

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Monitoreo remoto de una estación de bombeo de agua  
potable utilizando la plataforma DIACloud de Delta”

**EXAMEN COMPLEXIVO, COMPONENTE PRÁCTICO**

**INFORME PROFESIONAL**

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**  
**INDUSTRIAL**

DANIEL ISACC RIVERA GUERRA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

El desarrollo de este informe técnico no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de muchas personas.

En primer lugar, quisiera agradecer a la Escuela Politécnica del Litoral, por la oportunidad de participar en este programa de postgrado. Ha sido una experiencia enriquecedora que me ha permitido aprender nuevas habilidades.

Por supuesto, no puedo olvidarme de mi familia y amigos, que siempre han estado a mi lado, apoyándome y motivándome. Su confianza ha sido fundamental para que pudiera llevar a cabo este programa.

## **DEDICATORIA**

Para mis padres, Ricardo y Blanca, y para mi esposa, Suanny, este informe es para ustedes, las personas más importantes de mi vida.

Mis padres, gracias por todo lo que han hecho por mí. Me han dado la vida, la educación y el amor que necesitaba para crecer y convertirme en la persona que soy hoy. Estoy muy agradecido por su apoyo incondicional y su amor infinito.

Mi esposa, gracias por tu amor, tu apoyo y tu aliento. Eres mi mejor amiga, mi compañera de vida. Estoy muy agradecido de tenerte a mi lado.

No podría haber hecho esto sin ustedes. Su amor y apoyo me han dado la fuerza para seguir adelante.

## **COMITÉ DE EVALUACIÓN**

PhD. Efrén Herrera M.  
Miembro Principal

PhD. Dennys Paillacho C.  
Miembro Principal

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Daniel Rivera Guerra

## RESUMEN

Las estaciones de bombeo de agua potable son instalaciones críticas para el suministro de agua a las comunidades. En la actualidad estas instalaciones no cuentan con un monitoreo de manera en tiempo real, debido a su ubicación remota. Esto puede provocar problemas de seguridad, eficiencia y confiabilidad del servicio que se presta.

El sistema de bombeo de agua está conformado por un controlador lógico programable, el cual se encarga de todo el sistema de control de los equipos, variadores de velocidad, bombas centrífugas y un sensor de presión analógica. El sistema opera de forma automática de acuerdo con el rango de presión establecido que puede estar entre 20 a 40 psi o de 30 a 50 psi, en caso de exista una falla de temperatura, el sistema operar con una sola bomba, además en caso de que la cisterna se quede vacía, el sistema se apagará de esta manera se evita que los equipos operen en vacío, evitando daños en la parte mecánica de equipo

Para dar solución a la falta de monitoreo remoto de la estación de bombeo de la Urbanización Matices se instaló un router 3G de la marca delta electronics modelo dx2100, enviara datos de temperatura, velocidad, amperaje de los equipos que operan en la estación a la plataforma DIACloud,

Una vez implementado el sistema de monitoreo, se tendrá en tiempo real información sobre el funcionamiento de los equipos, de esta manera se pudo verificar el correcto funcionamiento de la estación de bombeo de agua.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
COMITÉ DE EVALUACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	2
1.    SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	2
1.1    Descripción del funcionamiento del sistema.....	2
1.2    Instrumentación.....	2
1.2.1    Controlador lógico .....	2
1.2.2    Variador de frecuencia .....	3
1.2.3    Controlador de temperatura.....	3
1.2.4    Sensor termocupla tipo k.....	4
1.2.5    Sensor de presión analógico .....	4
1.2.6    Router 3g delta dx-2100rw-ww .....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2.    RESULTADOS OBTENIDOS .....	6
2.1    Programación del controlador.....	6
2.2    Configuración de los variadores de velocidad .....	8
2.3    Configuración de router dx2100 delta.....	10
2.4    Visualización de datos en DIAcloud .....	13
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	16
BIBLIOGRAFÍA.....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Programa del sistema de control de sistema de bombeo .....	7
Figura 2.2 Descarga del programa en el controlador .....	7
Figura 2.3 Conexión de puerto RS-485 del variador .....	9
Figura 2.4 Conexión puerto RS-485 del router .....	9
Figura 2.5 Página de inicio web server router delta DX2100 .....	10
Figura 2.6 Ventana de opción SYSTEM para configuración de parámetros. ....	11
Figura 2.7 Configuración de parámetros para monitorear en la nube .....	11
Figura 2.8 Parámetros de comunicación de variadores de velocidad .....	12
Figura 2.9 Ventana de registro de los parámetros .....	13
Figura 2.10 Registros de los parámetros .....	13
Figura 2.11 Página DIAcloud de Delta Electronics .....	14
Figura 2.12 Selección de equipo previamente configurado .....	14
Figura 2.13 Visualización de los registros .....	15

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Variables del sistema .....	6
Tabla 2.2 Parámetros de comunicación de variadores .....	8

## **INTRODUCCIÓN**

AGUAS DE SAMBORONDÓN AMAGUA-CEM es la empresa encargada de suministrar el servicio de agua potable y alcantarillado en los cantones de Daule y Samborondón.

En la actualidad la empresa tiene a su cargo alrededor de 40 estaciones de bombeo de agua potable las cuales se encargan de suministrar el servicio de agua al consumidor final.

Con el fin de garantizar la continuidad del servicio de agua potable se busca implementar un sistema el cual permita el monitoreo y control en tiempo real del funcionamiento de estas instalaciones.

# CAPÍTULO 1

## 1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.

En este capítulo se describe el equipamiento utilizado para la implementación del monitoreo en tiempo real de la estación de bombeo de Matices Sector G

### 1.1 Descripción del funcionamiento del sistema

El sistema de bombeo consta de dos variadores delta VFD055E23A el cual tiene una capacidad de 7,5HP a 25A, estos controlan dos bombas de agua potable de 7,5HP-3F-230V.

El sistema de bombeo funciona de forma automática y manual por medio de un transductor de presión de 4 a 20mA de 0 a 10 bar el cual envía la señal al controlador siemens, el cual a su vez realiza el encendido y apagado de las bombas de agua potable.

Además, consta de dos controladores de temperatura que, por medio de una termocupla tipo k, monitorean la temperatura de la turbina de la bomba, con el fin de evitar que el equipo opere a altas temperatura y garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

### 1.2 Instrumentación

#### 1.2.1 Controlador lógico

LOGO! de Siemens es un controlador lógico programable (PLC) compacto y versátil que se puede utilizar en una amplia gama de aplicaciones de procesos a nivel residencial, comercial e industrial. Además, el controlador tiene disponible en una variedad de modelos con diferentes capacidades de entrada y salida tanto analógicas como digitales, así como una variedad de funciones y características.

### **1.2.2 Variador de frecuencia**

un variador de frecuencia (vfd) es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar la velocidad de un motor eléctrico de corriente alterna (ca). los variadores de frecuencia funcionan modificando la frecuencia y la tensión de la alimentación del motor. al variar la frecuencia, se puede variar la velocidad del motor.

los variadores de frecuencia se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo:

- control de máquinas: los variadores de frecuencia se utilizan para controlar máquinas y procesos industriales, como robots, líneas de montaje y equipos de producción.
- automatización de edificios: los variadores de frecuencia se utilizan para automatizar edificios, como el control de iluminación, calefacción y aire acondicionado.
- control de procesos: los variadores de frecuencia se utilizan para controlar procesos industriales, como la producción de alimentos y bebidas, la fabricación de productos químicos y la generación de energía.

### **1.2.3 Controlador de temperatura**

un controlador de temperatura como se observa en la figura 1.3 es un dispositivo electrónico que se utiliza para monitorear y controlar la temperatura de un fluido a un valor preestablecido. los controladores de temperatura se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la industria alimentaria, la industria farmacéutica, la investigación científica y la producción.

la temperatura del agua es un factor importante que debe tenerse en cuenta en los sistemas de bombeo, ya que puede afectar el rendimiento y la eficiencia de las bombas, así como la calidad del agua.

#### 1.2.4 Sensor termocupla tipo k

los sensores tipo k son termopares que utilizan dos metales diferentes para generar una señal eléctrica que es proporcional a la temperatura. los termopares tipo k son los más comunes para aplicaciones de temperatura de agua potable, ya que son resistentes a la corrosión y tienen un rango de temperatura amplio.

en los sistemas de bombeo de agua potable, los sensores tipo k se pueden utilizar para:

- controlar la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento. esto ayuda a garantizar que el agua esté a una temperatura segura para el consumo humano.
- controlar la temperatura del agua en el punto de descarga de la bomba. esto ayuda a evitar que el agua se sobrecaliente y dañe las tuberías o los componentes de la bomba.
- monitorear la temperatura del agua durante el proceso de bombeo. esto ayuda a detectar problemas potenciales, como la formación de incrustaciones o la contaminación.

#### 1.2.5 Sensor de presión analógico

un transductor de presión analógico es un dispositivo que mide la presión del fluido y proporciona una salida eléctrica en forma de voltaje, corriente o resistencia. la potencia del sensor es proporcional a la presión aplicada, lo que significa que a medida que aumenta la presión, aumenta el voltaje, la corriente o la resistencia. los sensores de presión analógicos se utilizan en una variedad de aplicaciones, que incluyen:

- **control de procesos industriales:** los sensores de presión analógicos se utilizan para controlar procesos industriales como la producción de alimentos y bebidas, la producción química y la generación de energía.
- **automatización de edificios:** los sensores de presión analógicos se utilizan en la automatización de edificios, como iluminación,

calefacción y control climático.

### **1.2.6 Router 3g delta dx-2100rw-ww**

el dx-2100rw-ww es un router industrial 3g de delta electronics. está diseñado para aplicaciones industriales y de automatización donde se requiere conectividad inalámbrica. ofrece una variedad de características y funciones, incluyendo:

- conexión 3g: el dx-2100rw-ww proporciona conectividad 3g a través de las redes de 2g, 3g y 4g. esto permite al equipo conectarse a una variedad de redes inalámbricas en todo el mundo.
- gestión remota: el dx-2100rw-ww es compatible con la gestión remota a través de la plataforma diacloud de delta. esto permite a los usuarios gestionar y monitorear el dispositivo de forma remota.
- seguridad: el dx-2100rw-ww ofrece una variedad de funciones de seguridad, incluyendo encriptación ssl y ssh.
- comunicación: protocolos de comunicación tcp/ip, udp, dhcp, dns, ntp, http, https, ftp, snmp, modbus tcp/ip

## CAPÍTULO 2

### 2. RESULTADOS OBTENIDOS

Se procedió con la identificación de cada una de las entradas y salidas digitales, variables analógicas que conforman el sistema de bombeo de agua potable como se detalla en la siguiente tabla 2.1

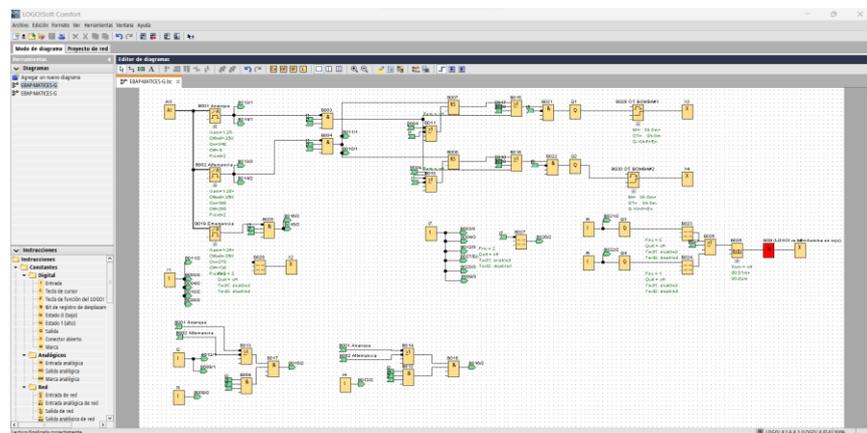
**Tabla 2.1 Variables del sistema**

Entrada I1	Selector Automático
Entrada I2	Selector Manual
Entrada I3	Selector Bomba 1
Entrada I4	Selector Bomba 2
Entrada I5	NA controlador de temperatura 1
Entrada I6	NA controlador de temperatura 2
Entrada I7	Boya de nivel de seguridad
Salida Q1	Bomba 1
Salida Q2	Bomba 2
Salida Q3	Falla de Temperatura 1
Salida Q4	Falla de Temperatura 2
Entrada analogica AI1	Sensor de presion de 4 a 20mA

#### 2.1 Programación del controlador

Identificado las variables que operan en el sistema de bombeo, se procedió a crear el programa que se descargara en el logo 8, este programa se encargará de encender y apagar los equipos de acuerdo con la presión establecida en el rango de 3.0 a 4.0 bares, además en caso de existir una alarma de

temperatura el sistema apagará equipo que presente esta falla, también se configura una boya de seguridad la cual no permitirá que el sistema trabaje en seco cuando la cisterna se haya vaciado. en la siguiente figura 2.1 se puede observar la arquitectura del programa, una vez realizada las pruebas del programa se procede a cargar el programa al controlador Logo! como se observa en la figura 2.2.



**Figura 2.1 Programa del sistema de control de sistema de bombeo**



**Figura 2.2 Descarga del programa en el controlador**

## 2.2 Configuración de los variadores de velocidad

Para poder realizar la comunicación entre variadores de velocidad y el router dx2100 de delta, se configurará los parámetros de comunicación de los variadores, en donde se establece la dirección de comunicación, la velocidad de transmisión y el protocolo de comunicación, en este caso será por medio de Modbus RTU, en la siguiente tabla se detalla la configuración realizada.

**Tabla 2.2 Parámetros de comunicación de variadores**

Parámetro	Explicación	Configuraciones	Variador 1	Variador 2
09.00	Dirección de comunicación	De 1 a 254	2	3
09.01	Velocidad de transmisión	0: Tasa de baudios 4800 bps 1: Tasa de baudios 9600 bps 2: Tasa de baudios 19200 bps 3: Tasa de baudios 38400 bps	1	1
09.04	Protocolo de comunicación	0: 7,N,2 (Modbus, ASCII) 1: 7,E,1 (Modbus, ASCII) 2: 7,0,1 (Modbus, ASCII) 3: 8,E,2 (Modbus, RTU) 4: 8,E,1 (Modbus, RTU) 5: 8,O,1 (Modbus, RTU)	5	5

Una vez realizada la configuración se procede a la conexión de los cables de comunicación en el puerto RS-485 de los variadores como se observa en la figura 2.3 con el puerto RS-485 del router como se observa en la figura 2.4.

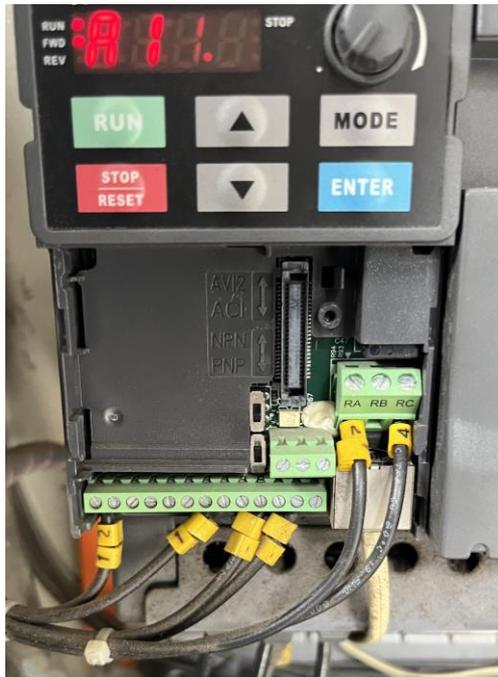


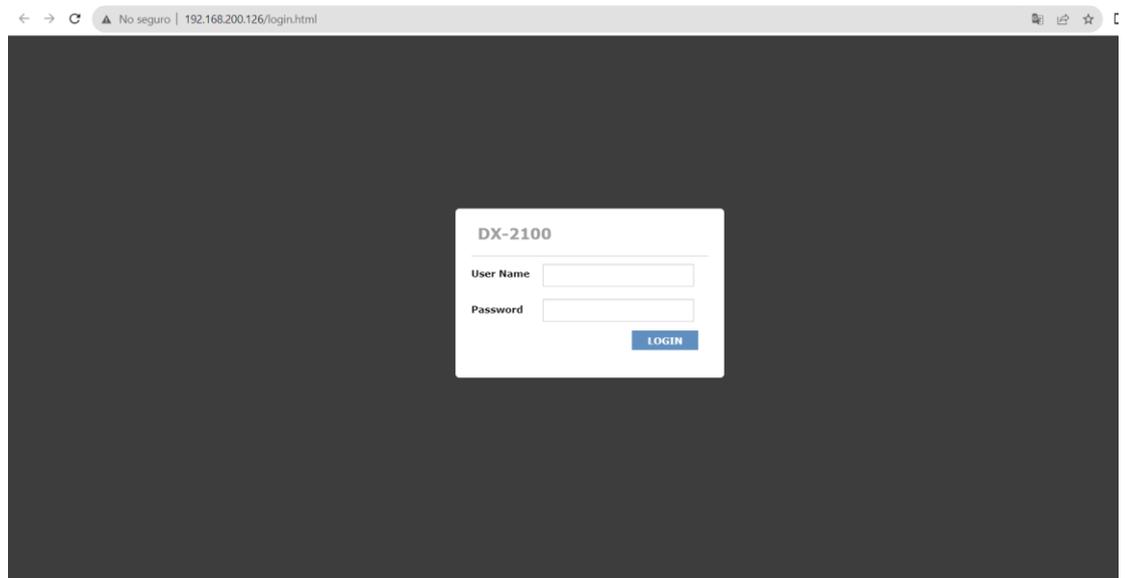
Figura 2.3 Conexión de puerto RS-485 del variador



Figura 2.4 Conexión puerto RS-485 del router

### 2.3 Configuración de router dx2100 delta

Para poder observar las variables de los variadores en la nube, se requiere realizar la configuración del router DX2100 en su Web Server como se observa en la figura 2.5, se ingresa con el usuario admin y con la clave por defecto la cual es admin.



**Figura 2.5** Página de inicio web server router delta DX2100

Una vez ingresado se selecciona la opción System, la cual abre las opciones de las diferentes formas de comunicación, en este caso seleccionamos la opción RS-485 como se muestra en la la figura 2.6

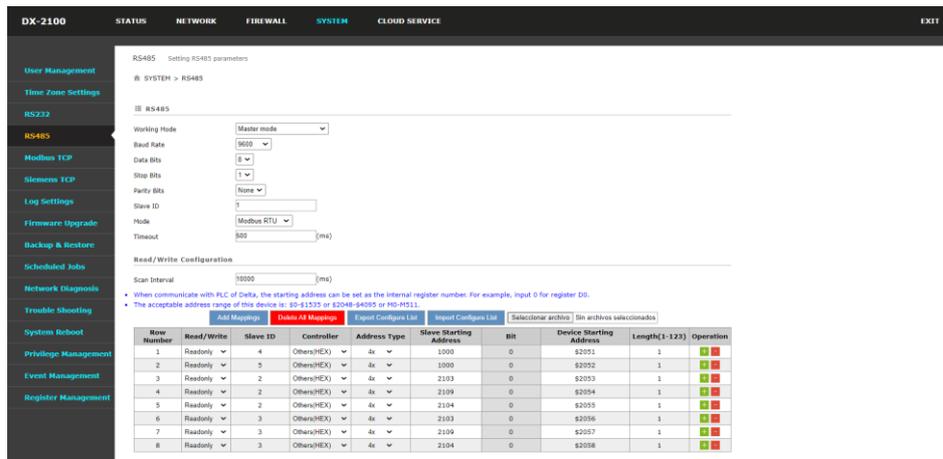


Figura 2.6 Ventana de opción SYSTEM para configuración de parámetros

En la ventana de RS-485 seleccionamos el tipo de operación en este caso será como MODO MASTER, el baud rate en este caso es 9600bps, el tipo de comunicación la cual es Modbus RTU. Además de configurar cada uno de los variadores con sus respectivas direcciones de los parámetros a monitorear como se observa en la figura 2.7

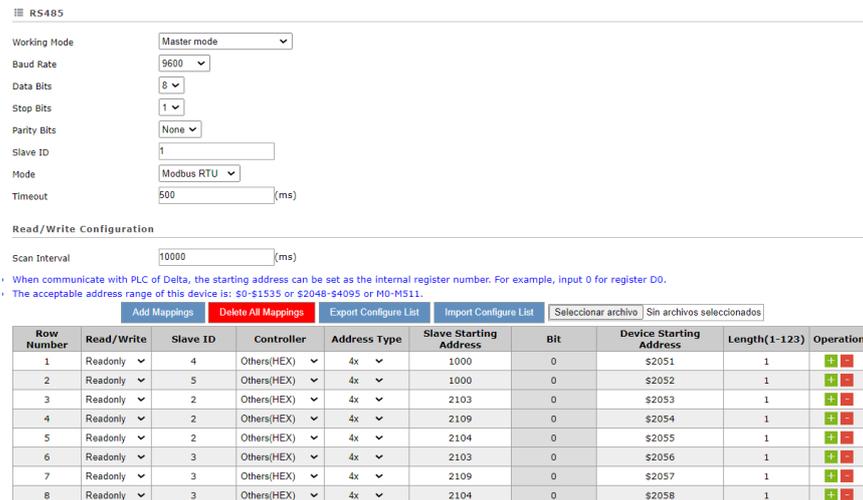


Figura 2.7 Configuración de parámetros para monitorear en la nube

Los parámetros que se van a monitorear se los obtiene del manual de usuario

del variador en la siguiente figura 2.8 se muestra la descripción de los parámetros a monitorear, que en este caso serían los que se detalla a continuación:

- 2103H: Frecuencia de Salida
- 2104H: Corriente de salida
- 2109H: Voltaje de Salida
- 210AH: Temperatura del IGBT

Capítulo 4 Parameters | VFD-E

Contenido	Dirección	Función
	2103H	Frecuencia de salida (H)
	2104H	Corriente de salida (AXXX.X)
	2105H	Reservado
	2106H	Reservado
	2107H	Reservado
	2108H	DC-BUS Voltaje (UXXX.X)
	2109H	Voltaje de salida (EXXX.X)
	210AH	Mostrar temperatura del IGBT (°C)
	2116H	Definido por el usuario (palabra baja)
	2117H	Definido por el usuario (palabra alta)

**Figura 2.8 Parámetros de comunicación de variadores de velocidad**

Una vez realiza la configuración de los parámetros a monitorear se procede a agregar los registros en la ventana de “Register Management” como se observan en las figuras 2.9 y 2.10

ID	Register Start Address	Length	Upload To Cloud	History Data	
1	\$2051	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
2	\$2052	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
3	\$2053	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
4	\$2054	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
5	\$2055	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
6	\$2056	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
7	\$2057	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
8	\$2058	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>

Figura 2.9 Ventana de registro de los parámetros

The screenshot shows the DX-2100 web interface. The main content area displays the 'Register Management' page, which includes a table of registers. The table has the following data:

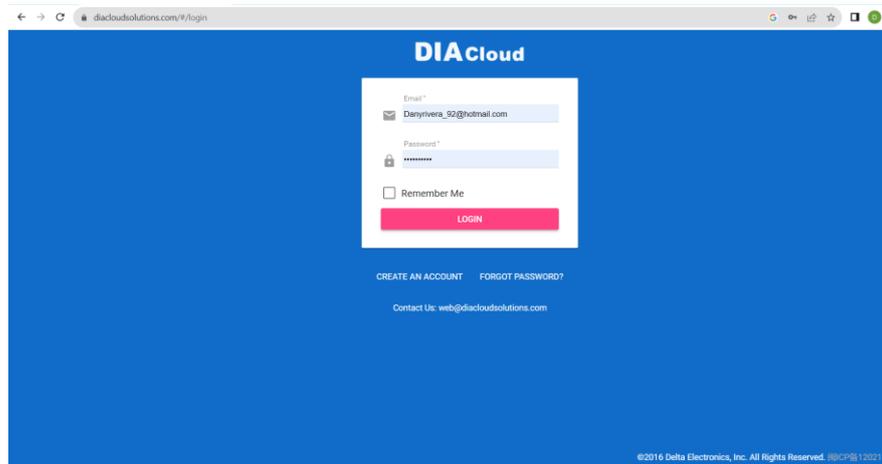
ID	Register Start Address	Length	Upload To Cloud	History Data	
1	\$2051	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
2	\$2052	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
3	\$2053	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
4	\$2054	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
5	\$2055	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
6	\$2056	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
7	\$2057	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>
8	\$2058	1	Yes	No	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Delete</a>

The interface also shows a sidebar with navigation options and a top navigation bar. The top navigation bar includes 'STATUS', 'NETWORK', 'FIREWALL', 'SYSTEM', and 'CLOUD SERVICE'. The sidebar includes options like 'User Management', 'Time Zone Settings', 'RS232', 'RS485', 'Modbus TCP', 'Siemens TCP', 'Log Settings', 'Firmware Upgrade', 'Backup & Restore', 'Scheduled Jobs', 'Network Diagnosis', 'Trouble Shooting', 'System Reboot', 'Privilege Management', 'Event Management', and 'Register Management'.

Figura 2.10 Registros de los parámetros

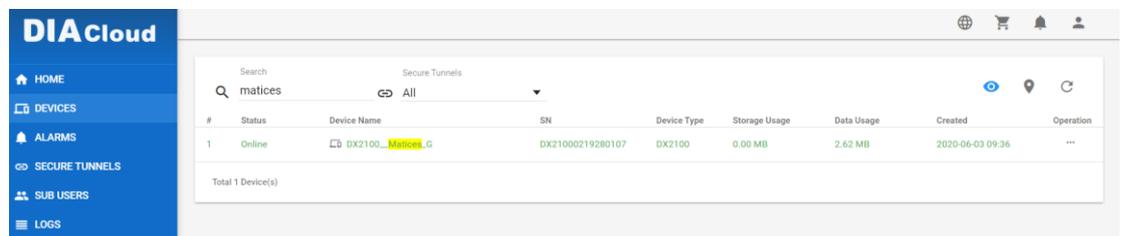
## 2.4 Visualización de datos en DIAcloud

Una vez terminada la configuración del DX2100, se procede a ingresar a la página del DIAcloud <https://www.diacloudsolutions.com/> e ingresar el usuario creado con anterioridad como se observa en la figura 2.11



**Figura 2.11** Página DIAcloud de Delta Electronics

Una vez ingresado al portal de la nube se selecciona el equipo configurado en este caso el equipo se llama matices sector G como se muestra en la figura 2.12



**Figura 2.12** Selección de equipo previamente configurado

Una vez seleccionado el equipo, se ingresa a la parte de registros para poder observar las variables previamente configuradas en el web Server del router Delta DX2100, como se muestra en la figura 2.13 se puede observar las variables de temperatura, velocidad, frecuencia de operación de los variadores y amperaje de las bombas de agua potable

DX2100__Matices_G			
OVERVIEW	REGISTERS	SERVICES	MORE
Q Search			< 1/1 >
Temp_VDF_1	32.1 °C 2023-09-01 14:53	✎	⋮
Temp_VDF_2	33 °C 2023-09-01 14:53	✎	⋮
Frec_VDF_1	53.76 Hz 2023-09-01 14:53	✎	⋮
VAC_VDF_1	207.7 VAC 2023-09-01 14:53	✎	⋮
Corriente_VDF_1	11.9 A 2023-09-01 14:52	✎	⋮
Frec_VDF_2	49.57 Hz 2023-09-01 14:51	✎	⋮
VAC_VDF_2	209.8 VAC 2023-09-01 14:53	✎	⋮
Corriente_VDF_2	11.7 A 2023-09-01 14:53	✎	⋮

**Figura 2.13 Visualización de los registros**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La implementación del router delta para realizar el monitoreo en tiempo real por medio de la plataforma DIACloud ayudo a identificar y solucionar problemas de manera más rápida y eficiente, ayudando a reducir el tiempo de inactividad de la estación de bombeo, de esta forma garantizar el suministro de agua potable a los clientes.

Además, permitió la verificación de forma remota por medio de la app del funcionamiento de sistema, cuando existía una queja por falta de suministro de agua potable. Asistiendo de forma inmediata en caso de visualizar que los equipos no están en operación.

Con el fin de garantizar una presión adecuada al usuario final, se recomienda la implementación de un sistema de presión constante en la estación de bombeo, por medio de un control PID que controle la velocidad del variador, además se realiza la configuración en el router para poder visualizar en la plataforma DIACloud la variable de presión en tiempo real.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. Carrera, “Desarrollo de una plataforma IoT para la supervisión y control de procesos industriales de fabricación inteligente en tiempo real a través de la nube”, Tesis de Maestría, Fac. Ciencia y Tecnología, Univ. Politecnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2021
- J. Pizarro, Internet de las cosas (IoT) con Arduino. Madrid, España: Ediciones Parainfo, 2019.
- M. Barrio, Internet de las cosas. Madrid: REUS. 2018
- DX-2100 Series Industrial 3G Cloud Router User Manual, 2da ed., Delta Electronics, Inc., Wujiang City, Jiangsu, 2020