

Universidad Tecnológica Nacional

Proyecto Final

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
PARA EQUIPOS TERMO-SOLARES**

Autores:

- *Domé, José Adán*
- *Schenone, Leandro Sebastián*

Director:

- *Nardea, Francisco*

*Proyecto final presentado para cumplimentar los requisitos académicos
para acceder al título de Ingeniero Electrónico*

en la

Facultad Regional Paraná

Septiembre de 2022

Declaración de autoría:

Nosotros declaramos que el Proyecto Final “SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EQUIPOS TERMO-SOLARES” y el trabajo realizado son propios. Declaramos:

- Este trabajo fue realizado en su totalidad, o principalmente, para acceder al título de grado de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná.
- Se establece claramente que el desarrollo realizado y el informe que lo acompaña no han sido previamente utilizados para acceder a otro título de grado o pre-grado.
- Siempre que se ha utilizado trabajo de otros autores, él mismo ha sido correctamente citado. El resto del trabajo es de autoría propia.
- Se ha indicado y agradecido correctamente a todos aquellos que han colaborado con el presente trabajo.
- Cuando el trabajo forma parte de un trabajo de mayores dimensiones donde han participado otras personas, se ha indicado claramente el alcance del trabajo realizado.

Firmas:

-
-

Fecha:

Agradecimientos:

A nuestro docente director, Francisco Nardea, por su predisposición, su guía, consejos y ayuda en todas las etapas que fuimos desarrollando a lo largo de la implementación del proyecto.

A la UTN Facultad Regional Paraná y sus docentes por brindarnos la oportunidad de acceder a formación educativa de calidad y darnos las herramientas necesarias para poder construir nuestro futuro.

A nuestra familia, padres y hermanos que siempre nos alentaron a nunca bajar los brazos y nos ayudaron a sobreponernos en momentos de bajones anímicos y/o económicos.

A Fernando Fillipuzzi por sus consejos y ayuda desinteresada en el diseño de la visualización HTML.

Domé, José Adán

Schenone, Leandro Sebastián

Universidad Tecnológica Nacional

Abstract

Facultad Regional Paraná

Ingeniero en Electrónica

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA
EQUIPOS TERMO-SOLARES

Domé, José Adán

Schenone, Leandro Sebastián

Abstract:

This project consists of the design, programming, operation analysis and commissioning of a Thermo-Solar Equipment Controller with the purpose of obtaining a Control and Monitoring System for the temperature and water level within the solar thermal equipment. The operation is based on the existing controllers in the local market, taking their functionalities as a starting point to later improve the benefits, this are:

- Control of incident light in the vacuum tubes;*
- Wi-Fi connectivity for local and remote access;*
- Possibility of manual and automatic control;*

The implementation was executed through a succession of stages based on the programming of the ESP8266 development board. First stage, WiFi connectivity; second stage, manual and automatic control options; third, last stage, sensor reading and analysis of the configurations set by the user in order to activate the actuators.

From the above, a controller was obtained that allows the monitoring of the minimum and maximum temperatures of the water inside the solar hot water tank, added to the monitoring of the water level and its consumption.

Finally, with the trials, tests, measurements and adjustments, it was possible to obtain a device with useful features for the user, which allow him to configure the system to the point of only depending on solar radiation to have hot water, or to be able to configure a periodic cycle. weekly on its temperature control.

Keywords:

Actuators, ESP8266, Internet of things, Sensors.

Resumen:

El presente proyecto consiste en el diseño, programación, análisis de funcionamiento y puesta en marcha de un Controlador de equipos Termo - Solar con el propósito de obtener un Sistema de Control y Monitoreo de la temperatura y nivel de agua dentro de los equipos solar térmicos. El funcionamiento se basa en las controladoras existentes en el mercado local, se toma como punto de inicio las funcionalidades de las mismas para luego mejorar las prestaciones, siendo:

- *Control de luz incidente en los tubos de vacío;*
- *Conectividad wifi para acceso local y remoto;*
- *Posibilidad de control manual y automático;*

La implementación se ejecutó mediante una sucesión de etapas que se basan en la programación de la tarjeta de desarrollo ESP8266. Primera etapa, conectividad WiFi; segunda etapa, opciones de control manual y automático; tercera, última etapa, lectura de sensores y análisis de las configuraciones puestas por el usuario para así accionar los actuadores.

De lo anterior se obtuvo un controlador que permite llevar adelante el seguimiento de las temperaturas mínimas y máximas del agua dentro del termotanque solar, sumado al monitoreo del nivel del agua y el consumo de la misma.

Finalmente, con los ensayos, pruebas, mediciones y ajustes se logró obtener un equipo con prestaciones útiles al usuario, que le permiten configurar el sistema al punto de solo depender de la radiación solar para tener agua caliente, o bien, poder configurar un ciclo periódico semanal sobre el control de temperatura de la misma.

Palabras Clave:

Actuadores, ESP8266, Internet de las cosas, Sensores.

Índice:

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Sistemas Solares Térmicos	2
1.2 Tipo o clasificación del sistema solar térmico	4
1.3 Análisis de las partes de un sistema compacto	9
1.3.1 Colector	9
1.3.2 Tanque	13
1.4 Condiciones de funcionamiento de los SST.....	16
1.4.1 Sobrecalentamiento.....	16
1.4.2 Congelamiento	17
1.4.3 Calidad del agua.....	17
1.4.4 Presión hidráulica del suministro de agua	18
1.4.5 Calidad y seguridad.....	19
1.5 El recurso solar.....	20
1.5.1 Grupo 1 (radiación directa)	21
1.5.2 Grupo 2 (radiación difusa)	21
1.5.3 Grupo 3 (radiación reflejada)	22
1.6 Inclinación y orientación	26
1.7 Descripción del Proyecto	28
1.7.1 Bloque 1: Temperatura del agua.....	28
1.7.2 Bloque 2: Nivel de agua.....	28
1.7.3 Bloque 3: Página web - Conexión WIFI	29
1.8 Objetivos	29
1.9 Destinatarios.....	29
1.10 Fundamentación.....	30
1.11 Estudio de mercado.....	31
1.11.1 Target.....	31
1.11.2 Prueba de concepto.....	31
1.11.3 Prueba de producto	31
1.11.4 Análisis de recursos.....	32
1.11.5 Ciclo de vida del producto.....	32

Capítulo 2: Desarrollo	33
2.1 Diagrama de bloques general.....	33
2.2 Análisis de placa y sensores utilizados.....	34
2.2.1 Placa de desarrollo ESP8266.....	34
2.2.2 Introducción al IDE de Arduino	40
2.2.3 Sensor de flujo.....	44
2.2.4 Sensor de temperatura.....	47
2.2.5 Buzzer para alarmas.....	50
2.2.6 Módulo de relés.....	51
2.2.7 Módulo final de carrera.....	53
2.2.8 Display LCD	54
2.2.9 Electroválvula	58
2.2.10 Resistencia Eléctrica.....	59
2.2.11 Motor	60
2.2.12 Sensor de nivel.....	61
2.3 Desarrollo WEB.....	62
2.3.1 Estudio de programación de página WEB	62
2.3.2 Descripción CSS	67
2.3.3 Definición JavaScript - JS.....	67
2.3.4 Servidor WEB.....	68
2.4 Desarrollo de cada bloque.....	69
2.4.1 Bloque temperatura de agua	69
2.4.2 Bloque nivel de agua	70
2.4.3 Visualización.....	71
2.4.4 Conexión a la red WiFi	71
2.4.5 Programación Pagina WEB.....	79
2.4.6 Conexión Remota.....	91
2.5 Alarmas	95
2.5.1 Alarma de baja circulación de agua.....	95
2.5.2 Alarma de temperaturas elevadas	96
2.5.3 Alarma de nivel crítico	97
2.6 Diagrama de flujo	98
2.6.1 Modo Manual.....	99
2.6.2 Modo Automático.....	100

2.7	Análisis del programa	101
2.7.1	Setup.....	102
2.7.2	Loop	103
2.7.3	Evaluación de las variables	104
2.7.4	Visualización web	107
2.8	Diseño Completo	108
2.8.1	Diagrama general de conexiones	108
2.8.2	Implementación de prueba	109
2.8.3	Esquemático de la placa de control	109
2.9	Diseño de PCB - Placa de control	110
2.9.1	Descripción de los componentes:	111
2.9.2	Placa de control.....	111
2.10	Maqueta termotanque solar	112
2.10.1	Versión final	113
2.11	Gabinete.....	114
2.11.1	Pasos de montaje	114
2.11.2	Versión final	116
	Capítulo 3: Resultados.....	119
3.1	Análisis de resultados.....	119
	Capítulo 4: Análisis de Costos	121
4.1	Costos	121
4.2	Costo mano de obra	122
4.3	Valor de venta mercado.....	123
4.4	Valor por 100 unidades.....	123
4.5	Análisis de amortización	124
4.6	Factor de emisión	126
	Capítulo 5: Discusión y Conclusión.....	127
	Capítulo 6: Literatura Citada	129

Lista de Figuras:

Figura 1:Tipos de sistemas solares térmicos	3
Figura 2: Diferencia entre SST de circulación natural y forzada.....	5
Figura 3: Equipo termosifónico de 200 Litros - (a) Ensamble - (b) Terminado.	8
Figura 4: Equipo termosifónico de 150 Litros - (a) Ensamble - (b) Terminado.	8
Figura 5: Rendimiento diferentes tipos de colectores	11
Figura 6: Tanque horizontal (sin serpentina) - (a) Vista exterior - (b) Vista interior.....	14
Figura 7: Nivel al que se toma el agua caliente.....	15
Figura 8: Temperatura alcanzada de un sistema termosifónico.	17
Figura 9: Efectos de aguas duras - (a) Daño en estructura - (b) Sal dentro del tanque.	18
Figura 10: Espectro de radiación solar en la tierra.....	21
Figura 11: Fenómeno de absorción y dispersión atmosférica.	22
Figura 12: Inclinação del eje terrestre.	22
Figura 13: Consecuencia de la declinación del eje terrestre.	23
Figura 14: Incidencia y espesor de atmósfera en el equinoccio.....	23
Figura 15: Incidencia y espesor de atmósfera en el solsticio de invierno del hemisferio sur.	24
Figura 16: Incidencia y espesor de atmósfera en el solsticio de verano del hemisferio sur.	24
Figura 17: Diferencia de radiación entre un plano horizontal y uno inclinado.	26
Figura 18: Diferencia de radiación entre un plano horizontal y uno inclinado.	26
Figura 19: Diagrama de bloques general.....	33
Figura 20: Módulo ESP8266 utilizado.....	36
Figura 21: Pines de conexión ESP8266.....	37
Figura 22: Representación interna del ESP.....	37
Figura 23: Esquema general ESP.....	38
Figura 24: ESP-01. [1]	39
Figura 25: ESP-05. [1]	39
Figura 26: ESP-12. [1]	40
Figura 27: ESP-201. [1]	40

Figura 28: Nuevo sketch de programación.	41
Figura 29: Apertura de ejemplo Blink.	42
Figura 30: Sketch de programación Blink.	42
Figura 31: Sensor de flujo y caudalímetro YF-S201	44
Figura 32: Sensor de temperatura digital DS18B20.....	47
Figura 33: Formatos y pinout del sensor DS18B20.....	47
Figura 34: Conexión para su uso mediante protocolo 1-Wire.....	48
Figura 35: Registros de temperatura	49
Figura 36: Buzzer - Alarmas sonoras.....	50
Figura 37: Módulo de relés de 8 canales	52
Figura 38: Módulos Final de carrera / Endstop - (a) Módulo más cable - (b) Módulo.....	53
Figura 39: Display LCD 20x4 segmentos.....	54
Figura 40: Módulo adaptador LCD a I2C.	55
Figura 41: Electroválvula.	58
Figura 42: Resistencia 1500 [W] 220 [Vca] - (a) Vista lateral - (b) Vista conexión.	59
Figura 43: Motor C2162 60006	60
Figura 44: IC ULN2003AN.....	61
Figura 45: Conexión UNL2003 para uso como sensor de nivel.	61
Figura 46: Formato elemento 'p' utilizado para contener un párrafo.	63
Figura 47: Identificación de atributos.	64
Figura 48: Comunicación servidor cliente mediante protocolo HTTP.	68
Figura 49: Representación de diagrama de bloques detallado.	69
Figura 50: Representación en LCD del gabinete de los valores del AP.....	74
Figura 51: (a) Vista selección red WiFi AP - (b) Pass WiFi del AP del ESP. .	75
Figura 52: (a) Vista conexión AP del ESP - (b) Vista conexión OK con AP...	76
Figura 53: (a) Vista cargando IP conf. WiFi - (b) Vista inicio conf. WiFi.....	77
Figura 54: (a) Vista guardando red WiFi - (b) Vista de fin programación.....	78
Figura 55: Vista LCD - Conectando a red local WiFi.	79
Figura 56: Vista LCD - IP de acceso para control.	79
Figura 57: (a) Vista modo manual - (b) Vista modo manual con modificación.	82
Figura 58: Vista LCD modo manual.	83
Figura 59: Vista LCD modo manual - Cubierta Cerrada.....	83
Figura 60: Vista LCD modo manual - Cubierta Abierta.....	83

Figura 61: Vista modo Automático modificado - (b) Vista modo Automático sin modificar.	88
Figura 62: Visualización LCD modo Automático.	89
Figura 63: Visualización LCD modo Automático - Nivel 0%.	89
Figura 64: Visualización LCD modo Automático - Nivel 25%.	89
Figura 65: Visualización LCD modo Automático - Nivel 50%.	90
Figura 66: Visualización LCD modo Automático - Nivel 75%.	90
Figura 67: Visualización LCD modo Automático - Nivel 100%.	90
Figura 68: Comando CMD de Windows.....	91
Figura 69: Página de inicio del cable modem router domiciliario.....	92
Figura 70: Logueo a router domiciliario.....	92
Figura 71: Ruta para configuración de puerto y dirección IP.	93
Figura 72: Configuración final de puerto y dirección IP.	93
Figura 73: IP obtenida de ifconfig.me.....	94
Figura 74: (a) Vista remota modo manual - (b) Vista remota modo automático.	94
Figura 75: Visualización web alerta bajo circulación de agua.	95
Figura 76: Visualización web alerta alta temperatura.....	96
Figura 77: Visualización web alerta bajo nivel de agua.....	97
Figura 78: Diagrama de flujo inicio del sistema.....	98
Figura 79: Diagrama de flujo modo manual.	99
Figura 80: Diagrama de flujo modo automático.....	100
Figura 81: Visualización de requerimiento web.....	106
Figura 82: Diagrama general de conexiones del sistema.....	108
Figura 83: Implementación de prueba del sistema.....	109
Figura 84: Esquemático placa de control.....	109
Figura 85: (a) Vista del ruteo - (b) Vista virtual de la placa.....	110
Figura 86: (a) PCB a transferir a la placa - (b) Rótulo superior.....	110
Figura 87: (a) Placa virgen con toner - (b) PCB pos ácido.....	111
Figura 88: Ensamble placa de control.....	111
Figura 89: (a) Versión inicial de la maqueta - (b) Avances de la maqueta... ..	112
Figura 90: Ensamble final de la maqueta - Cubierta cerrada.	113
Figura 91: Ensamble final de la maqueta - Cubierta abierta.....	113
Figura 92: (a) Instalación módulo relés - (b) Instalación LCD.....	114
Figura 93: (a) Instalación de conectores - (b) Instalación placa control.....	114
Figura 94: Vista del conexionado interior y sus componentes.....	115
Figura 95: Vista frontal del sistema de control.	116

Figura 96: Vista del sistema completo con la cubierta cerrada.	117
Figura 97: Vista del sistema completo con la cubierta abierta.....	117
Figura 98: Rotulado de conexiones.	118
Figura 99: Vista del dispositivo en funcionamiento.....	118
Figura 100: Evolución del consumo eléctrico de un hogar de familia.....	124
Figura 101: Fuente calculadora huella de carbono.	126

Lista de Tablas:

Tabla 1 – Ventajas y Desventajas de SST de circulación natural y forzados..	5
Tabla 2 – Características de los sistemas directos e indirectos.	7
Tabla 3 – Ventajas, desventajas y ejemplos de los SST compactos y forzados.....	9
Tabla 4 – Normas IRAM vigentes y en estudio de aplicación a los SST.....	20
Tabla 5 - Resistencias de Pull-Up - DS18B20.....	48
Tabla 6 – Precio por componentes y precio total general.....	122
Tabla 7 – Calculo de amortización contra factura de luz.	125

Lista de Abreviaciones y Símbolos

SST: Sistema Solar Térmico.

IoT: Internet of Things.

WiFi: Wireless fidelity – Fidelidad Inalámbrica.

WEB: Diminutivo de world wide web.

4G: Sigla utilizada para referirse a la cuarta generación de tecnologías móvil.

AP: Access Point - Punto de Acceso

NodeMCU: Node Microcontroller Unit – Unidad microcontroladora de nodo.

PCB: Printed Circuit Board – Placa de circuito impreso.

EEPROM: Memoria de sólo lectura borrable y escrita eléctricamente.

Bit: Dígito binario.

Byte: Conjunto de 8 Bit.

MS Byte: More Significant Bit – Bit mas significativo.

LS Byte: Less Significant Bit – Bit menos significativo.

SOC: System on a Chip – Sistema en chip.

IP: Internet Protocol – Protocolo de internet.

TCPIP: Protocolo de control de transmisión por IP.

GPIO: General Purpose Input Output – Entrada-Salida de propósito general.

IDE: Integrated Development Enviroment – Entorno de desarrollo integrado.

RTC: Real Time Clock – Reloj de tiempo real.

I2C: Inter-Integrated Circuit – Circuito íter-integrado.

IEEE: Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.

RGB: Red-Green-Blue – Rojo-Verde-Azul.

LED: Light Emitter Diode – Diodo emisor de luz.

STA: Station – Estación.

SSID: Service Set Identifier – Identificador de paquetes de servicio.

PASS: Password – Contraseña.

LCD: Liquid Crystal Display – Pantalla de cristal líquido.

SCL: Serial clock – Reloj serie.

SDA: Serial Data – Datos serie.

HTML: Hyper Text Markup Language – Lenguaje de marcado de hipertexto.

CSS: Cascading Style Sheets – Hojas de estilo en cascada.

JS: JavaScript.

CIEER: Colegio de Ingenieros Especialistas de Entre Ríos.

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

OAA: Organismo Argentino de Acreditación.

ACS: Agua Caliente Sanitaria.

Kg: Kilogramo.

cm: Centímetro.

m: Metro.
mm: Milímetro.
um: Micrómetro.
uF: Microfaradio.
W: Watts.
V: Volt.
A: Ampere.
Vcc - Vdc: Tensión continua.
Vca: Tensión alterna.
°C: Grados centígrados.
mA: Miliampere.
ms: Milisegundo.
Hz: Hertz.
GND: Ground - Tierra - Masa.
N: Newton.
RPM: Revoluciones por minuto.
GTM: Greenwich Mean Time - Hora en el meridiano de Greenwich.
TPR: Cable de simple aislación, polos envainados.
Eth: Ethernet.
IC: Integrated Circuit.
PVC: Cloruro de polivinilo - plástico.
KWh: Kilo Watt hora.
MWh: Mega Watt hora.
CO2: Dióxido de carbono.
RF: Radio Frecuencia.
SRRC: Comisión Estatal de Regulación de Radio (China)
FCC: Comisión Federal de Comunicaciones (EEUU).
CE: Conformidad del producto en toda la Unión Europea (UE).
RED: Directiva de Equipo de Radio.
KCC: Comisión de Comunicaciones de Corea (Korea).
TELEC/MIC: Certificación Modular Completa (Japón).
I.C.: Industry Canadá (Canadá).
NCC: Comisión Nacional de Comunicaciones (Taiwan).
ROHS: Restricción de Sustancias Peligrosas.
REACH: Regula la Producción y el Uso de Componentes Químicos.
HTOL: Vida útil a Alta Temperatura (funcionando durante la prueba).
HTSL: Vida útil a Alta Temperatura (sin funcionar durante la prueba).
uHAST: Confiabilidad en condiciones de Alta Temperatura y Alta Humedad.
TCT: Prueba de Ciclo de Temperatura (fallas por fatiga térmica).
ESD: Descarga Electrostática.

Dedicado a:

A Dios, a mi esposa Dana y a mi hija Maitena porque sin su amor, apoyo, paciencia y esfuerzo no habría culminado esta etapa de mi vida. A mi madre María y a mis hermanos porque estuvieron desde el principio y no dejaron de alentarme. Y en especial, a la memoria de mi padre que siempre es mi renuevo de fuerzas.

José Adán Domé

A Dios por ser guía en mi vida, a mi señora Marcia y a mi hijo Mateo quienes me apoyaron siempre, dándome la fuerza y voluntad necesaria para alcanzar esta meta. A mis padres Aníbal y Silvia que me acompañaron desde el inicio de mis estudios junto a mis hermanos Tomás y Hernán. A la memoria de mis abuelos, especialmente Nilda y Olga, por tanto amor y dedicación que me han dado desde mi niñez.

Schenone, Leandro Sebastián

Capítulo 1: Introducción

El tema base desarrollado a lo largo del presente proyecto tiene como punto de partida el aprovechamiento de la energía solar térmica para la producción de agua caliente tanto a nivel doméstico, pequeños y medianos comercios, y pequeñas industrias. Es una de las aplicaciones de las energías renovables que se puede desarrollar a corto plazo, considerando además que es la fuente de energía más abundante en el planeta, y que nuestro país cuenta con niveles de radiación solar totalmente adecuadas para este uso. Esto implica que existen razones para instalar sistemas solares térmicos. Actualmente hay muchas empresas dedicadas a la venta, dimensionamiento e instalación de sistemas de energía solar diseñados para generar agua caliente sanitaria en todo el país, requiriendo de diseñadores e instaladores. Estos equipos e instalaciones para la generación de agua caliente sanitaria tanto residenciales como industriales son muy utilizados en la actualidad, y ante la compleja situación energética que vivimos, estos sistemas empiezan a ser promovidos desde el gobierno, por lo que es factible que tengamos leyes y ordenanzas de generalización de su uso. Si bien las instalaciones son de mediana complejidad para su instalación y se caracterizan por su bajo mantenimiento, es necesario conocer los equipos y accesorios que nos permitan realizar las instalaciones de acuerdo a la normativa y normas de operación que cumplan efectivamente con ahorros directos en el consumo de gas y/o electricidad en edificios y que cumplan objetivos de autoabastecimiento en zonas aisladas donde no existan redes de gas y se deba transportar el mismo mediante contenedores o bien se deba generar electricidad.

La energía solar térmica consiste en aprovechar la radiación solar (rayos UV) incidentes en un determinado material para producir calor. Este calor, se obtiene a través del aumento de temperatura de un fluido como por ejemplo el aire o el agua.

La aplicación comercial más desarrollada es la de obtener agua caliente, energía que puede ser utilizada para el abastecimiento de agua caliente industrial o sanitaria (duchas, piletas de mano, etc.), calentamiento del agua de piscinas, calefacción e incluso refrigeración de locales mediante máquinas de absorción.

Poder utilizar este recurso natural y conseguir el calentamiento de esta manera, hace que esta energía no se proporcione con equipos convencionales como son las calderas, termos eléctricos, y demás. De este modo, se logra un menor consumo de combustible consiguiendo reducir la contaminación ambiental.

La energía solar térmica es considerada como una medida básica de ahorro energético y con el tiempo va tomando cada vez más importancia en el mundo.

En breves palabras queremos mencionar que hemos elegido trabajar las energías renovables, utilizando el sol como fuente natural inagotable, dado que no produce gases de efecto invernadero (principales causantes del cambio climático), ni emisiones contaminantes, razón por la cual también se las denomina energías limpias o verdes. De esta manera, ayudamos a reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire, lo cual redundará en una mejor salud para todos.

Este tipo de energía no genera residuos difíciles de tratar que suelen terminar contaminando el medio ambiente y afectan los ecosistemas.

Por otra parte, al tratarse de recursos naturales endógenos e inagotables, todos los países pueden acceder a ellos, lo cual reduce la dependencia energética de terceros. Las energías renovables también pueden contribuir a estabilizar el mercado energético, evitando las enormes oscilaciones de precios que afectan la economía y la calidad de vida de las personas en muchos países.

1.1 Sistemas Solares Térmicos

El objetivo en esta primera parte es introducir los conceptos del aprovechamiento térmico de la radiación solar mediante Sistemas Solares Térmicos (SST). Se detalla en profundidad la tecnología, los diferentes sistemas, sus clasificaciones, características y componentes. A su vez, se desarrollan conceptos del funcionamiento y la selección de la tecnología. Finalmente, se destina una sección a los conceptos asociados al recurso solar y su aplicación en Sistemas Solares Térmicos, proveyendo herramientas gráficas, tablas e información de interés para una mejor comprensión sobre este tema.

En los Sistemas Solares Térmicos (SST) aprovechamos la energía del sol para calentar agua o cualquier otro fluido pudiendo ser utilizado en diversas aplicaciones. La energía solar térmica es una solución con numerosas ventajas, entre las cuales se pueden citar:

Fuente de energía primaria (el Sol) gratuita y abundante.

Los SST tienen un rendimiento de conversión energética de radiación disponible a energía útil mayor al 50%, siendo uno de los factores de conversión más altos entre las diferentes energías renovables.

No genera emisiones de gases de efecto invernadero, y a su vez reemplaza o complementa tecnologías que utilizan combustibles fósiles.

Cualquier sistema solar térmico consta de dos componentes esenciales: el colector y el tanque acumulador. El colector se encarga de transformar la energía solar en calor y calentar el fluido que circula en su interior. El tanque acumulador se encarga de almacenar ese fluido caliente para su posterior uso en aplicaciones de agua caliente sanitaria, climatización, procesos industriales o cualquier otro uso.

La siguiente figura resume a grandes rasgos los tipos de sistema solares térmicos existentes.

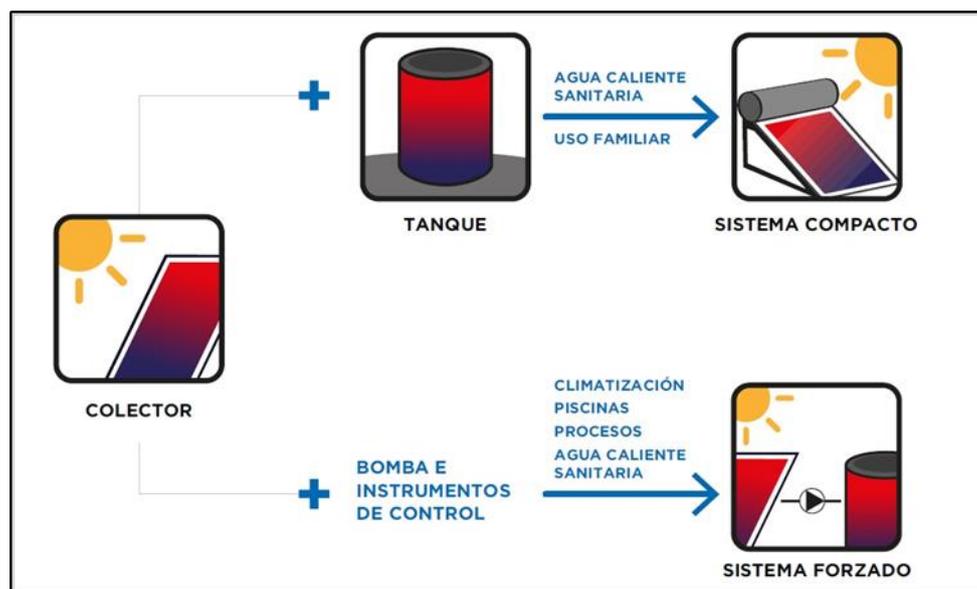


Figura 1: Tipos de sistemas solares térmicos

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

El colector y el tanque acumulador forman un sistema cuyo acoplamiento se define de forma específica para cada aplicación y uso.

1.2 Tipo o clasificación del sistema solar térmico

Dependiendo del tipo o clasificación del sistema solar térmico (circulación natural o forzada, abierto o cerrado, directo o indirecto), es posible alimentar una o más aplicaciones con ellos.

Los SST pueden clasificarse por el principio de circulación, por su sistema de transferencia de calor, su presión de trabajo y su diseño.

Cuando hablamos de circulación, nos encontramos con la circulación natural o circulación forzada. Los SST que funcionan por circulación natural o también llamados “termosifónicos” no utilizan bombas o controladores para movilizar el fluido entre el colector y el acumulador, en este caso, el agua caliente circula por gravedad.

El agua dentro del colector es calentada por el sol, disminuye su densidad y fluye hacia arriba para ingresar al tanque de almacenamiento, mientras que el agua fría al tener mayor densidad, fluye hacia abajo creando una circulación continua. Este flujo convectivo o termosifónico continúa mientras el sol calienta el colector.

Los sistemas forzados utilizan una bomba y un controlador para hacer circular el fluido caloportador dentro del colector.

Normalmente los colectores se encuentran sobre el techo de las construcciones y el tanque se ubica en una sala en otro nivel. El fluido fluye desde el colector al tanque por acción de una bomba. En estos casos, el circuito de calentamiento del colector es un circuito cerrado.

El colector se usa para calentar un fluido caloportador, y este a su vez, intercambia calor con el agua de consumo a través de una serpentina ubicada en el interior de un tanque de acumulación. El circuito de calentamiento se activa con una bomba y varios sensores de temperatura vinculados a un controlador solar, elemento capaz de gestionar el funcionamiento de la instalación, punto hacia donde apunta nuestro proyecto.

La siguiente figura muestra la diferencia entre el sistema de circulación natural y el forzado.

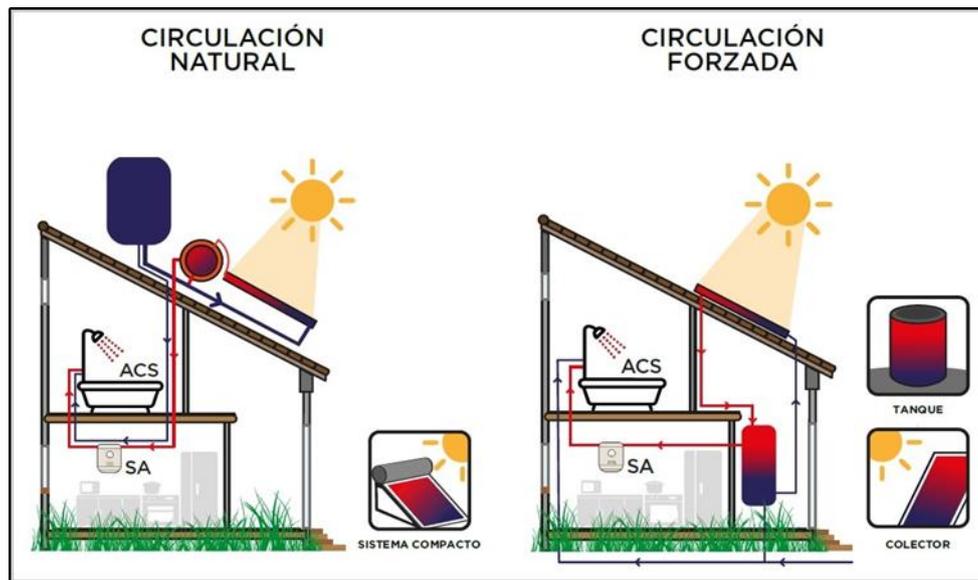


Figura 2: Diferencia entre SST de circulación natural y forzada.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

En la siguiente tabla vemos ventajas y desventajas del sistema de circulación natural y forzada.

SISTEMAS DE CIRCULACIÓN NATURAL		SISTEMAS DE CIRCULACIÓN FORZADA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Sistemas sencillos	Lenta puesta a régimen	Rápida puesta en funcionamiento	Sistemas complejos
Economía de instalación	Condicionamientos de montaje	Mayor flexibilidad de montaje	Mayor costo de inversión
No hay piezas en movimiento	Rigurosas pendientes en las cañerías o tubos	Facilitan la integración arquitectónica	Necesita aporte de energía eléctrica para la bomba y el controlador
No necesitan energía adicional para su funcionamiento	La adaptación a mayor demanda es limitada	La cantidad de colectores puede adaptarse al aumento de demanda	Mayor mantenimiento
Mínimo mantenimiento	Trabajan a baja presión de agua	Las cañerías no necesitan pendientes especiales o rigurosas	Personal capacitado para el montaje y mantenimiento

Tabla 1 – Ventajas y Desventajas de SST de circulación natural y forzados.

Los sistemas de circulación natural pueden ser directos o indirectos. Los directos utilizan el mismo fluido en el colector y en el acumulador, siendo este fluido el agua de consumo. En los indirectos, existe un fluido en el colector que transporta el calor a través de algún medio de intercambio, hacia el agua de consumo y que se encuentra en el acumulador. El fluido que transporta el calor es un fluido con propiedades anticongelantes, y el circuito (serpentina) donde circula el fluido anticongelante se denomina “primario” y el circuito donde circula el agua de consumo “secundario”.

Los sistemas de circulación natural directos sin protección anti-heladas, se utilizan en climas cálidos donde no hay riesgo de congelamiento, ya que son más económicos y tienen un rendimiento similar a los indirectos. De uso en aumento en nuestra región, litoral de la República Argentina.

La mayoría de los sistemas forzados son indirectos, utilizan un intercambiador de calor entre el fluido caloportador ubicado en el colector, y el agua potable que se encuentra en el acumulador. Como tenemos un circuito cerrado, es necesario contemplar la dilatación del fluido en el interior del circuito, teniendo una alternativa de llenado y una alternativa de vaciado cuando las condiciones climáticas excedan las condiciones de diseño y tengamos riesgos de rotura de la instalación.

Los sistemas directos, al no tener intercambiador de calor y utilizar el agua de consumo directamente en el colector, están expuestos al daño por congelamiento en lugares donde la temperatura ambiente cae por debajo de los 4°C, pudiendo ser utilizados en zonas con riesgos a heladas (aunque no se recomienda) si se utiliza algún sistema de protección anti heladas. De todas maneras, se han reportado muchos casos de fallas de protecciones anti heladas, dando lugar a roturas y pérdida de confianza en la tecnología. Debemos tener absoluta certeza acerca del funcionamiento de la protección anti-heladas para colocar un sistema directo en un lugar con este riesgo.

Los sistemas indirectos predominan en climas fríos. En sistemas de circulación forzada e indirectos, es posible atender varias aplicaciones con un mismo sistema. Esto se logra utilizando intercambiadores de calor para cada aplicación que se busca atender. Los intercambiadores pueden estar dentro o fuera del tanque acumulador del SST.

En la siguiente tabla se detallan características principales de sistemas directos e indirectos.

CARACTERÍSTICA	SISTEMA DIRECTO	SISTEMA INDIRECTO
Fluido de Trabajo	El agua de consumo es la misma que circula en el colector	El agua de consumo no es el mismo fluido que circula en el colector
Utilización en climas con temperatura ambiente cercanas al congelamiento	Suele conducir a roturas del colector por congelamiento	Los equipos indirectos previenen congelamiento y sobrecalentamiento.
Utilización en zona de aguas duras (con alta concentración de sales de carbonato de calcio y magnesio)	Las incrustaciones del agua dura perjudican el funcionamiento del equipo	Las incrustaciones no afectan el rendimiento del equipo
Mantenimiento	Requiere limpieza interna del colector y del tanque	Solo requiere revisar el nivel de anticongelante
Características constructivas de los sistemas	Más sencillo	Más complejo
Costo de Inversión	Menor	Mayor

Tabla 2 – Características de los sistemas directos e indirectos.

Los SST llamados equipos compactos son productos, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto.

En el equipo compacto, el colector y el tanque conforman un solo producto. A nivel mundial, los equipos compactos constituyen el 70% del mercado de la energía solar térmica. Mercado principal hacia donde apunta nuestro proyecto.

En las siguientes figuras vemos ejemplos de dos equipos compactos comercializados en Argentina de los que participamos en su instalación para conocer en profundidad su funcionalidad.

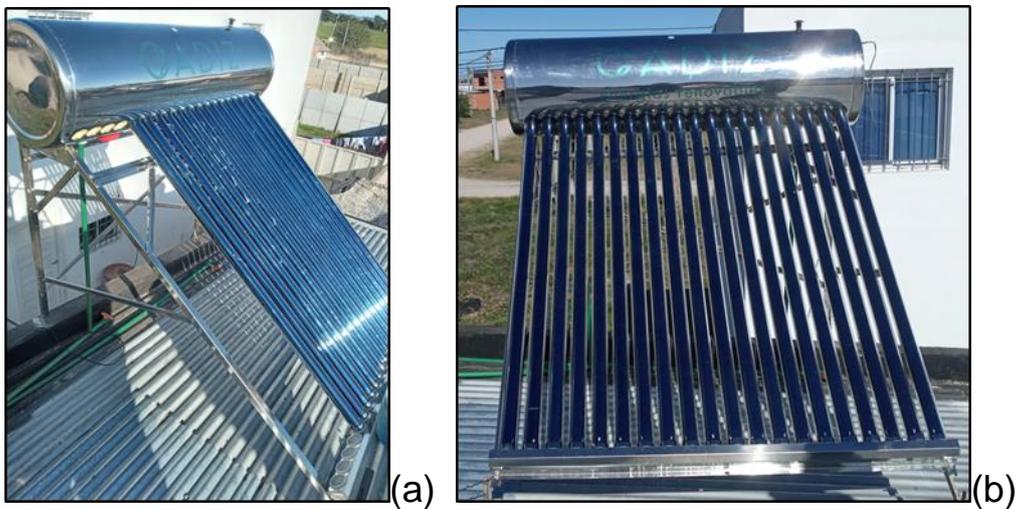


Figura 3: Equipo termosifónico de 200 Litros - (a) Ensamble - (b) Terminado.

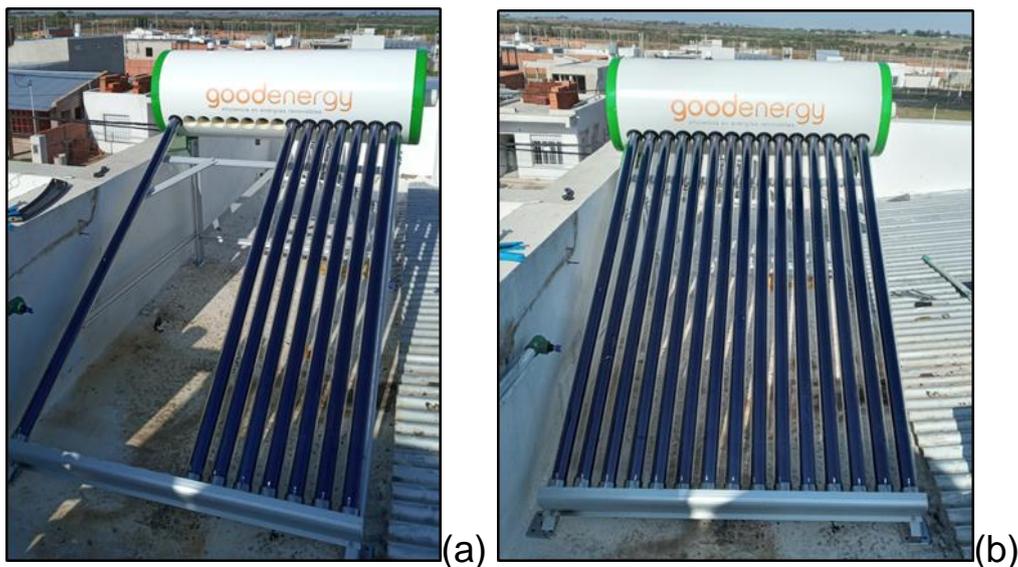


Figura 4: Equipo termosifónico de 150 Litros - (a) Ensamble - (b) Terminado.

Un punto a tener presente en el conocimiento de los SST es la presión de trabajo con la que opera el tanque de acumulación, los SST pueden ser “abiertos” o “cerrados”. En un sistema abierto, el tanque de acumulación donde circula el agua de consumo opera a presión atmosférica. En un sistema cerrado, el agua en el tanque está presurizada a una presión específica entre 2 y 4 kg/cm². Esto quiere decir que el tanque de almacenamiento no está en contacto con la atmósfera.

La siguiente tabla muestra ventajas, desventajas y ejemplos de cada uno de los SST vistos.

Tipo	CARACT. PRINCIPALES	TIPO DE SISTEMAS DE INTERCAM.	PRESIÓN DE TRABAJO	APLIC.	COMERC. TÍPICA
Circulación Natural	Baja complejidad Costo bajo a medio No requiere electricidad	Directo/ Indirecto	Abierto / Cerrado	ACS (agua caliente sanitaria)	Prefabricados o equipos compactos
Circulación Forzada	Media complejidad Costo medio a alto Requiere electricidad	Indirecto	Abierto / Cerrado	ACS - Climatización de piscinas Calefacción Procesos Industriales	A medida

Tabla 3 – Ventajas, desventajas y ejemplos de SST compactos y forzados.

1.3 Análisis de las partes de un sistema compacto

1.3.1 Colector

El colector solar es el alma de cualquier SST. Su función es transformar el sol en calor. De acuerdo a su tecnología, se dividen en 3 grupos genéricos: “Planos - Tubos evacuados o de vacío - Plásticos o de piscinas”.

1.3.1.1 a) Planos

Formados por una caja o gabinete aislado térmicamente con una cubierta o cobertor transparente. En su interior contienen un sistema de tubos por el cual circula el fluido a calentar. Los tubos pueden o no estar unidos a otras superficies con el fin de captar más radiación solar. Estos colectores pueden diferir entre sí en distintas variables:

La cubierta transparente puede ser de una o más capas de plástico, vidrio, vidrio de baja emisividad o vidrio de borosilicato.

El absorbedor puede ser negro mate o tener un recubrimiento selectivo que le permita maximizar la captación solar y minimizar las pérdidas de calor radiativas. La selectividad de la superficie depende del tipo de recubrimiento del absorbedor. El aislante puede ser lana de vidrio, lana mineral o

poliuretano. Puede o no poseer superficies reflectantes que ayuden a captar la energía solar.

Los tubos de agua dentro del colector pueden ser paralelos (denominados “tipo parrilla”), estar dispuestos en forma de serpentina, o bien poseer una configuración específica.

1.3.1.2 b) Tubos de vacío

Consiste en dos tubos de vidrio concéntricos y soldados entre sí como una ampolla, en cuyo interior se ha hecho vacío con el fin de reducir las pérdidas convectivas que ocurren en los colectores planos. Por el proceso de manufactura, todos los tubos evacuados ya vienen con un recubrimiento selectivo en la parte externa del tubo interno. De hecho, el vacío solo tiene sentido si previamente se ha hecho un recubrimiento selectivo. De la otra manera, seguirán predominando las pérdidas radiativas. Estos colectores pueden diferir entre sí en distintas variables:

Pueden poseer espejos reflectores exteriores de diversa geometría que ayuden a captar más energía solar. El agua puede circular dentro de los tubos llenándolos por completo (“All Glass”). El agua puede circular en un tubo de cobre dentro del tubo evacuado (“U-Pipe”). Esta tecnología permite operar con mayor presión de agua.

El calor capturado por el tubo evacuado puede ser transferido al agua a través de un tubo que en su interior cuenta con una pequeña cantidad de un fluido caloportador que se evapora y condensa constantemente, cediendo calor a un tubo colector ubicado en la parte superior (“Heat Pipe”).

Pueden ser enteramente de vidrio o la ampolla puede estar compuesta por un tubo de vidrio externo, y un tubo metálico interno, ambos unidos por un sello que absorbe las dilataciones diferenciales de cada material.

1.3.1.3 c) Plásticos o piscinas

Estos colectores son en su mayoría de polipropileno extruido o inyectado. La característica sobresaliente es que no tienen caja o cobertura transparente, ni tampoco aislamiento térmico. Al ser de plástico resisten bien la corrosión que ocasiona el agua clorada de las piscinas, pero al no tener cubierta transparente ni aislante, tienen grandes pérdidas térmicas cuando las condiciones ambientales se tornan desfavorables. Su uso se limita

exclusivamente a extender la temperatura de uso de piscina en primavera/otoño, elevando algunos grados la temperatura del agua de la misma. “NO DEBEN USARSE PARA SISTEMAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA”.

Los colectores plásticos para piscinas no funcionan por circulación natural, y siempre requieren una bomba de recirculación, trabajando habitualmente a una presión de entre 1 y 1,5 kg/cm².

A continuación, en la siguiente figura se muestra un ejemplo típico del rendimiento de cada tecnología de colector en las diferentes estaciones del año.

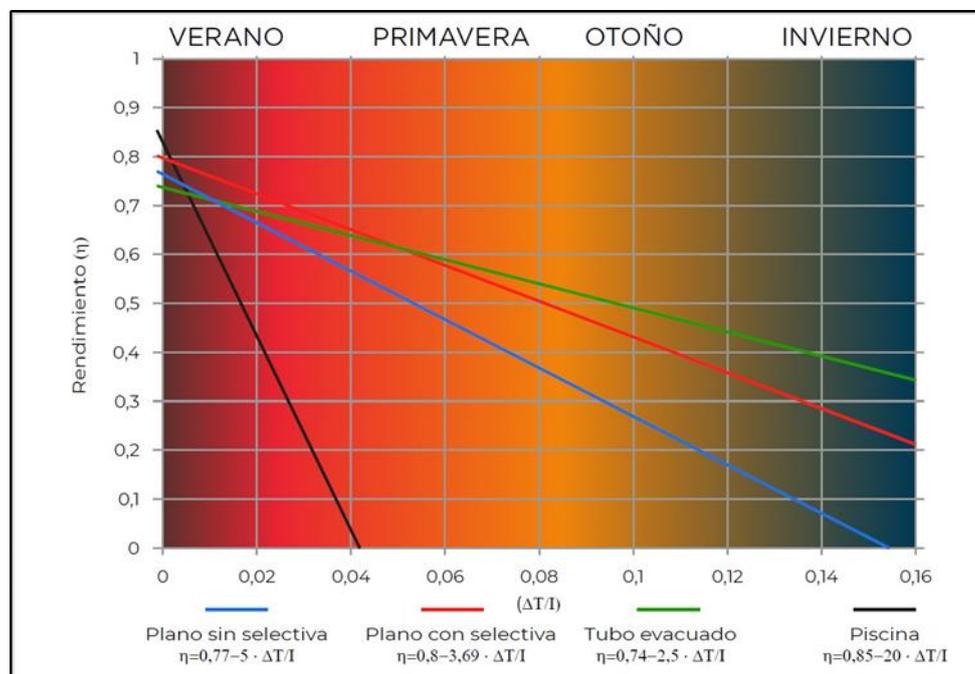


Figura 5: Rendimiento diferentes tipos de colectores.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

De esta manera, el tipo correcto de colector solar a utilizar en cada aplicación específica (agua caliente sanitaria, calefacción o calentamiento de piscinas) está dado por las características climáticas de la zona (temperatura ambiente, velocidad de viento, radiación solar, etc.).

Todos los colectores son útiles para calentar fluidos, algunos más eficientes que otros, es decir, generan más calor con la misma radiación. No siempre el más eficiente es el más conveniente.

En el norte del país, como hay mucha radiación solar, se recomienda usar un colector que no sea tan eficiente para evitar sobrecalentamientos. Sin embargo, en el sur, donde hay poca radiación solar, es necesario utilizar colectores que sean lo más eficiente posible.

El colector debe ser capaz de resistir altas temperaturas y de bajo cero, presión de sobrecalentamiento, dilataciones, lluvias, etc.

Para poder asegurar la calidad de un colector, es necesario que el mismo cumpla varios requisitos definidos por normas.

En Argentina, los requisitos mínimos que deben cumplir los colectores están dados por la norma IRAM 210.022-1, los métodos de ensayo de caracterización se definen en la IRAM 210.007, y la curva de rendimiento térmico mediante la norma IRAM 210.002.

Los colectores deben estar certificados de acuerdo a estas normas para poder ser utilizados en una instalación. Para que el certificado sea válido debe figurar el número de serie y lote en el certificado y cada colector debe tener un número de serie que lo identifique en ese lote, caso contrario, el certificado no corresponde a ese colector y no quedan aseguradas las prestaciones del mismo.

Actualmente, todos los colectores que se comercializan en la República Argentina deben cumplir con la Resolución 520/2018 de la Secretaría de Comercio.

1.3.1.4 Criterios de selección del colector

Los criterios a evaluar al momento de utilizar un colector solar son los siguientes:

El recurso solar disponible en el lugar influye directamente con la energía útil generada y el colector óptimo dependerá de la zona de instalación y de la aplicación.

La curva de rendimiento del colector, que en conjunto con la radiación solar define cuánta área de colectores será necesaria para abastecer una determinada demanda.

La calidad del colector, definida mediante certificados acreditando los ensayos conforme a la Resolución 520/2018 de la Secretaría de Comercio.

La posibilidad de realizar un sistema modular en el que se puedan ir sumando colectores para cubrir mayores demandas energéticas.

El tipo de fluido caloportador, disponibilidad y accesibilidad para reponer el fluido de trabajo.

La disponibilidad de accesorios, sobre todo en colectores importados.

Condiciones de entrega, garantía, tareas de mantenimiento y costos.

El lugar de instalación y medios de acceso al mismo, pueden limitar el tipo de tecnología que iremos a utilizar.

1.3.2 Tanque

Son el segundo componente más importante en los SST dado que almacenan el fluido hasta su uso. Se clasifican por su volumen de almacenamiento, disposición (horizontal o vertical) y cantidad de serpentinas o circuitos internos.

Los tanques de almacenamiento son los encargados de almacenar el fluido caliente hasta su uso. Dependiendo si su uso es para sistemas directos o indirectos, de circulación natural o forzada, pueden tener uno o más medios de transferencia de calor interno tales como serpentinas o doble camisa y se clasifican de acuerdo a su disposición en horizontales y verticales.

1.3.2.1 a) Tanques horizontales

Se utilizan para equipos compactos y se ubican por encima del colector. Pueden acumular agua de consumo (directos) o tener algún sistema de intercambio de calor (indirectos).

Están diseñados para resistir poca presión en el tanque y una presión más alta dentro de la serpentina o el medio de intercambio de calor en su interior. Hay algunos fabricantes cuyos tanques de equipos compactos resisten altas presiones de trabajo. Generalmente se comercializan en volúmenes de hasta 300 litros, siendo los más comunes los de 150 y los de 200 litros.

A continuación, se muestran figuras de ejemplo de sistemas directos.

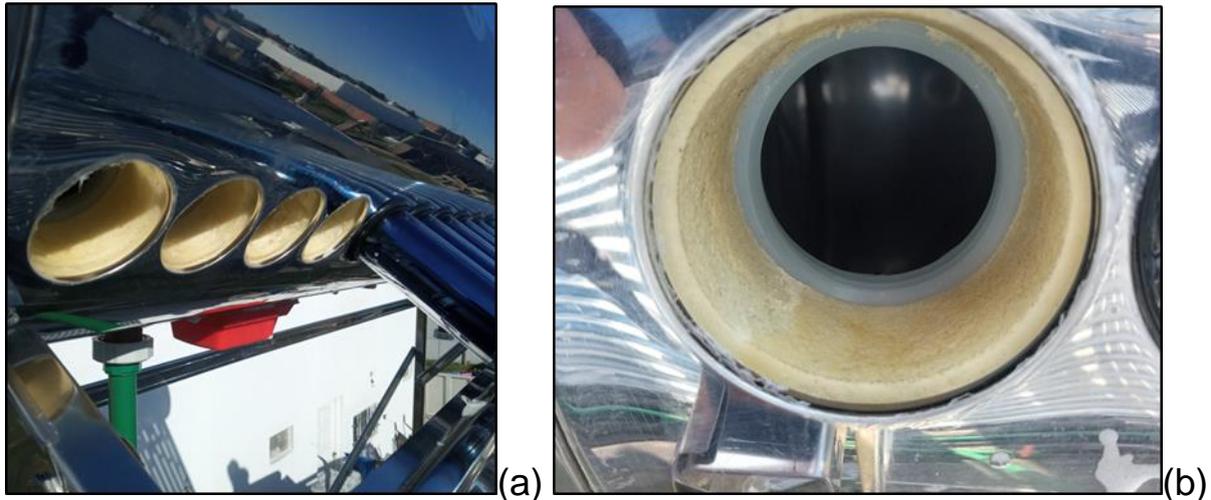


Figura 6: Tanque horizontal (sin serpentina) - (a) Vista exterior - (b) Vista interior.

1.3.2.2 b) Tanques verticales

Están bien aislados, cuentan con una o más serpentinas o intercambiadores de calor para atender diferentes aplicaciones al mismo tiempo (agua caliente y calefacción). Trabajan mediante el uso de bombas y controladores electrónicos. En general, son pesados y están diseñados para resistir presiones de hasta 6 kg/cm². Típicamente se comercializan en volúmenes mayores a los 300 litros.

1.3.2.3 Funcionamiento del tanque colector

Cuando el agua aumenta su temperatura, disminuye su densidad y por ende se eleva por sobre el agua más fría. Este efecto genera una estratificación y un gradiente vertical de temperaturas del agua almacenada.

Los acumuladores se diseñan con este concepto y es por eso que la salida de agua caliente se obtiene desde la parte superior del tanque, mientras que el agua más fría se ubica en la parte inferior.

La disposición del tanque de acumulación (horizontal/ vertical) afecta a la estratificación. En el acumulador horizontal la temperatura del agua es bastante homogénea, está poco estratificada, y necesita más energía para llegar a temperaturas más altas. En cambio, en el acumulador vertical se logran temperaturas heterogéneas mucho mayor en la parte superior del acumulador y más bajas en la base del acumulador.

Con el objetivo de aprovechar al máximo la energía captada en los colectores solares y evitar la pérdida de estratificación por temperatura en el acumulador, se deberá prestar especial atención a las tomas de las diferentes conexiones en los puntos de entrada y salida de agua caliente y de agua fría.

En los termotanques termosifónicos encontramos un tubo interno, el cual vulgarmente se denomina pescador, el cual permite que la salida de agua caliente se realice desde un nivel medio del tanque. En la siguiente imagen se visualiza lo comentado.



Figura 7: Nivel al que se toma el agua caliente.

1.3.2.4 Criterios de selección del acumulador

Aunque los acumuladores utilizados en las instalaciones solares térmicas pueden ser similares a los empleados para producción de ACS en sistemas convencionales, se deben evaluar los criterios específicos que definen su correcto funcionamiento y su durabilidad para decidir su selección. Entre ellos se encuentran:

La disponibilidad de espacio para la instalación del acumulador, incluyendo todas sus conexiones de entrada y salida y sus accesorios de funcionamiento.

Los materiales que componen el acumulador son: sus protecciones interiores y exteriores, y el espesor de la aislación del tanque de manera de minimizar las pérdidas térmicas.

La capacidad de trabajar adecuadamente y en forma segura durante condiciones de presión y temperatura extremas previstas.

La disponibilidad de un certificado de producto que garantice el cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad y fiabilidad.

Las condiciones de entrega, garantía, tareas de mantenimiento y los costos.

Los medios de acceso al lugar de instalación pueden limitar también el tipo de tecnología a utilizar.

El peso que soporta el lugar de la instalación. Cada litro de agua caliente pesa aproximadamente 1 kg, siendo importante contemplar el peso que ejercerá el tanque en el lugar donde se instalará.

1.4 Condiciones de funcionamiento de los SST

No existe un Sistema Solar Térmico (SST) mejor o peor que otro, sino un sistema o equipo más adecuado para una determinada aplicación o zona climática. Por esto, cobra importancia conocer las condiciones de funcionamiento de los sistemas y equipos, pudiendo así, elegir la tecnología más adecuada a la zona climática y a su aplicación.

Estos sistemas con calidad certificada tienen una vida útil entre 5 y 30 años dependiendo de la tecnología y los materiales de fabricación. No existe uno mejor o peor, si no, el más conveniente o adecuado para la aplicación y la zona climática en cuestión. Esa conveniencia no solo estará dada por la eficiencia del sistema sino también por otros parámetros como la resistencia al sobrecalentamiento, al congelamiento, la calidad del agua del lugar y presión hidráulica del suministro de agua.

1.4.1 Sobrecalentamiento

Ocurren por lo general cuando la energía útil que genera el SST excede el consumo de agua caliente en épocas de mucha radiación solar como en el verano. Un ejemplo es el caso cuando un usuario se va de vacaciones y no hay descargas de agua del sistema por un periodo prolongado de tiempo. En estos casos el agua dentro del sistema alcanza los 100°C. Si el sistema de acumulación es abierto, el “venteo” sirve como purga del vapor evitando que el tanque levante presión y se dañe. Si es presurizado, el tanque debe

poseer una válvula de alivio de presión y temperatura que drene el exceso de agua caliente, evitando roturas en el tanque. No ocurre lo mismo con el circuito primario del colector dado que este debe soportar la presión de trabajo sin pérdidas del fluido en su interior. La excepción se da en los sistemas directos, en donde el agua del tanque es la misma que va al colector. El sobrecalentamiento puede causar quemaduras debido a la salida repentina de vapor o de agua a muy alta temperatura. De la misma manera, no es conveniente que los SST sufran situaciones de sobrecalentamiento dado que los materiales que los componen sufren un desgaste acelerado y disminuye su vida útil. Todo SST debe tener una protección contra el sobrecalentamiento.



Figura 8: Temperatura alcanzada de un sistema termosifónico.

1.4.2 Congelamiento

El congelamiento en el colector, tubos y cañerías, pueden dañar el sistema si no tienen las protecciones de congelamiento adecuadas. Es necesario conocer el registro de la temperatura más baja ocurrida en el lugar de emplazamiento de manera que el sistema sea elegido correctamente. Si existe posibilidad de congelamiento, es necesario que el SST sea del tipo indirecto. Es posible instalar equipos de circulación natural del tipo integrado o directo, pero hay que verificar primero que resistan las temperaturas de congelamiento de la zona en cuestión ya sea por diseño o bien mediante algún mecanismo de protección.

1.4.3 Calidad del agua

La calidad del agua del lugar es un factor importante. Las “aguas duras”, con alto contenido de sales de carbonato de calcio, suelen formar calcificaciones

e incrustaciones en el circuito primario o en el secundario, dependiendo si es directo o indirecto. Es importante utilizar algún método para remover las incrustaciones durante el mantenimiento. Para los casos en donde se conoce la dureza del agua y lo amerita, es recomendable el uso de SST indirectos y además instalar algún sistema de ablandamiento del agua a la entrada del sistema.

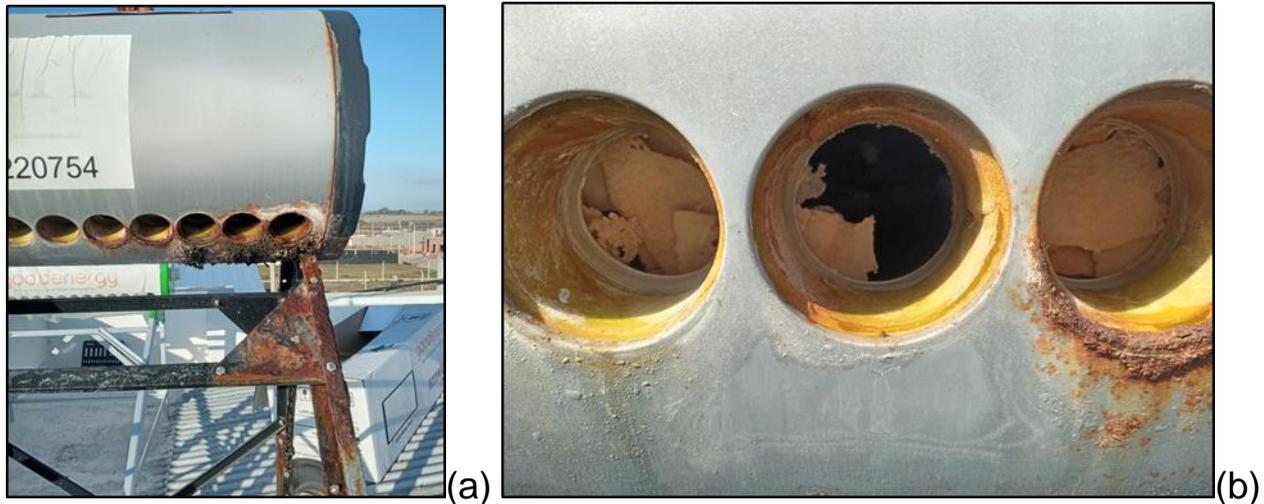


Figura 9: Efectos de aguas duras - (a) Daño en estructura - (b) Sal dentro del tanque.

1.4.4 Presión hidráulica del suministro de agua

El tanque de almacenamiento de los SST puede ser alimentado desde un tanque a mayor altura o bien por una bomba desde un tanque a una altura menor. En ambos casos, es necesario conocer la máxima presión de trabajo que resiste el SST. Si el sistema es alimentado por gravedad, la presión de salida del agua será la que determine el tanque de alimentación. En el caso de que el SST sea alimentado por una bomba a una altura menor, es necesario prever válvulas de retención que eviten el vaciado del SST por las diferencias de altura entre éste y el tanque de alimentación, y también es necesario contemplar un sistema de purga en los puntos más altos para permitir las salidas del aire atrapado.

1.4.5 Calidad y seguridad

La calidad de los equipos y componentes de un SST debe estar debidamente certificada y cumplir con los requisitos exigidos en las normas IRAM y la Resolución 520/2018 de la Secretaría de Comercio.

En todos los casos, es necesario que los componentes posean una certificación asociada al número de serie y lote de fabricación de cada uno de los productos.

En la República Argentina, los colectores y equipos compactos que se comercialicen deben cumplir con lo exigido en la Resolución 520/2018 de la Secretaría de Comercio.

Lo anterior implica que se realizan ensayos bajo normas en laboratorios acreditados por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA). Finalmente se certifica que el producto cumple con los requisitos establecidos en la norma que obliga el reglamento técnico. El OAA, acredita a laboratorios de ensayo y a certificadoras de productos.

En la siguiente tabla tenemos las normas IRAM vigentes y en estudio, para los equipos de tecnología Solar Térmica:

NORMA	TÍTULO
IRAM 210.002-1:2016	Colectores solares. Métodos de ensayo para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares con cubierta para el calentamiento de líquidos.
IRAM 210.003:1984	Acumuladores térmicos. Métodos de determinación del rendimiento térmico.
IRAM 210.004:2016	Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares.
IRAM 210.005:1984	Código de práctica para la instalación y funcionamiento de sistemas de calentamiento de agua que operan con energía solar.
IRAM 210.007:2017	Colectores solares térmicos. Métodos de ensayo de calidad y durabilidad.
IRAM 210.015-1	Sistemas Solares Térmico compactos. Requisitos mínimos y secuencias de ensayo.

IRAM 210.015-2 – en estudio	Sistemas Solares Térmico compactos. Etiquetado de eficiencia energética.
IRAM 210.022-1	Colectores solares térmicos. Requisitos mínimos y secuencias de ensayo.
IRAM 210.022-2 – en estudio	Colectores solares térmicos. Etiquetado de eficiencia energética.

Tabla 4 – Normas IRAM vigentes y en estudio de aplicación a los SST.

1.5 El recurso solar

Para poder comprender cuestiones técnicas acerca del dimensionamiento e instalación de sistemas solares térmicos, es necesario conocer las características físicas de la radiación solar, y como la atmósfera y la declinación del eje terrestre interfiere con ella.

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra, ubicada a 150 millones de kilómetros. Su edad se estima en 4.500 millones de años y es representativa de muchas otras más distantes, pero el hecho de su proximidad permite la observación de detalles en su estructura.

Una propiedad esencial del sol, es su masa de 2×10^{30} kg, unas 330.000 veces más masa que la Tierra. Bajo la acción de su propio campo gravitacional, el plasma solar (gas altamente ionizado, constituido esencialmente por hidrógeno y helio) es comprimido de tal forma que, en su centro, la alta densidad y temperatura permiten que tenga lugar a reacciones nucleares, siendo estas, la fuente de energía que continuamente irradia al espacio y controla la actividad solar.

El sol emite alrededor de 60.000 kW/m² desde toda su superficie. De esa cantidad y antes de entrar a la atmósfera terrestre, sólo nos llega un poco más de 1 kW/m². Esta cantidad se conoce como constante solar y se define como la energía proveniente del sol que por unidad de tiempo es recibida en la unidad de área por una superficie perpendicular a la radiación, ubicada en el espacio a la distancia media tierra-sol. Su valor es de 1367 ± 7 W/m². Como se verá más adelante, la variación en el valor de la constante solar está relacionada con que la distancia Tierra-Sol no es la misma en toda la órbita.

Luego de pasar por la atmósfera terrestre, en donde es parcialmente absorbida y redistribuida, alcanza la superficie de la Tierra con valores máximos que raramente superan 1.000 W/m^2 en días despejados. Esta energía se extiende desde longitudes de onda de $10\text{-}13 \text{ m}$ hasta los 10 m , estando concentrada el 98% de ella en la zona ubicada entre los $0,3 \text{ }\mu\text{m}$ y los $4.0 \text{ }\mu\text{m}$, límites que coinciden con una de las “ventanas” atmosféricas, como se ve en la siguiente figura del espectro de radiación solar:

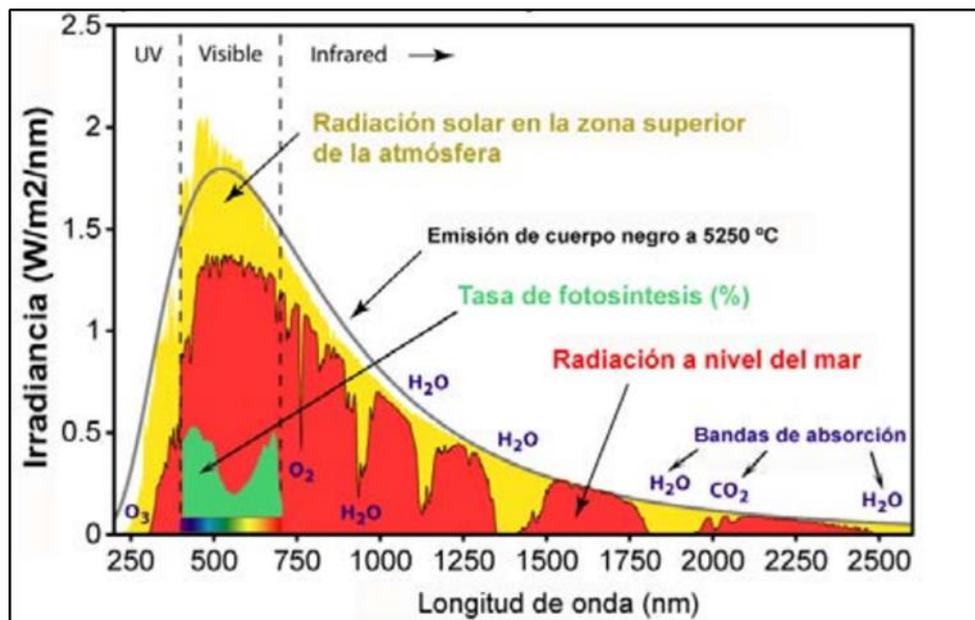


Figura 10: Espectro de radiación solar en la tierra.

Fuente: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24081/RicardoFranco_TFM.pdf

Al atravesar la atmósfera e interactuar con las partículas de los distintos gases que la componen, la radiación solar se divide en tres grupos:

1.5.1 Grupo 1 (radiación directa)

Es la radiación que llega a la superficie terrestre sin interactuar con la atmósfera. Tiene una dirección específica y es la que proyecta la sombra de un objeto.

1.5.2 Grupo 2 (radiación difusa)

Es la radiación que es dispersada por los componentes de la atmósfera y llega a la superficie terrestre en forma difusa, proveniente de toda la bóveda celeste.

1.5.3 Grupo 3 (radiación reflejada)

Es la que recibe la superficie terrestre por reflexión de objetos cercanos (paredes, suelos, etc.). La siguiente figura muestra un esquema de los tres tipos de radiación solar mencionadas.

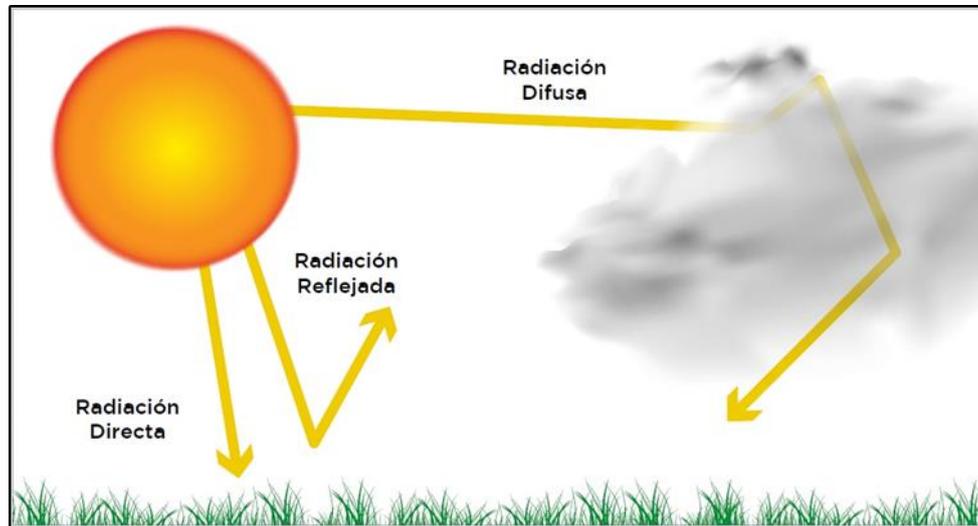


Figura 11: Fenómeno de absorción y dispersión atmosférica.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

Debido a las características de la órbita terrestre, el sol no es el mismo en todas las épocas del año porque la inclinación del eje terrestre cambia como vemos a continuación.

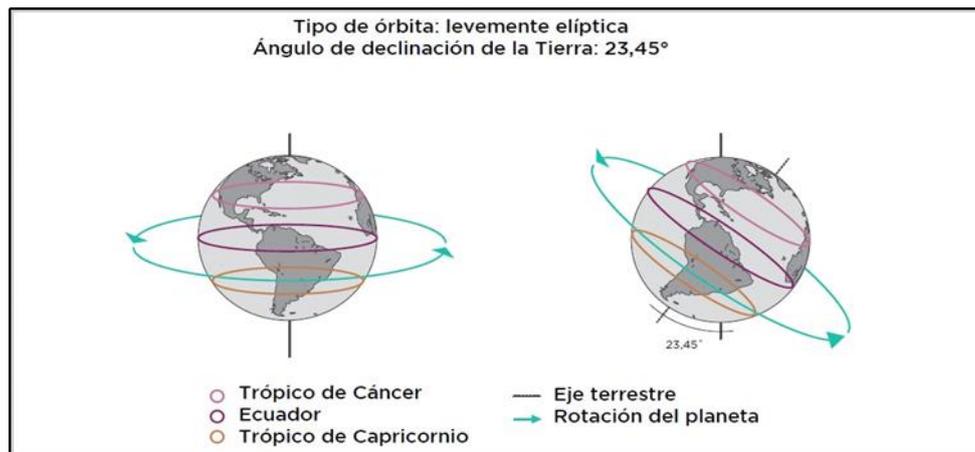


Figura 12: Inclinación del eje terrestre.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

Adicionalmente a lo antes mencionado, la órbita no es perfectamente redonda, sino que tiene una excentricidad del 3%. Es justamente la declinación del eje terrestre la que permite que existan las estaciones. Por otro lado, si el eje de la tierra fuera vertical, el sol incidiría de la misma manera durante todo el año y no tendríamos estaciones, siguiente figura.

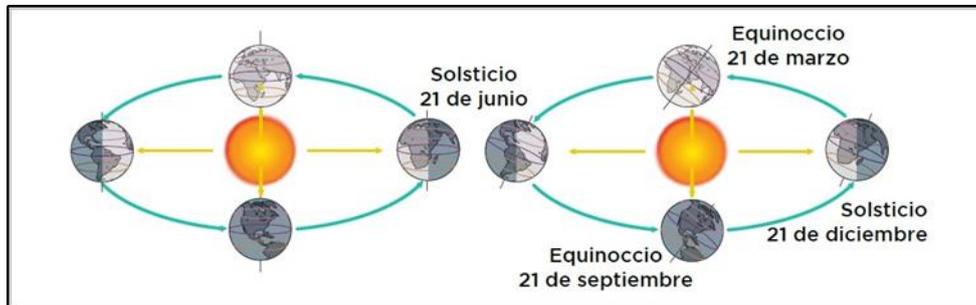


Figura 13: Consecuencia de la declinación del eje terrestre.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

En los equinoccios, el sol incide de forma directa sobre el ecuador, marcando de esta manera el inicio de la primavera o el inicio del otoño. Por tanto, el espesor de atmósfera que debe atravesar el sol para llegar a la superficie terrestre es mínimo sobre el ecuador y máximo en los polos. Es posible observar lo explicado en la figura 14.

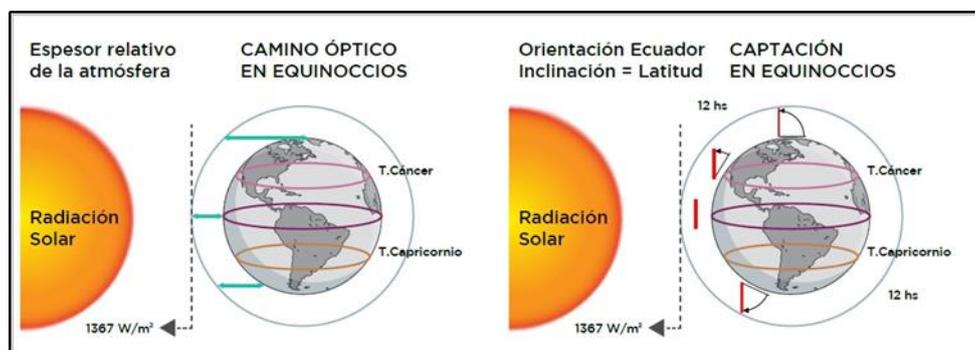


Figura 14: Incidencia y espesor de atmósfera en el equinoccio.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

En los solsticios, el sol incide de manera directa sobre uno de los trópicos. En el solsticio de invierno para el hemisferio sur, que se da aproximadamente el 21 de junio, el sol incide perpendicularmente sobre el trópico de cáncer y marca el inicio del verano en el hemisferio norte y del invierno en el hemisferio sur. El espesor de la atmósfera que debe atravesar el sol es mínimo en el trópico de cáncer y máximo en los polos. El polo sur (desde la

latitud 66° Sur hasta los 90° Sur) se encuentra en total oscuridad y el polo norte se encuentra en día eterno. Esta situación puede verse a continuación.

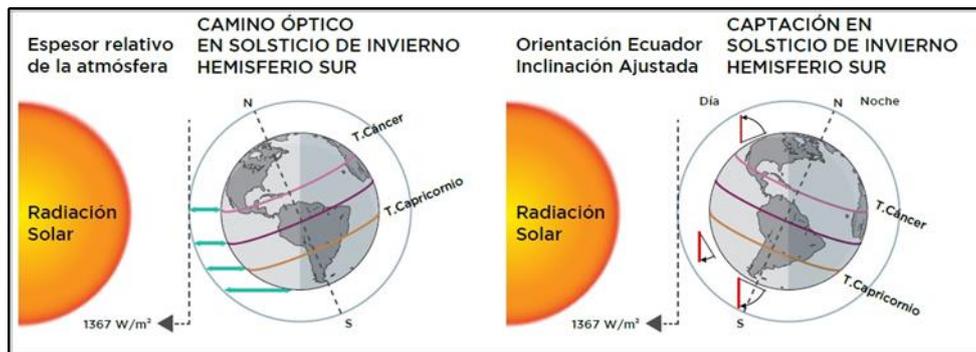


Figura 15: Incidencia y espesor de atmósfera en el solsticio de invierno del hemisferio sur.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

En el solsticio de verano para el hemisferio sur, que se da aproximadamente el 21 de diciembre, el sol incide perpendicularmente sobre el trópico de capricornio y marca el inicio del verano en el hemisferio sur y del invierno en el hemisferio norte. El espesor de atmósfera que debe atravesar el sol es mínimo en el trópico de capricornio y máximo, más allá del polo sur, del otro lado del mismo. El polo sur (desde la latitud 66° Sur hasta los 90° Sur) se encuentra en día eterno y el polo norte se encuentra en noche eterna, es decir, el sol no sale ni se pone. Se representa lo anterior en la siguiente figura.

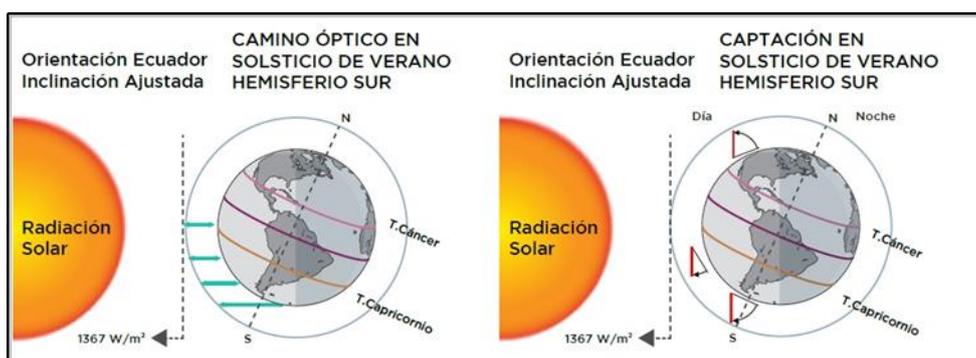


Figura 16: Incidencia y espesor de atmósfera en el solsticio de verano del hemisferio sur.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

Sumado a los fenómenos descritos, la excentricidad del 3% de la órbita terrestre implica que la tierra está un poco más cerca del sol en el solsticio de

verano del hemisferio sur, que la misma situación para el hemisferio norte en el otro extremo de la órbita. La repercusión de ello es que los veranos son un poco más calurosos en el hemisferio sur que en el hemisferio norte.

En las figuras anteriores es posible observar que, para maximizar la captación del sol a lo largo del año, es necesario otorgarles diferentes inclinaciones a los colectores en las diferentes épocas del año. En el caso de la energía solar térmica, los sistemas tienen una inclinación fija que puede ser dada por el fabricante o bien por algún otro criterio arquitectónico. No es usual encontrar sistemas solares térmicos cuya inclinación se modifique a lo largo del año, dado que la complejidad y costos de un SST que se regule en función de la estación del año, es mayor a la ganancia térmica por la corrección del ángulo de inclinación.

El uso de una inclinación fija redundará en el aumento de la radiación solar en algunos meses del año y la disminución en otros. Generalmente, se pretende aumentar la radiación solar en los meses de invierno a costas de disminuir un poco la captación de la misma en los meses de verano. El aumento o disminución de la radiación está relacionado con posicionar al colector lo más perpendicular posible al sol en la temporada de uso del SST.

La utilización de diferentes valores de inclinación permite optimizar el aprovechamiento de la radiación solar en los meses específicos que la aplicación demande. En el caso de ACS y calefacción serán los meses de invierno. Para climatización de piletas serán los meses de verano. En cuanto a la generación de energía, se considerarán todos los meses del año. De esta manera, no existe un valor específico de inclinación, sino más bien un valor conveniente asociado a la aplicación.

En todos los casos, es necesario que el captador mire hacia el ecuador, de manera que, en el hemisferio sur, la orientación óptima es hacia el NORTE. La desviación de la orientación norte, implica pérdida de radiación solar sobre el plano en diferentes épocas del año.

1.6 Inclinación y orientación

Hay dos variables que inciden directamente sobre la radiación solar que llega a un colector solar: la orientación y la inclinación. La inclinación (β), se define como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal.

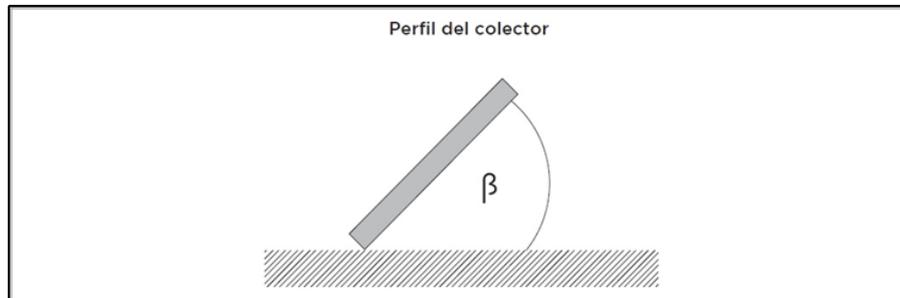


Figura 17: Diferencia de radiación entre un plano horizontal y uno inclinado.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

La orientación (γ) es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar, también llamado azimut. Para colectores ubicados en el hemisferio Sur, los valores típicos son 0° para colectores orientados al Norte, $+90^\circ$ para colectores orientados al Este y -90° para colectores orientados al Oeste (Ver siguiente figura).

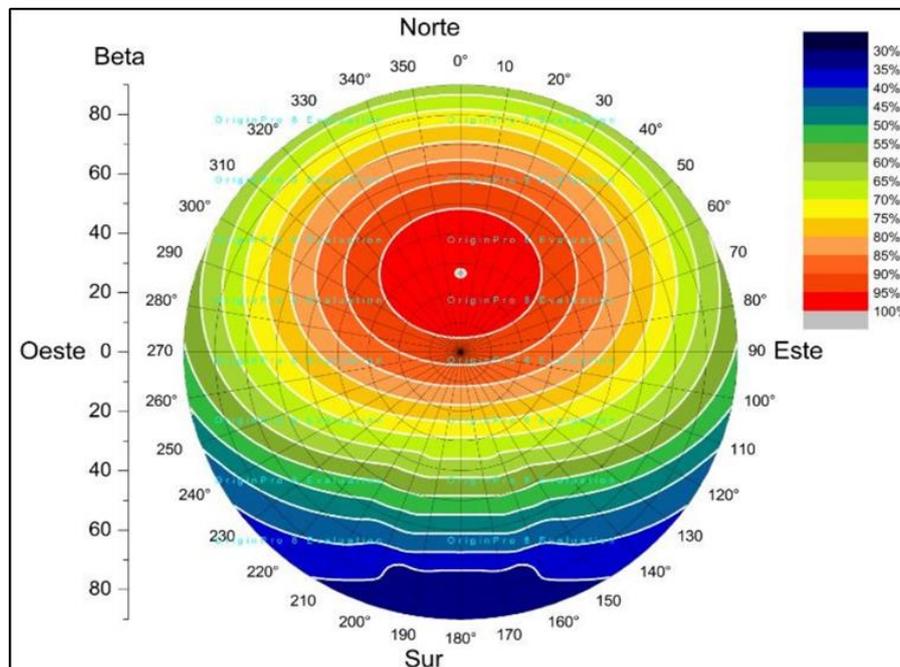


Figura 18: Diferencia de radiación entre un plano horizontal y uno inclinado.

Fuente:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf

Dependiendo de los valores de inclinación y orientación, el colector brindará mayor o menor cantidad de calor útil a lo largo del año. Se considera la dirección Norte como orientación óptima.

Con respecto a la inclinación, como regla general, si se pretende maximizar el uso de un sistema solar térmico en invierno, es suficiente con lograr un valor de inclinación sumando entre 10° o 15° al valor de latitud de la localidad en cuestión.

Si la aplicación pretende maximizar la energía anual, un valor de inclinación igual a la latitud del lugar suele ser suficiente. Si se pretende priorizar la generación en verano, entonces el colector deberá inclinarse a un valor igual a la latitud del lugar restando 10° .

Independientemente de tratarse de un sistema de circulación natural o forzada, es necesario conocer a priori cuánta radiación se pierde por las dos variables mencionadas.

Es posible determinar tanto las pérdidas anuales como las pérdidas mensuales de energía por desviaciones de la orientación e inclinación óptima.

1.7 Descripción del Proyecto

En este proyecto se diseñó e implementó un sistema que monitorea y controla de forma autónoma equipos Termo-Solares, optimizando el consumo de energía, vida útil de los equipos y disminuyendo los daños físicos al usuario final que puedan llegar a darse por mal uso. Esto se logró mediante la medición de ciertos parámetros para luego dar lugar a acciones de control. El sistema está constituido por tres bloques principales que actúan en conjunto, donde existe la posibilidad de modificar los parámetros configurables de forma local o remotamente desde una página web. Lo mencionado se detalla a continuación:

1.7.1 Bloque 1: Temperatura del agua

Este bloque es el encargado de monitorear y controlar la temperatura del agua dentro del termotanque, tomando como parámetros los datos entregados por el sensor de temperatura y los establecidos en la configuración manual del usuario. Esto lleva a efectuar acciones sobre un sistema que permite controlar la conexión y desconexión de una resistencia eléctrica a fin de cumplir con los valores de temperatura deseados. También se tiene actuación sobre una cortina que influye directamente sobre la radiación solar que impacta sobre los tubos de vacío que calientan el agua. Esto garantiza que en días de pleno sol no se llegue a temperaturas de 99 °C, pudiendo causar graves daños físicos por quemaduras al usuario, principalmente a menores.

1.7.2 Bloque 2: Nivel de agua

Es el encargado de monitorear y controlar el nivel de agua dentro del termotanque. Si dicho nivel está fuera de los establecidos como normales se activan sistemas de alarmas para evitar daños en el equipo. También mediante una configuración dada por el usuario se podrá determinar franjas horarias de llenado, esto permite que se logre usar agua a una temperatura constante dado a que no estará ingresando agua a menor temperatura mientras se está usando la contenida dentro del termotanque (mayor utilidad para las temporadas de baja temperatura ambiental). Para lograr esto se activa o desactiva una electroválvula conectada en serie sobre la cañería del circuito de llenado.

1.7.3 Bloque 3: Página web - Conexión WIFI

En este bloque se pueden configurar los parámetros deseados por cada usuario y que a la vez también permite mostrar los datos de cada uno de los datos censados de cada bloque del sistema (Datos principales: Temperatura y nivel de agua dentro del termotanque - Actualización de datos cada 60 segundos). Esta interfaz resulta una herramienta de control y monitoreo para el usuario.

1.8 Objetivos

El presente proyecto busca dar soluciones a diversos sectores comerciales y también familias que deseen cuidar a sus seres queridos y colaborar con el cuidado del medio ambiente haciendo uso de energías limpias y disminuyendo sus consumos energéticos como gas o electricidad. También, sumar comodidad e independencia al uso de artefactos del hogar, llevando al punto de mencionar a un termotanque solar como un electrodoméstico amigable con el usuario.

1.9 Destinatarios

Teniendo en cuenta la función del proyecto y la versatilidad del mismo (adaptación a la necesidad del cliente) no solo por la cantidad de entradas y salidas que puedan ser empleadas y programadas, sino también a su modularidad de dispositivos, virtud que hace posible escalar el producto agregando o reemplazando diferentes dispositivos ya instalados por otros de mejores prestaciones o tecnología según requerimiento o necesidad del cliente. Consideramos que este sistema de control, reúne las características suficientes para tener éxito, garantizando una optimización de la energía utilizada, disminuyendo el riesgo ante quemaduras graves, y posibilitando el acceso remoto a la administración y configuración.

El segmento al cual este producto es más atractivo es el mercado hogareño/doméstico y sector de comercios, pudiendo adaptarse a otros dispositivos si fuese necesario en mejora de su rendimiento.

1.10 Fundamentación

El proyecto se fundamenta en dos componentes de análisis: en primer lugar, la dimensión comercial. Se exploró el mercado local mediante el sondeo de plataformas de compra y venta online de referencia en Argentina. Allí no se encontró ofertas de sistemas que faciliten una conexión remota de monitoreo y configuración. Esto denota que la demanda como tal no está constituida aún, pero con una fuerte campaña de publicidad resultará una ventana de oportunidades para explorar, principalmente con usuarios que ya tienen- conocen los beneficios del abastecimiento de agua caliente con termotanques solares. El sistema brindará soluciones que no están en el mercado a usuarios ya constituidos.

El segundo componente de análisis, refiere al uso de términos que son tendencia de nuestro presente y que lo serán de uso masivo en un futuro próximo como lo son las tecnologías embebidas en Internet de las Cosas, IoT por su interpretación en inglés Internet of Things. Donde combinándolas con tecnologías web permiten obtener un producto innovador y de fácil adaptabilidad a los equipos solares ya instalados, prácticamente sin generar molestias por instalación a los clientes.

1.11 Estudio de mercado

1.11.1 Target

Este sistema puede implementarse en cualquier segmento de termotanques solares de pequeña y grandes dimensiones, teniendo un constante sensado y un control más preciso del uso de la resistencia eléctrica para calentar el agua en momento de poca radiación solar y del nivel de agua en el depósito. Esto redundaría en beneficio reduciendo el consumo eléctrico, garantizando un mejor aprovechamiento de la energía disponible dado que el uso continuo y no controlado de esta resistencia provoca un gasto en exceso innecesario y acortando su vida útil. Por otro lado, si en los días de mucha radiación solar (sobre todo en verano) evitamos que el agua esté a temperaturas muy elevadas, estamos cuidando al equipo haciendo que su vida útil se prolongue y disminuyendo los riesgos de accidentes por quemaduras.

1.11.2 Prueba de concepto

Teniendo en cuenta la función del proyecto y la versatilidad del mismo (adaptación a la necesidad del cliente) no solo por la cantidad de entradas y salidas que puedan ser empleadas y programadas, sino también a su modularidad de dispositivos, virtud que hace posible escalar el producto agregando o reemplazando diferentes dispositivos ya instalados por otros de mejores prestaciones o tecnología según requerimiento o necesidad del cliente. Consideramos que este sistema de control, reúne las características suficientes para tener éxito, garantizando una optimización de la energía utilizada, disminuyendo el riesgo ante quemaduras graves, y posibilitando el acceso remoto a la administración y configuración.

El segmento al cual este producto es más atractivo es el mercado hogareño/doméstico y sector de comercios, pudiendo adaptarse a otros dispositivos si fuese necesario en mejora de su rendimiento.

1.11.3 Prueba de producto

Este proyecto no depende de un solo producto determinado, si no, de un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos, que al estar interconectados y programados cumplen funciones útiles para lo que fueron implementados.

Realizando una búsqueda en el comercio nacional, se pueden encontrar los diferentes modelos de termotanques y también controladoras similares, pero las mismas no poseen conexión remota. Se pudo observar un modelo en particular de controlador remoto por WiFi, pero el mismo básicamente controla el encendido y apagado de la resistencia eléctrica comparando la temperatura del agua dentro del termotanque.

1.11.4 Análisis de recursos

Pudimos constatar que, en el mercado local de nuestro país es posible conseguir la totalidad del equipamiento necesario para la implementación del proyecto. También es necesario recalcar que, si bien existe disponibilidad de dichos dispositivos en el mercado local, se podrían también tratar de adquirirlos a través del mercado internacional. Por ejemplo, si consideramos la venta del sistema termotanque más controladora, se debe tener en cuenta que la producción de los tubos de vacío está concentrada en no más de tres empresas a nivel mundial.

1.11.5 Ciclo de vida del producto

Si bien, en nuestro proyecto no tenemos un solo producto en concreto, sino un conjunto de dispositivos electrónicos conectados y cumpliendo una determinada función conjuntamente con el termotanque solar, es importante comprender que, a pesar de la durabilidad independiente de cada elemento como sensores, resistencias, válvulas, Módulo ESP, etc, tenemos otras partes que conforman al termotanque para que todo el sistema funcione adecuadamente. A lo que consideramos un ciclo de vida estimado de al menos entre 12 y 15 años. Aquí se debe considerar el cumplimiento de mantenimientos programados de todo el sistema termo-solar, mayormente en zonas de aguas con un contenido elevado de sarro.

Capítulo 2: Desarrollo

En el presente capítulo se detallan todos los criterios técnicos de construcción y diseño, tanto del gabinete de control, de la estructura que simula el termotanque, así como también la elección de los componentes utilizados para el control y monitoreo de sistemas termo - solares.

A través de la tarjeta principal ESP8266 se controlan los diferentes bloques a describir en función de la información que proporcionan los sensores y configuraciones dadas en la interfaz hombre-máquina.

2.1 Diagrama de bloques general

La siguiente figura representa el diagrama de bloques general del mencionado sistema.

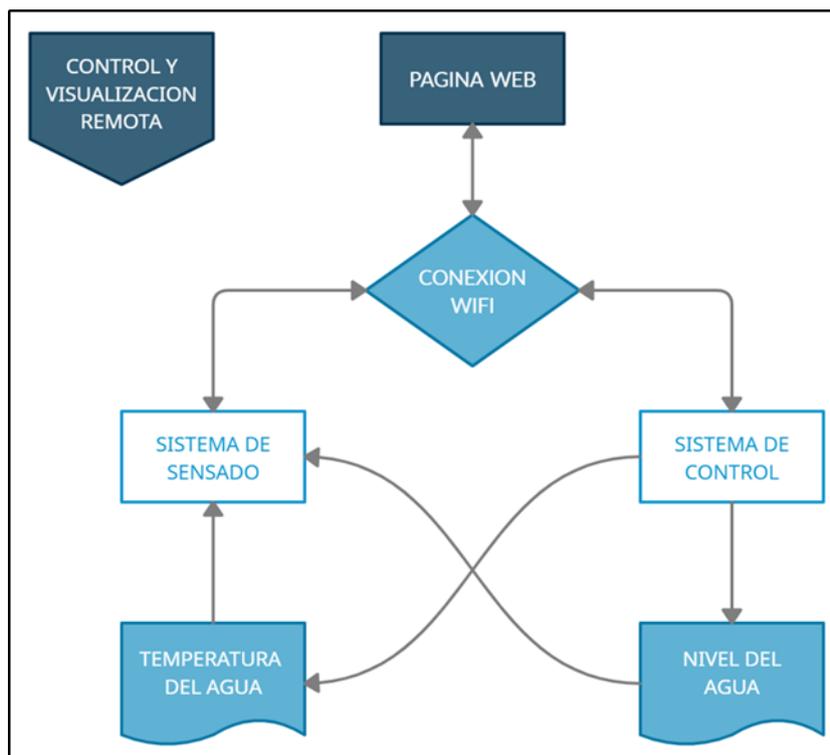


Figura 19: Diagrama de bloques general.

El sistema está constituido por tres bloques/sistemas principales que actúan en conjunto, donde existe la posibilidad de modificar los parámetros configurables de forma local o remotamente, ambos casos desde una página web.

2.2 Análisis de placa y sensores utilizados

2.2.1 Placa de desarrollo ESP8266

El ESP8266 es un SoC (system on chip) fabricado por la compañía china Espressif Systems. Este SoC agrupa distintos componentes en un mismo integrado, siendo los principales un procesador de 32 bits y un chip WiFi con gestión de pila TCP/IP. El ESP8266 es un chip que integra en un encapsulado un procesador de propósito general con conectividad WiFi completa. Este chip económico incluye WiFi con pila TCP/IP y es producido por el fabricante chino Espressif Systems, con sede en Shanghai.

Llegó al mercado occidental en agosto de 2014 con el módulo ESP-01. Este pequeño módulo permite a los microcontroladores conectarse a una red WiFi y realizar conexiones TCP/IP sencillas utilizando comandos de tipo Hayes. Sin embargo, en ese momento casi no había documentación en inglés sobre el chip y los comandos que aceptaba. El bajo coste y los pocos componentes externos en el módulo, fueron factores atractivos para su exploración y uso.

2.2.1.1 Visión general de algunos puntos importantes

Alta Durabilidad

ESP8266EX es capaz de funcionar de manera constante en entornos industriales, debido a su amplio rango de temperatura de funcionamiento. Con funciones en el chip altamente integradas y una cantidad mínima de componentes discretos externos, el chip ofrece confiabilidad, compacidad y robustez.

Arquitectura de ahorro energía

Diseñado para dispositivos móviles, dispositivos electrónicos portátiles y aplicaciones IoT, ESP8266EX logra un bajo consumo de energía con una combinación de varias tecnologías patentadas. La arquitectura de ahorro de energía presenta tres modos de operación: modo activo, modo de suspensión y modo de suspensión profunda. Esto permite que los diseños que funcionan con baterías funcionen por más tiempo.

Compatibilidad

ESP8266EX está integrado con un procesador Tensilica de 32 bits, interfaces periféricas digitales estándar, conmutadores de antena, balun de RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía. Todos ellos están incluidos en un paquete pequeño, nuestro ESP8266EX.

32-bit Tensilica Procesador

Estos módulos Wi-Fi vienen con un SoC ESP8266 embebido, por lo que destacan por su alto nivel de integración y fiabilidad. La serie de módulos ESP8266, que tiene un rendimiento de RF superior, un diseño compacto y una certificación completa, puede dar vida a una amplia variedad de escenarios de aplicación.

2.2.1.2 Características

Excelente Actuación: ESP8266EX integra un procesador Tensilica L106 RISC de 32 bits, que logra un consumo de energía extra bajo y alcanza una velocidad de reloj máxima de 160 MHz. El sistema operativo en tiempo real (RTOS) y la pila Wi-Fi permiten que el 80 % de la potencia de procesamiento esté disponible para la programación y el desarrollo de aplicaciones de usuario.

Alta Integración: Con interruptores de antena, balun de RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía integrados en el nivel de SoC, los módulos ESP8266 se pueden integrar fácilmente en dispositivos con limitaciones de espacio, debido a su pequeño tamaño.

Totalmente certificado:

- **Certificación RF:** SRRC, FCC, CE-RED, KCC, TELEC/MIC, I.C., NCC.
- **Certificación verde:** RoHS, REACH.
- **Confiabilidad:** HTOL, HTSL, μ HAST, TCT, ESD.

Amplia Gama de Aplicaciones: Los módulos ESP8266 pueden funcionar con el firmware ESP-AT para proporcionar conectividad Wi-Fi a MCU de host externo, o como MCU autosuficientes con un SDK basado en RTOS que puede ejecutar aplicaciones de conectividad de forma nativa. En ambos modos de operación, los clientes pueden aprovechar el uso de funciones como conectividad en la nube lista para usar, operación de bajo consumo y soporte de seguridad Wi-Fi, incluido WPA3.

2.2.1.3 Módulo ESP8266 NodeMCU

Es una placa de desarrollo basada en el ESP8266. De esta manera es más simple su manipulación, hacer conexiones y grabar los códigos gracias a la disposición de un gran número de pines disponibles en ella.

NodeMCU es una plataforma de código abierto que se enfoca en el desarrollo del Internet de las cosas IoT. Al ser del tipo open source esta placa puede ser programada en diferentes lenguajes de programación como Arduino IDE, Micro Python, C++ y Scratch, dando muchas opciones a los desarrolladores utilizando el lenguaje con el que más cómodos estemos.

La ventaja de esta placa de desarrollo es que no es necesario flashear la misma para grabar los códigos como en el caso de la ESP-01. Solo debe conectarse a un ordenador, crear el código en el entorno de desarrollo preferido y enviar hacia la ESP8266 NodeMCU.



Figura 20: Módulo ESP8266 utilizado.

PinOut:

Aquí podemos observar la distribución y el nombre de cada uno de los pines. Estos facilitan la interacción con el ESP al inyectar y procesar las señales en sus entradas designadas; obteniendo a la salida los resultados esperados.

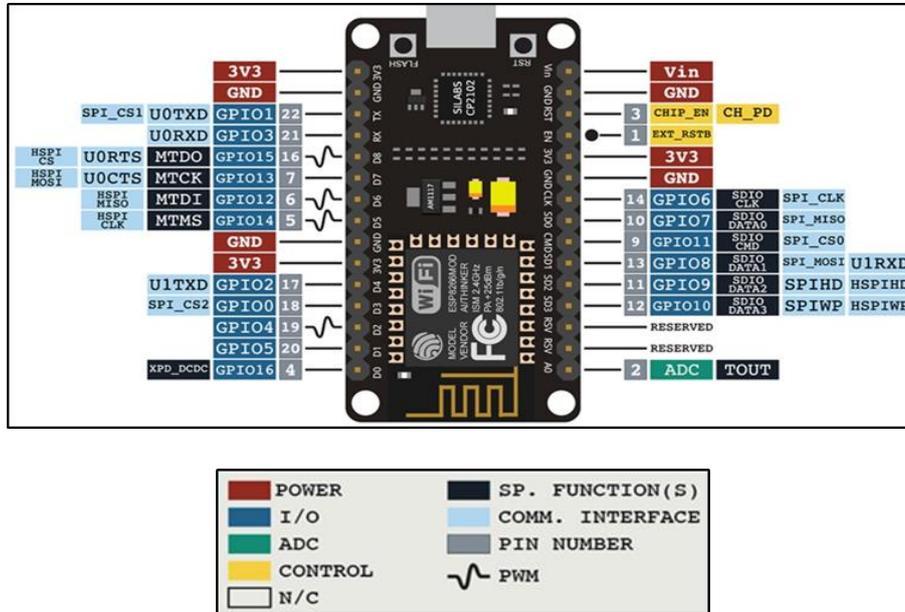


Figura 21: Pines de conexión ESP8266.

Fuente: https://naylampmechatronics.com/img/cms/ESP8266/esp8266_devkit_horizontal-01.png

Este dispositivo cuenta con un procesador integrado Tensilica L106 de 32-bits con arquitectura RISC (Set de Instrucciones Reducido) que funciona a una velocidad de 80 Mhz llegando a un máximo de 160 Mhz.

Internamente podemos representarlo con el siguiente esquema.

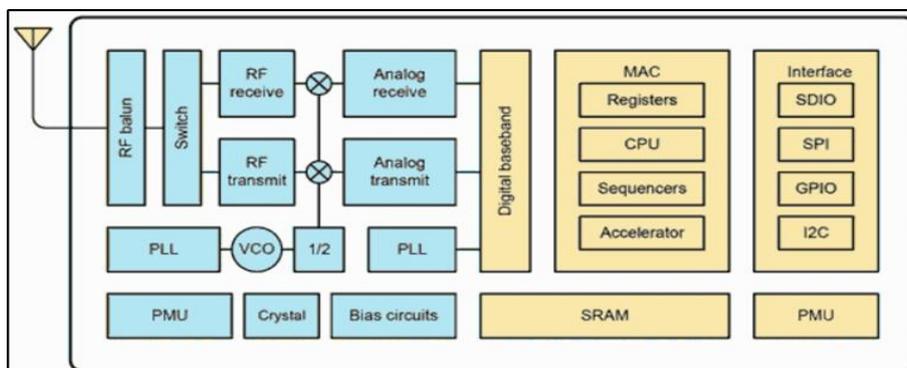


Figura 22: Representación interna del ESP.

Fuente: <https://unelectronica.github.io/images/ESP8266EX-Block-Diagram.png>

Este dispositivo no incorpora memoria Flash dentro del SoC, por lo que tiene que ser proporcionada por el módulo en el que se monta. La conexión entre la memoria se realiza por QSPI pero su uso es transparente para nosotros.

Es importante mencionar que la memoria disponible varía entre módulos, no está determinada por el ESP8266. Lo normal es encontrar modelos que montan de 1 MB a 8 MB, con un máximo de 16 MB.

Esquema General Simplificado

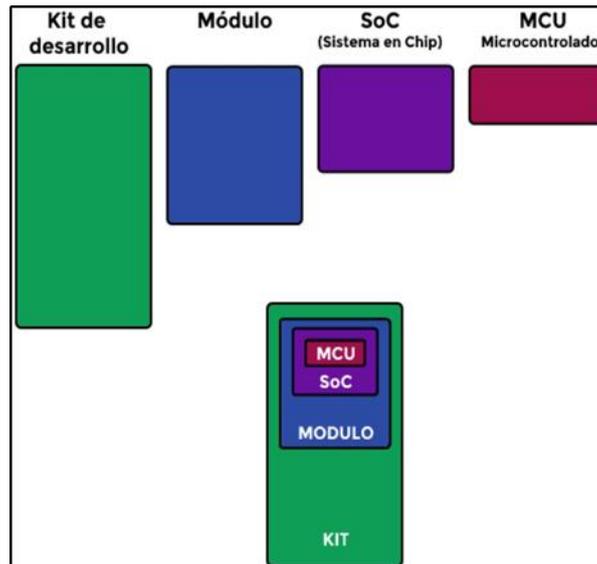


Figura 23: Esquema general ESP.

Fuente: <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>

El ESP8266 está incluido en una gran variedad de módulos de diferentes formas y formatos. El fabricante Ai-Thinker proporciona la serie ESP con diferentes modelos para diferentes usos.

A continuación, mostramos las versiones disponibles:

ESP-01

Si bien es el módulo más popular no es el más conveniente. A pesar de tener un costo muy reducido, actualmente no es el más utilizado y ha sido suplantado por el ESP-12. El ESP-01 cuenta con dos pines GPIO digitales para controlar sensores y actuadores. También podemos utilizar para este uso los pines Rx y Tx si no se utilizan para la comunicación a través del puerto serie.

Se puede programar a través de un adaptador serie/USB o con el cableado adecuado a través de Arduino. Los conectores que vienen por defecto no permiten conectarlos con la protoboard. Sin embargo, es posible usar conectores en forma de L para conectarlo a la protoboard. Lo podemos usar como un dispositivo autónomo o como complemento con Arduino.

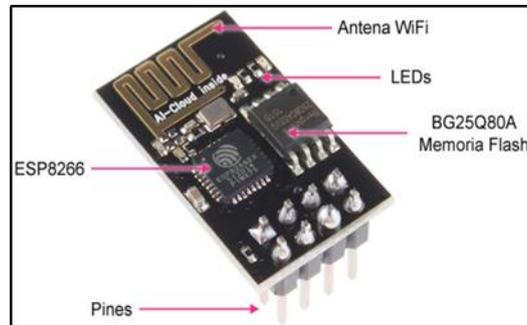


Figura 24: ESP-01. [1]

ESP-05

Es el módulo más simple de toda la gama. Está destinado a ser un Shield WiFi para Arduino. Las disposiciones de los pines nos permiten un fácil conexionado con la protoboard. Sin embargo, no dispone de ningún puerto GPIO accesible.

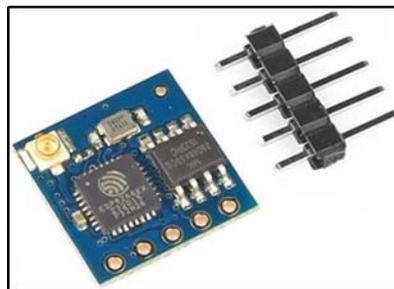


Figura 25: ESP-05. [1]

ESP-12

Permite hacer bastantes más cosas que los módulos anteriores a un costo muy reducido.

Tenemos acceso a 11 puertos GPIO, de los cuales uno es analógico con una resolución de 10-bit (1024 valores posibles).

La configuración en modo dormido es muy sencilla. Esto permite ahorrar mucha energía. Por el contrario, la conexión con la protoboard no es muy amigable ya que se necesita soldar los pines siendo esta la versión más adecuada si queremos hacerlo funcionar de forma autónoma.

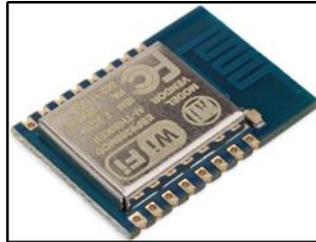


Figura 26: ESP-12. [1]

ESP-201

Es el módulo preferido por los Makers para prototipar. En principio solo podemos acceder a 11 puertos GPIO pero tras unas modificaciones podríamos acceder a un par más. Lo podemos encajar fácilmente en una protoboard y permite el acople de una antena externa para mayor alcance.

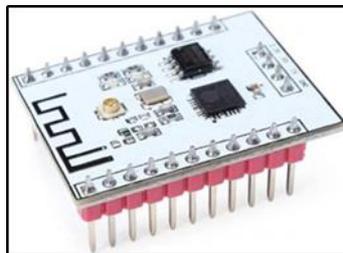


Figura 27: ESP-201. [1]

[1] Fuente: <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>

2.2.2 Introducción al IDE de Arduino

Esta placa puede ser programada a través de diferentes entornos de desarrollo de programación, empezando por el entorno del propio fabricante del chip llamado “ESP-IDF”, también se puede usar el entorno “MicroPython” o a través del IDE de Arduino, siendo ésta última opción la más rápida y fácil de usar si ya estamos familiarizados con el entorno de Arduino. Actualmente, existe una gran comunidad trabajando con esta placa y disponemos de una gran cantidad de documentación facilitándonos muchísimo el desarrollo de nuestros proyectos. Hay versiones de de Arduino IDE para Windows y para MAC, así como las fuentes para compilarlas en LINUX. En el caso de

disponer de una placa USB es necesario instalar los drivers FTDI, los mismos vienen incluidos en el paquete de Arduino. En la web existen versiones para distintos sistemas operativos.

Muchas personas son reacias a salir de su zona de confort principalmente por desconocimiento o porque piensan que este tipo de placas son muy complicadas de usar, pero la realidad es diferente. Hay que aprender a distinguir el camino correcto y esto se consigue conociendo las diferentes opciones.

2.2.2.1 Ejemplo básico de prueba Blink

Comenzamos con un ejemplo básico llamado Blink o Parpadeo y normalmente conocido como el tradicional “Hola Mundo”.

Para comenzar primero iniciamos nuestra aplicación IDE Arduino como vemos a continuación:

Luego nos dirigimos a la pestaña: Archivo → Ejemplos → Basics → Blink como vemos en las siguientes imágenes:

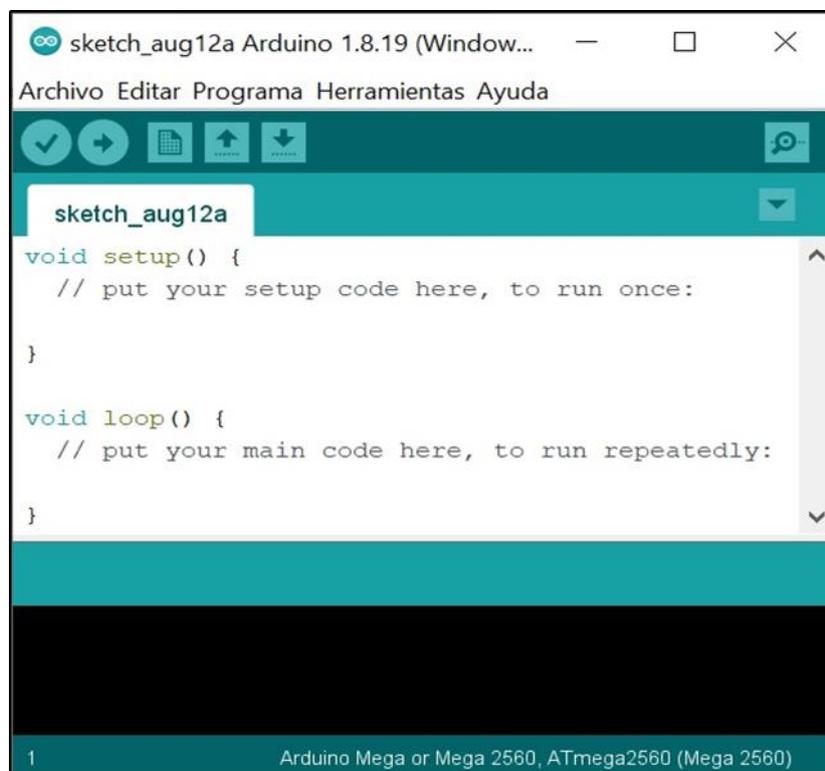


Figura 28: Nuevo sketch de programación.

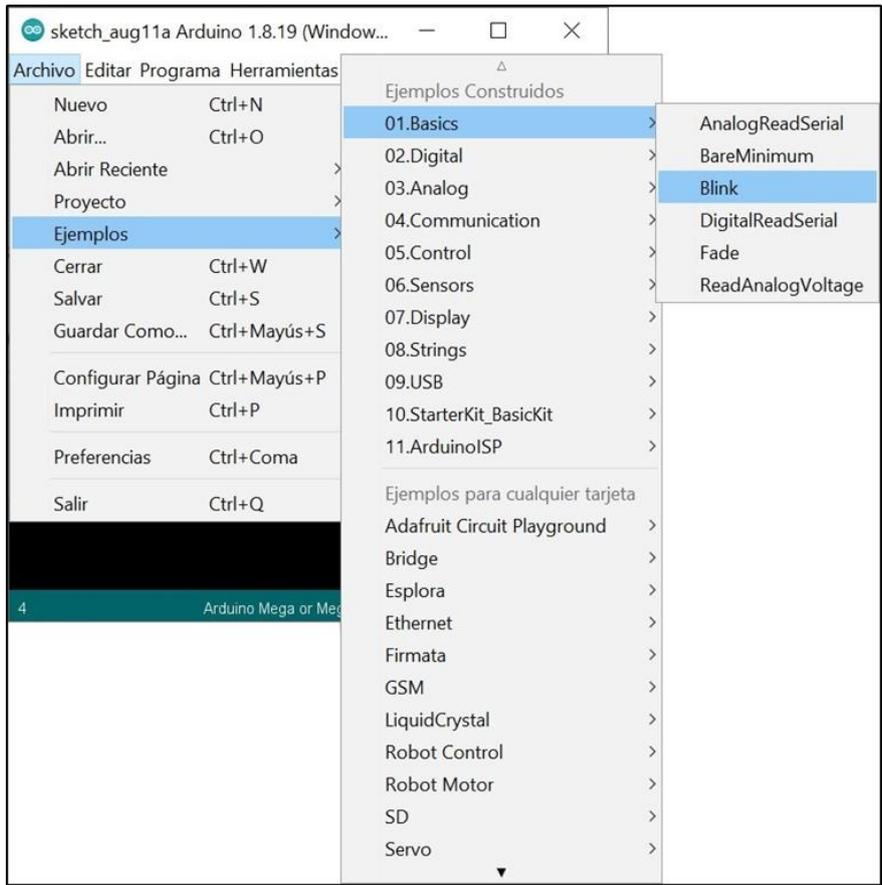


Figura 29: Apertura de ejemplo Blink.

Al clicar sobre Blink nos abrirá una nueva ventana como la siguiente:

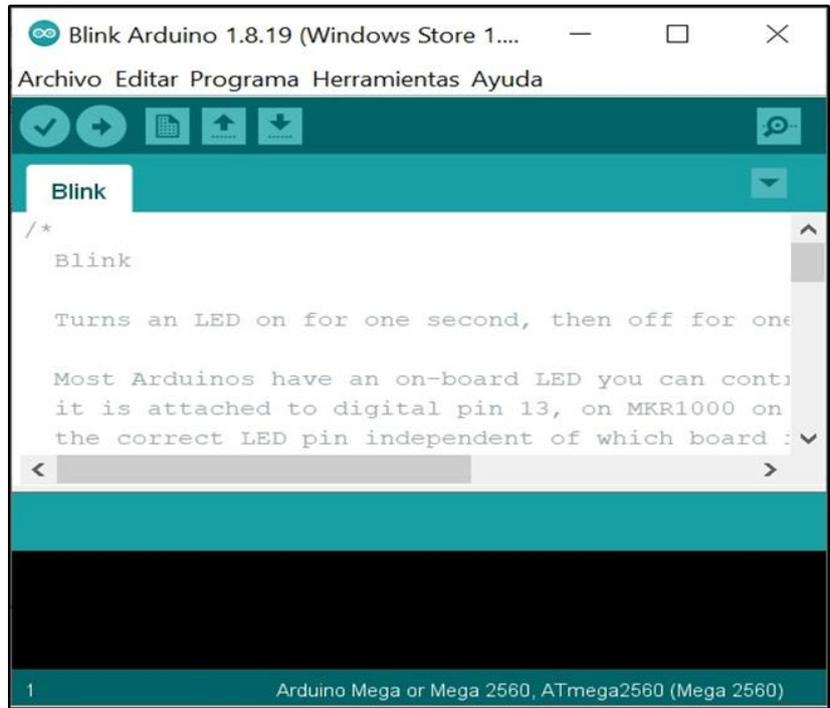


Figura 30: Sketch de programación Blink.

Dentro de esta última ventana, tenemos un código preestablecido, y será el utilizado y compilado en nuestra placa ESP para poder encender y apagar un LED. En este módulo, el LED ya viene incorporado de fábrica en la placa, pero podríamos utilizar alguna salida y conectarle otro.

El código a utilizar es el siguiente:

Finalmente, una vez compilado y ejecutado este código, lograremos el encendido y apagado de un LED de manera intermitente con un intervalo de tiempo de 1 segundo.

```
|-----|
| void setup() {
|   pinMode(13, OUTPUT);    // Función que Inicializa el pin
digital a utilizar 13 como una salida
| }
|
| void setup() {
|   pinMode(13, OUTPUT);    // Función que Inicializa el pin
digital a utilizar 13 como una salida
| }
|
| // La función de loop se ejecuta una y otra vez para siempre
| void loop() {
|   digitalWrite (13, HIGH);    // Enciende el LED (HIGH es el
nivel de voltaje)
|   delay (1000);                // Espera un segundo
|   digitalWrite (13, LOW);     // Apaga el LED haciendo que el
voltaje baje
|   delay (1000);                // Espera de un segundo
| }
|-----|
```

2.2.3 Sensor de flujo

Sensor digital de flujo y caudalímetro YF-S201



Figura 31: Sensor de flujo y caudalímetro YF-S201

El sensor de flujo YF-S201, es muy usado en varias aplicaciones, puesto que el flujo o caudal es parámetro de interés en varios procesos, a nivel doméstico, y en nuestra aplicación lo usamos para medir el consumo de agua.

El sensor internamente tiene un rotor con paletas, donde el eje tiene adosado un imán, la cámara en donde se encuentra el rotor está totalmente aislada evitando fugas de agua, externamente a la cámara tiene un sensor de efecto hall que detecta el campo magnético del imán, mencionado anteriormente, así en cada rotación el sensor de efecto hall envía los pulsos por uno de los cables del sensor, los pulsos deberán ser convertidos posteriormente a flujo pero esto ya es tarea del microcontrolador ESP.

Este sensor tiene tres cables para su conexión, dos para la alimentación en tensión continua y un tercero para la salida de los pulsos. La salida de pulsos es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal. El factor de conversión de frecuencia [Hz] a caudal [L/min] varía entre modelos (distintos diámetros de conexión a cañería del líquido a monitorear) y depende de la presión, densidad e incluso del mismo caudal.

Para el caso del sensor utilizado de media pulgada, el factor de conversión promedio proporcionado por el fabricante es:

$$f[\text{Hz}] = 7.5 \times Q[\text{L/min}] \rightarrow \text{Relación frecuencia y caudal del sensor}$$

En este proyecto se trabajó con el sensor de flujo YF-S201 cuyas conexiones son de media pulgada.

Especificaciones técnicas:

Modelo: YF-S201

Voltaje de operación: 5V - 18 [V] DC

Consumo de corriente: 15 [mA] (5V)

Capacidad de carga: 10 [mA] (5 VDC)

Salida: Onda cuadrada pulsante

Rango de Flujo: 1-30 [L/min]

Volumen promedio por pulso: 2.25 [mL]

Pulsos por litro: 450

Factor de conversión: 7.5

Rosca externa: 1/2" NPS

Presión de trabajo máx.: 1.75 [MPa] (17 bar)

Temperatura de funcionamiento: -25 a 80 [°C]

Material: Plástico

Datos de: https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html

Como se observa más adelante en el diagrama de conexiones, el cable de datos va conectado al pin D4 del ESP, utilizamos este pin ya que necesitamos una conexión que nos permita usar interrupción externa. A continuación, se trata sobre la medición del consumo de agua. Punto de interés para nuestro proyecto.

Volumen o consumo de Agua

De la relación mencionada anteriormente de frecuencia y caudal podemos medir el volumen de agua, puesto que el caudal es la variación del volumen con respecto al tiempo, de esto podemos calcular el volumen como:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

→ Relaciones para obtención del volumen consumido

$$V = V_0 + Q\Delta t$$

De aquí se deduce que, es necesario una variable que permita almacenar los pulsos (pulseCount) y otras dos para almacenar el fragmento de tiempo en los que se dieron esos pulsos (currentMillis y previousMillis). Esta diferencia

de tiempo por la cantidad de pulsos nos da el flujo dado, que por factores de conversión se traslada a Litros/minutos. Aquí solo resta dividir el valor anterior por 60 y tendremos los litros consumidos (totalLitres).

Fragmento de código desarrollado

```
...
#define SENSOR 2 // pin D4
...
void IRAM_ATTR pulseCounter() {
    pulseCount++;
}
...
pinMode(SENSOR, INPUT_PULLUP);
...
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SENSOR), pulseCounter,
FALLING);
...
currentMillis = millis();
if (currentMillis - previousMillis > interval) {
    pulse1Sec = pulseCount;
    pulseCount = 0;
    flowRate = ((1000.0 / (millis() - previousMillis)) *
pulse1Sec) / calibrationFactor;
    previousMillis = millis();
    flowLitres = (flowRate / 60);
    totalLitres += flowLitres;
}
```

Aquí juega un valor importante el factor de calibración (calibrationFactor). Dependiendo de su valor podemos saber el consumo real del agua, y para saber qué tan exacto es la medida simplemente hay que comparar el valor que arroja el sensor y medir en un recipiente la cantidad real. En aplicaciones experimentales este valor determinará la veracidad de una prueba y será significativo para algunas aplicaciones. Para realizar una corrección aproximada podemos disminuir el valor del factor de conversión o aumentar si la cantidad real es mayor de la que nos arrojó el sensor.

2.2.4 Sensor de temperatura

Sensor digital de temperatura sumergible DS18B20



Figura 32: Sensor de temperatura digital DS18B20.

El sensor digital DS18B20 (fabricante Maxim Integrated) permite medir la temperatura de una forma eficaz y sencilla. El mismo posee una resolución programable de 9-12 bits lo que le confiere una gran precisión en la medición de temperaturas en el rango de -10 [°C] a 85 [°C]. Si bien en nuestro caso, puede que lleguemos a 99 grados centígrados, el mismo ofrece una resolución de -30 a 100 [°C] con un margen de error de +/- 1 grados. Siendo así adaptable a nuestro sistema sin problemas.

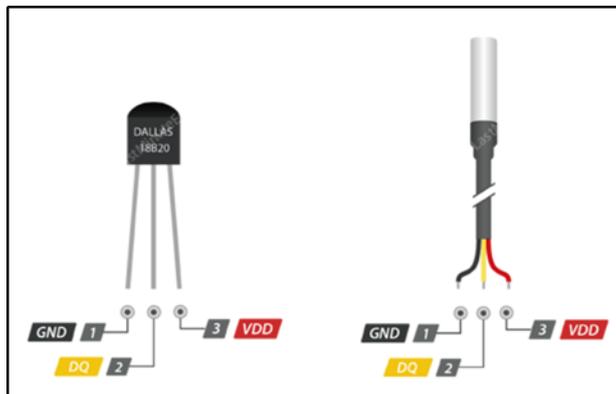


Figura 33: Formatos y pinout del sensor DS18B20.

Fuente: <https://lastminuteengineers.com/ds18b20-arduino-tutorial/>

Dicho sensor se puede encontrar en dos formatos. El primero en encapsulado TO-92 para su uso en PCB y el segundo cubierto y aislado por una vaina metálica en forma de sonda, lo que lo hace especial para la medición en ambientes húmedos y medición en líquidos (esta opción es la utilizada en nuestro trabajo).

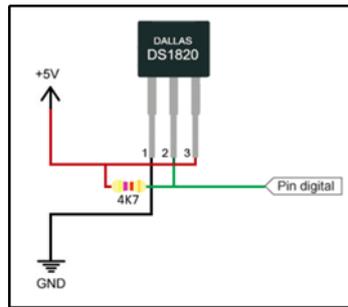


Figura 34: Conexión para su uso mediante protocolo 1-Wire.

Fuente: <https://www.luisllamas.es/temperatura-liquidos-arduino-ds18b20/>

Este dispositivo utiliza para la transmisión de datos el protocolo 1-Wire, por lo que es necesario el uso de una resistencia de pull-up entre el pin de datos y de Vcc. El valor de esta resistencia varía en función del largo de los cables de conexión como se indica en la siguiente tabla donde se especifican dichos valores:

Resistencia Pull-Up [KOhm]	Largo del conexionado [m]
4,7	0 a 5
3,3	5 a 10
2,2	10 a 20
1,2	20 a 50

Tabla 5 - Resistencias de Pull-Up - DS18B20.

Fuente: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>

Características generales

Voltaje de alimentación: 3,3 - 5 [Vdc]

Corriente de reposo: 750 [mA]

Corriente de trabajo: 1 - 1,5 [mA]

Rango de Temperatura +/- 0,5 [°C]: -10 a 85 [°C]

Rango de Temperatura +/- 1 [°C]: -30 a 100 [°C]

Rango de Temperatura +/- 2 [°C]: -55 a 125 [°C]

Tiempo de conversión: 93,75 (9 bit) a 750 (12 bit) [ms]

Datos de: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

Principio de operación

Al energizarse el sensor, este se encuentra seteado de forma predeterminada con una resolución de 12-bit. Para iniciar la medición de temperatura y posterior conversión de la misma, desde el microcontrolador debe enviarse al sensor la orden de Trigger.

Para realizar este proceso, en el microcontrolador se deben gestionar los espacios de tiempo de lectura dentro del bus, punto a tener presente si es que hay más de un sensor conectado al mismo bus. Una vez que el microcontrolador envía el comando de Trigger, el sensor responde con '0' lógico mientras se ejecuta la conversión y con '1' cuando esta se termina.

Una vez realizada la conversión, el valor de temperatura se almacena en grados centígrados en dos registros de 8 bits (2 bytes) donde en los primeros 5 bit se especifica el signo. Luego de esto el sensor vuelve a estado inactivo. Aquí, los bits de signo 'S' son 0 si la temperatura es positiva o 1 si esta es negativa.

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
LS BYTE	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴
	BIT 15	BIT 14	BIT 13	BIT 12	BIT 11	BIT 10	BIT 9	BIT 8
MS BYTE	S	S	S	S	S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴

S = SIGN

Figura 35: Registros de temperatura.

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>

Se debe tener cuidado en la especificación de la resolución del sensor, es decir, si el DS18B20 está configurado para una resolución de 12-bits, todos los bits de datos son válidos. Para una resolución de 11-bits el bit 0 es indefinido, para una resolución de 10-bits el bit 0 y 1 son indefinidos, y para una resolución de 9-bits, los bits 0, 1 y 2 son indefinidos.

Dentro del programa se hace uso de las librerías específicas para el uso del mismo.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
...
int SensorTemp = 14; // Pin digital GPIO D5
```

```
...  
OneWire oneWire(SensorTemp);  
DallasTemperature Temperatura(&oneWire);  
...
```

Aquí las librerías OneWire y DallasTemperature son las necesarias para poder crear instancias de esas clases. Es decir, oneWire del tipo OneWire para poder procesar los datos recibidos del sensor y Temperatura del tipo DallasTemperature para procesar los datos recibidos.

2.2.5 Buzzer para alarmas

Módulo buzzer para informes de alarmas y/o parámetros que se deben tener en cuenta.

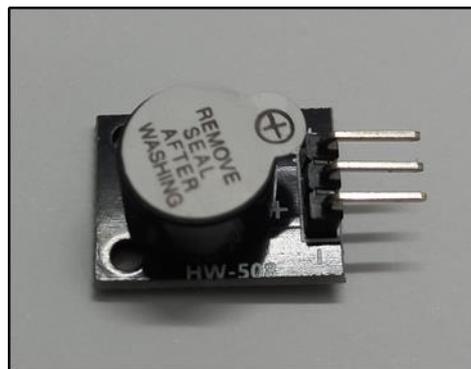


Figura 36: Buzzer - Alarmas sonoras.

Este módulo cuenta con un buzzer pasivo, el cual emite un sonido justo cuando se le aplica un voltaje. Es decir, este dispositivo emite una frecuencia de 2.5 KHz cuando se aplica una señal High

Características del sensor:

Voltaje 3.5 a 5.5 [V]

Corrientes 30 [mA] / 5 [Vdc]

Resonancia 2500 [Hz] \pm 300 [Hz]

Salida mínima de sonido 85 [Db] distancia 10 [cm]

Temperatura de trabajo. -20 a 70 [°C]

Ejemplo de alarma implementada. Sobre calentamiento del agua dentro del termotanque.

Si la temperatura del agua es igual o superior a 95 grados centígrados se mostrará un cartel de sobre temperatura y se emitirá un sonido producto del buzzer. (Actuador4 es la variable que identifica la salida digital D8).

Fragmento de código:

```
...
    if (valor11 > 95)
    {
        digitalWrite(Actuador4, LOW);
    }
else
    {
        digitalWrite(Actuador4, HIGH);
    }
...
if(valor11 >= 95)
    {
        client.println("<hr/>");
        client.println("<hr/>");
        client.println("<h4 class=\"fuente\">Temperatura del
agua superior a 95[*C]</h4>");
        client.println("<h4 class=\"fuente\">Precaución -
Riesgo de quemaduras graves</h4>");
        client.println("<hr/>");
        client.println("<hr/>");
    }
}
```

2.2.6 Módulo de relés

Módulo de relés para control de los distintos actuadores

Como se ha venido mencionando a lo largo del informe, las salidas del microcontrolador ESP8266, que de acuerdo a los requerimientos de la lógica de control (fijada por el usuario o de manera automática) controla actuadores. Los mismos representan una serie de relés los cuales se encuentran en una placa pcb con su respectiva electrónica



Figura 37: Módulo de relés de 8 canales.

El funcionamiento de este módulo es sencillo. Cuando se pone en bajo un pin general de entrada y salida del ESP, dicha tensión polariza el optoacoplador mediante la resistencia de limitación de corriente. Esto hace que el transistor del optoacoplador pueda controlar la bobina del relé y con eso conmutar los contactos del mismo. Como protección, se encuentra conectado inversamente un diodo a la bobina del relé para evitar picos de tensión en las desconexiones. También cuenta con un diodo LED que está a los fines de indicar el estado del relé. La elección de la misma se da por una cuestión de costos, ya que es más conveniente adquirirla de este modo, que comprar los componentes por separado e implementarla.

Dentro de la placa encontramos el Jumper entre los Pines JD-VCC y VCC que permite que las bobinas de los relés sean encendidas directamente desde el ESP (con jumper colocado) o encendidas desde una fuente externa de 5V DC (sin jumper colocado). En nuestro caso el módulo es alimentado con la tensión de 5Vdc del regulador de voltaje 7805.

Especificaciones:

Tensión de Alimentación: 5 [Vdc]

Tensión de control: 3.3~5 [Vdc]

Consumo por relay: 20 [mA]

Diodo de protección para la bobina de cada Relay.

Diodo LED indicador de estado de cada Relay.

Módulo con borneras NA/NC para fácil conexión de la carga.

Operación de relay máxima en AC: 250 [V] 10 [A] / DC: 30 [V] 10 [A]

Activación mediante señal baja (Low Level).

Fragmento de código para activación de la resistencia:

```

...
int Actuador2 = 12; // Pin digital GPIO D6 para la resistencia
...
pinMode(Actuador2, OUTPUT);
digitalWrite(Actuador2, HIGH); // Actuador: Resistencia
...
    if(act2 == -1)
    { ...
      lcd.print("Resist:OFF ");
      digitalWrite(Actuador2, HIGH);
    }
...

```

Aquí modificamos las salidas digitales para determinar los estados del relé afectado.

2.2.7 Módulo final de carrera

Módulos finales de carrera para el control del abrir y cerrar la cubierta protectora de la incidencia del sol en los tubos.

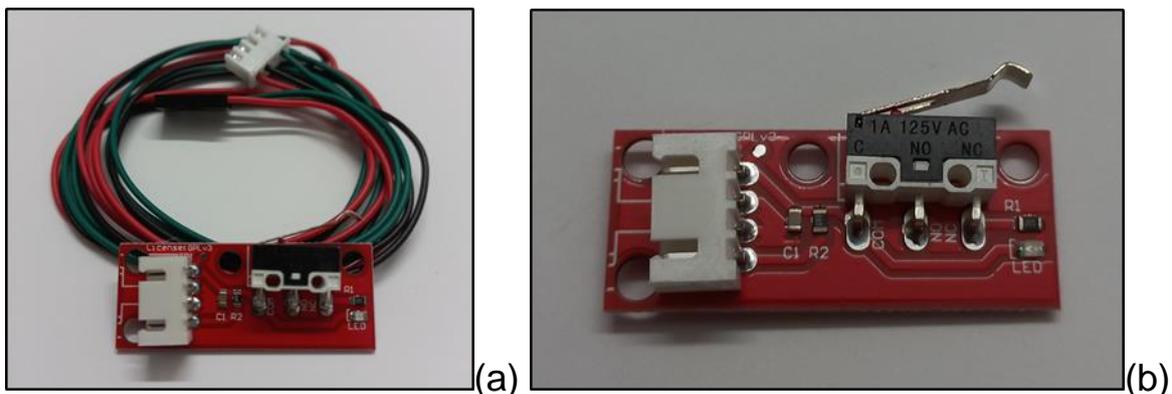


Figura 38: Módulos Final de carrera / Endstop - (a) Módulo más cable - (b) Módulo.

Descripción:

El interruptor final de carrera, es un componente electromecánico, al existir una presión en su actuador o elemento retráctil, se cierra el circuito de los positivos y señales. Ya que los contactos están unidos de forma física mecánica al actuador.

Los endstop internamente pueden tener 2 estados, en NC (normalmente cerrados) o NA (normalmente abiertos), lo que quiere decir que en estado de reposo (sin pulsar sobre el final de carrera) el contacto va a estar abierto (NA) o cerrado (NC). En nuestra aplicación usamos la conexión NA.

Radicamos la implantación de los mismos ya que es un elemento de fácil instalación, pues no requiere ser soldado, para su conexión incluyen un conector de 3 pines.

Especificaciones:

Voltaje de operación: max 24 [Vdc]

Resistencia: 1.0-1.2 [ohm] (12[Vdc]) / 3-3.4 [ohm] (24[Vdc])

Temperatura: max 100°C

Endstop / final de carrera mecánico

La finalidad de los finales de carrera es determinar el estado, abierta o cerrada, de la cubierta protectora de los tubos de vacío.

2.2.8 Display LCD

Display LDC 20x4 segmentos con control I2C

Mediante el uso de un display LCD instalado en el gabinete del equipo se muestran los parámetros más relevantes. Además, se incluye la dirección IP que se deberá escribir en el navegador, ya sea para configuración de la red WiFi del equipo o para ingresar a la página web y así poder visualizar y configurar las opciones deseadas.



Figura 39: Display LCD 20x4 segmentos.

Dicho display funciona con módulo I2C para su comunicación con el ESP8266. Este módulo posee 4 pines de conexión, los cuales dos son de alimentación (+5 [V] y GND) y dos de comunicación SCL (serial clock) y SDA (serial data). SCL tiene como función establecer una señal de sincronización entre el microcontrolador y el display para poder mandar la señal de datos. SDA se utiliza para mandar la señal de datos (bits 1 y 0) que conforman la información que se muestra en pantalla. Tanto SCL y SDA se conectan a la placa microcontroladora mediante los pines D1 y D2 respectivamente.

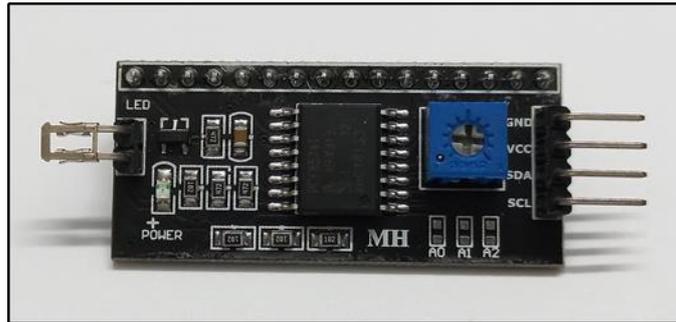


Figura 40: Módulo adaptador LCD a I2C.

El Módulo adaptador LCD a I2C que usamos se basa en el controlador I2C PCF8574, el cual es un Expansor de Entradas y Salidas digitales controlado por I2C. Por el diseño del PCB este módulo se usa especialmente para controlar un LCD Alfanumérico del tipo segmentos.

La dirección I2C por defecto del módulo puede ser 0x3F o en otros casos 0x27. Es muy importante identificar correctamente la dirección I2C del módulo, pues de otra forma nuestro programa no funcionará correctamente. Si en caso existiera la necesidad de trabajar con más de un LCD podemos modificar la dirección I2C del módulo adaptador. Para esto es necesario soldar los puentes A0, A1 y A2 presentes en el módulo, estos tres puentes son los bits menos significativos de la dirección I2C del módulo. La dirección 0x3F en binario sería: 0|0|1|1|1|A2|A1|A0 y la dirección 0x27: 0|0|1|0|0|A2|A1|A0. Por defecto A0, A2, A1 vale 1 pero si soldamos los puentes, estos se conectan a tierra teniendo un valor 0. Por ejemplo si soldamos los tres puentes la nueva dirección sería 0|0|1|0|0|0|0|0 (0x20), para un chip que anteriormente era 0x27.

Para ello en el programa se incluye la librería LiquidCrystal_I2C.h, luego definimos una instancia lcd del tipo LiquidCrystal_I2C donde configuramos la dirección anteriormente mencionada.

Fragmento de código:

```
...
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
...
```

Librería LiquidCrystal_I2C para Arduino

Existen diferentes tipos y versiones de librerías para trabajar con el módulo Adaptador LCD a I2C, nosotros usaremos la librería LiquidCrystal_I2C

Las funciones que utiliza esta librería son:

LiquidCrystal_I2C(lcd_Addr, lcd_cols, lcd_rows)

Función constructor, crea un objeto de la clase LiquidCrystal_I2C, con dirección, columnas y filas indicadas.

init()

Inicializa el módulo adaptador LCD a I2C, esta función internamente configura e inicializa el I2C y el LCD.

clear()

Borra la pantalla LCD y posiciona el cursor en la esquina superior izquierda (posición (0,0)).

setCursor(col, row)

Posiciona el cursor del LCD en la posición indicada por col y row(x,y); es decir, establecer la ubicación en la que se mostrará posteriormente texto escrito para la pantalla LCD, tener en cuenta que el índice de ubicación empieza en 0 para las columnas y el 0 para los renglones.

print() - println()

Escribe un texto o mensaje en el LCD, println imprime y seguidamente un salto de línea.

scrollDisplayLeft()

Se desplaza el contenido de la pantalla (texto y el cursor) un espacio hacia la izquierda.

scrollDisplayRight()

Se desplaza el contenido de la pantalla (texto y el cursor) un espacio a la derecha.

backlight()

Enciende la Luz del Fondo del LCD

noBacklight()

Apaga la Luz del Fondo del LCD

createChar (num, datos)

Crea un carácter personalizado para su uso en la pantalla LCD. Se admiten hasta ocho caracteres de 5x8 píxeles (numeradas del 0 al 7). Dónde: num es el número de carácter y datos es una matriz que contienen los píxeles del carácter.

Datos de:

https://naylorlampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-control-a-un-lcd-con-solo-dos-pines.html

Ejemplo de esto lo es representar el símbolo grado

```
...  
byte grado[8] = { 0b00111, 0b00101, 0b00111, 0b00000, 0b00000,  
0b00000, 0b00000, 0b00000};  
...  
  lcd.createChar(1, grado);  
...  
lcd.write(1);  
...
```

Para controlar el contraste de los dígitos en el LCD se consigue girar el potenciómetro que se encuentra en el módulo, hasta quedar conformes con el contraste mostrado.

La luz de fondo se controla principalmente por software desde el Arduino, pero el módulo también permite desconectar el LED de la luz de fondo removiendo un jumper LED (Si es que lo trae).

2.2.9 Electroválvula

Electroválvula para el control del ingreso de agua al termotanque.

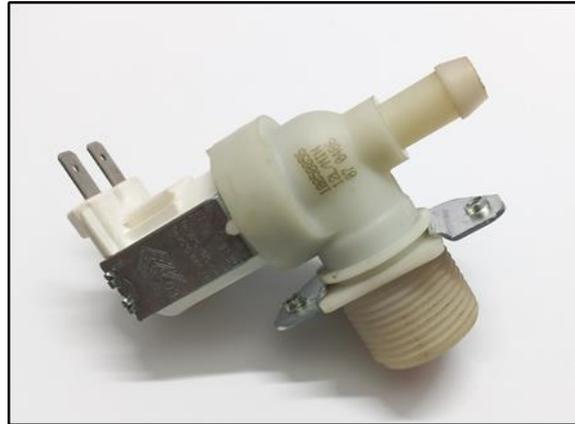


Figura 41: Electroválvula.

La válvula de entrada del termotanque es una parada de agua accionada eléctricamente que asegura el suministro de agua. Por este motivo, la electroválvula es una pieza fundamental que nos permitirá regular el ingreso agua, siendo por defecto mantener siempre el nivel de 100 %. Lo único que hace esta válvula es abrir o cerrar. No tiene paso intermedio ni regulación. O está abierta o está cerrada.

En la imagen de arriba se ve claramente la conexión roscada por donde viene el agua de la red y la otra salida será por donde debe salir el agua según le vaya permitiendo la apertura. Esto resume la hidráulica, la parte eléctrica de la misma está compuesta por una bobina de un material conductor. A esta bobina conectaremos 220 [Vca] lo que hará circular una corriente y así generamos un campo magnético. En el interior de espira estará un vástago que será energizado por este campo magnético y se desplazará en consecuencia. Por tanto, una electroválvula está formada por dos partes, una eléctrica y otra mecánica. La misma nos permite controlar el ingreso de agua al depósito de agua.

Para evitar que el ESP opere de manera inesperada, a la conexión de la misma se colocó una red snubber entre los contactos del relé y en paralelo con los terminales de la electroválvula. Esto ayuda a atenuar los transitorios que se producen en el momento de la conexión y desconexión del relé. El snubber está formado por una conexión RC en serie, $C=0,01\mu\text{F}$ (mayor a 250V) y $R=100\text{ohm}$.

2.2.10 Resistencia Eléctrica

Resistencia eléctrica para calentar el agua

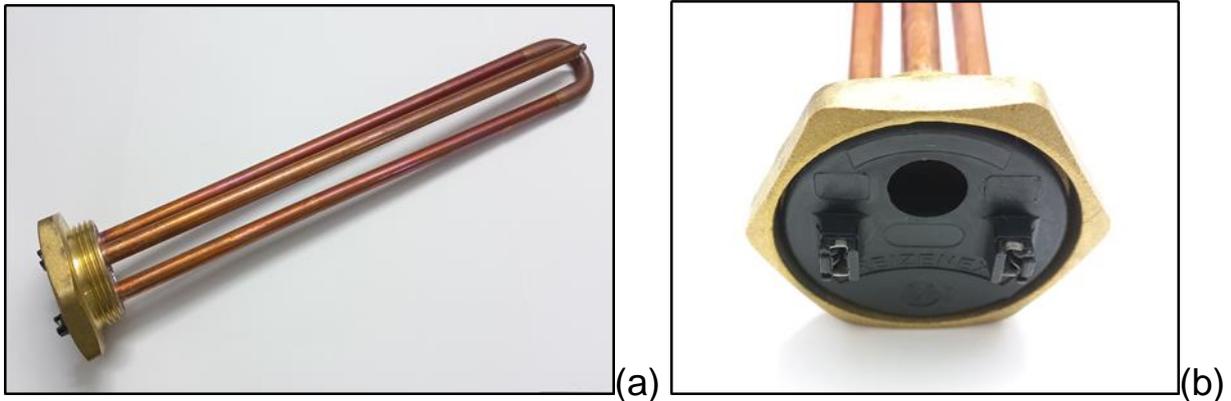


Figura 42: Resistencia 1500 [W] | 220 [Vca] - (a) Vista lateral - (b) Vista conexión.

Esta resistencia eléctrica ofrece una potencia total de 1500 [W] en tensión 220 [Vca] que es administrada por el relé correspondiente con temperaturas que van de 10 a 90 grados centígrados, este relé será actuado con las funciones que se determinen en el ESP.

ESPECIFICACIONES:

- Dimensiones: 280 mm Longitud Útil.
- Material: Cobre (Resistencia y Cabezal)
- Cabezal: 1 1/4" Rosca Gas (BSP)
- Potencia: 1500 [W]
- Tensión: 220 [Vca]

2.2.11 Motor

Motor de corriente continua para accionamiento del sistema de la cortina protectora de los tubos de vacío



Figura 43: Motor C2162 60006.

Aquí se presenta un motor de corriente continua, con carbones. El cual estará adosado a una varilla roscada, que dependiendo del giro del motor actuará sobre la cubierta protectora de los tubos de vacío. Parte del sistema que nos permite controlar la temperatura del agua cuando estemos en días de pleno sol y más precisamente los días de verano.

Especificaciones técnicas:

Voltaje: 19 [Vdc]

Corriente detenido (24 [Vdc]): 2.5 [A]

Torque detenido (24 [Vdc]): 28,7 [N.cm]

Velocidad sin carga (24 [Vdc]): 4550 [rpm]

Datos de:<https://datasheetspdf.com/pdf/1236559/MABUCHI/RS-385SH-16120/1>

2.2.12 Sensor de nivel

Circuito integrado UNL2003 utilizado para generar diferentes valores de tensión que serán comparados con la entrada analógica del microcontrolador.

El ULN2003 es un circuito integrado muy versátil, compuesto internamente por 7 drivers idénticos e independientes entre sí. Cada driver está constituido por dos transistores en configuración Darlington. Gracias a ello, podemos controlar cargas de una cierta potencia con corrientes de entrada muy pequeñas. La ganancia en corriente de cada driver es mayor de 500 por lo que para obtener la máxima corriente de salida basta una corriente de entrada inferior a 1mA. Gracias a estas características, lo que se implementó es un divisor resistivo con las salidas de los mismos y las entradas de cada driver corresponden a un nivel de agua. Del circuito solo se utilizaron 4 canales. Que representan 25%, 50%, 75% y 100% de nivel de agua dentro del tanque. Imagen del IC



Figura 44: IC ULN2003AN.

La configuración utilizada

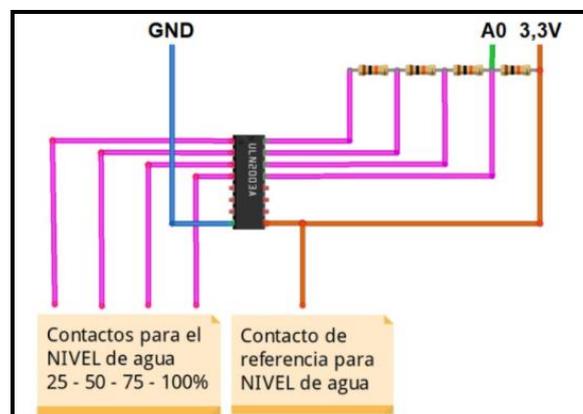


Figura 45: Conexión UNL2003 para uso como sensor de nivel.

2.3 Desarrollo WEB

Al presente tema lo incluimos dado que, la programación desarrollada en la placa ESP tiene gran porcentaje de instrucciones web destinadas a la interfaz hombre máquina. Una página web es un sitio web, el cual requiere de una programación en lenguajes de desarrollo como son HTML, CSS y Javascript. Para ello, se realizó una investigación de estos lenguajes y de su sintaxis y entornos de desarrollo.

Nuestra página web, tiene la función de mostrar los datos obtenidos de los sensores conectados al sistema además de las alarmas presentes. Esto le otorga flexibilidad al sistema ya que facilita al usuario el acceso a los datos para el monitoreo del termotanque en sí.

2.3.1 Estudio de programación de página WEB

2.3.1.1 Conceptos Básicos de HTML

El lenguaje HTML o HyperText Markup Language (Lenguaje de marcado de hipertexto) es el código utilizado para estructurar una página web y sus contenidos. Los contenidos pueden ser párrafos, una lista con viñetas, o imágenes y tablas de datos.

HTML no es un lenguaje de programación, es un lenguaje de marcado que define la estructura de un contenido. Consiste en una serie de elementos usados para encerrar diferentes partes del contenido para que se vean o se comportan de una determinada manera. Las etiquetas de encierre, pueden hacer de una palabra o una imagen un hipervínculo a otro sitio, se pueden cambiar palabras en cursiva, agrandar o achicar la letra, entre otros atributos.

Por ejemplo, tomamos la siguiente línea de contenido: “My cat is very grumpy”

Si quisiéramos especificar que se trata de un párrafo tenemos que encerrar el texto con la etiqueta de párrafo (<p>).

A continuación, mostramos una imagen donde aparece la expresión entre estas etiquetas de párrafo:

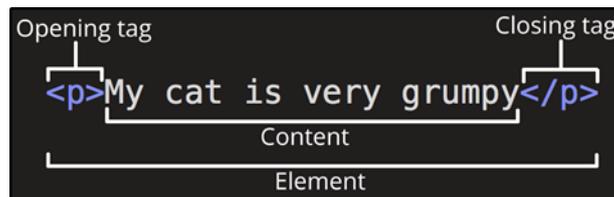


Figura 46: Formato elemento ‘p’ utilizado para contener un párrafo.

Fuente: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics

En la imagen vemos al elemento “p” utilizado para los párrafos. Cada elemento está compuesto por 2 “tag”, uno inicial de apertura y otro final de cierre. Dentro de estos tag se encuentra el contenido conformando en conjunto al elemento.

2.3.1.2 Partes principales

Etiqueta de apertura: consiste en el nombre del elemento (en este caso, p), encerrado por paréntesis angulares (< >) de apertura y cierre. Establece dónde comienza o empieza a tener efecto el elemento en este caso, siendo el comienzo del párrafo.

Etiqueta de cierre: es igual que la etiqueta de apertura, excepto que incluye una barra de cierre (/) antes del nombre de la etiqueta. Establece dónde termina el elemento, para este caso, dónde termina el párrafo.

Contenido: este es el contenido del elemento, siendo sólo texto para este ejemplo.

Elemento: la etiqueta de apertura, la etiqueta de cierre y el contenido, conforman al elemento.

Atributos

Los elementos pueden ser modificados a través de atributos, como se ve en la imagen siguiente, donde al elemento “p” se le asigna una clase llamada “editor-note”.



Figura 47: Identificación de atributos.

Fuente: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics

Mediante esta clase, dicho elemento puede ser referenciado desde una hoja de estilos CSS para así poder modificarlo visualmente.

Un atributo siempre debe tener:

Un espacio entre este y el nombre del elemento (o del atributo previo, si el elemento posee uno o más atributos).

El nombre del atributo, seguido por un signo de igual (=).

Comillas de apertura y de cierre, encerrando el valor del atributo.

Nota: los atributos siempre se incluyen en la etiqueta de apertura de un elemento, nunca en la de cierre.

Añadir elementos

Podemos colocar elementos dentro de otros elementos “esto se llama anidamiento”. Si, por ejemplo, queremos resaltar una palabra del texto (en el ejemplo la palabra “very”), podemos enterrarla en un elemento ``, y significa que dicha palabra se debe enfatizar, por ejemplo:

```
<p>My cat is<strong>very</strong>grumpy.</p>
```

Elementos vacíos

Otros elementos no poseen contenido, y son llamados elementos vacíos. Toma, por ejemplo, el elemento `` de nuestro HTML:

```

```

Posee dos atributos, pero no hay etiqueta de cierre `` ni contenido encerrado. Esto es porque un elemento de imagen no encierra contenido al cual afectar. Su propósito es desplegar una imagen en la página HTML, en el lugar en que aparece.

Ejemplo básico de un archivo HTML sería el siguiente:

```
|-----  
|<!DOCTYPE html>  
|<html>  
|  <head>  
|    <meta charset="utf-8">  
|    <title>Mi página de prueba</title>  
|  </head>  
|  <body>  
|      
|  </body>  
|</html>  
|-----
```

A continuación, se detallan elementos que se utilizan en programación y de los cuales, varios están presentes en el ejemplo realizado:

<!DOCTYPE html>

Es un preámbulo requerido, y en los comienzos de HTML (1991/2), los tipos de documentos actuaban como vínculos a un conjunto de reglas que el código HTML de la página debía seguir para ser considerado bueno y verificar automáticamente el correcto funcionamiento del documento y algunas otras cosas de utilidad. Hoy día, es simplemente un artefacto antiguo, pero debe ser incluido para que todo funcione correctamente.

<html> </html>

Elemento principal de nuestro documento HTML, encerrando todo el contenido de la página conocido como elemento raíz (root element). El atributo 'lang' hace referencia al lenguaje del documento, esta característica es usada por los buscadores para mostrar resultados de búsqueda de acuerdo al lenguaje.

<head> </head>

Este elemento actúa como un contenedor de todo aquello que deseamos incluir en la página y que no es un contenido visible para los visitantes. Incluye cosas como palabras clave (keywords), una descripción de la página

que quieres que aparezca en resultados de búsquedas, código CSS para dar estilo al contenido, declaraciones del juego de caracteres, básicamente el estilo de lo visualizado.

<link>

Especifica la relación entre la página en la que se encuentra y recursos externos. Se usa para relacionar un archivo de hoja de estilos CSS, el favicon, y demás. El atributo 'rel' se usa para dar nombre a la relación con el enlace al que hace referencia "href".

<meta>

Este elemento establece el juego de caracteres que el documento usará en utf-8, que incluye casi todos los caracteres de todos los idiomas humanos. Básicamente, puede manejar cualquier contenido de texto que puedas incluir. No hay razón para no establecerlo pudiendo evitar problemas en el futuro.

<title> </title>

Establece el título que aparece en la pestaña o en la barra de título del navegador cuando la página es cargada. Se usa para describir a la página cuando es añadida a los marcadores o como página favorita.

<style> </style>

Aquí, se contiene el código CSS utilizado para dar formato y apariencia de la página. Por otro lado, al no poder hacer referencia a un archivo de CSS externo desde la placa microcontroladora, se utiliza directamente esta etiqueta.

<body> </body>

Encierra todo el contenido que deseas mostrar a los usuarios web que visiten la página, ya sea texto, imágenes, videos, juegos, pistas de audio reproducibles, y demás.

<div> </div>

Es usado como contenedor para otros elementos de la página. Ejemplo, si definimos el id="cuerpo" este nos permitirá dar formato para que contenga los títulos y el párrafo mediante un recuadro hecho con código CSS.

<h1,...,h6> </h1,...,h6>

Se usa para contener títulos. Establece jerarquía entre títulos pero no formato y apariencia. Ejemplo, `id="titulo1"` e `id="titulo2"` se modificarán mediante código CSS.

**
**

Se utiliza para dar saltos de línea dentro del código. Es un ejemplo de los elementos autocontenidos, ya que no tiene "tag" de cierre.

<p> </p>

Por último, el elemento "p" se usa para contener párrafos. Del mismo modo que el anterior elemento se modificó mediante código CSS.

2.3.2 Descripción CSS

Las hojas de estilo en cascada (del inglés Cascading Stylesheets CSS) se usan para darle estilo y posicionarlo visualmente. CSS se puede usar, por ejemplo, para cambiar la fuente, el color, el tamaño y el espaciado del contenido, para formar múltiples columnas, añadir animaciones y otros elementos decorativos.

2.3.3 Definición JavaScript - JS

Es un lenguaje de programación que permite implementar cosas complejas en páginas web. Cada vez que una página web hace algo más que sentarse ahí y mostrar información estática para que la veas, mostrando actualizaciones de contenido oportunas, mapas interactivos, gráficos animados 2D/3D, desplazando máquinas reproductoras de video, o más, puedes apostar que probablemente JavaScript esté involucrado.

En el caso de nuestro proyecto se utilizó JavaScript para que actúe con el servidor web embebido en la placa microcontroladora y así mediante protocolo HTTP hacer las HTTP request a dicha placa 'pidiendo' por los datos censados para mostrarlos en la página.

El protocolo HTTP o Hypertext Transfer Protocol es un protocolo que le permite al cliente (navegador web) realizar peticiones a un servidor web (que contiene el código y archivos relativos a la página web).

2.3.4 Servidor WEB

Otro punto importante es el Servidor web con el que debemos interactuar para que funcione nuestra aplicación. Ellos son quienes responden cuando hacemos una petición. La principal función del Servidor, es mostrar el contenido de un sitio web almacenando, procesando y entregando la información requerida.

Para tener acceso desde Internet, el hardware donde está alojado el Servidor (en nuestro caso en el ESP8266) también deberá estar conectado a internet. De esta manera, Servidor/Cliente, tendrán intercambio de información cumpliendo su función.

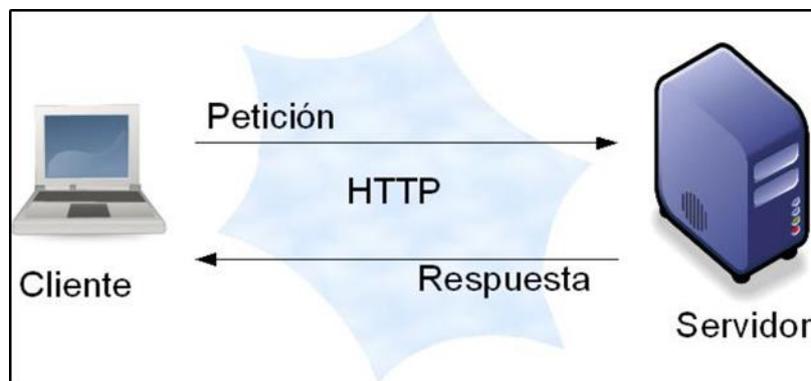


Figura 48: Comunicación servidor cliente mediante protocolo HTTP.

Fuente: http://roble.pntic.mec.es/jprp0006/tecnologia/bachillerato_tic/unidad01_navegadores/

Desde nuestra página web embebida en la placa, se interactúa con el termotanque solar (sensores, motor, electroválvula y demás) haciendo uso del protocolo HTTP, de la misma manera que se comunican los navegadores con los servidores cuando buscamos algún sitio de interés.

Cuando el cliente realiza una petición (HTTP request), esta es enviada a través del método GET desde nuestra página web hacia el web server el cual está corriendo dentro del ESP.

Luego de ello, el servidor gestiona nuestra solicitud haciendo uso de los datos que están siendo censados y responde al cliente devolviendo la información solicitada.

2.4 Desarrollo de cada bloque

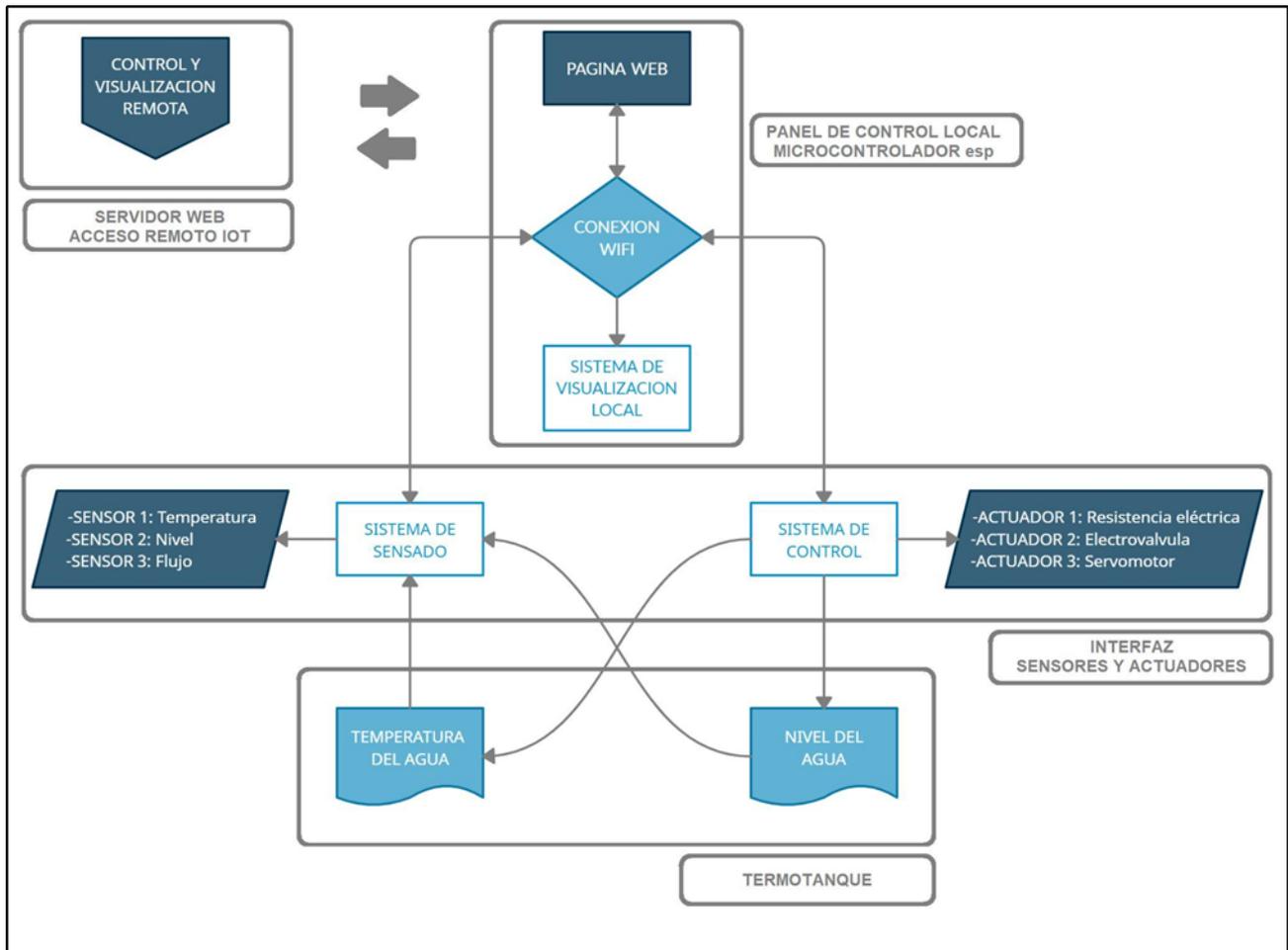


Figura 49: Representación de diagrama de bloques detallado.

2.4.1 Bloque temperatura de agua

Gestión de la temperatura del agua

Este módulo está compuesto por dos actuadores, donde ACTUADOR 1 incide directamente sobre el calentamiento del agua, mientras que ACTUADOR 3 incide indirectamente, ya que actúa sobre la capacidad de calentamiento que tienen los tubos de vacío.

Dado a que los sistemas Termo-Solares son sistemas que dependen de las condiciones climáticas, se tiene en cuenta que, para aquellos días, donde el agua no llegue a una temperatura deseada, se activa o desactiva una resistencia eléctrica que está dentro del depósito del termotanque, esta función resulta de comparar la temperatura del agua, SENSOR 1, con la preestablecida por el usuario y así accionar sobre ACTUADOR 1 para lograr una temperatura deseada.

Otro punto de interés se da en la estación de verano, donde la radiación solar del día hace que la temperatura del agua llegue a los 99 °C rápidamente y se mantenga a esa temperatura por varias horas. Estando en estas condiciones presenta un gran riesgo, dado a que en promedio se estaría hablando de 200 litros de agua a 99 °C que pueden ser evacuados en pocos segundos. Para actuar en este punto, se implementará una especie de cortina que impactará directamente sobre la radiación de los tubos de vacío e indirectamente sobre la temperatura del agua dentro del termotanque. Esta función será ejecutada por el ACTUADOR 3 y trabajará en conjunto con los datos de temperatura y los establecidos por el usuario.

Para el caso de ACTUADOR 1, corresponde a una resistencia eléctrica de 1500 [W] - 220 [Vca]. Aquí se deberá tener especial atención al trabajar con este nivel de tensión. La conexión y desconexión estará dada por un relé y optoacoplador para maximizar los cuidados por choque eléctrico.

El ACTUADOR 3 corresponde a un motor de 12 [Vcc]. Con el mismo se accionará sobre una cortina (a definir por resultado de mejor rendimiento y respuesta), que se encontrará sujeta en una estructura sobre los tubos. La alimentación del mismo estará suministrada por la señal de interés que proporcione el microcontrolador y active el relé correspondiente para dicha tarea.

2.4.2 Bloque nivel de agua

Gestión del nivel de agua

En este bloque, el SENSOR 2 es el encargado de medir el nivel de agua dentro del termotanque. Para este punto, es muy importante llevar un control y seguimiento adecuado ya que si el reservorio se queda sin agua puede llegar a dañarse el termotanque.

Aquí también entra en juego el ACTUADOR 2, el mismo comprende de una electroválvula que estará conectada en serie con el circuito de llenado del termotanque. Tener un control sobre el llenado nos permite usar agua a una temperatura casi constante, esto se da si evitamos que ingrese agua a menor temperatura a medida que se vacía el depósito.

A su vez, con SENSOR 3 podremos monitorear el ingreso de agua al equipo Termo-Solar lo que nos habilita una opción de alarma a tener en cuenta cuando existen cortes de agua de red.

La electroválvula tendrá una alimentación de 220 [Vca] aislada para disminuir los riesgos eléctricos y estará conectada a la placa controladora mediante relé.

2.4.3 Visualización

2.4.3.1 Control y visualización remota - Página web

La misma será una página web a través de la cual se podrán ver en tiempo real los datos censados, también se podrá configurar temperatura del agua, franjas horarias de llenado, encendido y apagado manual de la resistencia eléctrica, activar el cierre de una cortina que cubra los tubos de vacío, alarmas, ciclos de circulación de agua, entre otras, siempre sobre las dos variables principales de temperatura y nivel de agua dentro del termotanque.

El funcionamiento parte en el mismo ESP8266 donde se crea un portal cautivo por el cual se podrá acceder a la conexión de la red WiFi generada por el mismo dispositivo (Este proceso se da de forma automática si el equipo no está conectado correctamente a una red WiFi). Donde, se tiene la posibilidad de configurar un nombre para identificar la red, nombre usado, SSID: "Termo - Solar", a la cual se podrá acceder desde el ícono de redes WiFi de un teléfono móvil, tablet, o cualquier equipo que tenga navegador web, una vez que estén los dispositivos enlazados, ESP y otro (dígase celular, tablet, notebook, etc). En otro se cargará automáticamente la página cautiva la cual nos permitirá introducir la contraseña. Luego de esto, el equipo desarrollado ya estará conectado a la red local WiFi. Si por algún motivo la red a la cual se encuentra conectado nuestro dispositivo cambia, es decir, es necesario cambiar la contraseña, se deberán repetir los pasos anteriores para modificar la contraseña almacenada.

2.4.4 Conexión a la red WiFi

Para la conexión del equipo a una red WiFi se hace uso de dos de las características más importantes de los módulos ESP, refiérase a conexión inalámbrica: su funcionamiento en Modo STA y SAP. Siendo:

Modo STA: en este modo (station) el módulo se conecta a un router o access point mediante la configuración previa de un SSID y un Password.

Modo SAP: (Soft Access Point) aquí, el mismo módulo se encarga de generar su propia red WiFi a la cual otros dispositivos (móviles, ordenadores o tablets) se pueden conectar. En este modo, se tiene la posibilidad de elegir SSID y password de la red a la cual se desea conectar la placa ESP8266.

2.4.4.1 Acces Point

La configuración WiFi del sistema parte en la implementación de librerías dentro del entorno de desarrollo que nos van a facilitar la configuración de nuestro ESP como punto de acceso WiFi, que de esta forma nos permitirá poder configurar la placa sin la necesidad de un IDE. Dichas librerías son WiFiManager.h, DNSServer.h, ESP8266WebServer.h

Continuando se crea una instancia wifiManager del tipo WifiManager a la que podemos modificar sus atributos para los diferentes métodos acompañan a las mencionadas librerías.

Configuración IDE ARDUINO implementado

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <strings_en.h>
#include <WiFiManager.h>
#include <DNSServer.h>
#include <ESP8266WebServer.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

#include <Ticker.h>
int pinLedWiFiOK = 1;
int pinLedWiFiFinoOK = 3;

Ticker ticker;

void parpadeoLedWifi()
{
    byte estado = digitalRead(pinLedWiFiOK);
    digitalWrite(pinLedWiFiOK,!estado);
    digitalWrite(pinLedWiFiFinoOK,estado);
}
```

```
}  
  
void configuracionWiFi()  
{  
    lcd.begin();  
    lcd.backlight();  
  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("Configuracion WiFi");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("SSID: Termo-Solar");  
    lcd.setCursor(0, 2);  
    lcd.print("PASS: 12345678");  
    lcd.setCursor(0, 3);  
    lcd.print("IP: 192.168.4.1");  
    lcd.print(" ");  
  
    pinMode(pinLedWiFiOK, OUTPUT);  
    pinMode(pinLedWiFiNoOK, OUTPUT);  
    ticker.attach(0.2, parpadeoLedWifi);  
  
    WiFiManager wifiManager;  
  
    //wifiManager.resetSettings();  
  
    if(!wifiManager.autoConnect("Termo-Solar","Sol#0922"))  
    {  
        ESP.reset();  
        delay(1000);  
    }  
  
    ticker.detach();  
    digitalWrite(pinLedWiFiOK, HIGH);  
    digitalWrite(pinLedWiFiNoOK, LOW);  
}
```

Se detalla también que en los pines GPIO 1 y 3 tendremos conectado un LED de tres colores, pero donde usamos el color Azul para indicar conexión WiFi OK y para una conexión NO OK de WiFi una intermitencia cada 200 milisegundo entre el LED Azul y el Rojo. Dicha intermitencia se dará cada vez que no haya enlace con una red WiFi.

Visualización obtenida en el gabinete de control.

Mediante el uso de un display LCD instalado en el gabinete del equipo se muestran los datos relevantes para la configuración inicial.

Mensaje representado

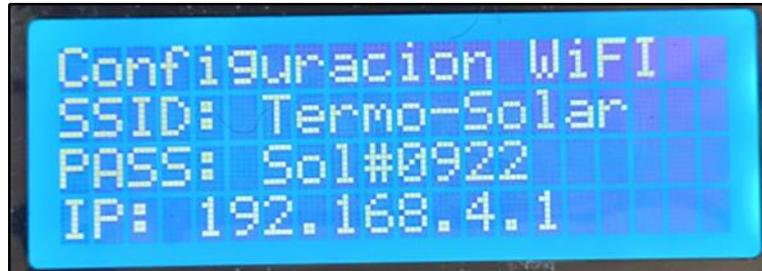


Figura 50: Representación en LCD del gabinete de los valores del AP.

Configuración WiFi: Indica que el dispositivo se encuentra en modo AP

Termo-Solar: Representa la SSID de la red WiFi generada

Sol#0922: Contraseña de la red WiFi Termo-Solar

192.168.4.1: Dirección a escribir en el navegador web de un dispositivo conectado a la red detallada.

Tomamos como ejemplo de secuencia para configuración de la red WiFi del Sistema con un teléfono móvil.

Primero buscamos la red WiFi indicada, cargamos la contraseña para conectarnos con el ESP8266, una vez conectados a la red ingresamos en el navegador en la IP indicada, ahí nos aparecerá un menú de conexión donde debemos hacer click en el botón de Configuración WiFi, allí se despliega otra pantalla donde se observan las redes disponibles, elegimos la de interés y cargamos la contraseña de la misma. Por último, click en el botón guardar y si está todo correcto el ESP se reseteará e iniciará nuevamente conectándose a la red guardada.

Visualizaciones de los pasos en un teléfono móvil.

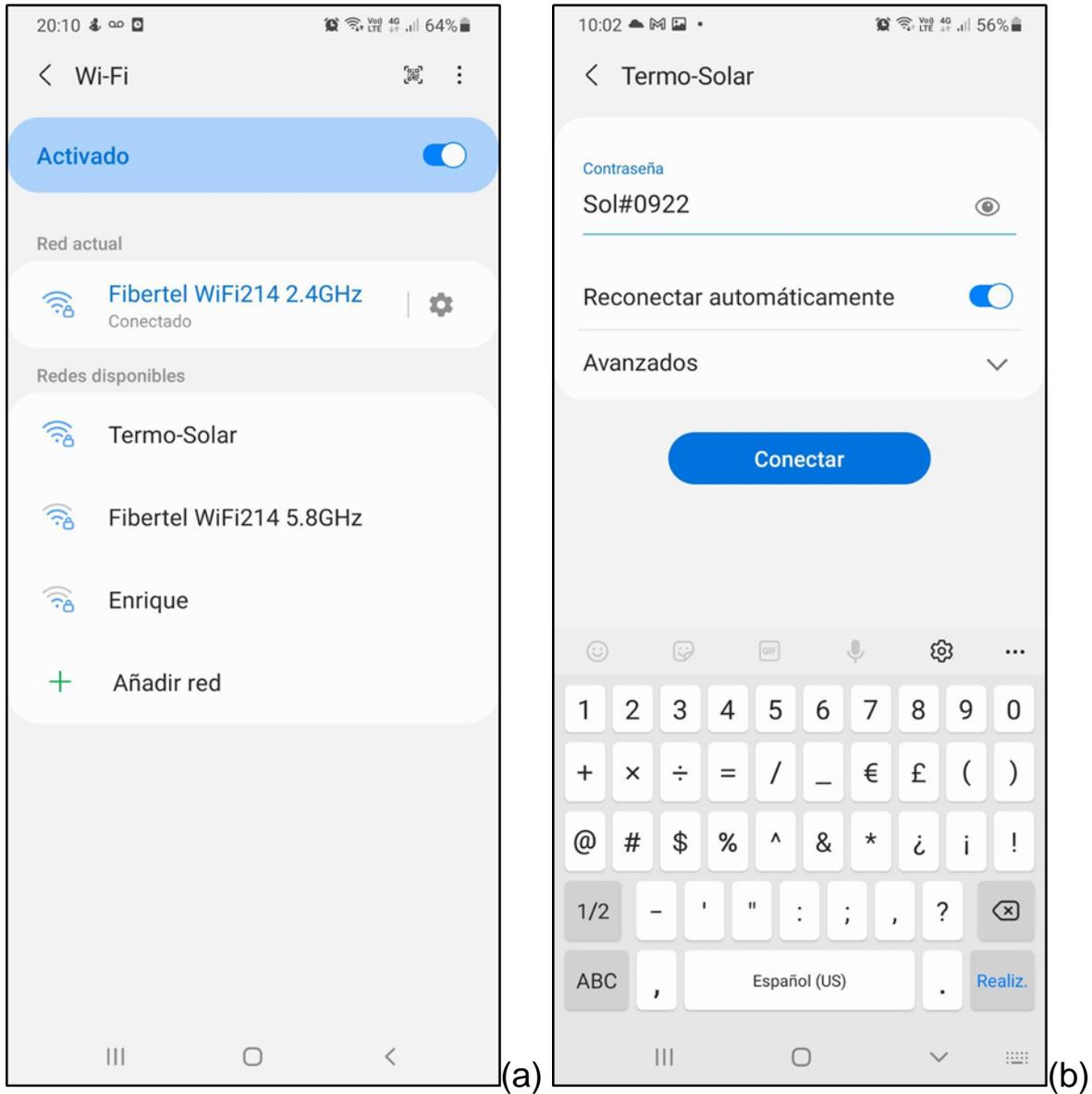


Figura 51: (a) Vista selección red WiFi AP - (b) Pass WiFi del AP del ESP.

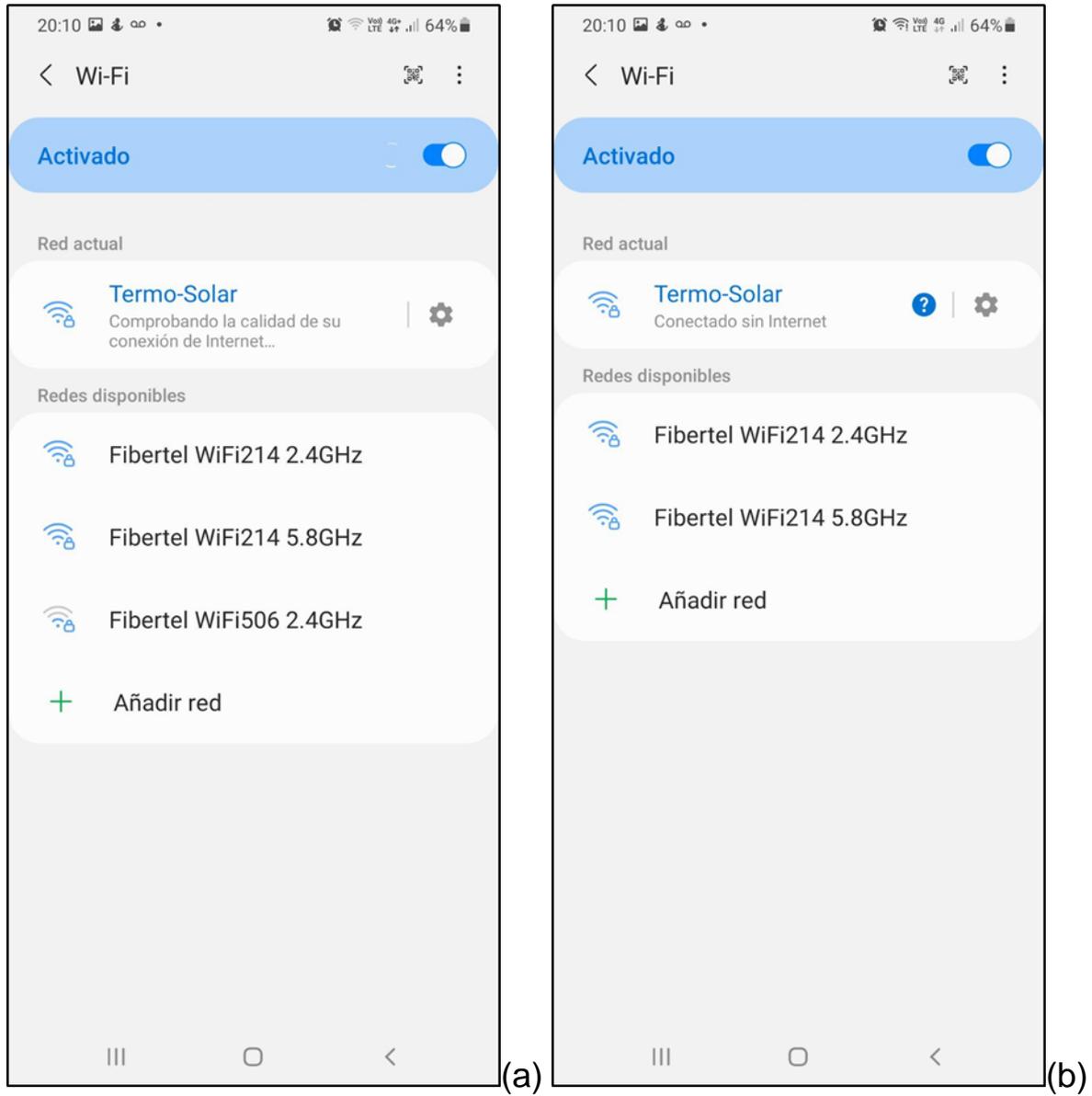


Figura 52: (a) Vista conexión AP del ESP - (b) Vista conexión OK con AP.

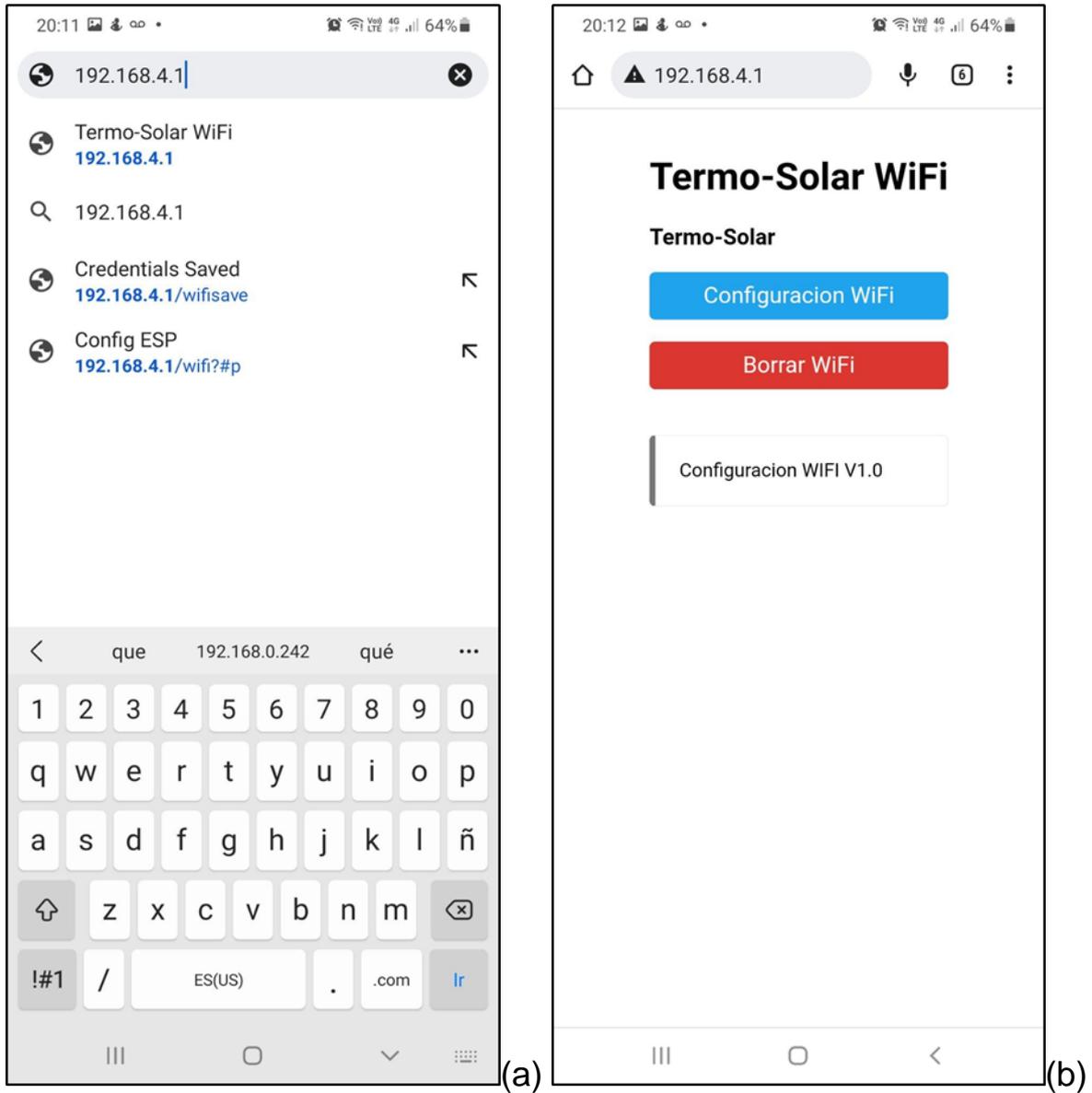


Figura 53: (a) Vista cargando IP conf. WiFi - (b) Vista inicio conf. WiFi.

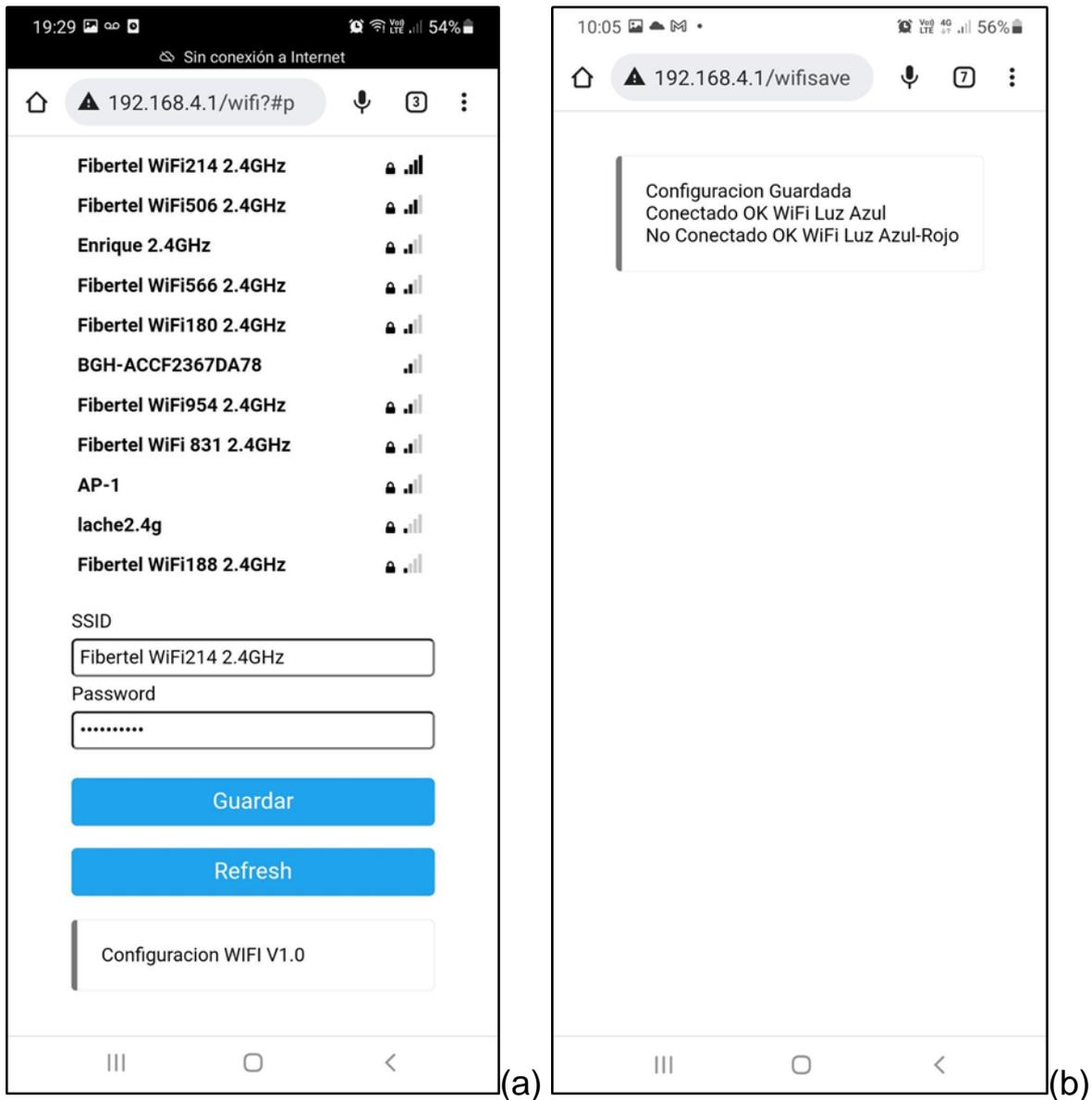


Figura 54: (a) Vista guardando red WiFi - (b) Vista de fin programación.

Dichos datos quedan guardados en la EEPROM y cuando vuelva a encender o iniciar el sistema se conectará automáticamente a la red cargada. En el caso de que la red cambie o sea necesario modificar su contraseña el proceso es sencillo. Solo bastará con repetir los pasos dados anteriormente desde una PC, tablet o móvil (las impresiones de pantalla representan un dispositivo móvil).

En este punto el LED de estado de conexión WiFi quedará en color Azul y el sistema nos devolverá un mensaje conectando a la red seleccionada.



Figura 55: Vista LCD - Conectando a red local WiFi.

2.4.4.2 Cliente

A continuación, se muestra el resultado de la conexión con el servidor DHCP, es decir la dirección IP a la que debemos conectarnos. Hasta que no se detecte un cliente no dejará de mostrar la IP.



Figura 56: Vista LCD - IP de acceso para control.

2.4.5 Programación Pagina WEB

La página WEB incluida en el ESP2266 presenta dos visualizaciones según el tipo de configuración que deseemos implementar. Una manual donde tenemos control directo sobre la cubierta protectora, la resistencia y la electroválvula y otra automática donde se setean las condiciones para el control del agua. Ambas visualizaciones están en formato HTML anteriormente explicado.

2.4.5.1 Visualización Manual

```

<!DOCTYPE html><html><head><title>PANEL DE
CONTROL</title><style>.button { border: none;color: white;
padding: 25px 35px;text-align: center;text-decoration:
none;display: inline-block;font-size: 30px; margin: 4px 2px;
cursor: pointer;align: center;font-family:verdana;border-
radius:1rem;width: 100%}.button1 {background-color:
#4CAF50;}.button2 {background-color: #ff0000;}.button3
{background-color: #0080FF;}.button4 {background-color:
#A9D0F5;}.fondo {background-color: #f5f5f0;}.center{display:
block;margin-left: auto;margin-right: auto;width:
50%;}.center_text{text-align:center;font-family:verdana}
.fuente{font-family:verdana} input[type=number] {background-
color: #FFFEEC;border: 2px groove;padding: 16px 32px;text-
decoration: none;margin: 4px 2px;cursor: pointer;width: 50%;font-
size: large;text-align: center;}
.slider { -webkit-appearance: none; width: 100%; height: 15px;
border-radius: 5px; background: #d3d3d3; outline: none;
opacity: 0.7; -webkit-transition: .2s; transition: opacity
.2s;}
.slider::-webkit-slider-thumb { -webkit-appearance: none;
appearance: none; width: 25px; height: 25px; border-radius: 50%;
background: #1E35F9; cursor: pointer;}
.slider::-moz-range-thumb { width: 25px; height: 25px; border-
radius: 50%; background: #1E35F9; cursor: pointer; }
</style>
<META HTTP-EQUIV=REFRESH CONTENT=15;URL=./></head><body
class="fondo">
<h1 class="center_text">Monitoreo Sistemas Termo-Solar</h1>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="fuente">Estado y valores de los parametros</h4>
<h5 class="fuente"><ul>Temp del agua: 18 [*C]</ul></h5>
<h5 class="fuente"><ul>Nivel de agua: 100 [% Tanque]</ul></h5>
<h5 class="fuente"><ul>Consumo de agua: 0.00 [Litros]</ul></h5>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Configuracion Manual/Automatica</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<td><a href="/ACT4ON""><button class="button button2">--Manual--
</button></a></td>
</tbody>

```

```

</table>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="center_text">Configuracion MANUAL</h4>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Cubierta protectora</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<td><a href="/ACT1ON""><button class="button button4">--Cerrada--
</button></a></td>
</tbody>
</table>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Resistencia calentamiento</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<td><a href="/ACT2ON""><button class="button button4">-Apagada-
</button></a></td>
</tbody>
</table>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Electrovalvula llenado</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<td><a href="/ACT3ON""><button class="button button4">-Apagada-
</button></a></td>
</tbody>
</table>
<hr/>
<hr/>
</body>
<script type="text/javascript">
var lbTem = document.getElementById("lbTem"); var slTem =
document.getElementById("tem"); lbTem.innerHTML = slTem.value;
slTem.oninput = function() { lbTem.innerHTML = this.value;}

var lbTCu = document.getElementById("lbTCu"); var slTCu =
document.getElementById("tCu"); lbTCu.innerHTML = slTCu.value;
slTCu.oninput = function() { lbTCu.innerHTML = this.value;
}</script>
</html>

```

2.4.5.2 Visualización control MANUAL

En las capturas de pantallas representadas a continuación se pueden observar los dos estados de cada botón de configuración.

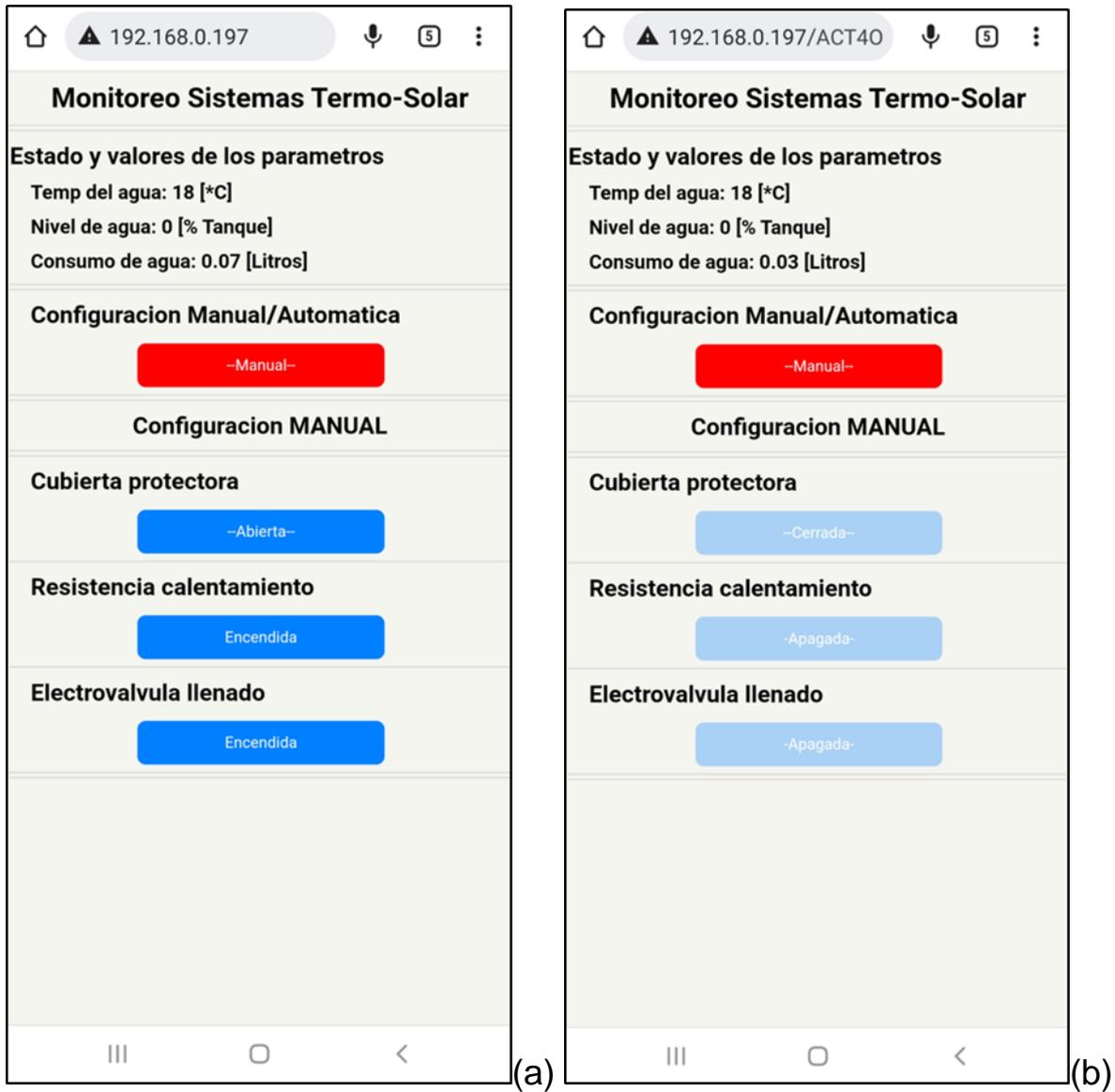


Figura 57: (a) Vista modo manual - (b) Vista modo manual con modificación.

2.4.5.3 Visualización en gabinete

Aquí, la visualización en el LCD modo Configuración MANUAL aparecerá en la parte superior al centro un M refiriéndose a configuración Manual.



Figura 58: Vista LCD modo manual.

2.4.5.4 Ejemplo de visualización LCD modo MANUAL

Estados de Cubierta Protectora



Figura 59: Vista LCD modo manual - Cubierta Cerrada.



Figura 60: Vista LCD modo manual - Cubierta Abierta.

2.4.5.5 Visualización modo Automático

También en formato HTML.

```

<!DOCTYPE html><html><head><title>PANEL DE
CONTROL</title><style>.....}
.slider { -webkit-appearance: none; width: 100%; height: 15px;
border-radius: 5px; background: #d3d3d3; outline: none;
opacity: 0.7; -webkit-transition: .2s; transition: opacity
.2s;}
.slider::-webkit-slider-thumb { -webkit-appearance: none;
appearance: none; width: 25px; height: 25px; border-radius: 50%;
background: #1E35F9; cursor: pointer;}
.slider::-moz-range-thumb { width: 25px; height: 25px; border-
radius: 50%; background: #1E35F9; cursor: pointer; }
</style>
<META HTTP-EQUIV=REFRESH CONTENT=15;URL=./></head><body
class="fondo">
<h1 class="center_text">Monitoreo Sistemas Termo-Solar</h1>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="fuente">Estado y valores de los parametros</h4>
<h5 class="fuente"><ul>Temp del agua: 18 [*C]</ul></h5>
<h5 class="fuente"><ul>Nivel de agua: 100 [% Tanque]</ul></h5>
<h5 class="fuente"><ul>Consumo de agua: 0.00 [Litros]</ul></h5>
<h4 class="fuente">Pocision de la cubierta</h4>
<h5 class="fuente"><ul>Cubierta Cerrada</ul></h5><h4
class="fuente">Estado de la Resistencia</h4>
<h5 class="fuente"><ul>Resistencia Apagada</ul></h5><h4
class="fuente">Estado de la Electrovalvula</h4>
<h5 class="fuente"><ul>Electrovalvula Apagada</ul></h5><hr/>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Configuracion Manual/Automatica</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<td><a href="/ACT40FF""><button class="button button1">--Automat-
-</button></a></td>
</tbody>
</table>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="center_text">Configuracion AUTOMATICA</h4>
<hr/>
<hr/>

```

```

<h4 class="fuente"><ul>Dias Activacion Resistencia</ul></h4>
<table style="border-width: 4px; border=0 align=center">
<tbody>
<tr>
<td><h><a href="/ACTDON""><button class="button
button4">D</button></a></h></td>
...
button4">S</button></a></h></td>
</tr>
</tbody>
</table>
<hr/>
<form action='guardar_conf' method='get'>
<h4 class="fuente"><ul>Hora Encendido Resistencia:
0 Hr</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<td><h4 class="center_text"><input type='number' name='hon'
min='00' max='24' placeholder='00' required step='1' width=
'100%'></h4></td>
</tbody>
</table>
<h4 class="fuente"><ul>Hora Apagado Resistencia:
24 Hr</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<tr><td><h4 class="center_text"><input type='number' name='hoff'
min='00' max='24' placeholder='24' required
step='1'></h4></td></tr>
<tr><td><input class="button button3" type='submit'
value='Guardar'></td></td></tr>
</tbody>
</table>
</form>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Temp Activacion Resistencia:
-500 [*C]</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<form action='guardar_temp' method='get'>
<tr><td><h4 class="center_text"><p id='lbTem'>0</p><input type =
'range' class="slider" name='tem' id='tem' min='10' max='90'
value='50' width= '100%'></h4></td></tr>

```

```

<tr><td><h5> </h5></td></tr>
<tr><td><input class="button button3" type='submit'
value='Guardar'></td></tr>
</form>
</tbody>
</table>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Temp Activacion Cubierta:
-500 [*C]</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<form action='temp_Cubierta' method='get'>
<tr><td><h4 class="center_text"><p id='lbTCu'>0</p><input type =
'range' class="slider" name='tCu' id='tCu' min='10' max='90'
value='50'></h4></td></tr>
<tr><td><h5> </h5></td></tr>
<tr><td><input class="button button3" type='submit'
value='Guardar'></td></tr>
</form>
</tbody>
</table>
<hr/>
<hr/>
<h4 class="fuente"><ul>Dias Desactivacion
Electrovalvula</ul></h4>
<table style=border-width: 4px; border=0 align=center>
<tbody>
<tr>
<td><h><a href="/ACTEVDON""><button class="button
button4">D</button></a></h></td>
...
<td><h><a href="/ACTEVSON""><button class="button
button4">S</button></a></h></td>
</tr>
</tbody>
</table>
<hr/>
<form action='guardarconfEV' method='get'>
<h4 class="fuente"><ul>Hora Apagado Electrovalvula:
0 Hr</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>

```

```
<td><h4 class="center_text"><input type='number' name='EVon'
min='00' max='24' placeholder='00' required step='1'></h4></td>
</tbody>
</table>
<h4 class="fuente"><ul>Hora Encendido Electrovalvula:
24 Hr</ul></h4>
<table border=0 align=center width= 50%>
<tbody>
<tr><td><h4 class="center_text"><input type='number' name='EVoff'
min='00' max='24' placeholder='24' required
step='1'></h4></td></tr>
<tr><td><input class="button button3" type='submit'
value='Guardar'></td></td></tr>
</tbody>
</table>
</form>
<hr/>
<hr/>
</body>
<script type="text/javascript">
var lbTem = document.getElementById("lbTem"); var slTem =
document.getElementById("tem"); lbTem.innerHTML = slTem.value;
slTem.oninput = function() { lbTem.innerHTML = this.value;}

var lbTCu = document.getElementById("lbTCu"); var slTCu =
document.getElementById("tCu"); lbTCu.innerHTML = slTCu.value;
slTCu.oninput = function() { lbTCu.innerHTML = this.value;
}</script>
</html>
```

2.4.5.6 Visualización control AUTOMÁTICO

En las capturas de pantallas representadas a continuación se pueden observar dos configuraciones distintas.

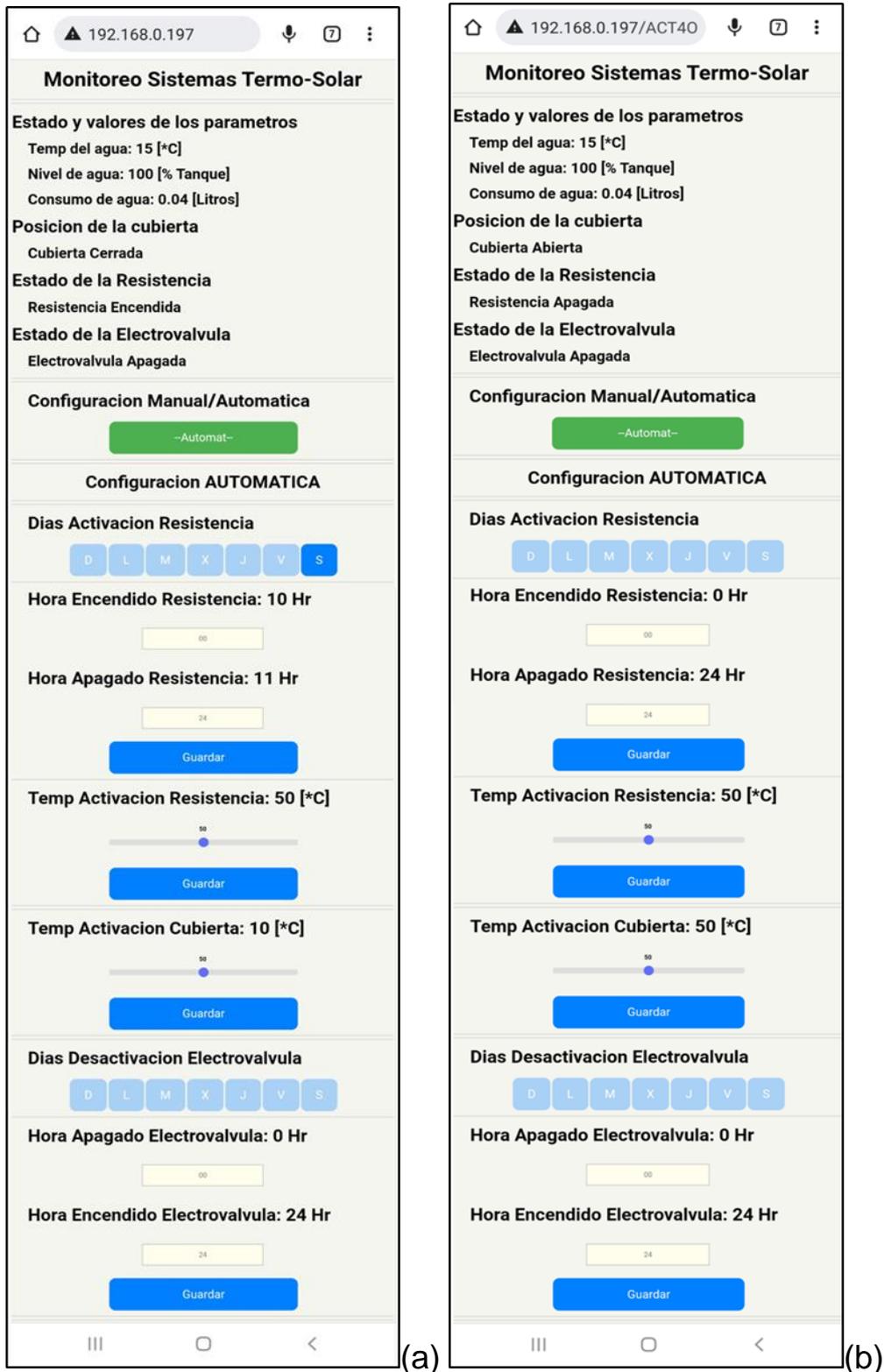


Figura 61: Vista modo Automático modificado - (b) Vista modo Automático sin modificar.

2.4.5.7 Visualización modo Automático en el LCD del gabinete

Como se observa, en este caso, en el LCD modo Automático aparece una A en el margen superior al centro



Figura 62: Visualización LCD modo Automático.

2.4.5.8 Ejemplo de visualización LCD modo AUTOMÁTICO

Variación en el nivel de agua

En las siguientes imágenes se muestra la evolución en los diferentes niveles de agua hasta llegar al 100 % donde además se modifica el estado de la electroválvula evitando que siga entrando agua al termotanque y se produzca un rebalse.

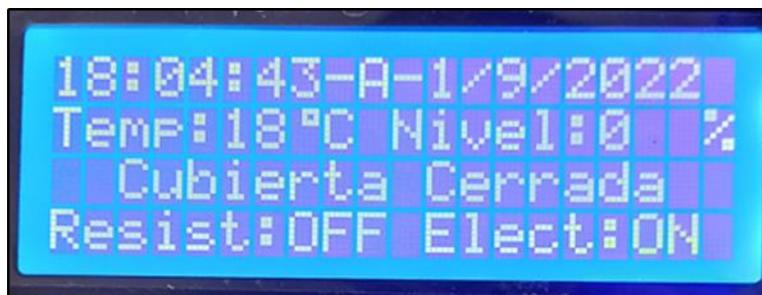


Figura 63: Visualización LCD modo Automático - Nivel 0%.

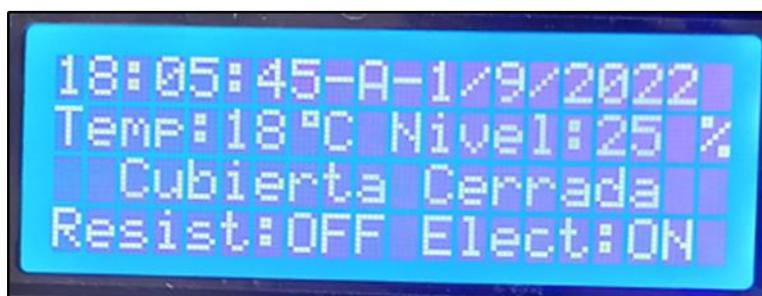


Figura 64: Visualización LCD modo Automático - Nivel 25%.



Figura 65: Visualización LCD modo Automático - Nivel 50%.



Figura 66: Visualización LCD modo Automático - Nivel 75%.



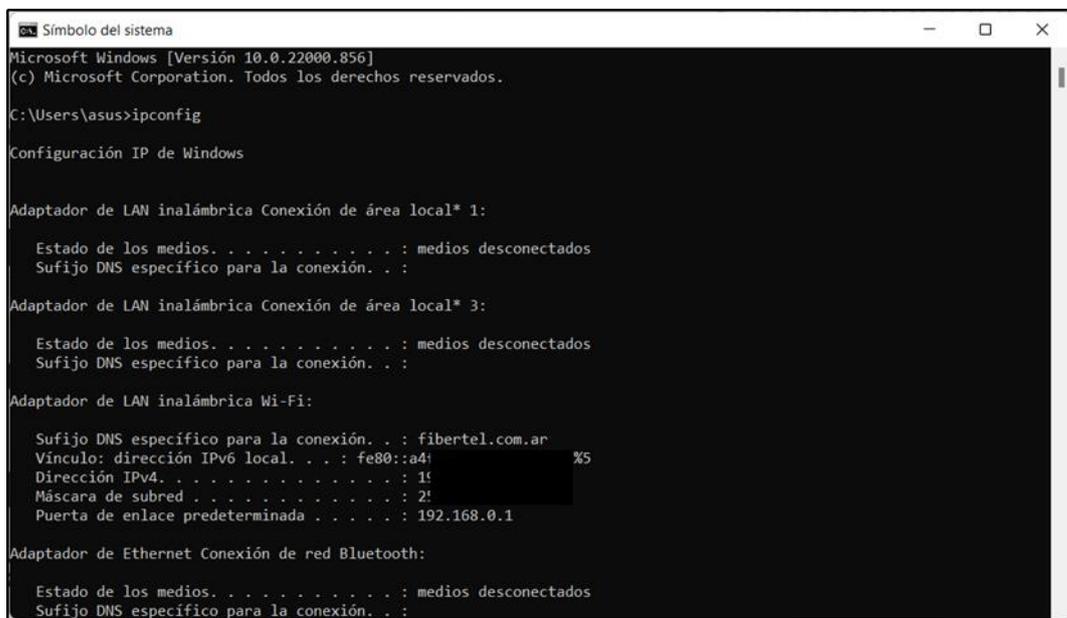
Figura 67: Visualización LCD modo Automático - Nivel 100%.

2.4.6 Conexión Remota

En este apartado se deben seguir unos pasos de configuración en los cuales se debe tener mucho cuidado, dado a que en internet existen muchos bots que buscan puertos comunes para infectarlos con virus. Aquí solo se configura el puerto 80 en el router a modo de ejemplo ya que una vez pasado el tiempo de las pruebas se deshabilita nuevamente.

El inicio de la configuración parte en conocer la puerta de enlace predeterminada para poder loguearnos en el router domiciliario provisto por la empresa que nos provee el servicio de internet.

Ubicación de la puerta de enlace: Se debe ejecutar el comando CMD e ingresar la función de ipconfig donde nos aparecerán los siguientes datos.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.22000.856]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\asus>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 1:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 3:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:

    Sufijo DNS específico para la conexión. . . : fibertel.com.ar
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::a41
    Dirección IPv4. . . . . : 1
    Máscara de subred. . . . . : 2
    Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.0.1

Adaptador de Ethernet Conexión de red Bluetooth:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
```

Figura 68: Comando CMD de Windows.

Puerta de enlace predeterminada: 192.168.0.1

Configuración Cable Modem: Ahora en un navegador escribimos 192.168.0.1 y nos aparecerá el menú de inicio de nuestro router. Allí debemos loguearnos con usuario y contraseña.

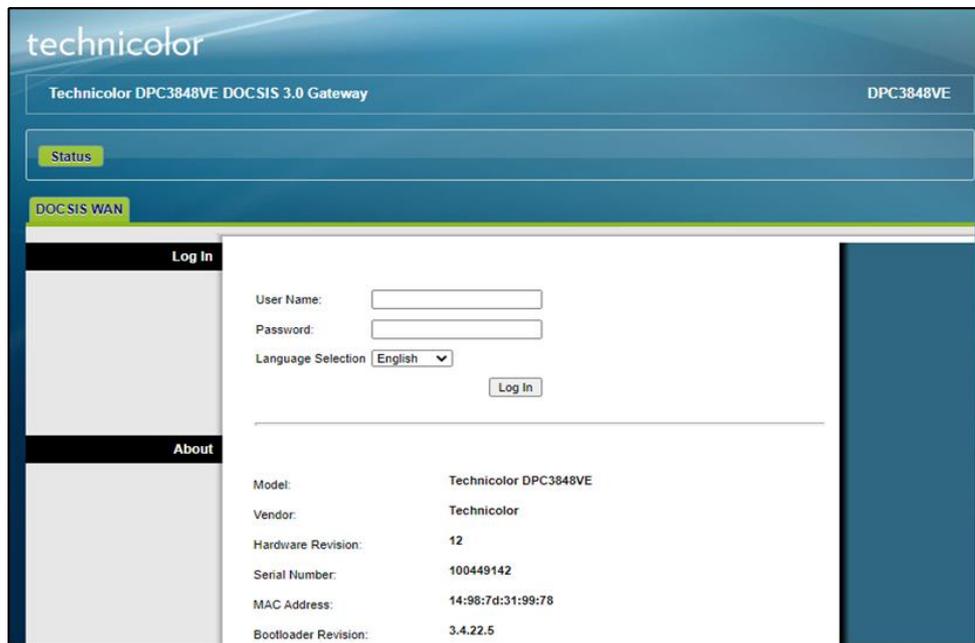


Figura 69: Página de inicio del cable modem router domiciliario.

Para nuestro equipo Technicolor DPC3848VE los datos son:

User: admin y Pass: cisco

Nos logueamos:

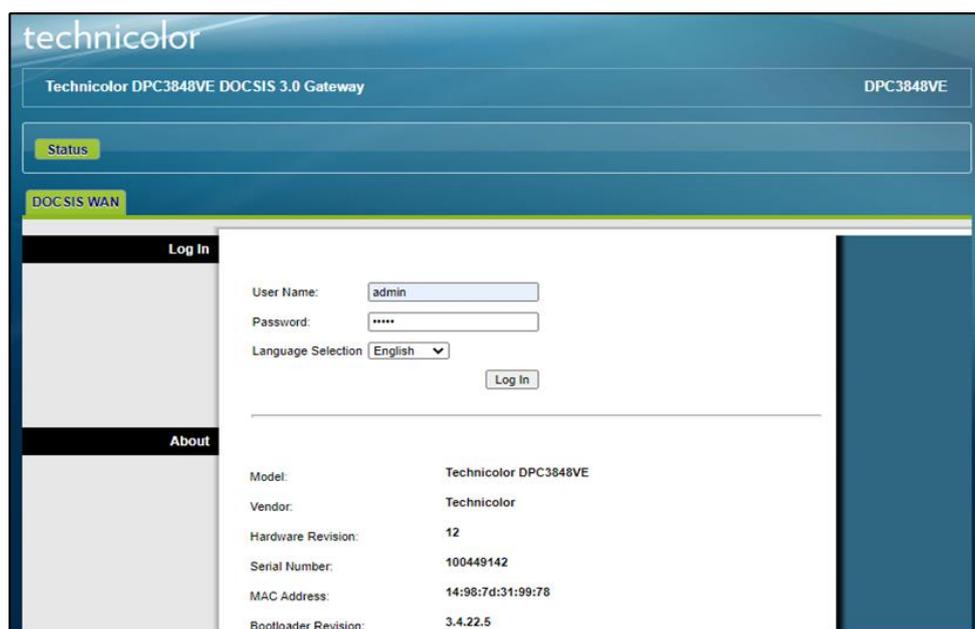


Figura 70: Logueo a router domiciliario.

Nos dirigimos a la opción de Applications & Gaming → Port Range Forwarding:



Figura 71: Ruta para configuración de puerto y dirección IP.

Click en Add Port:

Configuramos el puerto al que está conectado nuestro ESP8266 y la dirección IP que le asignó el router a la placa de desarrollo. En el ejemplo

Puerto: 80

IP: 192.168.0.197



Figura 72: Configuración final de puerto y dirección IP.

Luego click en Save Settings y ya se estaría listo para poder acceder desde cualquier punto que tengamos acceso a internet.

Para poder lograr eso debemos conocer nuestra IP. Para poder conocerla ingresamos a la siguiente dirección:

- <https://ifconfig.me/>

Por razones de seguridad informática se tapan los datos.



Figura 73: IP obtenida de ifconfig.me.

2.4.6.1 Conexión móvil a través de 4G

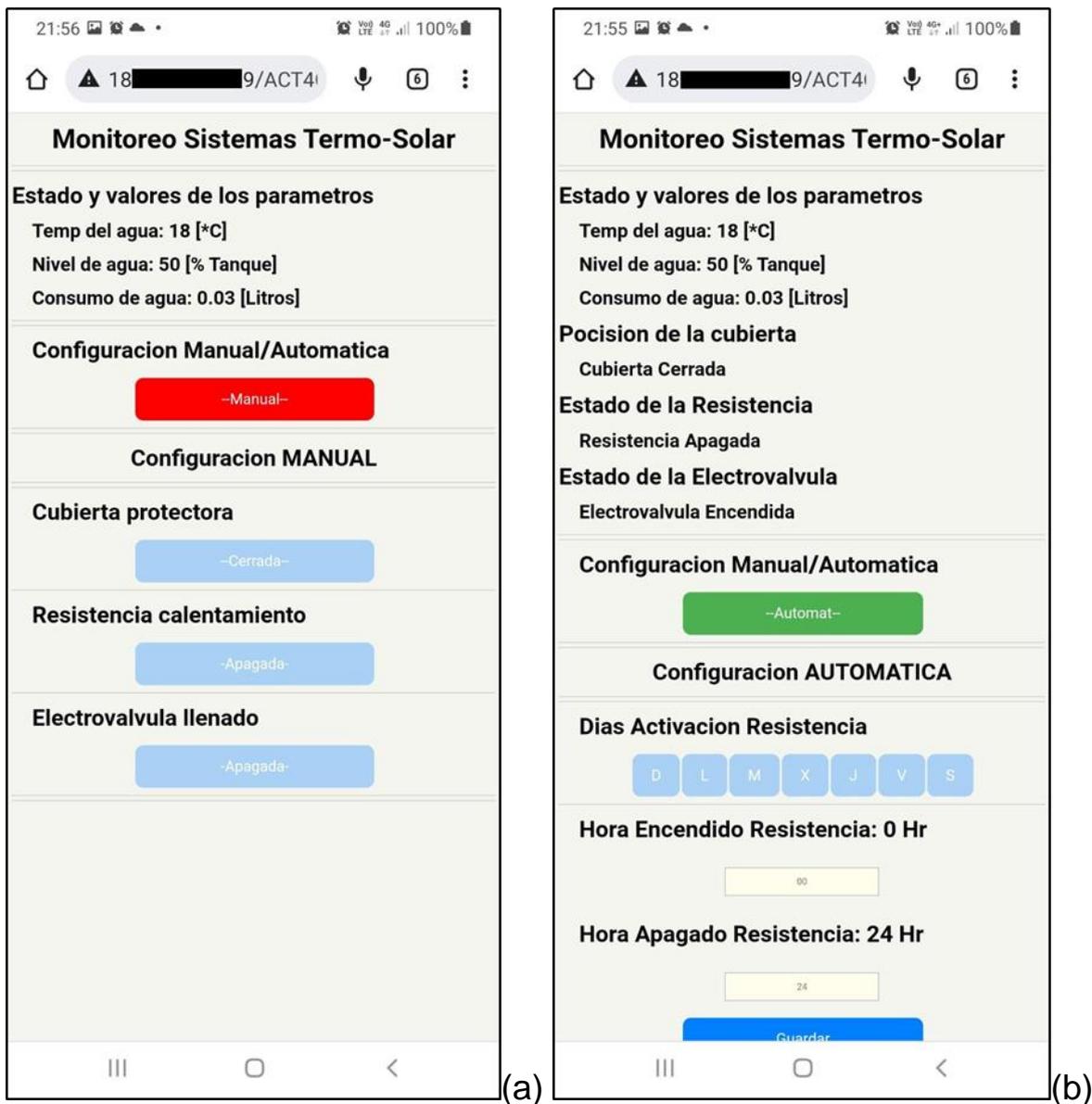


Figura 74: (a) Vista remota modo manual - (b) Vista remota modo automático.

2.5 Alarmas

Con el fin de poder alertar al usuario de alguna situación de advertencia, con respecto al estado de alguno de los parámetros sensados dentro del termotanque, se decidió integrar al diseño un sistema de alarmas tanto sonora como visual con el fin de poner en evidencia alguna situación para prestar atención, ya que pueden existir lesiones físicas. En cuanto a las alarmas visuales, estas se encuentran en la página web. Las mismas se componen de un mensaje. Además del mensaje y de acuerdo al nivel de cuidado, se activará una alarma sonora.

2.5.1 Alarma de baja circulación de agua

El fin es indicar al usuario que no hubo circulación de agua en 7 días o más. La idea es que pueda hacer uso del agua caliente para evitar el estancamiento y la proliferación de bacterias.

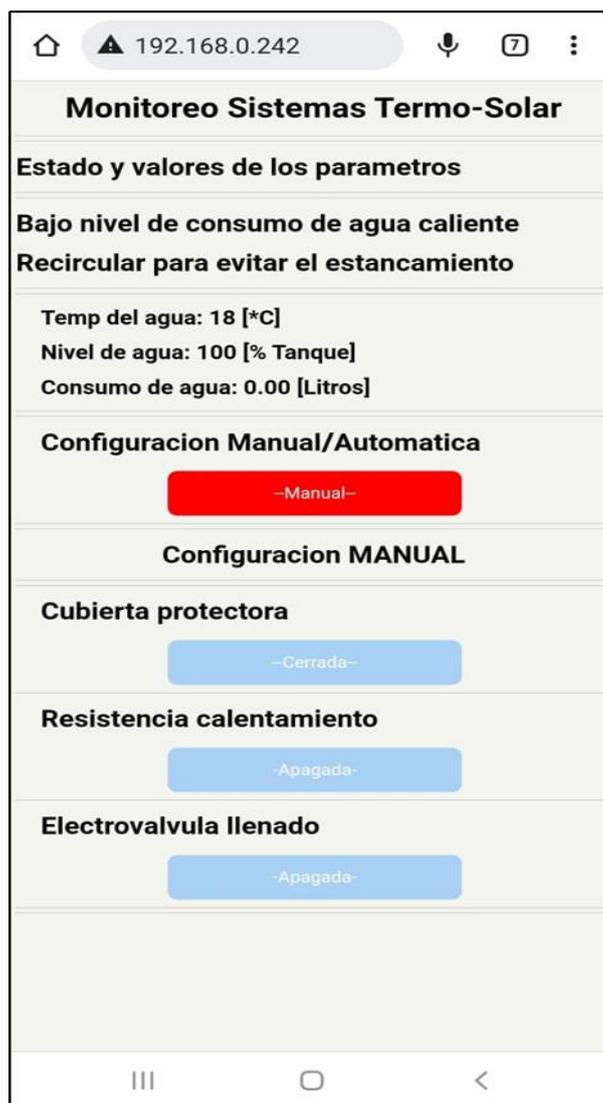


Figura 75: Visualización web alerta bajo circulación de agua.

2.5.2 Alarma de temperaturas elevadas

Otra señal de alerta, que además de visual es también sonora, es indicar al usuario que la temperatura del agua es superior a los 95 °C. Lo que implica que el uso descuidado del agua a esa temperatura puede ocasionar quemaduras graves.



Figura 76: Visualización web alerta alta temperatura.

Con respecto a la alarma sonora, la misma se implementó a través de un buzzer (conectado al GPIO SD3 por medio de un relé) el cual emite un sonido cuando la temperatura del agua supera los 95 grados centígrados, poniendo al usuario en conocimiento de la situación para evitar quemaduras.

2.5.3 Alarma de nivel crítico

También se contempló una visualización sobre el nivel crítico de agua dentro de un termotanque solar. Aquí se indica al usuario que el nivel del agua es 0 %. Lo que implica que, si existe incidencia solar sobre los tubos de vacío, esto podría ocasionar roturas irreparables al sistema. Ya sean en los tubos de vacío por cambios bruscos de temperatura cuando le ingrese agua a los mismos, o bien una deformación en el tanque de depósito.



Figura 77: Visualización web alerta bajo nivel de agua.

2.6 Diagrama de flujo

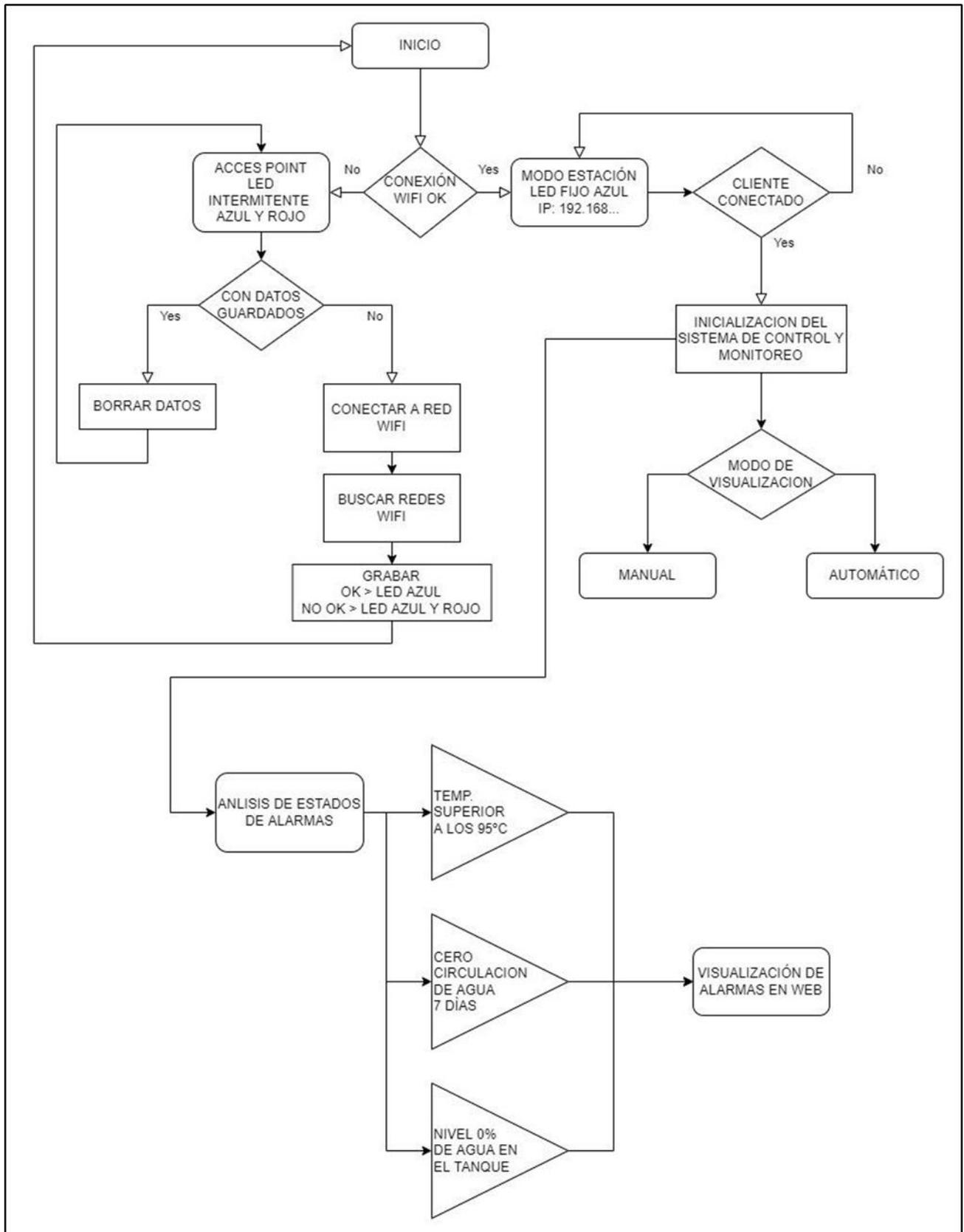


Figura 78: Diagrama de flujo inicio del sistema.

2.6.1 Modo Manual

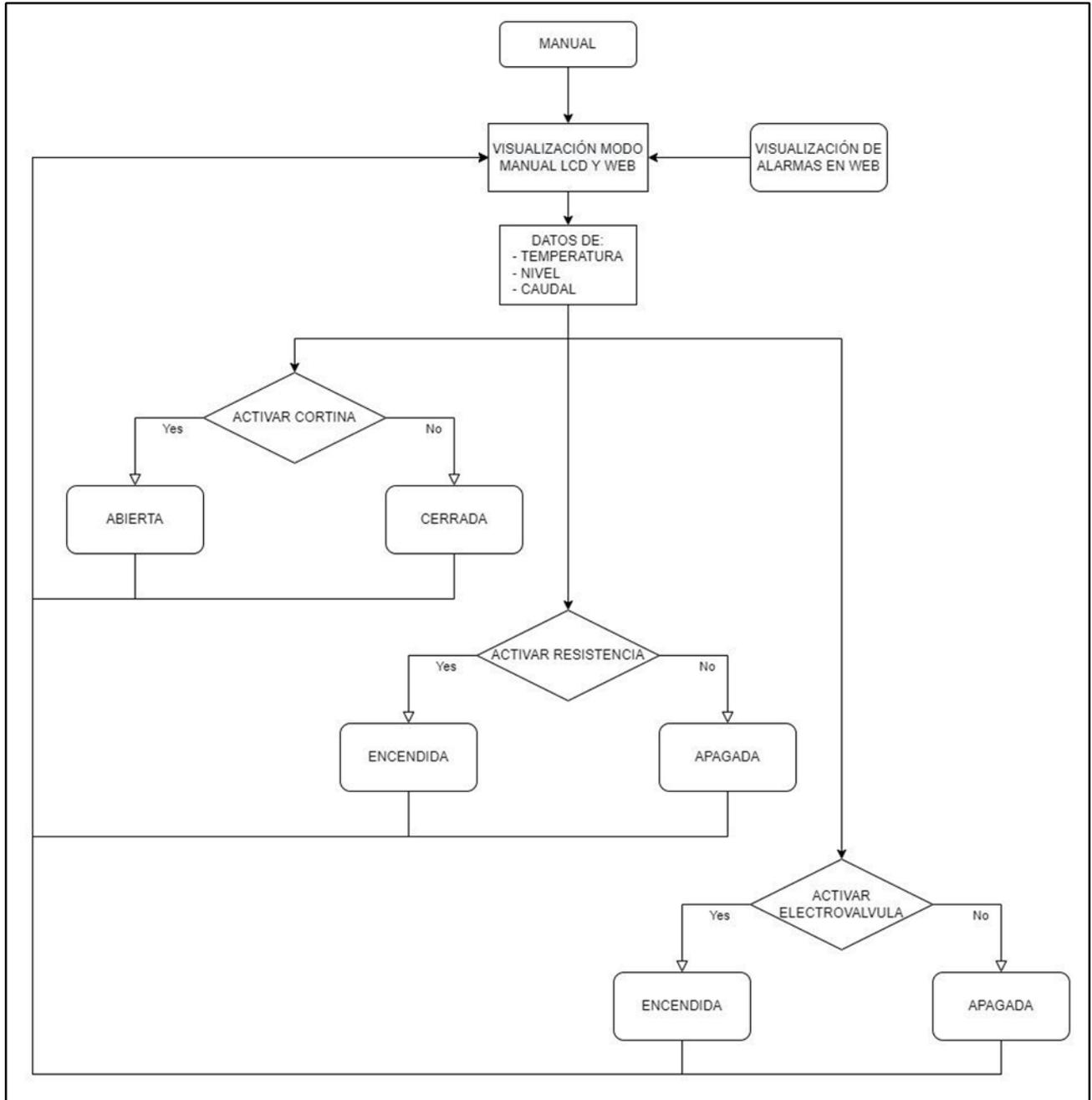


Figura 79: Diagrama de flujo modo manual.

2.6.2 Modo Automático

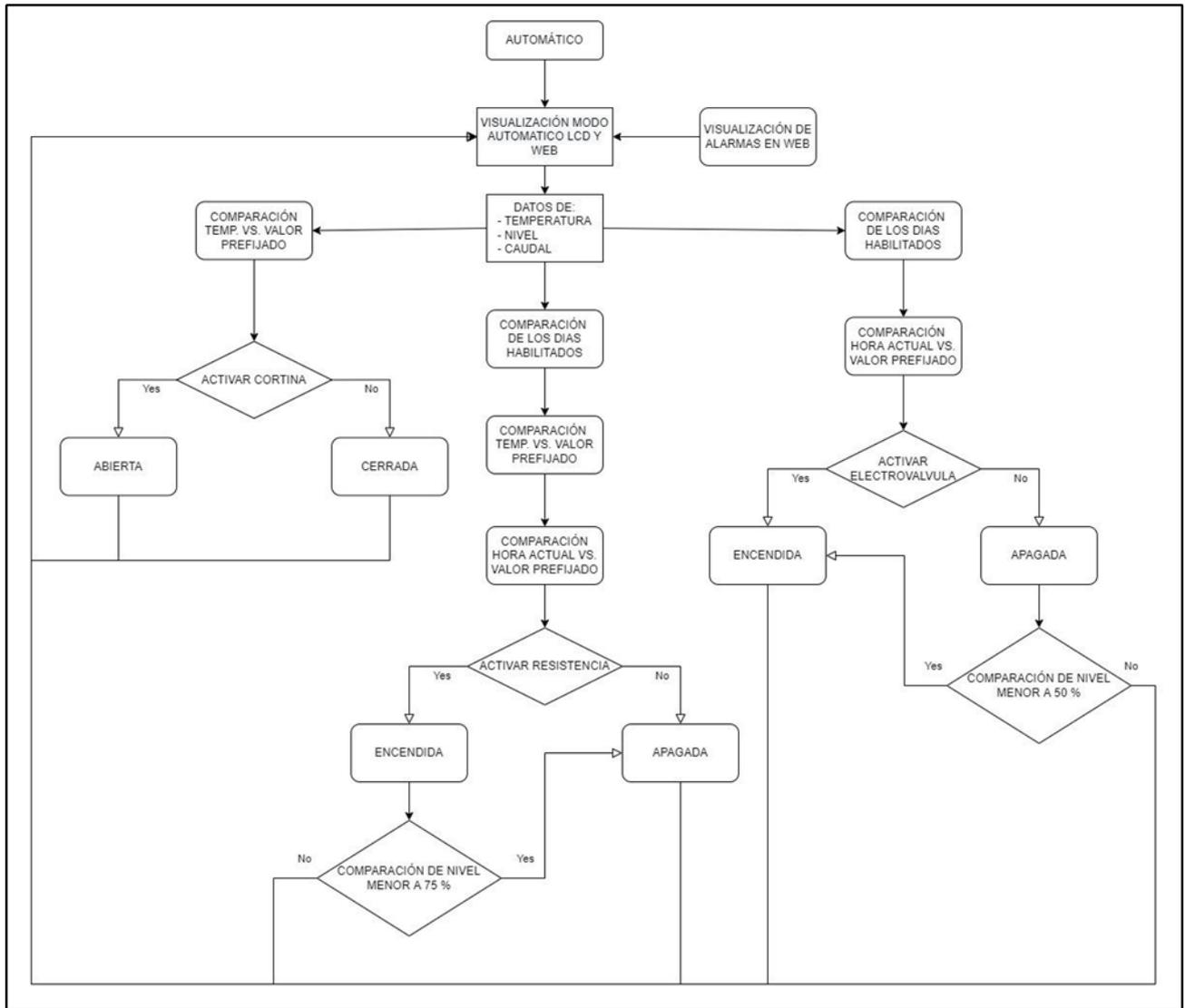


Figura 80: Diagrama de flujo modo automático.

2.7 Análisis del programa

Para entender el programa desarrollado en los diagramas de flujo representados, el cual se desarrolló enteramente con el entorno de desarrollo de Arduino, primero es necesario entender los bloques en los cuales se divide. Para ello, en la siguiente descripción se muestra como está dada esta estructura:

Inclusión de librerías Declaración de variables globales Instanciamiento de clases
Función “void setup()” Inicialización de variables Configuración de entradas y salidas Inicialización de sensores Inicialización de funcionalidades
Función “void loop()” Ejecución del código principal Actualización del clock para las rutinas de tareas Realización de cálculos relacionados con la lógica de control Control de entradas y salidas. Desarrollo de la visualización web

El primer bloque corresponde a la etapa donde se incluyen todas aquellas librerías de las cuales se va hacer uso en el programa, ya sean las propias librerías para el control de la placa de desarrollo ESP8266, también para control de los distintos sensores, para la gestión de la conexión WiFi, gestión de servidor web y control de la pantalla a través del I2C. Además, se declaran todas las variables globales, es decir, aquellas cuyo uso de estas se puede dar desde cualquier parte del programa, como son las principalmente que gestionan el control de los pines GPIO. También, se crean las instancias de clases a usar como por ejemplo el objeto ‘timeClient’ que es instancia de NTPClient que nos permite la sincronización del reloj.

El segundo bloque corresponde a la función void setup(). Esta función se ejecuta unos segundos después de encenderse o después de un reset del

ESP8266. Mediante esta función se inicializan las distintas variables, se determinan los pines GPIO a usarse y cuáles como entradas o salidas (punto importante para operar con los actuadores y sensores). Se inicializan los distintos sensores que se encuentren conectados, también se presenta inicialización de aquellas instancias, como son lcd para la visualización en el display, también la se inicializan funcionalidades como la conexión Wifi y el web server (para ello es importante la inclusión de las librerías de control en el primer bloque).

Por último el tercer bloque se corresponde con la función void loop(). Esta función contiene el programa principal que es el que se va estar ejecutando en un loop indefinidamente (de allí su nombre) o bien hasta el corte por una interrupción. En el programa principal está la lógica de control, lectura de sensores, cálculo de parámetros, impresión de parámetros en display LCD y principalmente la representación e interacción web

2.7.1 Setup

Indicado en el punto anterior, la función setup es la que contiene el segmento de código que participa en la inicialización de sistema, es decir, ordena a la placa microcontroladora las instrucciones que debe ejecutar o procesos que debe iniciar en el momento de arranque. Dentro de la misma, primero se inicializa la configuración WiFi de nuestro sistema, esto implica la configuración para que se pueda conectar a una red wifi, dado a que después las demás funcionalidades se desprenden de dicha inicialización. Para se implementó la función configuracionWiFi(), donde en la mismo se verifica si ya existe una red almacenada, si se puede conectar correctamente o no, y de ellos responder si se inicializa como Access Point para corregir estos parámetros de conexión. Luego se inicializa el display LCD ("lcd.begin()"), luego la sonda de temperatura DS18B20 ("Temperatura.begin()"). Seguido se configuran los distintos GPIO, a los cuales están conectados los sensores y actuadores, como entradas o salidas. En el caso particular del pin utilizado en con el caudalímetro, este GPIO se configura habilitando para atender interrupciones externas (sensor de efecto hall), Quedando pinMode(SENSOR, INPUT_PULLUP); attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SENSOR), pulseCounter, FALLING). Por último se ponen a correr dos funcionalidades importantes: "server.begin()" que inicia el servidor encargado de atender las peticiones de la página web y

la sincronización del reloj considerando en la inicialización GMT +3 horas en segundos (timeClient.setTimeOffset(-10800);)

2.7.2 Loop

Esta función contiene la lógica de control del sistema. Para una mejor interpretación se divide el análisis en bloques de las tareas principales, siendo:

2.7.2.1 Comprobación de clientes

En este punto la programación del sistema presenta en pantalla la dirección IP que se le fue asignada a la placa ESP8266 cuando se enlazó con un punto de acceso WiFi, allí se modifica el valor de una bandera “b” donde el valor de la misma corresponderá a si la información de la IP de conexión se sigue mostrando por la pantalla LCD o se muestran los parámetros de estado del sistema para continuar con el seteo del mismo.

```
...
if (client) {
  // Lee la primera línea de la solicitud
  String request = client.readStringUntil('\r');
  client.flush();
  if(b == 0)
  {
    lcd.clear();
  }
  b = 1;
}
...
```

2.7.2.2 Actualización del clock

Debido a que el sistema de control depende de las variables día y hora actual. Se optó por una actualización del reloj a través del protocolo Network Time Protocol (NTP) que es una implementación de Internet para sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través del enrutamiento de paquetes en redes con latencia variable. Esto nos permite que, mientras la placa ESP tenga una conexión con un servicio de internet, nuestro sistema tendrá una actualización horaria exacta.

```
...  
//Datos fecha y hora  
timeClient.update();  
time_t epochTime = timeClient.getEpochTime();  
...
```

2.7.3 Evaluación de las variables

2.7.3.1 Nivel

El cálculo del nivel de agua se determina con una evaluación del pin analógico del ESP8266. La comparativa se encuentra en los condicionales de nivel. En los mismos se compara el valor de la entrada analógica y se establece un valor a la variable “valorNivel” que tomará los valores de 0, 25, 50, 75 y 100 %. Para la situación de 0% se envía alarma de estado a la página web.

Esta variable también impacta en los actuadores que corresponde a la electroválvula, ya que si el valor es de 100% se detiene el ingreso de agua al termotanque. Y si el valor es menos del 75% no permite el encendido de la resistencia.

Fragmento del código:

```
...  
sensor21 = analogRead(Nivel); // Valor Nivel de Agua  
  
    if(sensor21 >=962)  
    {  
        valorNivel = 0;  
    }  
  
    if(sensor21 >=950 && sensor21 <962)  
    {  
        valorNivel = 25;  
    }  
  
    if(sensor21 >=910 && sensor21 <950)  
    {  
        valorNivel = 50;  
    }  
}
```

```
if(sensor21 >=800 && sensor21 <910)
{
    valorNivel = 75;
}

if(sensor21 <800)
{
    valorNivel = 100;
}

...
```

2.7.3.2 Temperatura

Para obtener la lectura del sensor digital de temperatura (DS18B20) se hace uso del método “.requestTemperatures()”. Dicha instrucción envía una solicitud al sensor para obtener la temperatura. Seguido esto, la temperatura leída se guarda en la variable “valor11” que será utilizada para las diferentes configuraciones, tanto con la resistencia, como para la cubierta protectora. Para ello se usa una serie de condicionales para determinar si la temperatura se encuentra dentro de los rangos dados y así procedes a las alarmas y/o actuadores. Como en el caso anterior sobre el nivel 0%, en una situación crítica (temperatura superior a los 95 [°C]), se muestra un mensaje de alarma en la web y se activa un buzzer para avisar de la situación.

Fragmento del código:

```
...
//Sensor de temperatura
    Temperatura.requestTemperatures();
    Temp = Temperatura.getTempCByIndex(0);
    valor11 = Temp;
...
```

2.7.3.3 Requerimientos de la página web

En cada configuración que se cargue en la interfaz web, se envía un mensaje, distinto para cada función, a la placa ESP8266 que se almacena en la variable “request” por medio del método “.readStringUntil('\r')”. El valor que toma esa variable entra en la evaluación de una serie de condicionales que determinan el mensaje que se ha enviado.

Una vez dentro del condicional correspondiente al mensaje se realizan las funciones correspondientes para luego ver las modificaciones en la página web.

Ejemplo: Al presionar el botón de Manual/Automático se envía el mensaje /ACT4ON y una vez detectado por el condicional “if” correspondiente se cambia el valor de la variable “act4” que corresponde a las visualizaciones Manual o Automático.



Figura 81: Visualización de requerimiento web.

Fragmento de código

```
...
if (client) {
// Lee la primera línea de la solicitud
String request = client.readStringUntil('\r');
client.flush();

    if(b == 0)
    {
        lcd.clear();
    }
    b = 1;
...
//Solicitud del Manual/Automatic
    if (request.indexOf("/ACT4ON") != -1)
    {
        act4 = act4*(-1);
    }
    if (request.indexOf("/ACT4OFF") != -1)
    {
        act4 = act4*(-1);
    }
...

```

2.7.4 Visualización web

La visualización web se basa en una representación HTML, ya explicada anteriormente, donde los fragmentos que se representan en un visor web se van imprimiendo en pantalla según la evaluación de los condicionales para tal fin.

Como se mencionó en los requerimientos de la página web, tomando como ejemplo el valor de act4, este representa que se imprima la configuración manual o automática.

Lo mismo ocurre tanto como para cada mensaje visualizado, como para los botones y su formato. Lo que nos da la posibilidad de cambiar el estilo de visualización de estos dependiendo los valores tomados en los distintos requerimientos. Lo principal de la visualización web se da en el head, o cabecera, donde se definen todos los atributos y estilos de visualización.

Fragmento de código que corresponde a la inicialización de la página web

```
...
// Creacion de la pagina web
    client.println("<!DOCTYPE html><html><head><title>PANEL
DE CONTROL</title><style>.button { border: ....);
    client.println("  </style>");
    client.print("<META HTTP-EQUIV=""REFRESH""
        CONTENT=""60;URL=./"">");

    client.println("</head><body class=\"fondo\">");

    client.println("<h1 class=\"center_text\">Monitoreo
        Sistemas Termo-Solar</h1>");
...

```

2.8 Diseño Completo

2.8.1 Diagrama general de conexiones

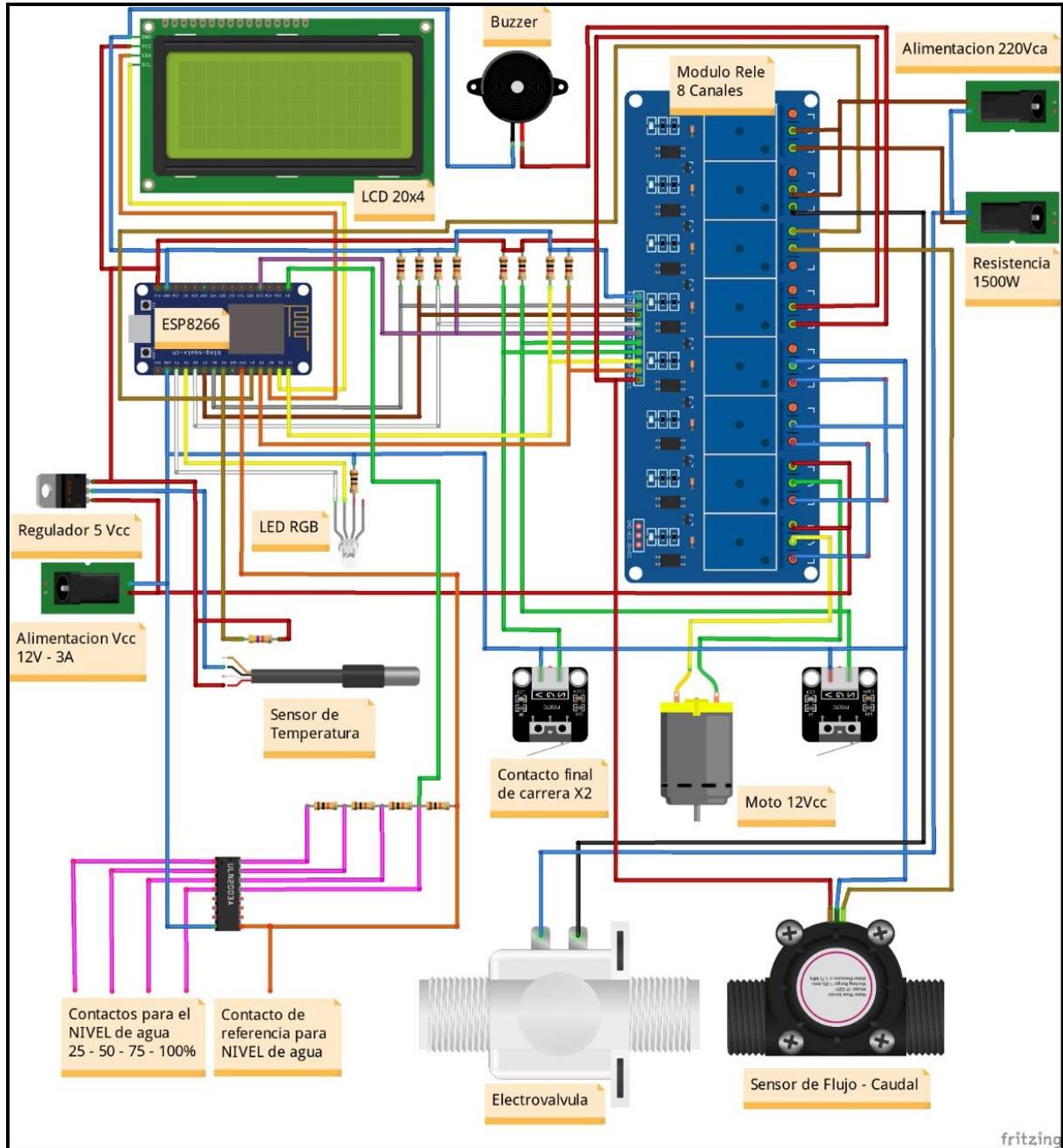


Figura 82: Diagrama general de conexiones del sistema.

2.8.2 Implementación de prueba

A continuación, se muestra la implementación donde se prueban cada una de las instrucciones e implementaciones del programa sobre el entorno de desarrollo de Arduino.

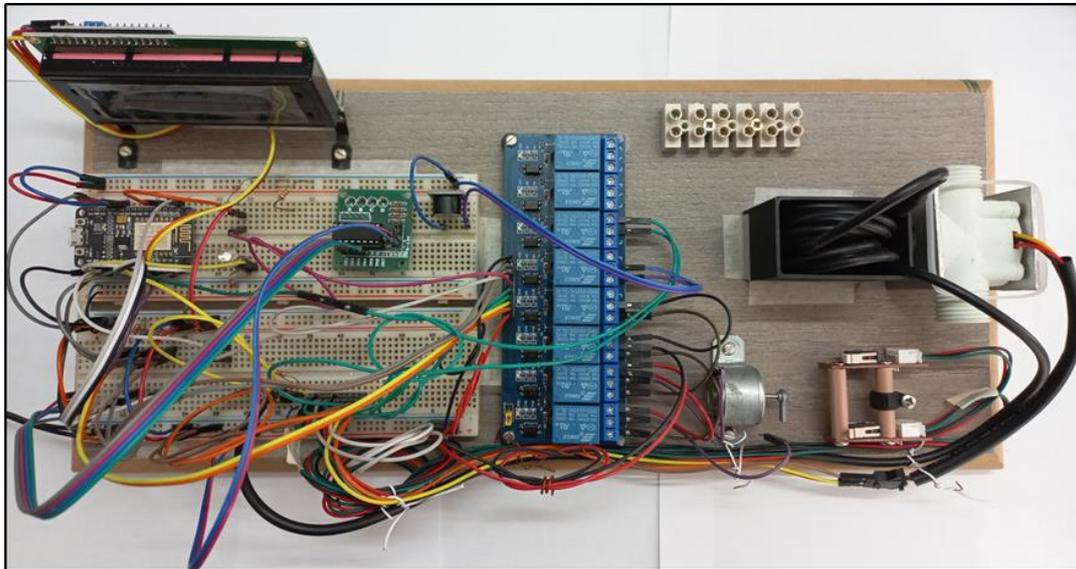


Figura 83: Implementación de prueba del sistema.

2.8.3 Esquemático de la placa de control

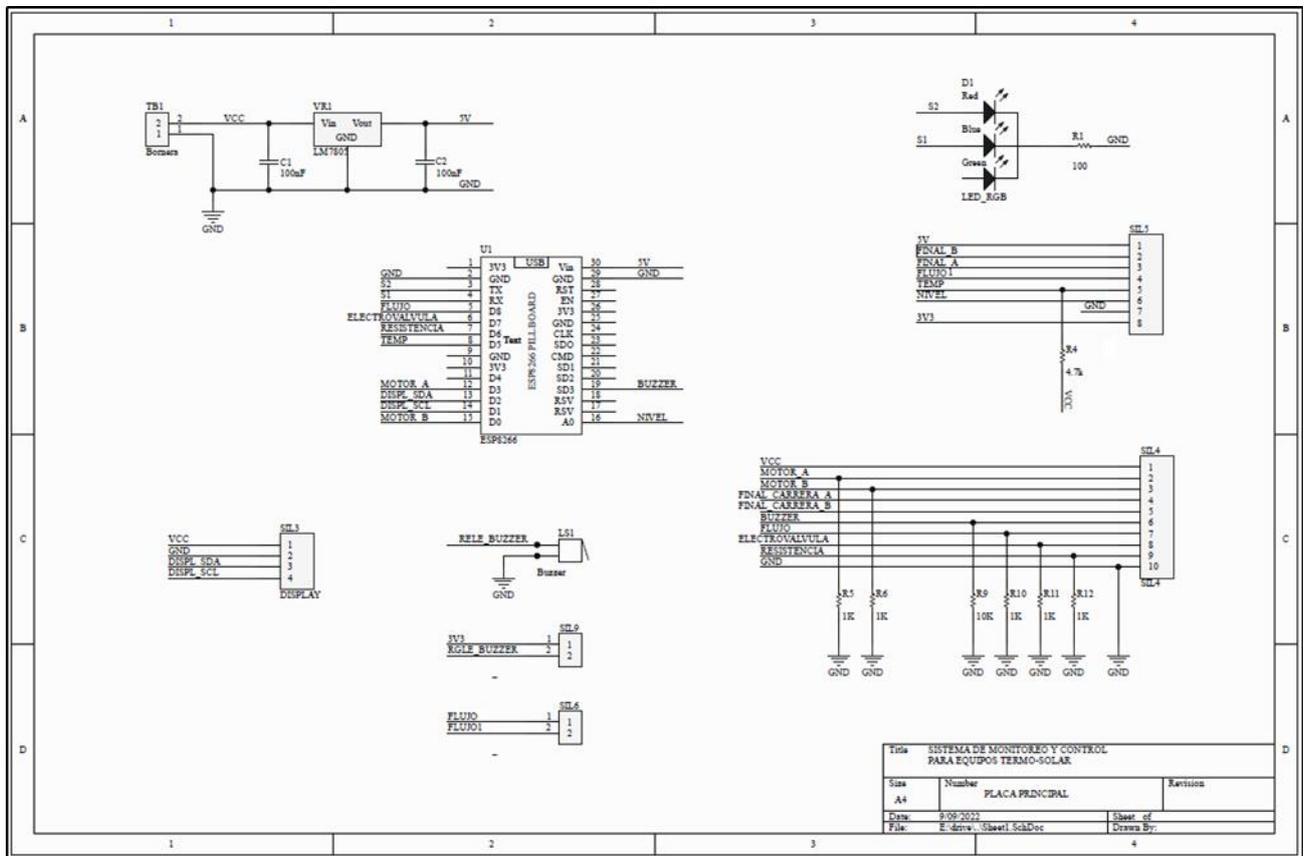


Figura 84: Esquemático placa de control.

2.9 Diseño de PCB - Placa de control

Desde un principio se notó que la interconexión entre el gabinete de control y el termotanque-solar con la implementación de los sensores demandará una cantidad considerable de cables, tanto para las señales lógicas más la de los sensores. Por ello se planteó desde un primer momento que este enlace debería tener dos tipos de conexión, uno que lleve las señales de control y el otro enlace que transmita las señales de potencia (12 [Vdc] y 220 [Vca]). Luego de un estudio de cuál sería la mejor manera de implementar ambos enlaces, se llegó a la conclusión de conectar las señales de control con por medio de un conector y cableado ethernet ya que esto facilita el despliegue de los mismos mejorando el sensado de las distintas variables. Y, por medio de cables de tipo TPR (simple aislación - implementado con cable 5 x 1,5 mm²) las señales que requieren mayor potencia. Además, para facilidad de poder reemplazar el módulo ESP8266 de la placa diseñada decidimos usar sockets de pines hembra para su conexión. El circuito final resultó:

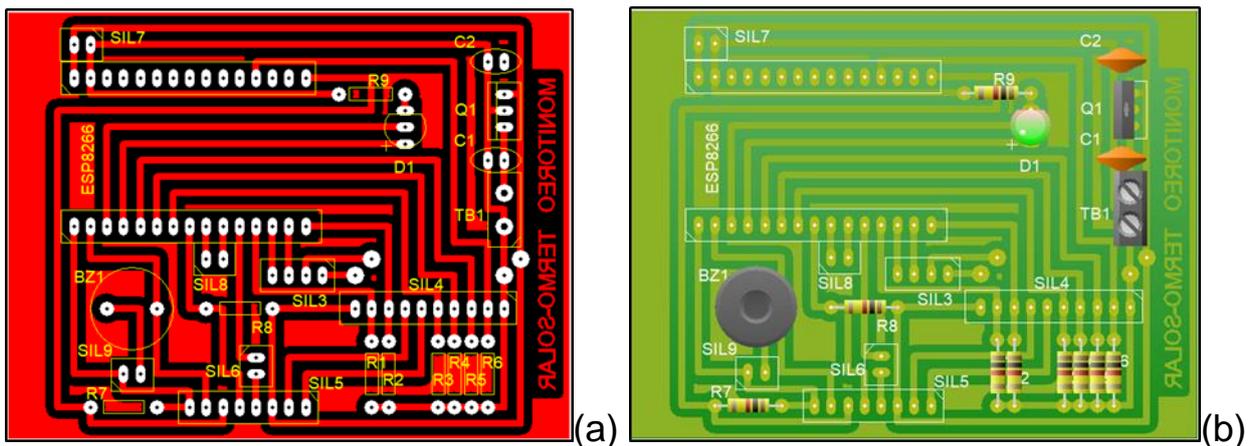


Figura 85: (a) Vista del ruteo - (b) Vista virtual de la placa.

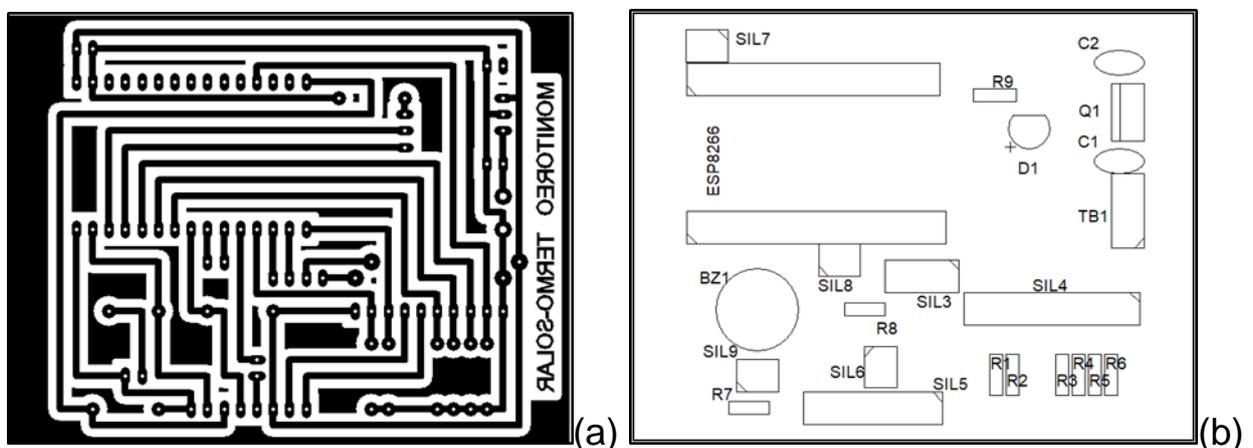


Figura 86: (a) PCB a transferir a la placa - (b) Rótulo superior.

2.9.1 Descripción de los componentes:

R1: 1 [KOhm]	C1: 0,1 [uF]
R2: 1 [KOhm]	C2: 0,1 [uF]
R3: 1 [KOhm]	D1: Diodo LED RGB
R4: 1 [KOhm]	SIL3: Conector a LCD
R5: 1 [KOhm]	SIL4: Conector a RELES
R6: 10 [KOhm]	SIL5: Conector a RJ45
R7: 10 [KOhm]	SIL6: Conec. a Sensor de Flujo.
R8: 4,7 [KOhm]	SIL7: Salida aux. 5 [Vdc]
R9: 100 [Ohm]	SIL8: Salida aux. 3,3 [Vdc]
BZ1: Buzzer pasivo	SIL9: Contacto Buzzer
Q1: Regulador 7805	TB1: 12 [Vdc] min 2 [A]

2.9.2 Placa de control

Distintas vistas

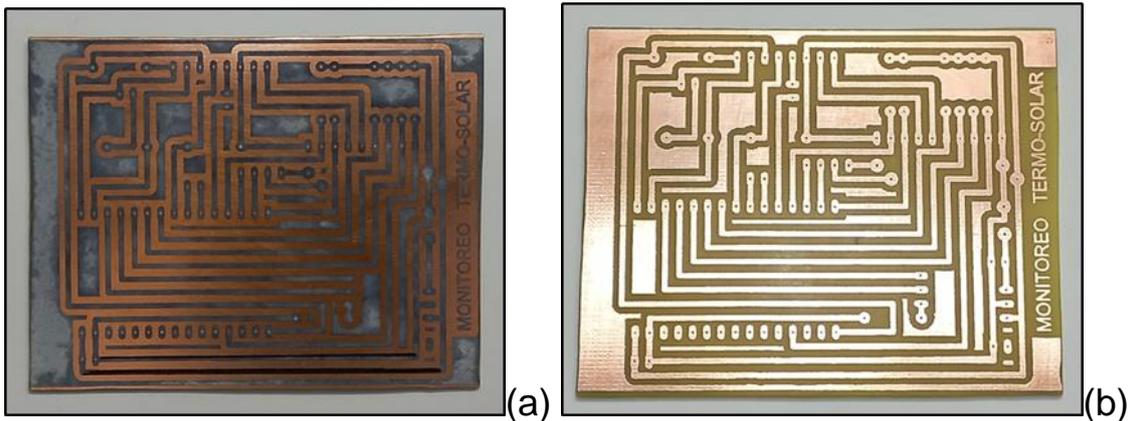


Figura 87: (a) Placa virgen con toner - (b) PCB pos ácido.

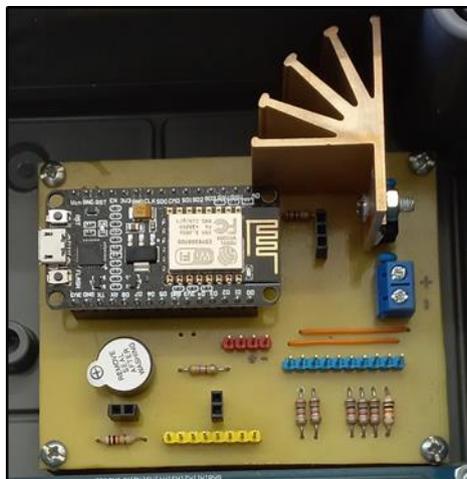


Figura 88: Ensamble placa de control.

2.10 Maqueta termotanque solar

Diseño e implementación de una maqueta que representa un termotanque solar.

Para verificar el funcionamiento del sistema implementado se decidió por la implementación de una maqueta que simule un termotanque solar y al que le pudiéramos adaptar los diferentes accesorios y así por poder verificar el correcto funcionamiento de los bloques. La misma fue implementada mediante un cilindro que simula el tanque de reservorio a donde se adaptó el sensor de temperatura y la resistencia de calentamiento de agua. Se incluyen las cañerías que corresponden a las conexiones con el exterior donde se suma la electroválvula y el sensor de flujo. Por último, los tubos de vacío se simulan con tubos de PVC, donde sobre los mismos se instaló el sistema correspondiente a la cubierta protectora.

Imágenes del mismo y su evolución de construcción.

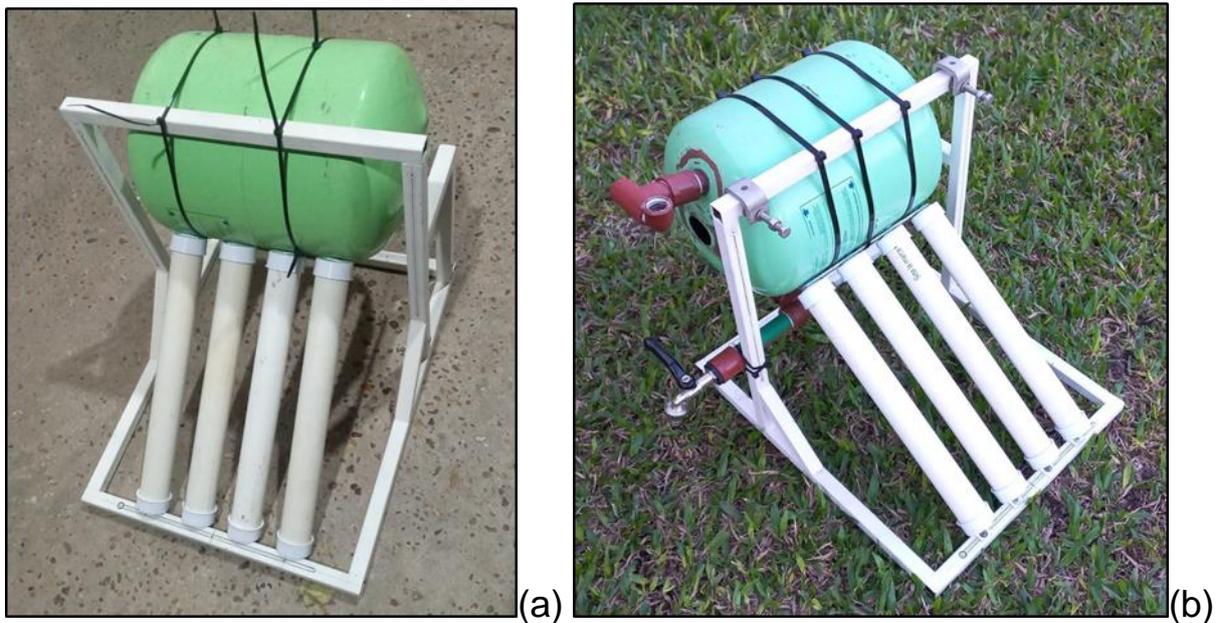


Figura 89: (a) Versión inicial de la maqueta - (b) Avances de la maqueta.

2.10.1 Versión final



Figura 90: Ensamble final de la maqueta - Cubierta cerrada.



Figura 91: Ensamble final de la maqueta - Cubierta abierta.

2.11 Gabinete

2.11.1 Pasos de montaje

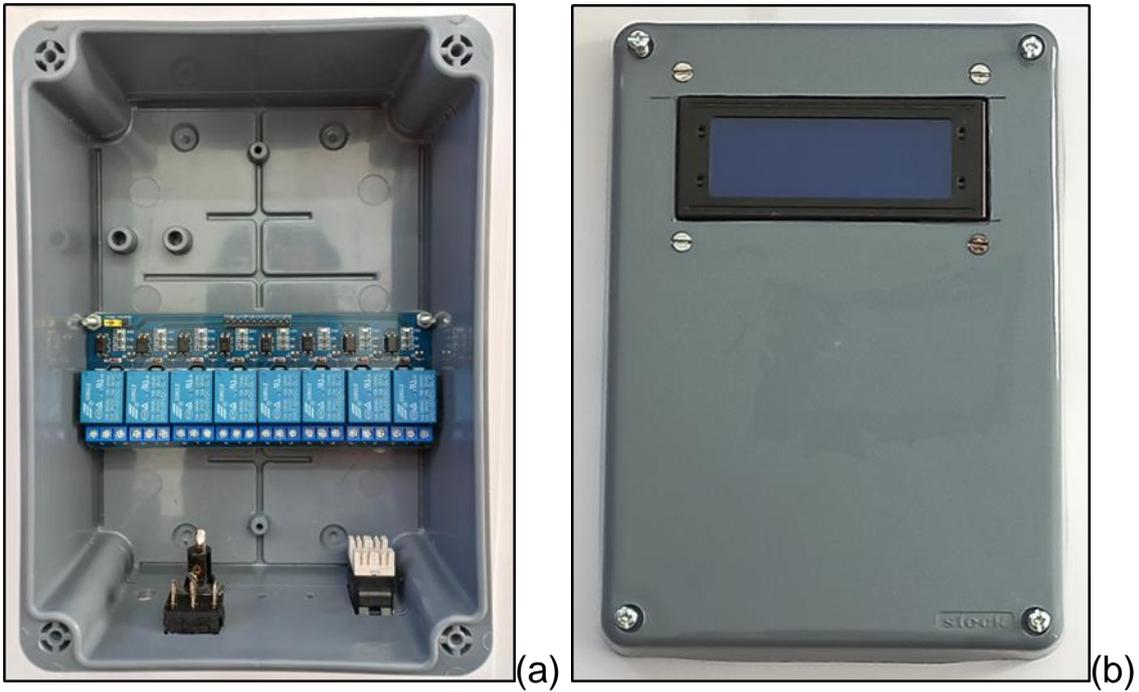


Figura 92: (a) Instalación módulo relés - (b) Instalación LCD.

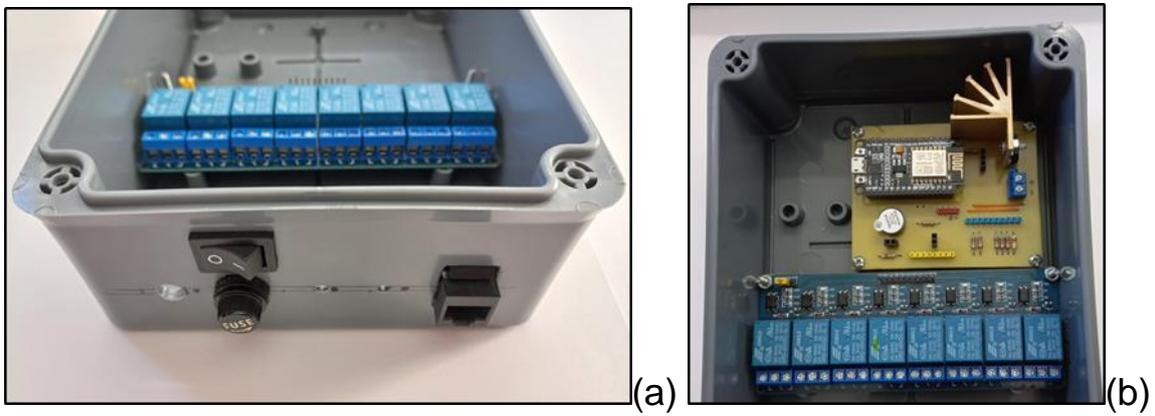


Figura 93: (a) Instalación de conectores - (b) Instalación placa control.

Vista del conexionado interno del gabinete, donde se pueden observar los distintos componentes como:

- LCD y módulo I2C
- Fuente switching
- Placa de control
- Módulo relé.



Figura 94: Vista del conexionado interior y sus componentes.

2.11.2 Versión final

Dado que el dispositivo tiene varios puntos de conexión eléctrica, se consideró diseñar un ploteo que nos facilite con esta tarea y más aún a un tercero que lo quiera instalar. El mismo contiene una pequeña infografía de las conexiones, tanto para los datos de sensores, como la conexión del motor, de la electroválvula y de la resistencia. Además, y no menos importante contiene el rotulado que nos indica el estado de conexión a la red WiFi.



Figura 95: Vista frontal del sistema de control.



Figura 96: Vista del sistema completo con la cubierta cerrada.



Figura 97: Vista del sistema completo con la cubierta abierta.

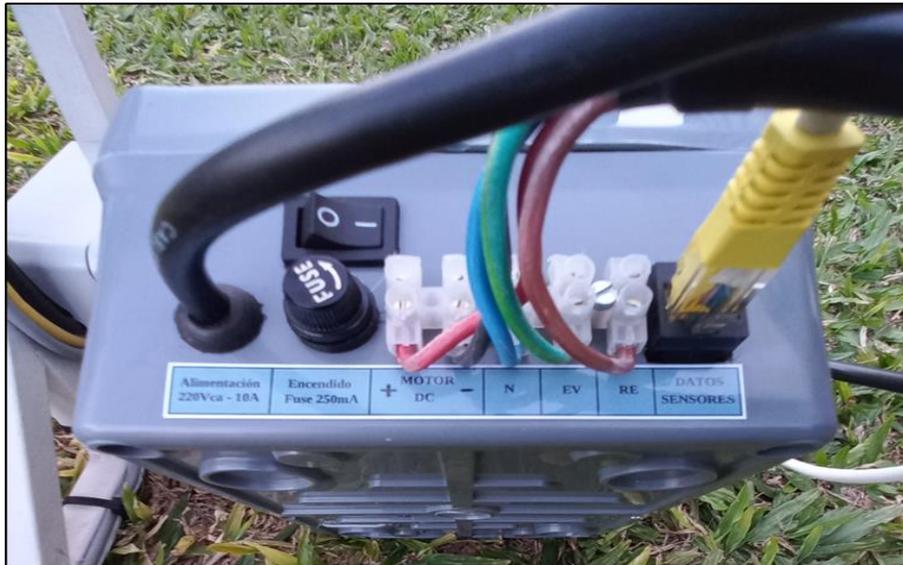


Figura 98: Rotulado de conexiones.



Figura 99: Vista del dispositivo en funcionamiento.

Capítulo 3: Resultados

3.1 Análisis de resultados

En cada una de las etapas que se fueron ensamblando para obtener el producto final, se seguía una serie de pruebas, que incluía; el control de que los datos sensados fueran correctos, como así también que las salidas al módulo de relés funcionen de acuerdo a las configuraciones automáticas y/o prefijadas en la interfaz de comunicación. Una vez ensamblado completamente el equipo, se comprobó el correcto funcionamiento del dispositivo diseñado, se logró cumplir con cada uno de los bloques establecidos al momento de comenzar el desarrollo del proyecto.

Se logró un equipo que se complementa eficientemente con los sistemas termo-solares, principalmente en conjunto con los termotanques solares termosifónicos. Esto gracias a la utilización de electrónica disponible en el mercado local, como así también la programación embebida en la misma, lo que lo hace capaz de operar en hogares de familia, comercios o pequeñas empresas.

La opción del componente de control, el módulo ESP8266, se ajusta perfectamente a cumplir con cada una de las instrucciones. Sumando una conexión WiFi muy versátil bajo norma IEEE 802.11n. Esto permite conectar el equipo, a un punto de acceso a internet, en rangos que van hasta los 70[m] (mampostería de por medio) y 250[m] (cielo abierto), lo cual es suficiente para cubrir las distancias para las cuales fue pensado el presente dispositivo, mencionado anteriormente. El hecho de poseer un cableado ethernet para la lectura de los sensores y señales lógicas, separado del cableado de potencia, le brinda inmunidad a los ruidos eléctricos y posibles datos erróneos. Además de la conexión WiFi, el uso de la placa ESP permitió la integración de una interfaz de comunicación con el usuario del sistema, que le permite navegar dentro de las opciones de configuración que presenta el mismo de forma sencilla, adicionalmente permite la visualización en tiempo casi real (actualización cada 1 minuto – en pruebas y ensayos cada 15 segundos) de las variables medidas, adicionalmente permite la visualización de estados no deseados. También permite la posibilidad de funciones de forma manual o bien la posibilidad de realizar un seteo para automatizar el

sistema. Permitiéndole tomar decisiones de forma más acorde a las necesidades de cada usuario.

En cuanto a los parámetros sensados, nivel de agua y temperatura de la misma, se comprobó el correcto funcionamiento de los sensores utilizados, observando gran exactitud a lo que refiere temperatura del agua dentro del termotanque. En relación al nivel de agua, la toma de datos en fracciones se da a que de esta manera es adaptable a cualquier volumen de termotanque, eso nos dio libertad de evitar la variable litros de agua. En este punto, también se analizó que un sensor progresivo podría verse afectado por la alta temperatura dentro del depósito.

En cuanto a la cubierta protectora, la misma nos provee una solución simple para disminuir la radiación solar que impacta sobre los tubos de vacío, garantizando en las estaciones de mayor radiación solar, que no se llegue a temperaturas que pudieran ocasionar lesiones físicas muy graves.

En virtud de lo expuesto se menciona que con el sistema implementado se logró mejorar el uso de energía eléctrica y del recurso más importante de nuestro planeta, el agua. A la vez que se prescinde con menor frecuencia del mantenimiento de los equipos termosolares, ya que se hace uso racional de la resistencia eléctrica y se disminuye a estos equipos a elevadas temperaturas que pueden dañarlo irreversiblemente. Por lo que resultó en un dispositivo sumamente confiable lo que nos deja muy conformes y nos brinda una gran satisfacción ya que el documento aquí descrito brinda gran información de consulta para aquellos que opten por tecnologías solares.

Capítulo 4: Análisis de Costos

Aquí se incluye un análisis completo de costos del trabajo desarrollado, incluyendo las horas dedicadas al mismo.

4.1 Costos

A partir de los insumos que necesitamos para llevar adelante este sistema de monitoreo y control se construyó la siguiente tabla. Los valores obtenidos a continuación, son de sitios de venta online nacional al mes de septiembre del año en curso.

Dispositivos/Elementos	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Módulo ESP8266 - NodeMCU	1	2625	2625
Módulo de 8 Relés	1	1655	1655
Sensor de temperatura digital	1	1074	1074
Sensor de flujo	1	1687	1687
IC UNL2003	1	589	589
Electroválvula	1	1130	1130
Resistencia de 1500 [W]	1	4200	4200
LCD 20X4 con módulo I2C	1	2299	2299
Motor DC	1	7130	7130
Finales de carrera	2	452	904
Resistencias ¼ [W]	9	1	9
Placa PCB 10 x 10 [cm]	1	350	350
Fuente switching 12 [Vdc] x 2 [A]	1	649	649
Gabinete plástico 10 x 10 [cm]	1	770	770
Gabinete plástico 14 x 20 [cm]	1	1300	1300
Rotulado y ploteado	1	850	850
Buzzer pasivo	1	260	260
Cable TPR 5 x 1.5 mm ²	2	550	1100
Cable Eth cat 5 - 2 [m]	1	520	520
Conectores Eht chasis	2	830	1660
Regulador 5 V	1	330	330
Varilla roscada ¼ "	1	220	220
Borneras de conexión	1	550	550
Pines hembra 1 x 40	1	220	220
pinos macho 1 x 40	1	220	220
Led RGB 5 mm	1	40	40
Varios cañería PVC ½" y ¾"	1	1200	1200

Dispositivos/Elementos	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Portafusible chasis	1	400	400
Interruptor un punto chasis	1	1000	1000
Accesorios varios	1	1500	1500
Total general (\$)			36.441

Tabla 6 – Precio por componentes y precio total general.

Observar que los costos aquí publicados incluyen parte de la realización de la maqueta (utilizada para las pruebas de funcionamiento) y que se considera que este sistema de monitoreo y control es un accesorio a los equipos termo-solar, es decir, no se contempla el costo de un termotanque solar comercial.

4.2 Costo mano de obra

El costo de mano de obra tiene en cuenta la cantidad de horas dedicadas a la investigación, diseño, desarrollo e implementación del dispositivo. En nuestro caso se requirió un promedio de 3 horas diarias en un periodo de 75 días. Esto da un total de 225 horas por cada integrante. Siendo dos personas, este valor corresponde a 450 horas de trabajo.

Usamos como referencia base la página Glassdoor [2], donde según dicha página, el sueldo promedio percibido por un Ingeniero Electrónico en Argentina es de aproximadamente \$170.158 (pesos argentinos mensuales). Revisión septiembre de 2022.

Si del dato anterior suponemos una jornada laboral de 8 horas diarias, 5 días a la semana por 4 semanas promedio de un mes, nos da un total de 160 horas trabajadas por mes. Por lo tanto, en promedio, la hora de trabajo tiene una remuneración de \$1.064 (pesos argentinos).

Sumando la unidad arancelaria “ingenio” del CIEER [3] (Colegio de Ingenieros Especialistas de Entre Ríos), correspondiente a la resolución RESOLUCIÓN N° 1858/2022. La cual hace referencia a los honorarios por hora que deben percibir los ingenieros en la provincia. Comunica un valor de \$1.300 (pesos argentinos).

Considerando el promedio de ambas referencias la remuneración en horas de un Ingeniero Electrónico en Entre Ríos, al mes de septiembre de 2022 ronda los \$1.182 (pesos argentinos). Resultando, costo de mano de obra total: Horas totales por remuneración por hora de un Ingeniero.

Costo de mano de obra total: 450 Horas por \$1.182 nos da un monto de \$531.900 (Quinientos treinta y un mil novecientos pesos argentinos).

[2]: https://www.glassdoor.com.ar/Sueldos/ingeniero-electronico-sueldo-SRCH_KO0,21.htm

[3]: https://cieer.org.ar/release/images/documentos/resoluciones/RES%201858_2022%20NUEVO%20VALOR%20INGENIO.pdf

4.3 Valor de venta mercado

Aquí el punto es que el proyecto desarrollado está diseñado para una tarea específica, esto implica que no existen productos similares en el mercado nacional. Más allá de eso, para calcular el costo o valor de venta al mercado, tomamos como posible competencia los productos conocidos como controladoras para termotanques que hoy día se comercializan en el mercado nacional por montos que rondan los \$20.000.

Con la referencia de los tiempos de ensamble que tuvimos en el armado del gabinete más el armado de la estructura que cubre los tubos, se puede considerar 4 horas hombre para terminar un equipo. Eso implica 4 horas por \$1.182 = \$4.728 y suponiendo que comercializamos nuestro dispositivo en \$55.000. Tendríamos una ganancia por equipo de: $\$55.000 - (\$36.441 + \$4.278) = \14281 . Por lo tanto, para cubrir los gastos de mano de obra invertidos en el desarrollo se necesitan vender 38 equipos, estos valores considerando la inversión en materiales para la construcción de un solo equipo. Estos valores nos dan lugar a analizar un costo de producción por 100 o más unidades.

4.4 Valor por 100 unidades

Como se mencionó anteriormente, el valor de venta del dispositivo se puede disminuir si existe la posibilidad de producción en grandes cantidades. Para ello tomamos el cálculo de valor unitario del desarrollo de un equipo y consideramos la producción de 100 unidades, que nos permite bajar los costos de componentes y materiales en entre un 40% a 60% del valor calculado.

Si tomando un promedio, el costo por unidad quedaría:

$$\text{Costo unitario} = (\$36.441 \times 0,5) + \$4.278 = \$22.498,5$$

De lo anterior se observan dos análisis financieros, donde el primero implicaría bajar el precio de venta para aproximarse al valor de venta la competencia, o segundo, mantener el valor de venta y tener una recuperación de los gastos de mano de obra en menos productos vendidos. Si optamos por la segunda, la ganancia por equipo vendido resalta en \$32.501,5 por lo que se necesitan vender 17 equipos para compensar el costo de mano de obra.

4.5 Análisis de amortización

En reiteradas ocasiones se mencionó que con el equipo desarrollado tendríamos un porcentaje de ahorro energético. Siendo este un recurso crítico a nivel mundial, a continuación, se realiza un análisis de amortización del equipo, ya que la implementación del mismo estaría reflejada directamente en la boleta de luz.

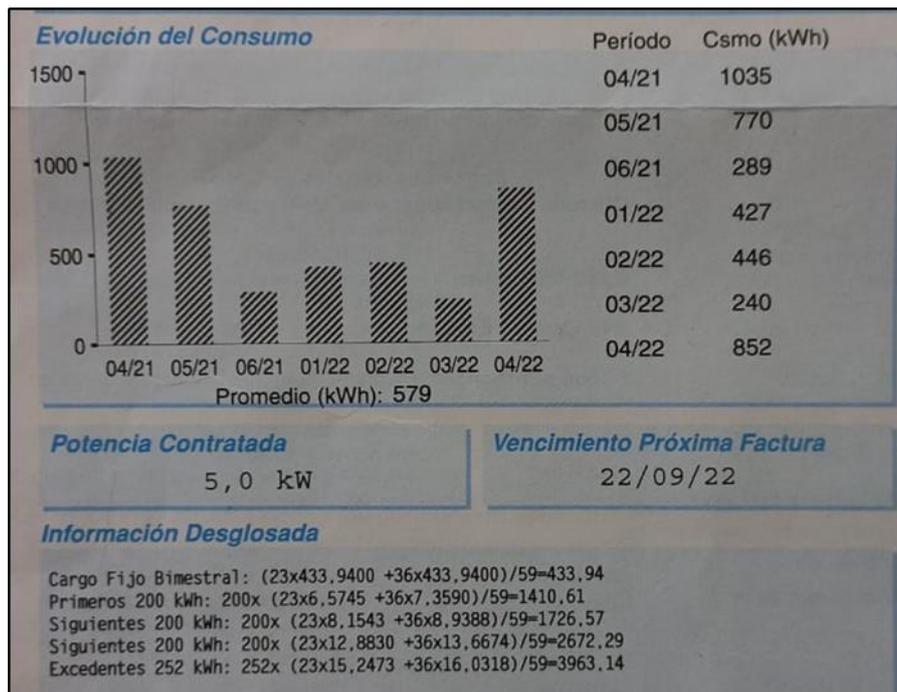


Figura 100: Evolución del consumo eléctrico de un hogar de familia.

Si trasladamos los gastos de facturación a la siguiente tabla y considerando el valor del equipo desarrollado, el factor de amortización se podrá ver reflejado en meses.

Cálculo de amortización contra factura de luz				
Excedente Mayor	252		KWh	
Promedio (de excedente en 1 año)	96		KWh	
Potencia de Ahorro (Resistencia calentadora)	1,5	KWh	4	Factor Diario (En horas que no se enciende la resistencia)
	Por año	2190	Kwh al año	
Precio KW por Excedente	\$16,00	Pesos AR		
Total Anual de Excedente	576	KWh al año		
Dinero Anual en EXCEDENTE	\$12.902,4	Pesos AR	\$1.075,20	mensual
Valor del equipo	\$55.000	Pesos AR		
Años Amortización	4,3	Años	51	meses
DATOS DE FACTURA				
Bimestre	Consumo			
1	770	kwh		
2	289	kwh		
3	427	kwh		
4	446	kwh		
5	240	kwh		
6	852	kwh		
<i>Excedente a partir de</i>	600	kwh		
<i>Promedio Excedente</i>	96	kwh		

Tabla 7 – Cálculo de amortización contra factura de luz.

Esta equivalencia de eficiencia energética en Kilo Watts hora se puede ejemplificar en una disminución de huella de carbono. Para ello se recurre a una calculadora online. Aquí consideramos estimar las emisiones de gases de efecto invernadero asociado al consumo de electricidad.

Ahorro del ejemplo: 2190 [KWh] al año.

Punto de interés

4.6 Factor de emisión

$1,562.4 \text{ lb CO}_2/\text{MWh} \times (4.536 \times 10^{-4} \text{ toneladas métricas/lb}) \times 0.001 \text{ MWh/kWh} = 7.09 \times 10^{-4} \text{ toneladas métricas de CO}_2/\text{kWh}$

(datos de la tasa de emisión marginal de CO₂ promedio ponderada de los EE. UU de AVERT del año 2019)

Por lo que nuestro ahorro energético representa: 1,55 toneladas métricas de CO₂ menos a nuestra atmósfera.

Información tomada de:



Figura 101: Fuente calculadora huella de carbono.

Fuente: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos>

Capítulo 5: Discusión y Conclusión

A lo largo del informe expuesto se analizó un conjunto variado de investigación, configuración y métodos con el objetivo de lograr lo propuesto en el punto de partida: monitoreo y control para equipos termo-solares.

Primeramente, se hizo foco en el estudio en profundidad de dichos sistemas. Luego, se definieron los requisitos indispensables y medibles en los sistemas solar-térmicos, entre los que se establecieron nivel y temperatura dentro del depósito de los mismos.

Continuadamente, en el diseño del prototipo se identificaron las entradas y salidas del sistema, realizando un proceso de verificación de estados y cambios de las mismos, donde se encontró como entradas: los sensores a las variables nivel y temperatura; y como salidas los actuadores que corresponden al motor de la cubierta, electroválvula y la resistencia, lo cual permitió realizar el diagrama de flujo de la secuencia lógica del sistema de control para el proyecto planteado.

En la etapa de implementación y para cumplir con cada uno de los bloques propuestos, se dispuso de una maqueta funcional para testear y verificar cada punto de programación lo que permitió adaptar todas las acciones a ejecutar.

Cuando se estableció la configuración definitiva y la decisión de tomar como módulo principal la placa ESP8266 con comunicación inalámbrica WiFi, se necesitó crear un control y monitoreo a través de una interfaz gráfica IoT que permita un control automático a través de los actuadores, a bajo costo y contribuyendo a mitigar el impacto al medio ambiente.

Este prototipo tiene como finalidad brindar una solución al uso de termotanques solares de uso hogareño, comercial y de pequeñas industrias, lo que nos permite llevar un control en cuanto a la eficiencia de consumo eléctrico y de agua potable.

Cabe mencionar, que, como todo desarrollo, el presente proyecto no escapa a posibles mejoras y actualizaciones en pos de ofrecer un mejor producto. Es por ello que a continuación se detallan una serie de puntos que se contemplan como futuras mejoras:

- El principal paso a completar sería el de modificar el código html con el que se hace la visualización. La mejora sería el de procesar los datos desde alguna aplicación móvil y con un refresco de los mismos que no entorpezcan al momento de realizar las configuraciones automáticas.
- Además, si se piensa el uso a modo industrial. La posibilidad de contar con un servidor y gestión de usuarios, pensando en seguridad, sumado a la posibilidad de llevar un registro histórico para análisis de funcionamiento y de mejoras abriría muchas puertas al mercado con tecnologías termo-solar.

Finalmente, si en futuros trabajos se incorpora lo que en el presente estudio se ha desarrollado, se dispondría de un sistema de bajo coste capaz de controlar y monitorear una planta termo-solar de modo inalámbrico.

Capítulo 6: Literatura Citada

- Secretaría de Energía. (Feb. 2019). “INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA”. Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética
- D. DuRocher. (2021). “HTML & CSS QuickStart Guide. 1ra Edición”. ClydeBank Media LLC.
- Birmingham - Mumbai. (2020). “Responsive Web Design with HTML5 and CSS”. 3ra Edición. Packt Publishing Ltd.
- White Belt Mastery. (Nov. 2020). “Web Development For beginners”. Edición Kindle.
- MDN web docs. (Oct. 2020). “Getting started with the web”.
https://developer.mozilla.org/en-S/docs/Learn/Getting_started_with_the_web
- I. Grokhotokov. (2017). “Documentación ESP8266 Arduino Core”.
<https://esp8266-arduino-spanish.readthedocs.io/es/latest/>
- Espressif Systems. (Sep. 2020). “ESP8266 Technical Reference”.
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf
- Espressif Systems. (Jul. 2020). “ESP8266EX Datasheet”.
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0aesp8266ex_datasheet_en.pdf
- Espressif Systems. (Feb. 2020). “ESP8266-DevKitS User Guide”.
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/ESP8266-DevKitS_user_guide__EN.pdf
- N. Kolban. (Nov. 2016). “Kolban’s Book on ESP8266”.
https://leanpub.com/ESP8266_ESP32
- Maxim Integrated. (Jul. 2019). “DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer”.
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- Texas Instruments. (Jun. 2004). “ULN2003AN HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY”.
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/202129/TI/ULN2003AN.html>