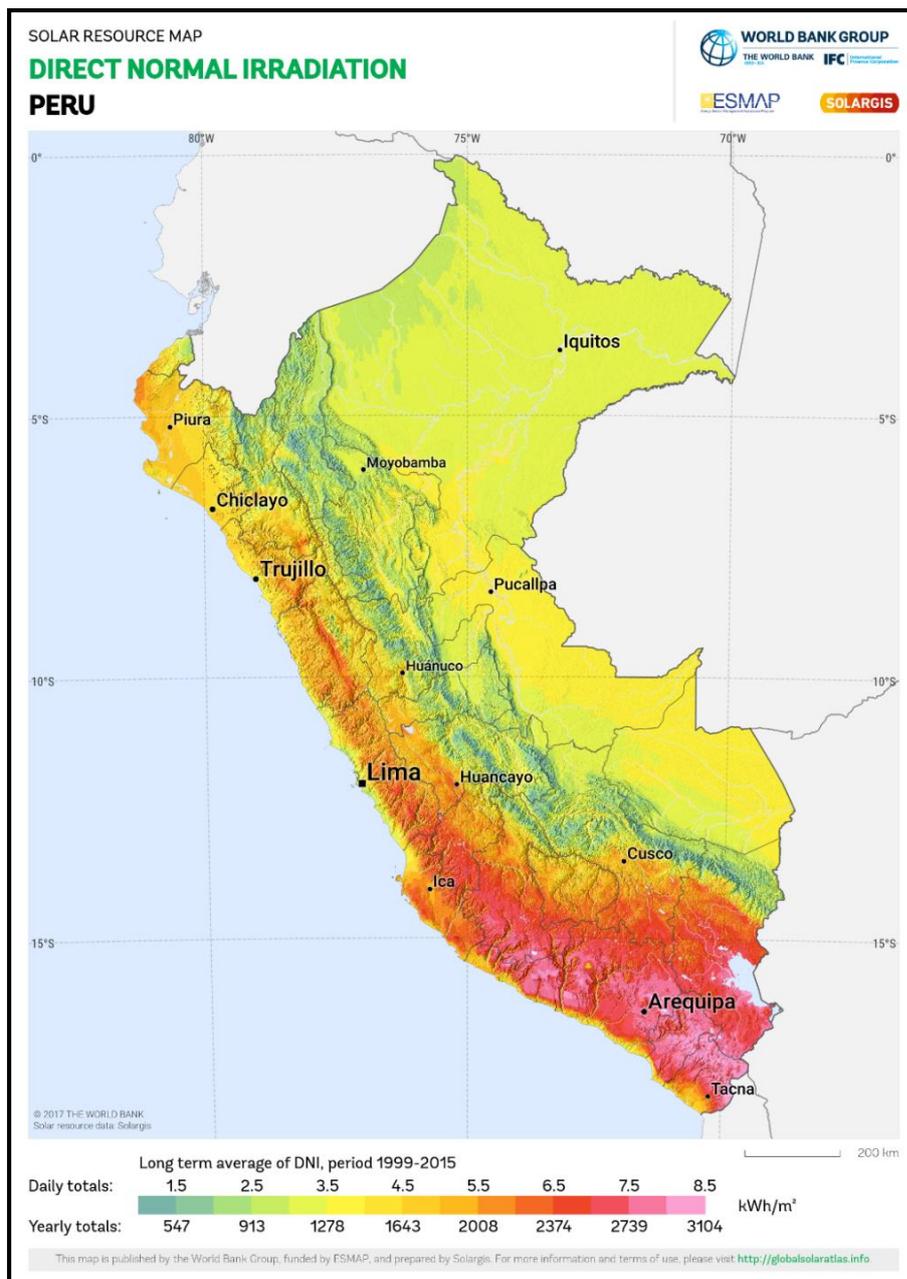


Figura 7. Irradiación normal directa.

Fuente: Solargis.

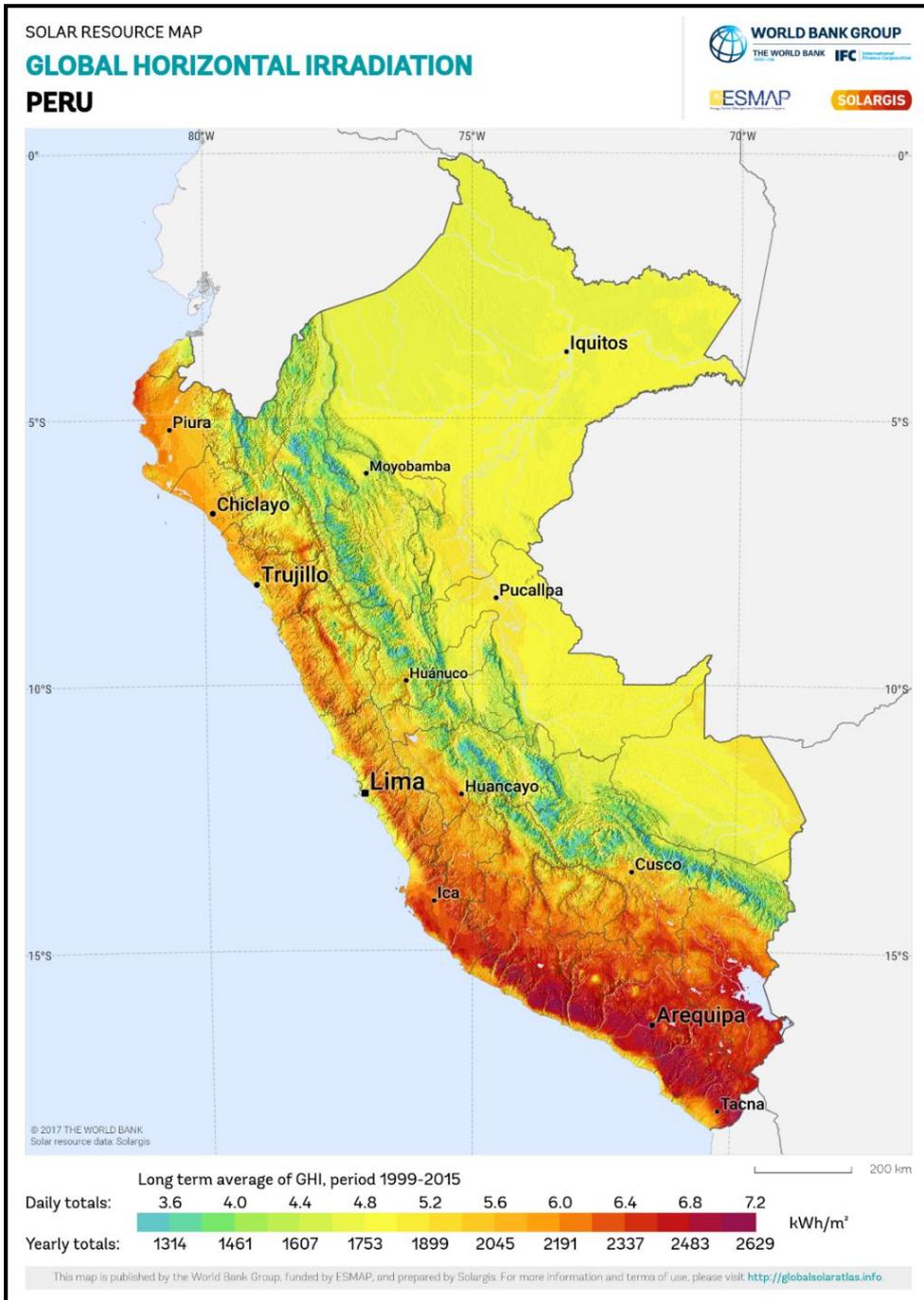


Figura 8. Irradiación horizontal global.

Fuente: Solargis.

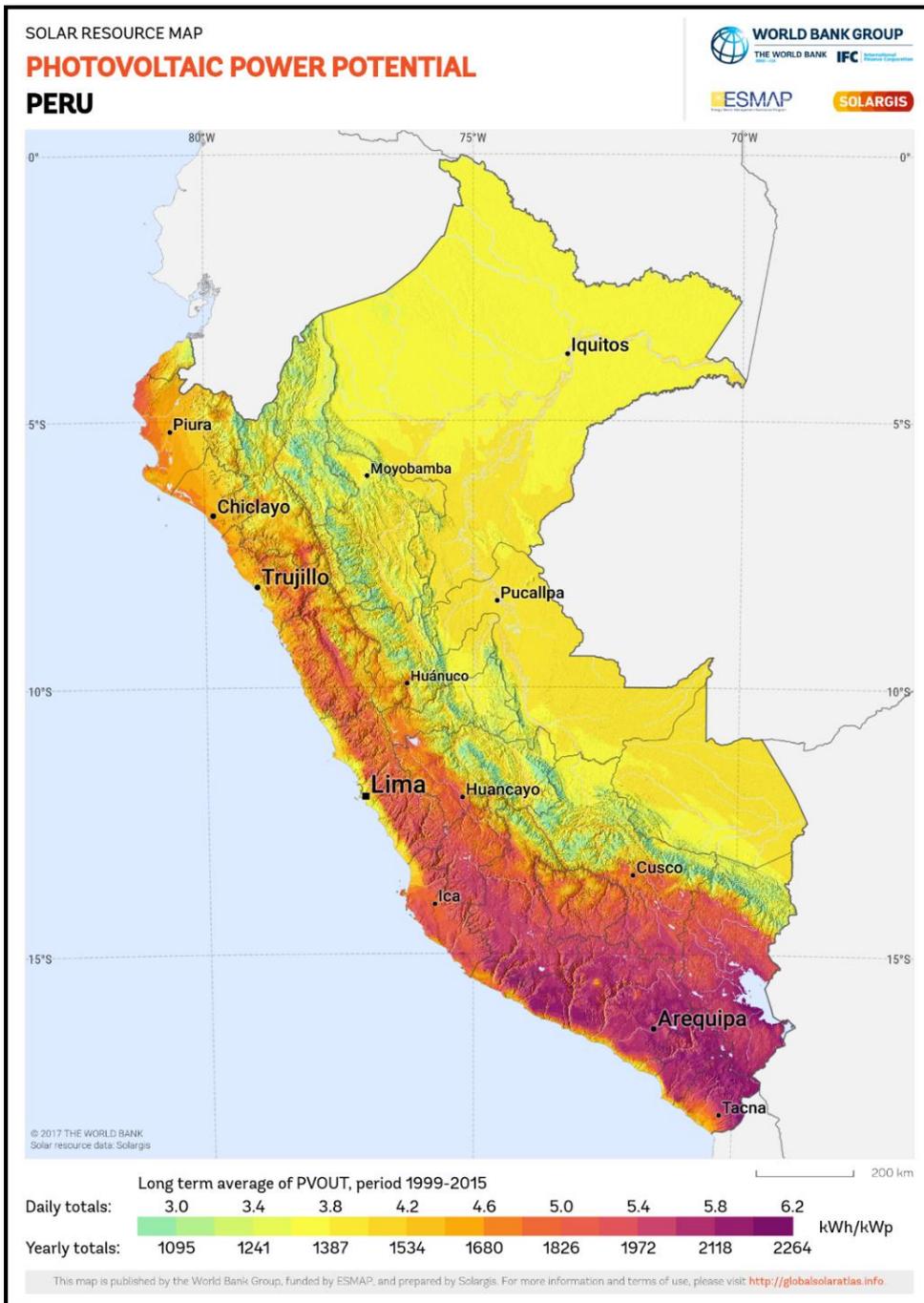


Figura 9. Potencial de energía fotovoltaica.
Fuente: Solargis.

4.5.2 Modelo de panel solar

Un panel solar es conformado por un conjunto de células, están encapsuladas como también conectadas eléctricamente y están montadas en un soporte o base. En el mercado encontramos paneles con tensiones de 6 v, 12v y 24 v. Para este proyecto de investigación se utilizará el panel solar de 12 voltios monocristalino por su alto rendimiento.

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Figura 10. Ventajas de selección de panel solar.

Fuente: (ESPINOZA SALAZAR, 2017).

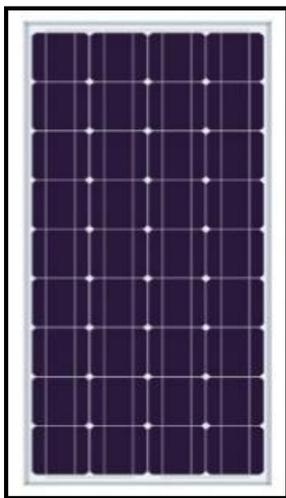


Figura 11. Panel solar de 95 vatios.

Fuente: (PANEL solar Perú).

Tabla 4
Características del panel solar de 95 Watts.

Máxima potencia (Pm)	95 vatios
Tolerancia	+5% / -5%
Voltaje de potencia máxima(Vm)	18.7 Voltios
Corriente máxima potencia(Im)	5.08 Amperios
Voltaje de corto circuito abierto(Voc)	22.6 Voltios
Eficiencia del panel	14.3%
Coeficiente de temperatura de potencia(Pm)	-0.42 %/ °C
Coeficiente de temperatura de la cadena(Isc)	0.05 A /°C
Coeficiente de temperatura del voltaje	0.32 V / °C
Temperatura nominal de operación de célula(TNOC/NOCT)	46 (+- 2 °C)

Nota: Condiciones estándar de prueba *STC/CPT: Irradiación de 100w/m², espectro de masa de aire 1.5 y temperatura de celda de 25 °C. Fuente: (PANEL solar Perú).

Tabla 5
Dimensiones del panel solar de 95 Watts.

Dimensiones del panel	(1200 x 660 x 25) mm
Numero de célula y tipo	36, Silicio Monocristalino
Peso del modulo	7.78 kg
Vidrio, tipo y espesor	Alta transmisividad, Bajo hierro, Vidrio templado 3.2 mm

Nota: Dimensiones del panel solar monocristalino. Fuente: (PANEL solar Perú).

4.5.3 Regulador PWM

El regulador PWM es utilizado mayormente para regular el voltaje, que ofrece el panel solar. El panel de 12 voltios normalmente sale un voltaje de 17.9 voltios, la cual el regulador lo baja a 14 voltios que normalmente usa la batería para su carga y los 3.9 voltios serían desechados y no se aprovecharía el rendimiento del panel solar en su totalidad.



Figura 12. Regulador de voltaje para panel solar de 12 voltios.

Fuente: Propia.

4.5.4 Arduino UNO

Una alimentación recomendada es de 7 a 12 voltios con una carga de 2 amperios.



Figura 13. Hardware y cables USB.

Fuente: Propia.

4.5.5 Tarjeta SIM 900 GSM GPRS SHIELD

La comunicación en la tarjeta se da mediante comandos AT. Óptimo para controlar sistemas con celulares.

EL GSM (*Global System for Global Communications*) es el sistema de comunicaciones que más se utiliza en teléfonos móviles. Que permite la transmisión de datos (SMS, Internet), eso sí, a una velocidad muy baja de 9kb/s (PROMETEC).

El GPRS (*General Packet Radio Service*) es una extensión del GSM basada en la transmisión por paquetes que ofrece un servicio más eficiente para las comunicaciones de datos, especialmente en el caso del acceso a Internet. La velocidad máxima (*en teoría*) del GPRS es de 171kb/s, aunque en la práctica es bastante más pequeña (PROMETEC). Se da una alimentación de 5 voltios con una carga de 2 amperios.

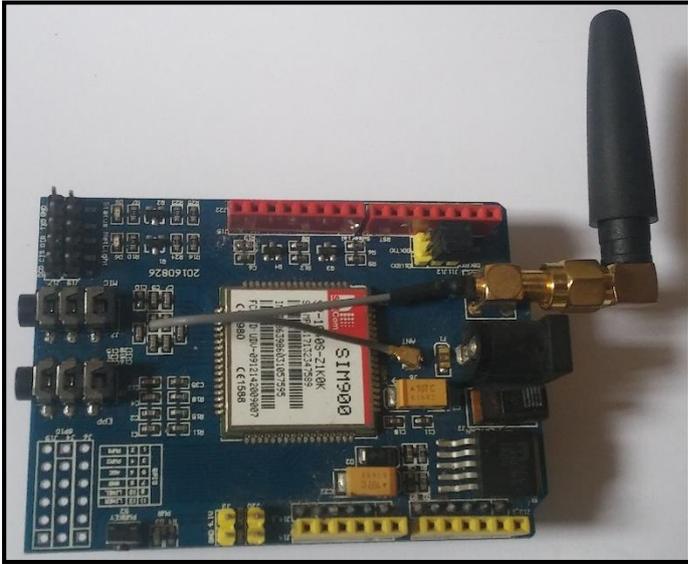


Figura 14. El GPRS SIMCOM SIM900 GSM.

Fuente: Propia.

4.5.6 Tipo de sensor de flujo de agua

El sensor de flujo tiene tres cables para su conexión que es rojo y negro para alimentación, el amarillo es para la salida de los pulsos dicho pulso es de onda cuadrada. El factor de conversión de frecuencia (Hz) a caudal (L/min) varía entre modelos, pero en esta ocasión el factor de conversión es $k=5.5$. (MAMANI APAZA, 2016). Se alimenta con 12 voltios.



Figura 15. Sensor de flujo.

Fuente: Propia.

4.5.7 Electroválvula de ½ pulgada con solenoide de 12 voltios

La electroválvula permite abrir y cerrar el paso del flujo de agua. Este dispositivo está diseñado para ser controlado mediante la energización del solenoide. Se da una alimentación de 12 voltios con un consumo de 320 miliamperios.

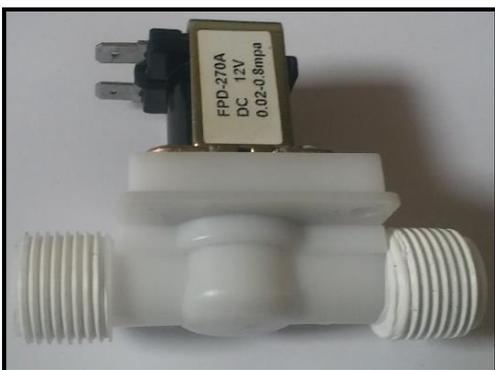


Figura 16. Electroválvula de 12 voltios.

Fuente: Propia.

4.5.8 **Microcontrolador 16F628A**

Para este proyecto se utilizará el microcontrolador 16F628A como se muestra en la Figura 3. Se da una alimentación de 5 voltios o utilizando a la entra un LM7805 que es un regulador de voltaje.

4.5.9 **Selección de aspersores**

Para este proyecto de investigación se utilizará el aspersor 6025 SD de plástico de impacto, 1/2" macho o 3/4" hembra en elevador. Trabaja a una presión de 2 a 4 bares.



Figura 17. Modelo de aspersor 6025 SD.

Fuente: (NAANDANJAIN).

Descripción	Nº de catálogo	
Conexión dentada de 12 mm para válvula antidrenante (LPD) Irristand 52	790512	
Conexión dentada de 12 mm para válvula antidrenante (LPD) Irristand 56	790516	
Válvula antidrenante (LPD) de 1/2" universal (para Amirit)	790601	
Válvula antidrenante (LPD) de 3/4" x 1/2" universal (para Amirit)	790602	

Figura 18. Válvulas anti drenaje y rango de productos.

Fuente: (NAANDANJAIN).

Descarga (l/h)	Presión de apertura (m)	Presión de cierre (m)	Pérdida de carga (m)
Hasta 750	11.0	6.0	0.8
750-1500	14.0	8.0	2.6

Figura 19. Datos técnicos de la válvula.

Fuente: (NAANDANJAIN).

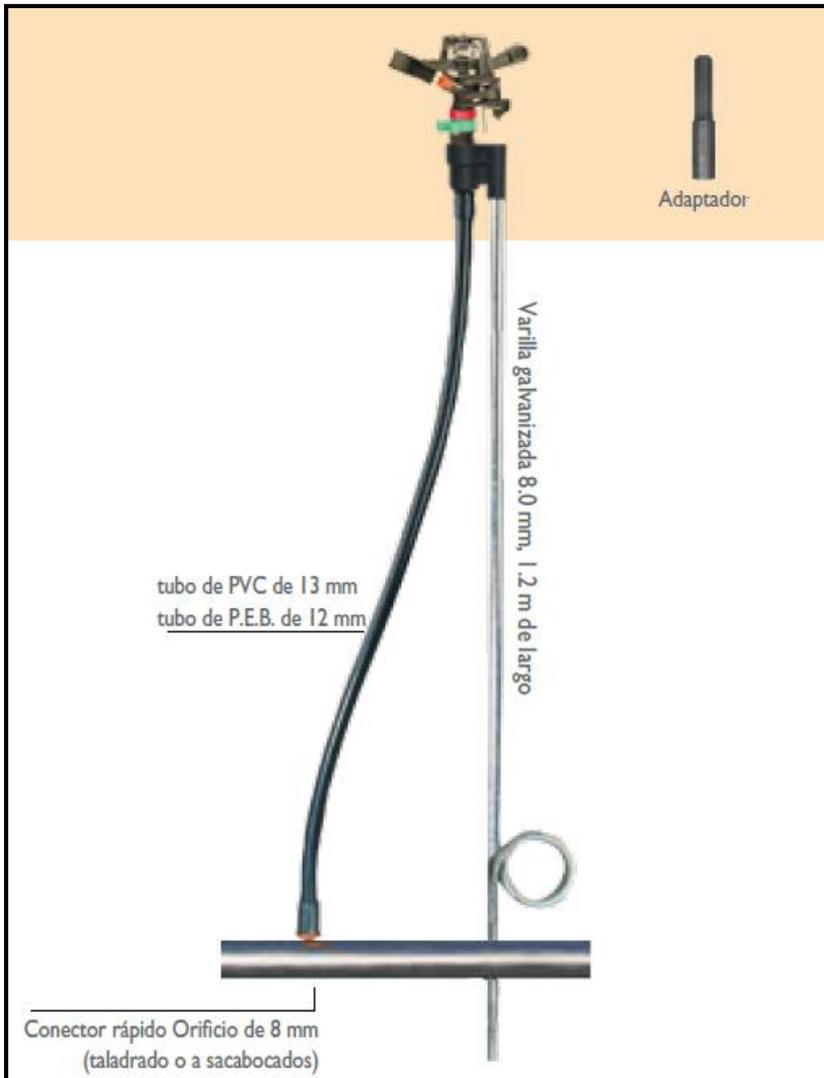


Figura 20. Posición del aspersor.
Fuente: (NAANDANJAIN).

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (l/h)	D (m)	Espaciamiento (m)					
				12x12	12x14	12x15	14x14	15x15	16x16
2.8 Naranja	2.5	540	19	3.8	3.2	3.0			
	3.0	595	21	4.1	3.5	3.3	3.0		
	3.5	640	21	4.4	3.8	3.6	3.3		
	4.0	685	22	4.8	4.1	3.8	3.5		
3.0 Rojo	2.5	585	21	4.1	3.5	3.3	3.0		
	3.0	640	23	4.4	3.8	3.6	3.3		
	3.5	690	23	4.8	4.1	3.3	3.5		
	4.0	735	23	5.1	4.4	4.1	3.8		
3.2 Verde	2.5	670	23	4.7	4.0	3.7	3.4	3.0	
	3.0	730	23	5.1	4.3	4.1	3.7	3.2	
	3.5	790	24	5.5	4.7	4.4	4.0	3.5	
	4.0	840	24	5.8	5.0	4.7	4.3	3.7	
3.5 Azul	2.5	780	24	5.4	4.6	4.3	4.0	3.5	3.0
	3.0	850	24	5.9	5.1	4.7	4.3	3.8	3.3
	3.5	920	24	6.4	5.5	5.1	4.7	4.1	3.6
	4.0	980	25	6.8	5.8	5.4	5.0	4.4	3.8
4.0 Negro	2.5	1005	26	7.0	6.0	5.6	5.1	4.5	3.9
	3.0	1100	26	7.6	6.5	6.1	5.6	4.9	4.3
	3.5	1185	27	8.2	7.1	6.6	6.1	5.3	4.6
	4.0	1270	27	8.8	7.6	7.1	6.5	5.6	5.0
Código de color – Uniformidad de distribución				CU > 92%	CU 88-92%	CU 85-88%	CU < 85%		
* Tabla de rendimiento preparada bajo condiciones de laboratorio									
* En condiciones de viento, utilice un espaciamiento más estrecho									

Figura 21. Modelo 6025-SD tabla de rendimiento precipitación (mm/h) espaciamiento (m).

Fuente: (NAANDANJAIN).

4.5.10 Manguera PEAD

Se usa una Manguera de polietileno de alta densidad (PEAD) de cuatro pulgadas para toda la conexión de riego.

4.5.11 Cálculo de energía solar

Radicación solar en la ciudad de Moquegua 5 – 7Kwh/m²dia.

Se tomará como invierno para hacer los cálculos matemáticos.

$$RTDDSH = \frac{6Kwh}{m^2 \text{ dia}}$$

Horas efectivas de sol en la ciudad de Moquegua.

$$H_{es} = \frac{RTDDSH}{1sun}$$

$$H_{es} = \frac{\frac{6Kwh}{m^2 \text{ dia}}}{\frac{1Kw}{m^2}}$$

$$H_{es} = 6 \text{ horas/ día}$$

Durante todo el día se aprovecha 6 horas al máximo.

Producción de carga del panel solar a la batería.

$$6 \text{ horas} \times 5.08 \text{ Amperios} = 30.48hA$$

Consumo de energía.

GPRS sim 900 + Arduino uno 2 Amperios a 12 voltios

Una electroválvula 0.32 Amperios a 12 voltios

$$0.32 \text{ A} \times 5 = 1.6 \text{ A}$$

Regulador de voltaje de panel solar 0.02 Amperios.

Consumo por componentes electrónicos y cables 0.5 Amperios.

Consumo total de energía en amperios.

$$2 \text{ A} + 0.32 \text{ A} + 1.6 \text{ A} + 0.02 \text{ A} + 0.5 \text{ A} = 4.44 \text{ A}$$

Hallamos el consumo total en Ah en 1 hora de riego.

$$4.44 \text{ A} \times 1 \text{ h} = 4.44 \text{ Ah}$$

El consumo total de todo el riego en Ah es de:

$$4.44 \text{ A} \times 5 \text{ h} = 22.2 \text{ Ah}$$

Al consumo total de riego le daremos un factor de seguridad de 1.5.

$$22.2 \text{ Ah} \times 1.5 = 33.3 \text{ Ah}$$

Escogemos una batería de 40Ah hora que es comercial en el mercado.

Potencia que consume todo el sistema de riego

P= potencia

V= voltaje

I=Corriente

$$P=V \times I$$

$$P=12 \text{ v} \times 22.2 \text{ Ah/ día}$$

$P= 266.4 \text{ Wh/ día}$

4.5.12 Cálculo de presiones y velocidades

Cálculo de presión en el punto 1 que es la sequía, en el punto 2 es donde llega para la distribución para los aspersores y el punto 3 donde están colocados los aspersores.

Todas las ecuaciones, parámetros, tablas, etc, se ha trabajado con el libro de mecánica de fluidos de Robert L. Mott, sexta edición.

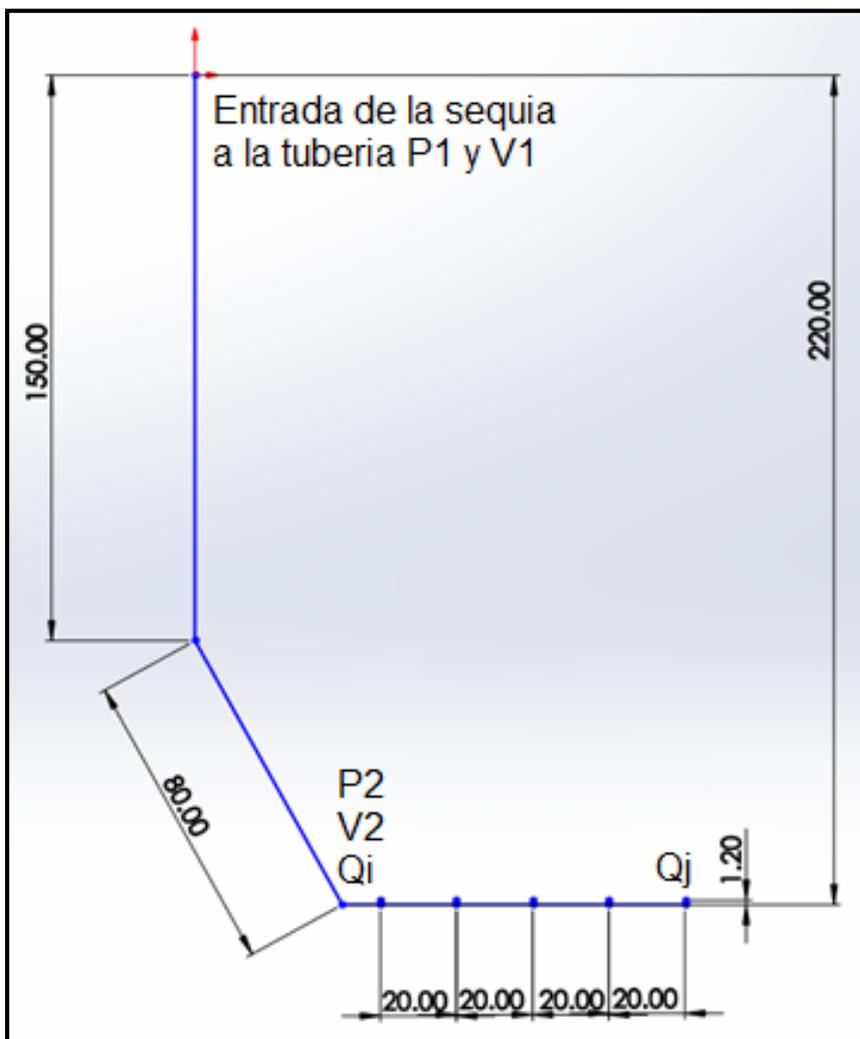


Figura 22. Diseño de la red de las tuberías y las medidas de esta figura están en metros.

Fuente: Propia.

Todas las ecuaciones y variables se toman como referencia del libro de mecánica de fluidos, sexta edición del autor Robert L. Mott. En las pérdidas de accesorios y tubería se trabajó con el libro de mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones, segunda edición del autor Yunus A. Cengel.

1 atmosfera = 1.01325 bar

1 pulgada(In) = 0.0254 metros (m)

P_{atm} = Presión atmosférica.

g = Gravedad.

P_{atm} = 0.855 bar

g = 9.81 m/s²

D = Diámetro externo de la tubería.

d = Diámetro interno de la tubería.

e = Espesor de la tubería.

ϵ = Rugosidad de la tubería.

ϵ/d = Rugosidad relativa de la tubería.

f = Factor de fricción.

Re = Número de Reynolds.

P_1 = Presión de entrada.

P_2 = Presión de salida en el punto 2.

Z_1 = Altura 1.

Z_2 = Altura 2.

γ = Peso específico.

V_1 = Velocidad en la entrada en el punto 1.

V_2 = Velocidad en la salida en el punto 2.

h_L = Perdía total en la tubería y accesorios.

h_A = Energía que una bomba agrega al sistema.

Q_i = Caudal en el punto 2.

ν = Viscosidad cinemática del agua.

$$D = d + e$$

$$d = D - e$$

$$d = (4 \text{ in} \times 0.0254 \text{ m} / 1 \text{ in}) - (2 \times 0.0053 \text{ m})$$

$$d = 0.1016 \text{ m} - 0.0106 \text{ m}$$

$$d = 0.091 \text{ m}$$

$$\epsilon = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$d/\epsilon = 0.091 \text{ m} / 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$d/\epsilon = 60666.66667$$

$$\epsilon/d = (1.5 \times 10^{-6} \text{ m}) / 0.091 \text{ m}$$

$$\epsilon/d = 0.0000164835$$

$$f = 0.0119$$

$$Re = ((V_2/2) \times d) / \nu$$

$$Re = ((V_2/2) \times 0.091 \text{ m}) / (1.02 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$$

$$Re = 89215.68627 \times ((V_2/2))$$

$$Re = 89215.68627 \times ((11.8021 \text{ m/s})/2)$$

$Re = 526466.2255$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$Z_1 - h_L = \frac{V_2^2}{2g}$$

$$Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + h_L \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Hallar pérdidas en los accesorios y tubería

h_L = Pérdida total en la tubería y accesorios.

h_1 = Pérdida en la entrada de tubería.

h_2 = Pérdida de fricción en la tubería.

h_3 = Pérdida en las uniones de la tubería enroscado.

L = Longitud de la tubería del punto 1 al punto 2.

K_L = Es el factor de la tubería.

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_1 = 1 \times \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_2 = (f) \times \left(\frac{L}{d} \right) \times \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_2 = (0.0119) \times \left(\frac{230 \text{ m}}{0.091 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_2 = 30.0769 \times \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_3 = (K_L) \times \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_3 = (0.08) \times \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \times 4$$

$$h_3 = 0.32x \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_L = 1x \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) + 30.0769x \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) + 0.32x \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_L = (1+30.0769 + 0.32) \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$h_L = (31.3969) \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Juntamos ecuación 1 y 2

$$Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + 31.3969 \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$Z_1 = 32.3969 \left(\frac{V_2^2}{2g} \right)$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{Z_1 \times 2g}{32.3969}}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{(230 \text{ m}) \times (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2)}{32.3969}}$$

$V_2 = 11.8021 \text{ m/s}$ es la velocidad en el punto 2 de la figura 22.

$$Q_i = \frac{V_2}{2} \times A$$

$$Q_i = \frac{V_2}{2} \times \pi r^2$$

$$Q_i = \frac{11.8021 \text{ m/s}}{2} \times \pi(0.0455\text{m})^2$$

$Q_i = 0.03837 \text{ m}^3/\text{s}$ es la caudal en el punto 2 de la figura 22.

Hallamos la presión en el punto 2

$$P_2 = P_1 + \rho g h_A - \frac{\rho x V_2^2}{2}$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h_A - \frac{1x\rho}{2} x (\sqrt{2gh_A})^2$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h_A - \frac{1x\rho x 2gh_A}{2}$$

$$P_2 = P_1$$

$$P_2 = P_{atm} + \rho g h_A$$

$$P_2 = (0.855 \text{ bar})x \left(\frac{10^5 \text{ pa}}{1 \text{ bar}} \right) + \left[\left(997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) x \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) x (220 \text{ m}) \right]$$

$$P_2 = 2237.2 \text{ Kpa} \left(\frac{1 \text{ bar}}{100\text{Kpa}} \right)$$

$P_2 = 22.372 \text{ bar}$ es la presión en el punto 2 de la figura 21.

Hallamos el caudal en cada aspersor

$Q_{ASP} = Q_j$ =Caudal de salida en cada aspersor

$$Q_{Asp} = \frac{Q_2}{n}$$

$$Q_{Asp} = \frac{0.03837 \text{ m}^3/s}{5}$$

$$Q_{Asp} = 0.007674 \text{ m}^3/s$$

Hallamos la presión en cada aspersor

P_{ASP} = Presión de salida en cada aspersor

$$P_{Asp} = \frac{P_2}{n}$$

$$P_{Asp} = \frac{22.372 \text{ bar}}{5}$$

$$P_{Asp} = 4.4744 \text{ bar}$$

4.5.13 Diseño de base para el panel solar

Se realizará la base del panel solar con un tubo de 1 pulgada y se utilizará la soldadura con electrodo revestido llamado comercialmente supercito.

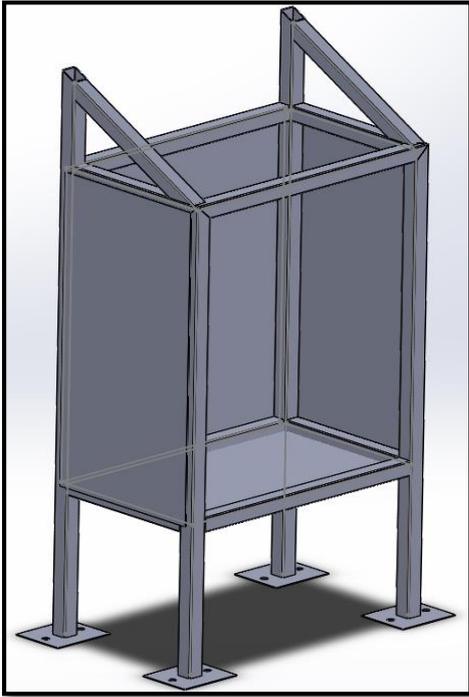


Figura 23. Base del panel solar y de la batería con sus accesorios en 3D.
Fuente: Propia.

Todas las medidas de la figura 24 están en centímetros.

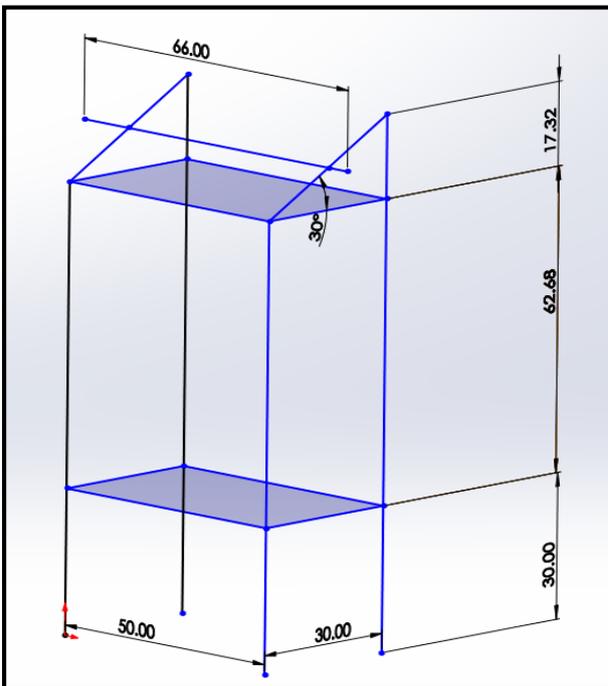


Figura 24. Base del panel solar y de la batería con sus accesorios 2D.
Fuente: Propia.

Calculo de masa de la plancha A36 de los cuarto lados de la base

$$V_1 = \text{Volumen 1.}$$

$$V_2 = \text{Volumen 2.}$$

$$V_3 = \text{Volumen 3.}$$

$$V_T = \text{Volumen total.}$$

$$V_1 = \text{Base x Altura x Espesor de la plancha x número de planchas}$$

$$V_1 = 0.6268 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} \times 2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 2$$

$$V_1 = 7.5216 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_2 = \text{Base x Altura x Espesor de la plancha x número de planchas}$$

$$V_2 = 0.5 \text{ m} \times 0.6268 \times 2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 2$$

$$V_2 = 12.536 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_3 = \text{Base x Altura x Espesor de la plancha x número de planchas}$$

$$V_3 = 0.5 \text{ m} \times 0.3 \times 2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 1$$

$$V_3 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = 2.30576 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

La densidad del material A36 es:

ρ = Densidad del material A36.

m = Masa del material A36.

$$\rho = 7860 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V_T}$$

$$m = \rho \times V_T$$

$$m = (7860 \text{ Kg/m}^3) \times (2.30576 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$m = 18.1232 \text{ Kg}$$

Hallamos las fuerzas en cada lado de la base

M_T = Masa total.

W_b = Fuerza.

$\sum F_A$ = Sumatoria de fuerzas.

$\sum M_A$ = Sumatoria de momentos.

B_y = Fuerza en el punto B.

A_y = Fuerza en el punto A.

M_T = Batería + Panel + Plancha metálica

$$M_T = 16 \text{ Kg} + 7.8 \text{ Kg} + 18.1232 \text{ Kg}$$

$$M_T = 41.9232 \text{ Kg}$$

$$W_a = M_T \times \text{Gravedad}$$

$$W_a = 41.9232 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_a = 411.2665 \text{ N}$$

$$W_b = W_a / 2$$

$$W_b = 411.2665 \text{ N} / 2$$

$$W_b = 205.6332 \text{ N}$$

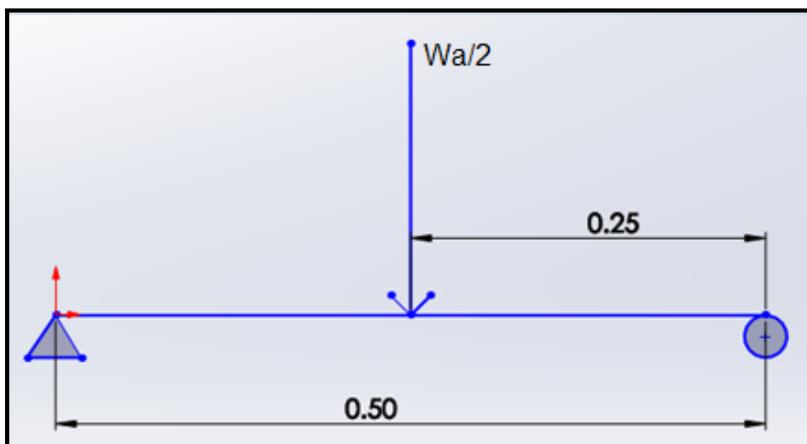


Figura 25. Distribución de fuerza en la viga y las medidas están en metros.
Fuente: Propia.

$$\sum F_A = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-(W_b \times 0.25\text{m}) + (0.5\text{m}) \times B_y = 0$$

$$B_y = \frac{205.6332 \text{ N} \times 0.25 \text{ m}}{0.5 \text{ m}}$$

$$B_y = 102.8166 \text{ N}$$

$$A_y = 102.8166 \text{ N}$$

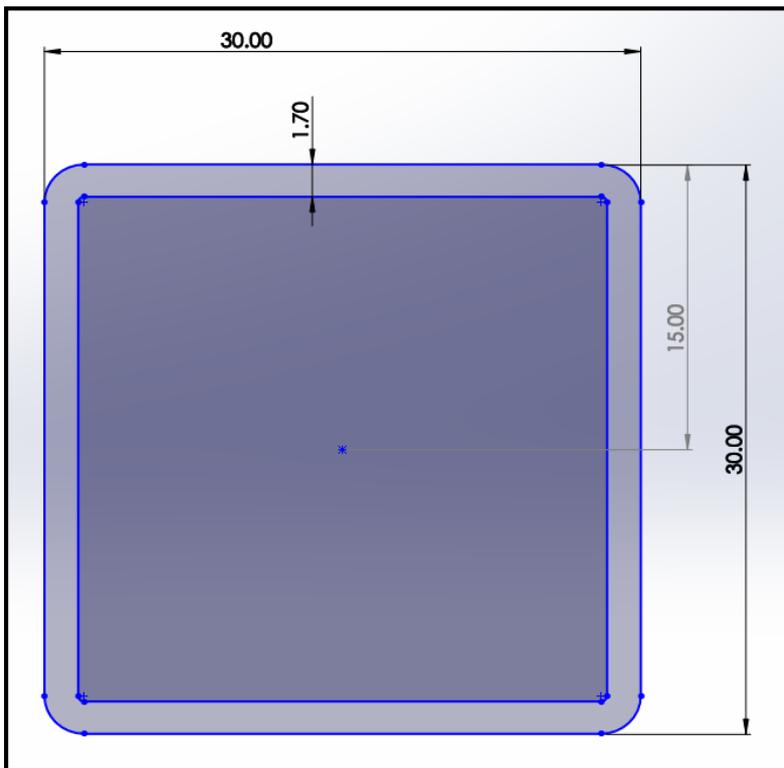


Figura 26. Dimensiones del tubo cuadrado y las medidas están en milímetros.

Fuente: Propia.

Las variables y ecuaciones se han tomado como referencia de los libros de mecánica de materiales de Russell C. Hibbeler, octava edición y mecánica de materiales de Fernando P. Beer, quinta edición.

I_E = Momento de inercia exterior de todo el tubo cuadrado.

I_i = Momento de inercia interior de todo el tubo cuadrado.

I_T = Momento de inercia total de todo el tubo cuadrado respecto al eje neutro.

$$I_T = I_E - I_i$$

$$I_T = \frac{bxh^3}{12} - \frac{bxh^3}{12}$$

$$I_T = \frac{(0.03 \text{ m})x(0.03 \text{ m})^3}{12} - \frac{(0.0266\text{m})x(0.0266)^3}{12}$$

$$I_T = 2.57799 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$C = 0.015 \text{ m}$$

Esfuerzo normal máximo

G_{\max} = Esfuerzo normal máximo en el elemento.

M = El momento interno resultante.

C = La distancia perpendicular desde el eje neutro hasta el punto más alejado del eje neutro de la figura 26.

$$G_{\max} = \frac{M \times C}{I_T}$$

$$G_{\max} = \frac{(205.6332 \text{ N} \times 0.25 \text{ m})x(0.015 \text{ m})}{2.57799 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$G_{\max} = 29.9118 \text{ Mpa}$$

Es el esfuerzo normal máximo (G_{\max}) que se da en la estructura.

Hallamos el esfuerzo cortante

τ = Esfuerzo cortante en el elemento.

v = La fuerza cortante resultante interna.

$Q = (\bar{Y}) (A)$, donde (A) es la parte inferior o superior del área de la sección transversal del elemento, por encima o por debajo del plano de sección donde se mide (\bar{Y}) .

t = Anchura del área de la sección transversal del elemento.

$$\tau = \frac{v \times Q}{t \times I_T}$$

$$Q = \bar{Y} \times A$$

$$Q = (0.01415 \text{ m}) \times (0.03 \text{ m} \times 1.7 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$Q = 7.2165 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$\tau = \frac{(205.6332 \text{ N}) \times (7.2165 \times 10^{-7} \text{ m}^3)}{(2.57799 \times 10^{-8} \text{ m}^4) \times (0.03 \text{ m})}$$

$$\tau = 0.191 \text{ Mpa}$$

Es el esfuerzo cortante (τ) que se da en la estructura.

Hallamos la presión del aire

P_{aire} = Presión de aire.

V = Velocidad del aire en la ciudad.

ρ = Densidad del aire.

$$P_{\text{aire}} = \frac{\rho x V^2}{2}$$

$$P_{\text{aire}} = \frac{(1.204 \text{ Kg/m}^3) x (5.5555 \text{ m/s})^2}{2}$$

$P_{\text{aire}} = 18.5798 \text{ Pas}$

Presión del aire (P_{aire}) que se da en la estructura.

Hallamos la fuerza que ejerce el aire en el panel solar

A_p = Área del panel solar.

b = Base.

L = Altura.

F = Fuerza que hace el aire en el panel solar.

$$A_p = b \times L$$

$$A_p = (1.2\text{m}) \times (0.66\text{m})$$

$$A_p = 0.792 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{aire}} = F / A_p$$

$$F = (P_{\text{aire}}) \times (A_p)$$

$$F = (18.5798 \text{ N/m}^2) \times (0.792 \text{ m}^2)$$

$$F = 14.7152 \text{ N}$$

Cada apoyo de la base tiene dos pernos, la cual hallamos la fuerza distribuida en cada perno.

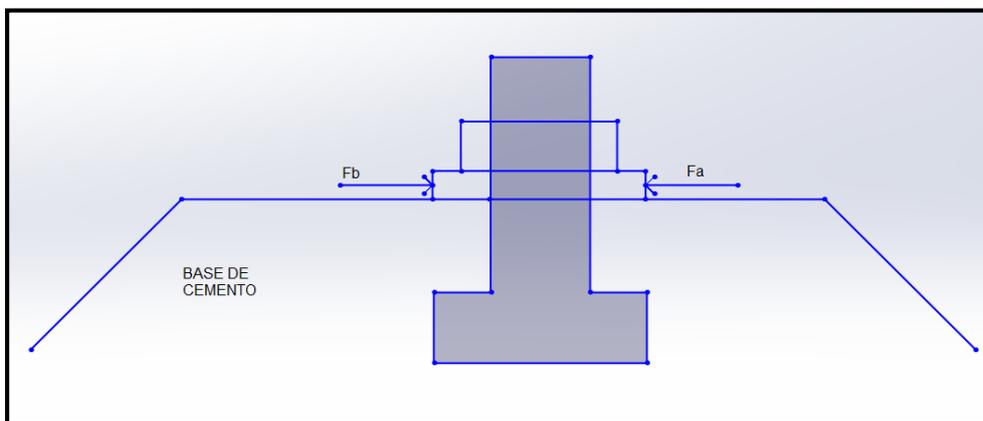


Figura 27. Diseño del perno en la base para hallar a fuerza del aire en cada perno.

Fuente: Propia.

F_p = Fuerza que se transmite en cada perno.

$$F_p = F / 4$$

$$F_p = 14.7152 \text{ N} / 8$$

$$F_p = 1.8394 \text{ N}$$

Hallamos el esfuerzo cortante en un perno

Se ha utilizado como referencia las formulas del libro de diseño de elementos de máquinas, cuarta edición de Robert L. Mott.

τ = Esfuerzo cortante en el perno.

A_{per} = Área del perno.

$$\tau = \frac{F_p}{A_{per}}$$

$$\tau = \frac{F_p}{\pi \times r^2}$$

$$\tau = \frac{1.8394 \text{ N}}{\pi \times (0.5 \text{ in} \times (0.0254 \frac{\text{m}}{\text{in}}))^2}$$

$\tau = 3.63 \text{ Kpa}$

Esfuerzo cortante en cada perno (τ) que tiene la estructura en la base de conexión con el suelo.

4.5.14 Programación para el arduino

Se ha tomado como referencia la programación para el arduino y el enlace con el GPRS SIM900 del sitio web de (PROMETEC).

Para realizar esta programación se ha utilizado con comandos AT para SIM 900 Hardware Design versión 2.

Programación para arduino uno

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Configura el puerto serie para el SIM900
```

```
char incoming_char = 0; //Variable que guarda los caracteres que envia el SIM900
```

```
String mensaje = "";
```

```
int LED = 4 ;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
pinMode( LED, OUTPUT) ; // LED como salida
```

```
inicializaSIM900();
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
if (SIM900.available() > 0)
```

```
{
```

```
incoming_char = SIM900.read(); //Guardamos el carácter del GPRS
```

```

Serial.print(incoming_char); //Mostramos el carácter en el monitor serie

mensaje = mensaje + incoming_char ; // Añadimos el carácter leído al mensaje

}

identifica_SMS();

}

void inicializaSIM900()

{

//digitalWrite(9, HIGH); // Descomentar para activar la alimentación de la tarjeta
por Software

//delay(1000);

//digitalWrite(9, LOW);

delay (5000);

SIM900.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie para el SIM900

Serial.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino

Serial.println("OK");

delay (1000);

SIM900.println("AT + CPIN = \"1111\""); //Comando AT para introducir el PIN de
la tarjeta para movistar es 1234 y para claro es 1111

delay(25000); //Tiempo para que encuentre una RED

```

```

Serial.println("PIN OK");

SIM900.print("AT+CLIP=1\r"); // Activa la identificación de llamada

delay(100);

SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir
mensajes

delay(1000);

SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); // Saca el contenido del SMS por el puerto
serie del GPRS

delay(1000);

}

void identifica_SMS()

{

int led_on = mensaje.indexOf("Encender LED");

int led_off = mensaje.indexOf("Apagar LED");

if (led_on >= 0)

{

digitalWrite( LED, HIGH) ;

Serial.println("\nLED ENCENDIDO");

mensaje = "" ; //Bórralo para la próxima vez

```

```

}

if (led_off >= 0)

{

digitalWrite( LED, LOW) ;

Serial.println("\nLED APAGADO");

mensaje = "" ; //Bórralo para la próxima vez

}

}

```

4.5.15 Programación con el programa MicroCode studio

Esta programación se realiza con MicroCode studio para el microcontrolador 16F628A haga la actividad de apagado y encendido de las electroválvulas.

Código en MicroCode studio:

cmcon = 7

valvula var word; Capacidad de almacenamiento de var word es de 65535

puertaA var porta.0; Declaración de variables

puertaB var porta.1

puertaC var porta.2

puertaD var porta.3

puertaE var portb.0

encendido:

for valvula = 0 to 3599; Esta programado para que dure 1 hora

high puertaA: low puertaB: low puertaC: low puertaD: low puertaE; High es puerta encendida y low la puerta apagada

pause 1000; Pausa de 1 segundo

NEXT

for valvula = 0 to 3599; Esta programado para que dure 1 hora

low puertaA: high puertaB: low puertaC: low puertaD: low puertaE; High es puerta encendida y low la puerta apagada

pause 1000; Pausa de 1 segundo

NEXT

for valvula = 0 to 3599; Esta programado para que dure 1 hora

low puertaA: low puertaB: high puertaC: low puertaD: low puertaE; High es puerta encendida y low la puerta apagada

pause 1000; Pausa de 1 segundo

NEXT

for valvula = 0 to 3599; Esta programado para que dure 1 hora

low puertaA: low puertaB: low puertaC: high puertaD: low puertaE; High es puerta encendida y low la puerta apagada

pause 1000; Pausa de 1 segundo

NEXT

for valvula = 0 to 3599; Esta programado para que dure 1 hora

low puertaA: low puertaB: low puertaC: low puertaD: high puertaE; High es puerta encendida y low la puerta apagada

pause 1000; Pausa de 1 segundo

NEXT

for valvula = 0 to 14; Esta programado para que dure 15 segundos apagado

low puertaA: low puertaB: low puertaC: low puertaD: low puertaE; High es puerta encendida y low la puerta apagada

pause 1000; Pausa de 1 segundo

NEXT

GOTO encendido

END

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados de tratamiento y análisis de la información

El cálculo y diseño se realizó en el capítulo IV del sistema de riego con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua, tendrá un costo de 11132.32 soles como se muestra en la tabla 6, sin adicionar el costo de mano de obra de instalación. Para realizar este trabajo de investigación se necesita 13 mil soles y dando así una confiabilidad de 10 años en tuberías PEAD según fabricante.

Tabla 6
Costo de materiales el trabajo de investigación.

Nombre del producto	Precio	Cantidad	Total
Panel solar de 96 watts.	287.28 soles	1 unidad	287.28 soles
Regulador de voltaje de 10 amperios a 12 voltios.	40 soles	1 unidad	40 soles
Batería de 40 AH a 12 voltios.	325.64 soles	1 unidad	325.64 soles
Cable mellizo 18 AWG Indeco.	98 soles	4 rollos	392 soles
GPRS SIM900.	195 soles	1 unidad	195 soles
Arduino uno.	45 soles	1 unidad	45 soles
Relay de 12 voltios.	3 soles	3 unidades	9 soles
Tip 41C.	1.5 soles	3 unidades	4.5 soles
Lm7805.	1.5 soles	1 unidad	1.5 soles
PIC 16F628A.	3 soles	1 unidad	3 soles
Crystal de 20MHz.	2.5 soles	1 unidad	2.5 soles
Resistencias de 330 ohm.	30 centavos	5 unidades	1.5 soles

Condensadores polarizados de picofaradios.	no de 22	20 centavos	2 unidades	40 centavos
Electroválvulas de 12 voltios.		28 soles	25 unidades	700 soles
Flujómetro de 17.5 bares.		25 soles	1 unidad	25 soles
Manguera de 4 pulgadas PEAD.		1300 soles	7 rollos de 100 metros	9100 soles
Base del panel solar y de todo el sistema electrónico.		100 soles	1 unidad	100 soles
TOTAL				11132.32 soles

Nota: Costo de todos los materiales del trabajo de investigación. Fuente propia.

5.2 Discusión de resultados

El resultado obtenido de este trabajo de investigación es viable para un agricultor ya que tendrá un gasto promedio de 1300 soles anuales durante 10 años, obteniendo así un riego autónomo. Este trabajo de investigación solo se hizo para un riego de una hectárea de alfalfa con un factor de seguridad de 1.5, en caso que se quiera ampliar el sembrío se tiene que modificar el código del microcontrolador 16F628A y cambiar la capacidad de carga de la batería como también el panel solar.

Respecto al código tanto como el arduino uno y el microcontrolador 16F628A se pueden utilizar para encender una planta pequeña o una bomba de riego siempre en cuando el microcontrolador trabaje una sola puerta de salida para su control de la bomba de riego.

El cálculo y diseño respecto al trabajo de investigación de Darwin Fray Apaza Mamani, es semejante ya que el aplica un control total de su trabajo con un arduino

nano y sus respectivos sensores, pero si hay componentes electrónicos que son similares a este trabajo de investigación. Darwin Fray aplico su trabajo de investigación en un sembrío de cebada logrando reducir el agua a un consumo de 10.9%. Con el proyecto de investigación automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua 2019 se piensa obtener una reducción de consumo de agua mayor al 10.9% que ha logrado Darwin Fray y tener un control autónomo de encendido y apagado.

Los calculo matemáticos de selección de batería y panel solar de este trabajo de investigación, son similares a lo que aplica Jesus Ismael Mamani Lupaca en su trabajo de investigación ya que son formulas universales que se ocupan cuando se opta por la energía a paneles solares.

El cálculo de pérdidas de tuberías es semejante al trabajo de investigación de Francis Andrés Calle Zambrano y el resto es totalmente diferente ya que Francis Andrés utiliza una programación en PLC (controlador lógico programable) para regar plantas frutales en un área de 3200 metros cuadrados obteniendo una mayor humedad en cada planta frutal y se utiliza una bomba eléctrica para bombear el agua. Con el trabajo de investigación automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua 2019 no se necesita tener una bomba eléctrica ya que se ha tomado el agua desde la misma sequía que está disponible las 24 horas al día.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la investigación se determina que se puede automatizar el sistema de riego a aspersion con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua. Esto ayudará al agricultor a tener un riego autónomo en su terreno, evitando que el agricultor esté presente en el riego de su sembrío.
- Con este trabajo de investigación se determina que se puede tener un menor consumo de agua, para dar un mejor uso al recurso hídrico con la automatización inalámbrica por medio de mensajes SMS con tecnología GPRS Sim 900 para el riego a aspersion de una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.
- Las instalaciones y conexiones de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) tienen una duración de vida de 10 años de acuerdo al fabricante, lo cual hace rentable el proyecto de investigación.
- De acuerdo con la investigación se tendrá un control del sistema y actuadores programados con un microcontrolador 16F628A, un encendido y apagado con un GPRS SIM900, incluyendo un arduino uno en la automatización de un sistema de riego a aspersion con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.

RECOMENDACIONES

- El agricultor debe controlar la hora de regado de toda la hectárea de alfalfa, para luego enviar el mensaje de texto de apagado de todo el sistema de riego, desde su celular.
- Tener en cuenta que cuando se va a enviar un mensaje de texto desde el celular hacia el GPRS SIM900, verificar si está escrito correctamente el mensaje.
- Se recomienda usar aspersores de buena calidad, si en caso no haya en el mercado poner un alternativo pero que trabaje en 3.5 bar y 4.5 bar de presión.
- Verificar todas las conexiones cada 3 meses para evitar fallas en el riego de la hectárea de alfalfa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEROS AREQUIPA. <http://www.acerosarequipa.com>. [En línea] Aceros arequipa. [Citado el: 5 de 12 de 2018.] <http://www.acerosarequipa.com/informacion-corporativa/productos/planchas-y-bobinas/detalle/article/planchas-delgadas-lac/chash/f1ec152abead262ea5bc5c7184d2e9ff.html>.

—. www.acerosarequipa.com. [En línea] Aceros Arequipa. [Citado el: 5 de 12 de 2018.]

<http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/hoja-tecnica-tubo-lac-astm-a500.pdf>.

ARDUINO. www.arduino.cc. *www.arduino.cc*. [En línea] [Citado el: 05 de 06 de 2019.] <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.

ATLAS de Energía Solar del Perú. Atlas de Energía Solar del Perú. *Atlas de Energía Solar del Perú*. [En línea] [Citado el: 22 de 06 de 2018.] <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar/>.

AUTOSOLAR. autosolar.es. *autosolar.es*. [En línea] [Citado el: 05 de 06 de 2019.] <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>.

BEER, Ferdinand P., DELWOLF, Jhon T. y MAZUREK, David F. 2010. *Mecánica de materiales quinta edición*. Mexico : McGRAW-HILL, 2010. 978-607-15-0263-6.

CENGEL, Yunus A. 2012. *Mecánica de fluidos segunda edición*. Mexico : McGRAW-HILL, 2012. 978-970-10-5612-4.

ESPINOZA SALAZAR, Jaime. 2017. *Diseño de un sistema fotovoltaico autonomo para abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural*. Huancayo - Perú : s.n., 2017.

HETPRO. [Hetpro-store](http://hetpro-store.com). *Hetpro-store*. [En línea] [Citado el: 06 de 06 de 2019.] <http://hetpro-store.com/gprs-simcom-sim900-quad-band-gsm-shield/>.

HIBBELER, Ruseell C. 2011. *Mecánica de materiales octava edición*. Mexico : Pearson educacion, 2011. 978-607-32-0559-7.

INACAL. www.inacal.gob.pe. *www.inacal.gob.pe*. [En línea] [Citado el: 22 de 02 de 2019.]

<https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/catalogoespecializado/files/ELECTRICO.pdf>.

INNOVADOR energia. *energia innovadora*. *energia innovador*. [En línea] [Citado el: 23 de 06 de 2018.] <http://www.energiainnovadora.com>.

INSTITUTO de construcción y gerencia. Reglamento nacional de edificaciones. *Reglamento nacional de edificaciones.* [En línea] [Citado el: 22 de 02 de 2019.] <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>.

LUPACA MAMANI, Jesus . 2017. *Diseño y cálculo de sistema de energía fotovoltaico para la iluminación pública del malecón turístico de la playa la meca-tacna.* Tacna : s.n., 2017.

MAMANI APAZA, Darwin Fray. 2016. *Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización epime 2016.* Puno : s.n., 2016.

MOTT, Robert L. 2006. *Diseño de elementos de máquinas cuarta edición .* Mexico : PEARSON Educación, 2006. 970-26-0812-0.

—. **2006.** *Mecánica de fluidos sexta edición.* Mexico : Pearson, 2006. 970-26-0805-8.

NAANDANJAIN . naandanjain. *naandanjain.* [En línea] [Citado el: 08 de 11 de 2018.] http://es.naandanjain.com/uploads/catalogerfiles/000-Spanish/Sprinklers/Sprinklers%20Booklet/NDJ_Sprinklers_span_021013F.pdf.

PALACIOS, Enrique, REMIRO, Fernando y LOPEZ, Lucas J. 2009. *Microcontrolador PIC16F84 desarrollo de proyectos tercera edición.* Mexico : Alfaomega, 2009. 978-607-7686-37-8.

PANEL solar Perú. Panel solar Perú. *Panel solar Perú.* [En línea] [Citado el: 08 de 11 de 2018.] <https://www.panelsolarperu.com/productos/125-panel-solar-yingli-solar-95wp-monocristalino.html>.

PROMETEC. www.prometec.net. *www.prometec.net.* [En línea] [Citado el: 05 de 06 de 2019.] <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/>.

REYES, Carlos A. 2008. *Microcontroladores PIC Programación en BASIC.* QUITO-ECUADOR : s.n., 2008. 978-9978-45-004-8.

SALDARRIAGA, Juan. 2007. *Hidráulica de tuberías abastecimiento de agua, redes y riego.* Colombia : Alfaomega Colombia S.A, 2007. 978-958-682-680-8.

solargis. *solargis.* [En línea] [Citado el: 22 de 06 de 2018.] <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/peru>. 1.

SOLDEXA. www.soldexa.com.pe. [En línea] [Citado el: 5 de 12 de 2018.] <https://www.soldexa.com.pe/soldexa/sp/products/consumables/electrodos/upload/supercito.pdf>.

ZAMBRANO CALLE, Francis Andres. 2017. *Automatización de un sistema de riego con monitoreo local usando una touch y control remoto inalámbrico vía GSM (arduino open source) para el mejoramiento dentro del campo agrícola en Asofrut de la ciudad de Ambat.* Riobamba - Ecuador : s.n., 2017.

ANEXO

9.1 Cronograma de actividades del trabajo de investigación

Cronograma de actividades que se realizó en este trabajo de investigación junto con el asesor.

Tabla 7
Cronograma de actividades

Nº	ACTIVIDADES	FECHAS
1	Delimitación del trabajo de investigación.	15/10/2018
2	Asignación del asesor.	05/11/2018
3	Primera revisión por el asesor para la primera presentación.	15/12/2018
4	Segunda revisión por el asesor para la primera presentación.	12/01/2019
5	Aprobación del trabajo de investigación por el asesor para la primera presentación.	15/01/2019
6	Presentación de solicitud de inscripción del proyecto.	16/01/2019
7	Aprobación del trabajo de investigación por la universidad para comenzar con la segunda parte.	24/01/2019
8	Inicio de la elaboración del trabajo de investigación.	25/01/2019
9	Primera revisión de introducción, planteamiento del estudio, marco teórico y metodología por el asesor para la segunda presentación.	02/02/2019
10	Segunda revisión de términos y normas por el asesor para la segunda presentación.	16/02/2019

11	Tercera revisión de formato del trabajo de investigación por el asesor para la segunda presentación.	23/02/2019
12	Cuarta revisión de cálculos mecánicos por el asesor para la segunda presentación.	15/03/2019
13	Quinta revisión de cálculos mecánicos por el asesor para la segunda presentación.	22/03/2019
14	Sexta revisión de conectores gramaticales.	14/05/2019
15	Elaboración final del trabajo de investigación.	30/03/2019
16	Presentación de borrador del trabajo de investigación.	22/05/2019
17	Aprobación de todo el trabajo de investigación por el asesor.	12/06/2019
18	Presentación de los respectivos documentos a la universidad para culminación del proyecto de investigación.	17/06/2019

Nota: Todas las actividades que se hizo para documentar este trabajo de investigación. Fuente propia.

9.2 Matriz de Consistencia

Título: Automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua 2019.

Tabla 8

Matriz de consistencia del trabajo de investigación.

Problemas	Objetivos	Metodología	Población y Muestra
<p>Problema General</p> <p>¿Se puede automatizar un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Automatizar un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Categorizar el sistema de riego como una automatización inalámbrica</p>	<p>Tipo y nivel de investigación</p> <p>El tipo de investigación utilizada para desarrollar el trabajo de investigación es descriptivo tecnológico por lo que se tiene una observación cuantitativa al momento de hacer los cálculos matemáticos que se aplican en la conservación de energía en las</p>	<p>Población</p> <p>Agricultores del centro poblado de Otorá, distrito de Torata de la región Moquegua.</p>

<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cómo se va a categorizar la automatización que se realizará en el sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?</p> <p>¿Qué se va a evaluar en la automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una</p>	<p>atravez de mensajes SMS con tecnología GPRS Sim 900 para el riego a aspersión de una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.</p> <p>Evaluar el sistema de funcionamiento de control y actuadores programado con un microcontrolador en la automatización de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una</p>	<p>tuberías y uso de tarjetas electrónicas. El nivel de investigación es explorativo debido a que hay información nacional e internacional que se aplican en diferentes rubros y que ayuda a desarrollar este trabajo de investigación.</p> <p>Método de investigación</p> <p>El método de investigación utilizada para desarrollar el trabajo de investigación es aplicativo, debido a que es diseñado directamente para un campo de riego en la agricultura.</p>	<p>Muestra</p> <p>El trabajo de investigación se realizó para un área de 1000 metros cuadrados de la familia Amesquita en el centro poblado de Otorá.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?</p> <p>¿Por qué reducir el consumo de agua con el control automático de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua?</p>	<p>hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.</p> <p>Reducir el consumo de agua para dar un mejor uso al recurso hídrico con el control automático de un sistema de riego a aspersión con control inalámbrico para una hectárea de alfalfa ubicada en la ciudad de Moquegua.</p>	<p>Diseño de investigación</p> <p>El diseño de investigación utilizada para desarrollar el trabajo de investigación es tecnológico ya que es un sistema de control autónomo de riego en la agricultura.</p> <p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de recurso hídrico. <p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riego autónomo. 	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Nota: Matriz de consistencia de todo el trabajo de investigación. Fuente propia.

9.3 Hoja de datos de laminado en caliente del manual Aceros Arequipa

Medidas de la plancha para la estructura

Laminados en Caliente

BOBINAS LAC / PLANCHAS LAC

DENOMINACIÓN:
BLAC A36, PDLAC A36.

DESCRIPCIÓN:
Bobinas y Planchas de acero laminadas en caliente con bordes de laminación.

USOS:
Se usa en la fabricación de tubos y perfiles plegados. Asimismo, luego de su corte en planchas, se emplea en la construcción de silos, carrocerías y construcción en general.

NORMAS TÉCNICAS:

DESIGNACIÓN	NORMAS TÉCNICAS
Estructural	ASTM A36

DIMENSIONES NOMINALES:

BOBINAS LAMINADAS EN CALIENTE BLAC A36	PLANCHAS DELGADAS LAMINADAS EN CALIENTE PDLAC A36
1.5 x 1200 mm	1.5 x 1200 x 2400 mm
1.8 x 1200 mm	1.8 x 1200 x 2400 mm
1.9 x 1200 mm	1.9 x 1200 x 2400 mm
2.0 x 1200 mm	2.0 x 1200 x 2400 mm
2.2 x 1200 mm	2.2 x 1200 x 2400 mm
	2.3 x 1200 x 2400 mm
	2.5 x 1200 x 2400 mm
	2.9 x 1200 x 2400 mm
	4.0 x 1200 x 2400 mm
	4.5 x 1200 x 2400 mm
	5.9 x 1200 x 2400 mm

ANÁLISIS QUÍMICO DE COLADA (%):

CALIDAD ASTM	%C	%Mn MÁX.	%P MÁX.	%S MÁX.	%SI MÁX.
A36	0.25 máx	0.8 - 1.20 (e: 3/4)	0.040	0.050	0.40

PROPIEDADES MECÁNICAS:

CALIDAD	NORMA ASTM	LÍMITE DE FLUENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO (%) en 50 mm	DOBLADO
Estructural	A36	2,550	4,080-5,610	20 mín.	a 180° (opcional) Diámetro Pin= 3e Sentido Laminación

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:
Según JIS G3193

ESPESOR NOMINAL e (mm)	CAMBER	APLANADO	TOLERANCIAS (MM)			ESPESOR	
			ANCHO		LONGITUD	ANCHO 1200	ANCHO 1500
			≤1200	1500			
1.8 - 1.9	10 mm/m máx	18 máx	+30 - 0	+ 35 - 0	+ 25 - 0	± 0.19	± 0.23
2.0 - 2.4		18 máx				± 0.20	± 0.25
2.5 - 3.0		18 máx				± 0.22	± 0.29
4.0 - 5.9		14 máx				± 0.45	± 0.55

QCQA01-F202 / 02 / ABR 16 - QCQA01-F201 / 03 / MAY 16

9.4 Hoja de datos de tubo LAC ASTM A500 del manual Aceros Arequipa

Medidas del tubo LAC ASTM A500

Tubo LAC ASTM A500 PARA ESTRUCTURAS

DENOMINACIÓN:

TNM RED ND A500, TNM RED OD A500, TGM RED ND A500.
TGM RED OD A500, TNM CUA A500, TNM REC A500, TGM CUA A500,
TGM REC A500.

DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

USOS:

Diversas estructuras livianas y pesadas, carrocerías, tijerales, postes, etc.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:

Las dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 – A y B.

PRESENTACIÓN:

- 1.- Longitud : - Redondos: 6.40 m y 6 m.
- Cuadrados y rectangulares: 6 m.
- Otras longitudes a pedido.
- 2.- Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.
- 3.- Recubrimiento : - Negro.
- Galvanizado.
(mínimo de 120 gr/m²).

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)								
		1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6	
REDONDO NOMINAL	1/2"	21.3	0,866	0,952	1,159					
	3/4"	26.7	1,105	1,218	1,492					
	1"	33.4	1,403	1,549	1,905	2,249				
	1 1/4"	42.2	1,793	1,983	2,448	2,900				
	1 1/2"	48.3	2,064	2,284	2,824	3,351				
	2"	60.3	2,597	2,876	3,564	4,239				
	2 1/2"	73.0		3,502	4,347	5,179				
	3"	88.9		4,285	5,327	6,355				
	4"	114.3		5,539	6,892	8,234				
	CUAD L.E.	- 25x25	1,061	1,460						
- 30x30		1,300	1,700							
- 40x40		1,770	2,244		3,320					
- 50x50		2,250	3,122	3,872	4,316					
- 2"		50.8		3,122	3,872	4,316				
- 75x75				4,500	5,560	6,810				
- 100x100				6,165	7,675	9,174	12,133	13,594	16,980	

■ Negro y Galvanizado

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)								
		1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6	
RECT L.E.	- 20x40	1,394	1,700							
	- 25x50	1,650	2,261							
	- 40x60	2,260	3,033	3,600	4,250					
	- 40x80	2,710	3,660	4,390	5,190					
	- 50x75				5,423					
	- 50x100			4,500	5,560	6,600	8,590			
	- 50x150			6,165	7,676	9,174	11,730			

■ Negro y Galvanizado

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
REDONDO	A	230	310
CUADRADO Y RECTANGULAR	A	270	310
	B	315	400

MATERIA PRIMA:

Acero laminado en caliente calidad estructural.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES

(Referidas a los valores nominales):

Espesor : + / - 10%

Longitud : +12.7 / -6.4 mm

Sección:

1.- Redondo:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	TOLERANCIA DIMENSIONAL + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.5 %
Mayores 2"	0.75 %

2.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.020
2 1/2" a 3 1/2" incl.	0.025
3 1/2" a 4 incl.	0.030

3.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores a 63.5 incl.	0,51
63.5 a 88.9 incl.	0,64
88.9 a 139.7 incl.	0,76
Mayores a 139.7	0.01 veces el largo de la dimensión plana

QCQA01-F219 / 02 / MAY 16

9.5 Hoja de datos del supercito del manual Soldexa

Especificación de valores de resistencia que puede soportar la soldadura

SMAW

Aceros al Carbono y Baja Aleación



SUPERCITO

Electrodo revestido de tipo básico, de bajo hidrógeno con extraordinarias características mecánicas y de soldabilidad. Presenta un arco muy suave, bajo nivel de salpicaduras y la escoria es de muy fácil remoción. El contenido de hierro en polvo mejora su tasa de depósito. Dentro de su categoría es el producto que presenta los mejores niveles de resistencia a la tracción.

Clasificación	
AWS A5.1 / ASME-SFA 5.1	E7018

Aprobaciones	Grados
ABS	3H15, 3Y
LR	3m, 3ym
GL	3Y

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,05	1,00	0,60	máx. 0,020	máx. 0,020	-	-	-	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lbf)]
Sin tratamiento	520 – 610 (75 400 – 88 450)	mín. 400 (58 000)	mín. 23	[-30 °C (-22 °F)] min. 70 (57)

Conservación del Producto
<ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. Almacenamiento en horno: 125 - 150°C. Resecado de 300°C a 350 °C por 2 horas.

Posiciones de Soldadura
P, H, Va, Sc.

Parámetros de Soldeo Recomendados

Para corriente alterna (AC) o continua (DC): Electrodo al polo positivo DCEP							
Diámetro	[mm]	1,60	2,50	3,25	4,00	5,00	6,30
	[pulgadas]	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
Amperaje mínimo		-	60	90	120	170	210
Amperaje máximo		-	90	140	190	240	280