 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**MEDICIÓN Y MONITOREO REMOTO PARA LAS MAGNITUDES DE PH Y  
CONDUCTIVIDAD DENTRO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN LA PLANTA LA CIMARRONA.  
PRACTICAS PROFESIONALES CRYSTAL S.A.S.**


**Esteban Serna Agudelo**

**Trabajo de grado presentado como requisito para la obtención del título de  
Ingeniería en Mecatrónica**

**Directora del trabajo de grado**

**Norma Patricia Guarnizo Cutiva**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
INSTITUCION UNIVERSITARIA  
MEDELLIN  
2017**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


## RESUMEN

---

Este trabajo se desarrolló en el sector textil, específicamente en el tratamiento de las aguas residuales industriales de la planta la Cimarrona, llevado a cargo por la empresa Crystal S.A.S. Este proyecto se realizó con el objetivo de seleccionar e implementar la adecuada instrumentación industrial para medir y monitorear las magnitudes de pH y conductividad ya que es indispensable tener conocimiento del cambio de dichas variables durante el tratamiento de aguas para no afectar directamente el proceso biológico llevado a cabo.

Para implementar este sistema fue necesario tener conocimiento de las diferentes metodologías y tipos de sensores de medición en línea para realizar la debida caracterización del proceso y así determinar los equipos más adecuados a seleccionar, también fue necesario realizar el debido montaje de acuerdo a las recomendaciones del fabricante para garantizar un óptimo funcionamiento de medición. Los resultados finales del proyecto se verán reflejados en el sistema de monitoreo con el que cuenta actualmente la planta de tratamiento y de esta manera facilitar el manejo y control de todas las variables que intervienen en el proceso de tratamiento biológico.


*Palabras clave:* pH, conductividad, planta de tratamiento bilógica, monitoreo, agua residual.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RECONOCIMIENTOS

---

Agradezco a cada una de las personas que de una u otra manera, contribuyeron en mi formación personal y profesional para lograr la realización de este trabajo. También agradezco a la empresa Crystal S.A.S por darme la oportunidad de demostrar mis capacidades y aptitudes sin importar los retos propuestos para salir adelante en la realización de este proyecto. Finalmente agradezco a mi familia por todo el apoyo brindado a lo largo de mi formación como profesional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# ACRÓNIMOS

---

***PH*** Potencial de Hidrogeno

***PLC*** Controlador Lógico Programable

***ASCII*** American Standard Code for Information Interchange (Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información)

***RTU*** Unidad terminal remota

***mA*** Miliamperios

***EMT*** Electrical Metallic Tubing (Tubo Eléctrico Metálico)


***SCADA*** Supervisión, Control y Adquisición de Datos

***ADC*** Converso Análogo-Digital

# TABLA DE CONTENIDOS

---

1. INTRODUCCION.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
2. MARCO TEORICO.....	3
2.1 Tratamiento biológico de aguas residuales.....	3
2.2 Características del agua residual.....	4
2.3. Potencial de Hidrogeno o pH.....	4
2.3.1. Medición de pH en línea.....	5
2.3.2. Electrodo de pH.....	5
2.3.3. Electrodo de pH combinado.....	6
2.4. Conductividad.....	7
2.4.1. Medición de conductividad en línea.....	7
2.4.2. Electrodo de conductividad.....	8
2.4.3. Sensor de conductividad inductivo.....	9
2.5. Protocolo de comunicación Modbus.....	9
2.6. Módulo Xbee.....	10
2.6.1. Protocolo Zigbee.....	11
2.6.2. Nodos y topología de la red.....	11
3. METODOLOGIA.....	12
3.1. Caracterización del proceso.....	12
3.2. Elección de los equipos más adecuados de acuerdo a las condiciones del proceso.....	14
3.3 Implementación física del sistema.....	20
4. RESULTADOS.....	30
5 .CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

5.1. Conclusiones. ....	32
5.2. Recomendaciones. ....	33
RERERENCIAS .....	34
ANEXOS .....	35

## TABLA DE FIGURAS

---

Figura 1. Escala de pH. ....	5
Figura 2. Electrodo de pH. ....	6
Figura 3. Electrodo de pH combinado. ....	7
Figura 4 . Rangos de la conductividad. ....	8
Figura 5. Electrodo de conductividad. ....	8
Figura 6. Sensor de conductividad inductiva. ....	9
Figura 7. Módulo inalámbrico Xbee. ....	11
Figura 8. Topología de una red Zigbee. ....	12
Figura 9. Planta de tratamiento de aguas residuales. ....	13
Figura 10. Electrodo de pH. ....	17
Figura 11. Transmisor de pH. ....	17
Figura 12. Electrodo de conductividad. ....	18
Figura 13. Transmisor de conductividad de conductividad. ....	19
Figura 14. Accesorios y tubería Emt. ....	20
Figura 15. Instalación de tubería eléctrica. ....	20
Figura 16. Electrodo de conductividad. ....	21
Figura 17. Electrodo de pH. ....	21
Figura 18. Soporte para electrodo. ....	22
Figura 19. Instalación en línea electrodo de conductividad. ....	23
Figura 20. Instalación en línea electrodo de pH. ....	24
Figura 21. Guardas de protección. ....	25
Figura 22. Conexión de señales análogas módulo DVP-06XA Plc delta. ....	25
Figura 23. Tablero eléctrico. ....	26
Figura 24. Planos de conexión. ....	26
Figura 25. Sistema de monitoreo. ....	27
Figura 26. Grafica de respuesta y ecuación sensor de conductividad. ....	28
Figura 27. Grafica de respuesta y ecuación sensor de pH. ....	29
Figura 28. Sistema actualizado con las magnitudes de pH y conductividad. ....	30
Figura 29. Grafica muestreo sensor de pH. ....	31
Figura 30. Grafica muestreo sensor de conductividad. ....	32


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Figura 31. Manual de calibración sensor de pH.....	36
Figura 32. Calibración sensor de conductividad.....	37
Figura 32. Configuración entradas análogas Plc delta.....	38
Figura 33. Función FROM Plc delta.....	38

## TABLA DE ANEXOS

---


Anexo A. Manual de calibración sensor de pH.....	35
Anexo B. Calibración sensor de conductividad.....	36
Anexo C. Configuración entradas análogas Plc Delta con módulo de expansión DVP-06XA .....	37
Anexo D. Función FROM Plc Delta.....	38

## 1. INTRODUCCION.

Dentro del proceso textil es de vital importancia el uso de los recursos hídricos para el desarrollo de diversas actividades, entre ellas podemos destacar el teñido de hilos y prendas; durante esta actividad el agua sufre diversas transformaciones siendo sometida y mezclada con diversos químicos cambiando totalmente su estado natural. Cuando se termina el proceso de teñido esta agua ya convertida en aguas residuales pasan a ser vertidas a una planta de tratamiento; esta planta es la encargada de realizar el proceso de descontaminación de las aguas de acuerdo a las normas exigidas por las organizaciones del medio ambiente antes de ser regresada a los ríos.

En (Barra & Anakenna 2013) emplearon un sensor de fibra óptica para detectar los niveles de pH, este sistema se basaba en los cambios de absorción que experimentaba el indicador verde de bromocresol inmovilizado en un soporte de sol-gel (parche) al entrar en contacto con una solución de ácido acético y amoníaco. Por otro lado (González & Badillo, 2014) emplearon un electrodo de pH Honeywell Durafet que está conformado por un electrodo de estado sólido que utiliza un tipo especial de transistor llamado transistor de efecto de campo sensible a iones con el cual lograron detectar las variaciones de dicha magnitud. En (Chalarca, Mejía & Aguirre, 2007) emplearon una celda de conductividad eléctrica con el objetivo de caracterizar los vertimientos de las aguas residuales hacia la ciénaga del municipio de Ayapel obteniendo buenos resultados a partir de las pruebas de campo realizadas, por otro lado (Ruiz, 2012) empleo un electrodo de conductividad para determinar las variaciones de esta magnitud en el tratamiento de electrocoagulación de las aguas



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

residuales del sector de lácteos obteniendo una buena caracterización a partir de las diferentes muestras realizadas.

Este proyecto se llevó a cabo en tres diferentes etapas, en la primera se identificaron las diferentes variables que intervienen en el proceso del tratamiento de aguas, una vez obtenida dicha información se procede a caracterizar el proceso para realizar la correcta selección de los sistemas de medición; en esta etapa se evaluaron los métodos y sensores más adecuados para el proceso. Por último se implementó el sistema de medición y se validó la información de este por medio del sistema de monitoreo y muestras de laboratorio. Este trabajo presenta la medición y monitoreo de las magnitudes de pH y conductividad y está organizado de la siguiente manera: Como primera parte se aborda el marco teórico para obtener los conocimientos requeridos para el desarrollo de este proyecto, en la segunda parte se habla de la metodología llevada a cabo para la correcta selección de los equipos y el montaje recomendado para este tipo de sistemas y por último se muestran los resultados y las conclusiones obtenidas.


## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Implementar un sistema de medición y monitoreo remoto para las magnitudes de pH y conductividad dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta de tratamiento de aguas La Cimarrona.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Identificar y caracterizar las variables que intervienen en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


- Determinar los métodos y los sensores más adecuados para la medición de las magnitudes pH y conductividad.
- Implementar y validar el sistema de medición y monitoreo de las magnitudes pH y conductividad.

## **2. MARCO TEORICO.**

### **2.1 Tratamiento bilógico de aguas residuales.**

Son procesos basados principalmente en la actividad bilógica y para poder llevar a cabo la depuración de las aguas se busca replicar las actividades y fenómenos de la naturaleza, empleando como base fundamental microorganismos los cuales se encargan de eliminar la materia indeseada presente en el medio. Para llevar a cabo estas actividades de descontaminación se debe de buscar condiciones óptimas y recrear un ambiente controlado para el crecimiento y cultivo de los microorganismos. La materia orgánica presente en el agua sirve de alimento y fuente de energía los cuales proporcionan nutrientes necesarios para el óptimo crecimiento de las bacterias, de este modo es aprovechado el metabolismo de los microorganismos en el proceso de oxidación de la materia orgánica (Rodríguez, Fernández-Alba, Letón, Rosal, Dorado, Villar & Sanz, 2006)

El agua residual la podemos definir en dos clases: agua residual doméstico o municipal y aguas industriales. El objetivo del tratamiento de las aguas es remover la concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos ya que muchos de los compuestos de estas aguas suelen ser muy tóxicos y es necesario emplear tratamientos adicionales antes de ser descargada algún afluente municipal.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## **2.2 Características del agua residual.**

Dentro de este campo podemos analizar varias características que componen las aguas residuales entre ellas esta los agentes físicos, químicos y bilógicos ( Becerra, 2000).

En las características físicas encontramos olor, color, solidos suspendidos y temperatura; dentro de los agentes químicos podemos hablar de fenoles, metales pesados, pH, oxígeno disuelto, conductividad, nitrógeno, alcalinidad, azufre entre otra gran cantidad de químicos que pueden estar presentes en el líquido y por último están los agentes bilógicos dentro de los cuales podemos encontrar animales, plantas, bacterias y virus.

Todas estas diferentes agentes se encuentran relacionadas directa e indirectamente, de esta manera los diferentes cambios afectan o aumentan la presencia de ciertas características; es decir un cambio de temperatura puede afectar directamente la actividad bilógica presente en el agua y aumentar la cantidad de gases disueltos.

## **2.3. Potencial de Hidrogeno o pH.**

Es una forma convencional de representar el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa ( Lowry,1923), esta medida representa la actividad de iones de hidrogeno presentes en una solución electrolítica, resulta ser muy útil para conocer el rango o caracterizar la solución dependiendo de su grado de acidez o alcalinidad; el rango pH lo podemos encontrar entre 0 - 14 siendo la zona acida un pH menor a 7 y la zona alcalina un pH mayor que 7; también podemos encontrar un zona neutra lo que significa que la concentración de ácidos y alcalinos son complemente iguales.



**Figura 1. Escala de pH.**

Recuperado de <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/papel-tornasol-o-papel-ph.html>

### **2.3.1. Medición de pH en línea.**

El pH es uno de los parámetros de análisis más importantes en el control de calidad de aguas y en muchos procesos industriales. En la limpieza biológica de las aguas residuales, por ejemplo, la acidez o alcalinidad tiene una influencia esencial en la actividad de los microorganismos, por lo que controlar el pH en línea es muy importante. Existe una demanda muy alta por sistemas precisos y confiables para monitoreo y control de pH en plantas de agua potable y en una variedad de procesos industriales.

### **2.3.2. Electrodo de pH.**

El electrodo de medición genera una diferencia de potencial que es proporcional a la concentración de iones de hidrogeno presentes en la solución, el electrodo primario proporciona la referencia de potencial del sistema. El pH se traduce en un diferencial de potencial o tensión eléctrica entre el electrodo de medición y el electrodo de referencia (Cremer, 1906), esta tensión eléctrica puede ser interpretada por circuitos electrónicos y traducida a un valor entendible para ser leído.

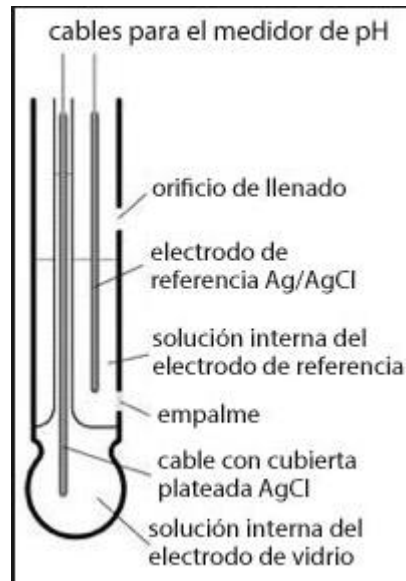


**Figura 2. Electrodo de pH.**

Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos73/metodos-potencimetricos/metodos-potencimetricos.shtml>

### 2.3.3. Electrodo de pH combinado.

Este electrodo combina en una sola unidad un electrodo de referencia y un electrodo de medición y a la vez emplea un sensor de temperatura integrado para compensar la medición, por lo tanto solo requiere una sola sonda de medición de pH. El medidor de pH mide la referencia entre el electrodo interno y el electrodo de referencia en mili-voltios y esta lectura luego es traducida por un circuito electrónico y se muestra en unidades de pH.



**Figura 3. Electrodo de pH combinado.**


Recuperado de <https://espanol.graininger.com/content/supplylink-todays-ph-electrodes-types-uses>

## 2.4. Conductividad.

La conductividad evalúa la capacidad de un líquido de conducir corriente eléctrica, esta es una medida indirecta de la cantidad de iones presentes en una solución fundamentalmente compuesta por cloruro, sulfuro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio. La conductividad en las aguas dulces es determinada por la ubicación geológica de la cuenca hidrológica, en la descarga de aguas residuales la conductividad suele ser mayor por la gran concentración de iones de sodio, sulfato y nitrato (Goyenola, 2007). La unidad básica de la conducción son los *microsiemens* por centímetro ( $\mu S/cm$ ).

### 2.4.1. Medición de conductividad en línea.

La conductividad es un parámetro que nos permite determinar el nivel de concentración de los iones en la solución, entre más sales, ácidos y alcalinos estén presentes en una solución mayor será la lectura de la conductividad, la medición en línea nos permite tener una

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

referencia para realizar comparaciones de datos anteriores y así es posible determinar eventos puntuales de cambio donde puede indicar contaminación o impurezas en el agua.

Tipo de agua	Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ )
Agua pura	0,04 $\mu\text{S/cm}$
Agua destilada	0,5 a 5 $\mu\text{S/cm}$
Agua de lluvia	5 a 50 $\mu\text{S/cm}$
Aguas potables	<2500 $\mu\text{S/cm}$
Aguas salobres	2500 –20000 $\mu\text{S/cm}$
Aguas de mar	45000-55000 $\mu\text{S/cm}$
Salmueras	>100000 $\mu\text{S/cm}$


**Figura 4 . Rangos de la conductividad.**  
 Recuperado de [http:// analisisaguaslozano.blogspot.com.co/2016\\_03\\_01\\_archive.html](http:// analisisaguaslozano.blogspot.com.co/2016_03_01_archive.html)

#### 2.4.2. Electrodo de conductividad.

Está compuesto de dos electrodos o celdas espaciadas entre sí con el objetivo de que el líquido o la solución atraviesen ambas láminas y permita la conducción eléctrica y así se genere un diferencial de potencial que es equivalente a la cantidad de iones presentes, este diferencial de potencial se ve traducido en una señal eléctrica que es llevada a un transmisor o circuito electrónico capacitado para transformar esta señal en un rango de conductividad.



**Figura 5. Electrodo de conductividad.**  
 Recuperado de <http://www.electrodosysensores.com/electrodos-de-conductividad>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 2.4.3. Sensor de conductividad inductivo.

Consiste en dos bobinas, una bobina transmisora y una receptora, ambas bobinas se encuentran alojadas en un agujero, el cual se sumerge en el líquido, luego de esto se aplica tensión entre las bobinas las cuales producen una corriente eléctrica en el fluido, donde la bobina transmisora induce corriente a la bobina receptora; la corriente medida en la bobina receptora será equivalente a la cantidad de iones presentes en la solución, esto se traduce en la conductividad presente en el líquido.




**Figura 6. Sensor de conductividad inductiva.**  
 Recuperado de <http://es.hach.com/3725-sensor-de-conductividad-inductivo-convertible-pp/product?id=24930016449>

### 2.5. Protocolo de comunicación Modbus.

Este protocolo fue desarrollado para ser implementado en los controladores lógicos programables y por ser un protocolo de comunicación libre se popularizó como uno de los protocolos más sencillos y fáciles de emplear en todos los sistemas de automatización y control (Modicon, 1979). Este protocolo de comunicación no especifica el tipo de red que se pueda emplearse, este protocolo funciona como un sistema maestro-esclavo siendo el maestro quien realiza las solicitudes de información a cada uno de los esclavos que conforman la red. Existen dos tipos de comunicación, modbus ASCII Y modbus RTU; en modo ASCII se envían los bytes de la trama a modo de caracteres y en modo RTU la trama se envía en código



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

binario sin necesidad de un inicio y fin de línea. Este protocolo de comunicación emplea una serie de comandos o códigos de operación los cuales se encargan de realizar una serie de petición ya predeterminada, estas peticiones se pueden encargar de leer o escribir el estado unas bobinas o un registro interno del esclavo al cual se le realiza la consulta.

Dentro de los códigos de operación más empleados podemos encontrar:

- **Función 01 y 02 (01 Read Coil Status- 02 Read Input Status).**

Realiza la petición de lectura de los estados de las entradas y salidas digitales de un esclavo.

- **Función 03 y 04 (03 Read Holdidng Registers- 04 Read Input Registers).**

Realizar la lectura de los valores presentes en las entradas y salidas análogas o cualquier registro interno de un esclavo.

- **Función 05 (Force Single Coil).**


Permite modificar el estado de una salida digital o mando relé, es decir; mediante este comando podemos modificar algún bit de una variable interna u ordenar la ejecución o activación de un mando.

- **Función 06 (Present Single Register).**

Permite la escritura de un registro ya sea una señal o un valor interno del esclavo, por tanto, este comando actúa sobre la zona de memoria; para realizar este cambio solo es necesario indicar el registro al que vamos a apuntar y el valor que deseamos escribir.

## 2.6. Módulo Xbee.

Es un módulo que brinda un medio inalámbrico para la interconexión y la comunicación entre dispositivos. Estos módulos emplean un protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes punto a multipunto o redes punto a punto, este sistema fue creado para transportar un

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

alto tráfico de datos con el protocolo de comunicación Zigbee (Oyarce , 2008), en términos simples Xbee son módulos inalámbricos fáciles de usar.



**Figura 7. Módulo inalámbrico Xbee.**  
Recuperado de <http://xbee.cl/que-es-xbee/>

### **2.6.1. Protocolo Zigbee.**

Es una tecnología inalámbrica de corto alcance y bajo consumo definido como una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones en el hogar como la seguridad y la automatización. El objetivo de esta tecnología no es obtener velocidades muy altas de transmisión ya que solo puede alcanzar una tasa de 20 a 250kps en un Arango de 10 a 75 metros y opera en las bandas libres de 2.4 GHz (Ortega, 2008).

Entre alguna de sus aplicaciones podemos encontrar: Domótica, automatización industrial, reconocimiento remoto entre otros.

### **2.6.2. Nodos y topología de la red.**

Una red Zigbee puede soportar como máximo 254 nodos según el tipo de agrupación o topología que se adopte para la red, es posible crear 255 conjuntos con lo que pueden llegar a existir 64770 nodos con los cuales es posible crear diferentes topologías en la red ya sea en estrella, malla o grupos de árboles.

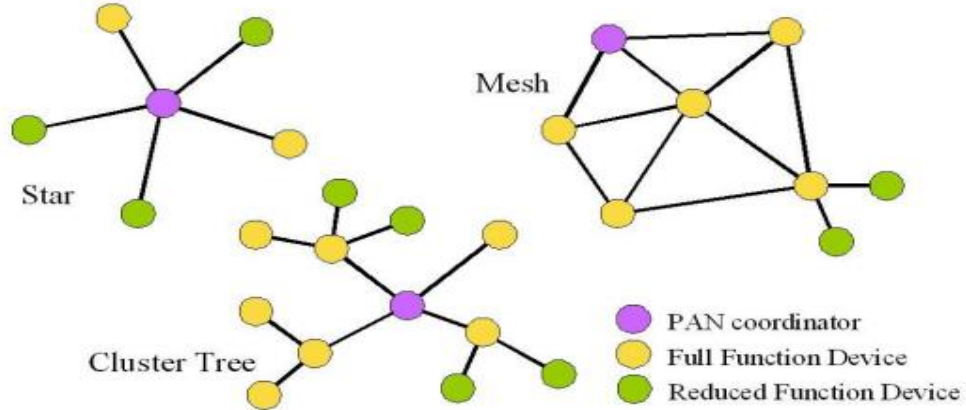


Figura 8. Topología de una red Zigbee.

Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe\\_ZigBee.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_ZigBee.pdf)

Una red Zigbee está conformada por tres diferentes dispositivos:

- **Coordinador:** Es el encargado de realizar la gestión y control de la información solo puede haber uno ya que este es quien inicia la formación de la red.
- **Router:** Es el encargado del enrutamiento por toda la red buscando los caminos más rápidos para la gestión de la información.
- **Dispositivo final:** Es el elemento básico de la red y no realiza ninguna clase de gestión ni enrutamiento de la información.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Caracterización del proceso.

La planta de tratamiento la Cimarrona actualmente es la encargada de prestar los servicios para el tratamiento de las aguas residuales resultantes de los diferentes procesos textiles de la empresa Crystal S.A.S, el proceso de tratamiento llevado a cabo en esta planta es totalmente biológico por lo cual es de suma importancia medir ciertos parámetros para garantizar que el


proceso funcione correctamente; dentro de los principales parámetros se encuentra las magnitudes de pH y conductividad las cuales afectan directamente el proceso biológico sino son medidas y monitoreadas de manera adecuada.



**Figura 9. Planta de tratamiento de aguas residuales.  
Tomada por el autor.**

Según los informes llevados a cabo por el laboratorio a la entrada de la planta, se puede determinar que las aguas contienen altos agentes contaminantes ya que presentan niveles muy elevados en la conductividad; por otro lado son aguas altamente alcalinas ya que los niveles registrados de pH son superiores a 7 unidades, estos datos se pueden observar en la tabla 1.

**Tabla 1. *Parámetros del proceso.***

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Magnitud	Mínima	Máxima
<b>Conductividad</b>	2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	15.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>pH</b>	9	12
<b>Temperatura</b>	39 °C	44 °C


Estas magnitudes tomadas ayudan a caracterizar y llevar un control de las aguas que llegan a la planta para así determinar qué tipo de controles se deben llevar a cabo para no alterar las condiciones biológicas del proceso de tratamiento.

### 3.2. Elección de los equipos más adecuados de acuerdo a las condiciones del proceso.

Luego de conocer los parámetros de trabajo, las condiciones del entorno y las diferentes metodologías de medición en línea ya mencionadas, se decide emplear como solución para la medición de las magnitudes un electrodo combinado de pH y de conductividad, cada uno con su respectivo transmisor con salida 4-20 mA. Para esto se seleccionaron los siguientes equipos:

Ref.	Descripción	Cant.	Valor unitario	Valor total
3-2724-00	Electrodo plano de PH sumergible. Rango de operación 0-14 pH, temperatura 0-85 °C.	1	USD 294	USD 294

	<p>Presión de operación 4 bares a 85 ° C.</p> <p>Partes húmedas PPS, vidrio, polietileno de peso molecular ultra alto, FPM</p>			
3-2750-3	<p>Transmisor de pH sumergible Salida 4..20 mA a dos hilos. Compensación automática de temperatura, no requiere preamplificador. Rango de pH: 0-14. Temperatura: 0 a 85 °C.- Alimentación: 12 a 24 VDC Presión: +/- 32µA. Resolución: +/- 5µA. Tiempo de muestreo: 0.5 seg.</p>	1	USD 545	USD 545
3-2842-1	<p>Sensor de Conductividad sumergible. Rango de 100 a 100.000 microsiemens. Exactitud: +/- 2% de la lectura. Dispositivo de</p>	1	USD 498	USD 498

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

	compensación por sensor PT- 1000. Máxima presión 100 psi, máxima temperatura 120°C. Electrodo de acero inoxidable 316. Conexión roscada 3/4"			
3-2850-52	Transmisor de conductividad. Salida 4...20 mA. Temperatura -10 a 85 °C. Alimentación 12 a 24 VDC. Protección IP 65. Conexión roscada 3/4"	1	USD 505	USD 505

A continuación podemos observar las características de cada uno de los diferentes equipos seleccionados según su referencia de acuerdo con el fabricante Georg Fischer.

- Electrodo sumergible de pH con compensación de temperatura por medio de una Pt1000; los materiales mojados están constituidos por vidrio, polietileno de peso molecular ultra-alto. Gama de operación entre 0-14 pH, el rendimiento de la medición es de un 97% a una temperatura de 25°C, permite una presión de trabajo de 0-6.9 bar.



**Figura 10. Electrodo de pH.**

**Recuperado de**


**[http://www.gfps.com/appgate/ecat/common\\_flow/100062/ES/es/109620/109630/109631/P108435/product.htm](http://www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/100062/ES/es/109620/109630/109631/P108435/product.htm)**

- Preamplificador y transmisor de pH con salida de corriente 4-20 mA, clasificación de la cubierta NEMA 4X IP65; trabaja a una temperatura ambiente de 0°C a 85°C con una humedad relativa del 95%, tiene un tiempo de respuesta alrededor de los 500 ms.



**Figura 11. Transmisor de pH.**



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**Recuperado de**

**[http://www.gfps.com/appgate/ecat/common\\_flow/100062/ES/es/109620/109630/110171/P108429/product.html](http://www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/100062/ES/es/109620/109630/110171/P108429/product.html)**

- Electrodo de conductividad con celda de medición de  $10M\Omega$  con un rango de operación de  $0-100.000\mu S$  con una exactitud de  $\pm 2\%$  de la celda; los contactos del electrodo son de acero inoxidable 316. Cuenta con compensación de temperatura por medio de una Pt1000 para un rango de operación de  $-10^{\circ}C$  a  $100^{\circ}C$  con una presión máxima de 6.9 bar.



**Figura 12. Electrodo de conductividad.**

**Recuperado de**

**[http://www.gfps.com/appgate/ecat/common\\_flow/100062/ES/es/109620/109654/109655/P374351/product.html](http://www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/100062/ES/es/109620/109654/109655/P374351/product.html)**

- Transmisor de conductividad con salida 4-20 mA, clasificación de la cubierta NEMA 4X IP65; trabaja a una temperatura ambiente de  $0^{\circ}C$  a  $85^{\circ}C$  con una humedad relativa del 95%, tiene un tiempo de respuesta menor de 600 ms con una presión del 2% de la lectura.




**Figura 13. Transmisor de conductividad de conductividad.**  
**Recuperado de**

[http://www.gfps.com/appgate/ecat/common\\_flow/100062/ES/es/109620/109654/110180/P374298/product.html](http://www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/100062/ES/es/109620/109654/110180/P374298/product.html)

Además de toda la instrumentación mencionada anteriormente también fue necesario emplear ciertos accesorios para realizar la correcta implementación del sistema como:

- Tubería EMT de ½ pulgada.
- Uniones para tubería EMT ½ pulgada de tornillo.
- Tubería flexible liquid tight ¾ pulgada.
- Cable Carol 24 AWG de 4 hilos.



	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**Figura 14. Accesorios y tubería Emt.**

Recuperado de

<http://technogroup.com.pe/productos/tuberias-conduit-y-accesorios/02.jpg>

### 3.3 Implementación física del sistema.

Para llevar a cabo la instalación eléctrica del sistema fue necesario implementar las rutas de la tubería EMT por medio de la cual se llegaría a los puntos estratégicos seleccionados para ubicar del sensor con su respectivo transmisor.



**Figura 15. Instalación de tubería eléctrica.  
Tomada por el autor.**

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante y al tipo de instalación de la instrumentación; en este caso sumergible, se implementó un tubo como soporte en el cual se roscarían los electrodos con el fin de aislar y mantener alejada la electrónica del transmisor; este montaje es permitido ya que los electrodos cuenta con un sistema de rosca de  $\frac{3}{4}$  pulgada, ver figura 16 y 17.



**Figura 16. Electrodo de conductividad.**  
Tomada por el autor.



**Figura 17. Electrodo de pH.**  
Tomada por el autor.

A parte de esto fue necesario emplear unos soportes en acero inoxidable con el fin de soportar los electrodos y graduar la distancia ideal a la cual debía ser sumergido en el agua residual; también se hicieron con el objetivo de permitir un fácil desmonte para el mantenimiento y limpieza de los mismos.



**Figura 18. Soporte para electrodo.  
Tomada por el autor.**

Por ultimo luego de tener todos los elementos instalados anteriormente se unificaron para así de esta manera obtener la instalación en línea la cual podemos observar en la figura 19 y figura 20.



**Figura 19. Instalación en línea electrodo de conductividad.  
Tomada por el autor.**



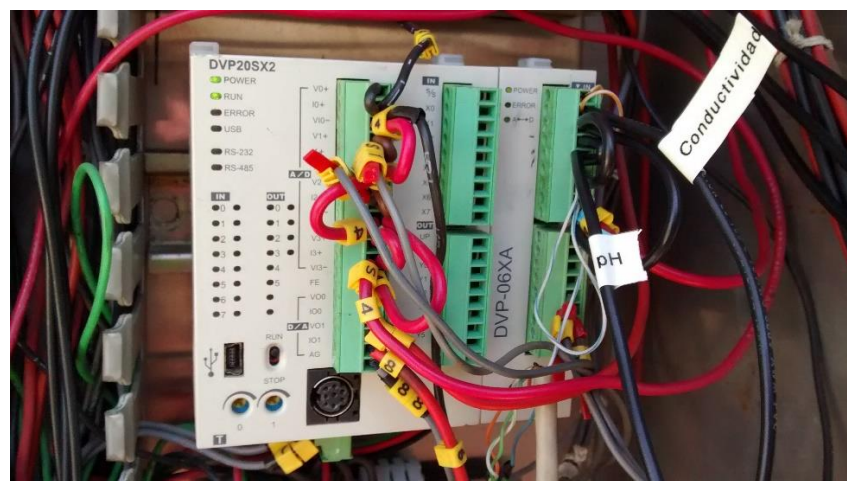
**Figura 20. Instalación en línea electrodo de pH.  
Tomada por el autor.**

Para conservar y proteger los sistemas de transmisión de cada una de las magnitudes fue necesario construir unas guardas de protección en acero inoxidable, con el objetivo de proteger los sistemas electrónicos de las diferentes condiciones climáticas al igual que la exposición directa al medio donde fueron instalados.



**Figura 21. Guardas de protección.  
Tomada por el autor.**

En esta instalación se tomó un gabinete de control ya instalado el cual contaba con un módulo de expansión de entradas análogas disponibles en el cual conectaron cada una de las señales entregadas por los transmisores. También se instalaron dos muletillas de control; estas muletillas servirán para desenergizar el sistema en caso de mantenimiento o calibración del mismo.



**Figura 22. Conexión de señales análogas módulo DVP-06XA Plc delta.  
Tomada por el autor.**





Figura 23. Tablero eléctrico.  
Tomada por el autor.

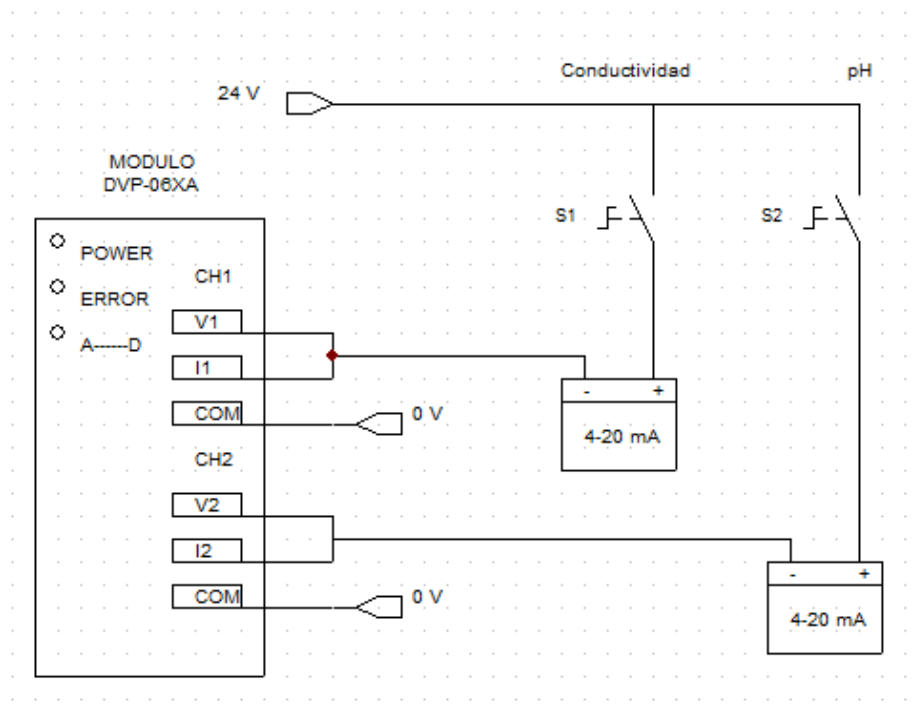
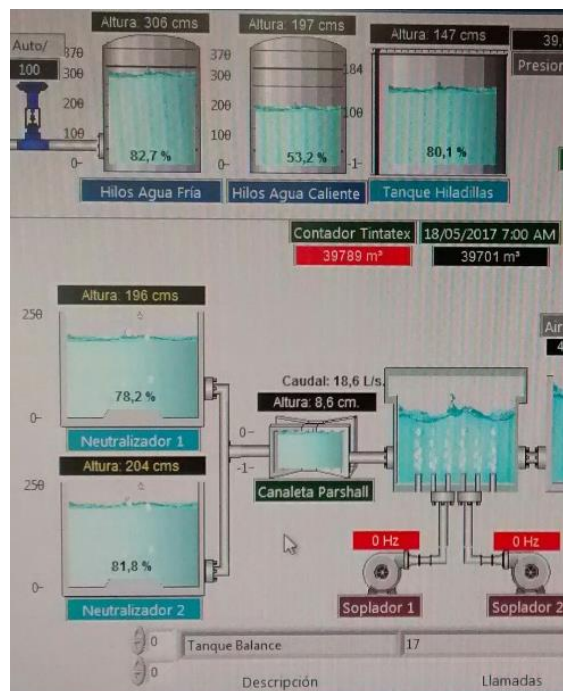


Figura 24. Planos de conexión.  
Tomada por el autor.

Dentro del proceso de tratamiento de aguas de la planta la Cimarrona se cuenta con un sistema de supervisión el cual cuenta con múltiples variables, las cuales sirven para controlar y verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los diferentes procesos que interactúan en dicha planta.



**Figura 25. Sistema de monitoreo.  
Tomada por el autor.**

Para validar la respuesta de los sensores en el sistema de supervisión fue necesario realizar una gráfica de la respuesta del ADC del Plc con respecto a las unidades máximas de medida de cada uno de los sensores, ver figuras 26 y 27; también fue necesario crear unas tablas de apoyo con la configuración de cada uno de los sensores. Según la gráfica obtenida de cada uno de los sensores se logra determinar una ecuación la cual nos sirve para operar las

unidades entregadas por el ADC del Plc y convertirlas en unidades reales según la magnitud medida.

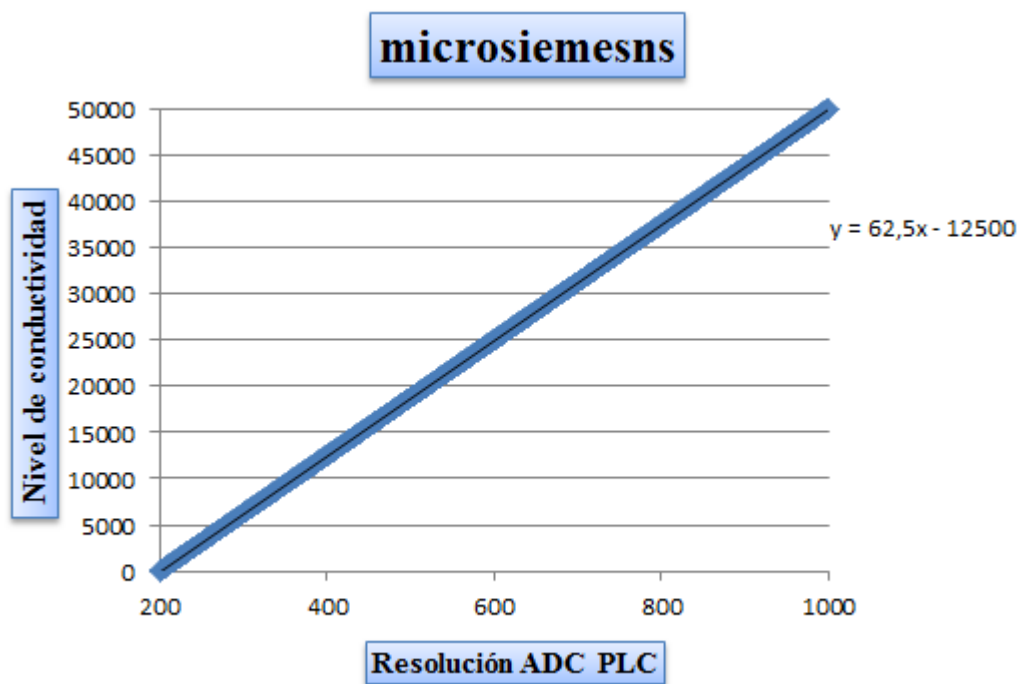
En cada una de las gráficas podremos encontrar la ecuación de respuesta lineal de los sistemas donde:

**x:** Son las unidades entregadas por el ADC del Plc según sea la respuesta del sensor.

**y:** Es el resultado de la magnitud medida.

**Tabla 2. Configuración sensor de conductividad.**

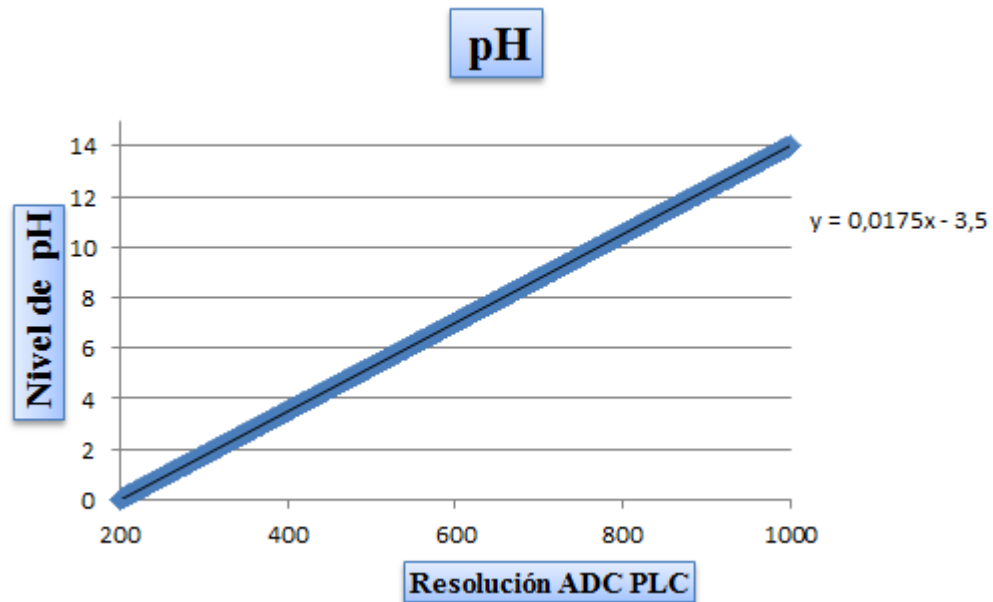
Dato	Conductividad celda sensor $\mu$ Siemens	Unidades Plc	Miliamperios	Resolución mA.	Resolución $\mu$ Siemens
Mínimo	0	200	4	0,02	62,5
Máximo	50000	1000	20		



**Figura 26. Grafica de respuesta y ecuación sensor de conductividad.**  
Tomada por el autor.

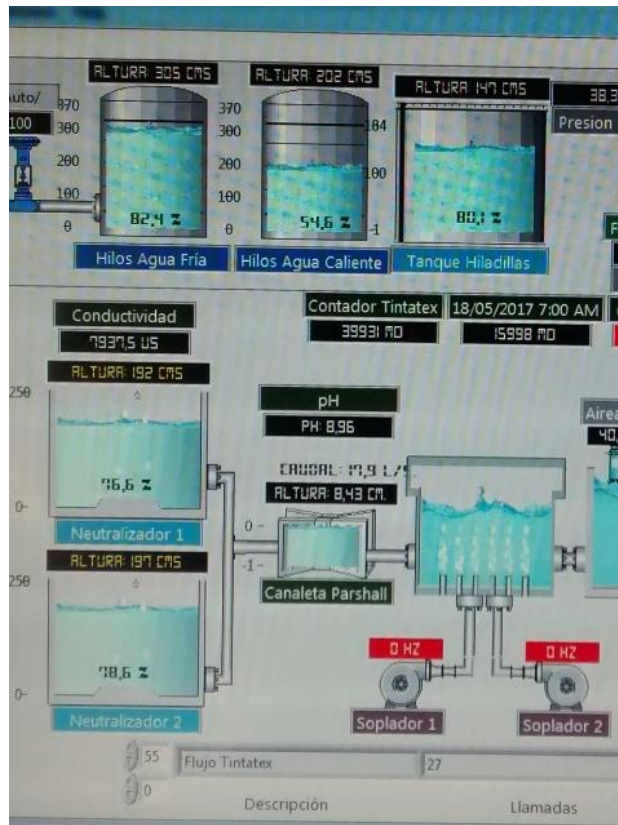
**Tabla 3. Configuración sensor de pH.**

Dato	pH	Unidades Plc	Miliamperios	Resolución mA.	Resolución pH
Mínimo	0	200	4	0,02	0,0175
Máximo	14	1000	20		



**Figura 27. Grafica de respuesta y ecuación sensor de pH.**  
Tomada por el autor.

Luego de la instalación de la nueva instrumentación industrial se decide emplear la red ZigBee con la cual cuenta actualmente la planta de tratamiento para transmitir por medio del sistemas de radio frecuencia Xbee los nuevos datos de las medición de pH y conductividad hacia el sistema de monitoreo, verificando de esta manera el correcto funcionamiento de las magnitudes y su influencia dentro del proceso de tratamiento de las aguas residuales.



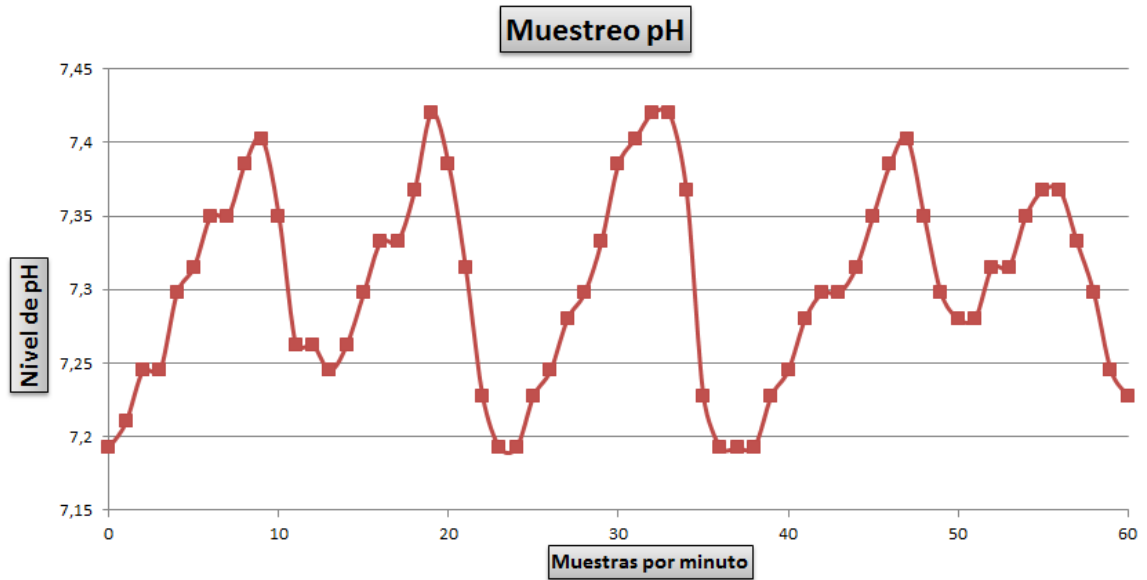
**Figura 28.**Sistema actualizado con las magnitudes de pH y conductividad.  
Tomada por el autor.

#### 4. RESULTADOS.

Luego de realizar un seguimiento del nuevo sistema de instrumentación y extraer los datos guardados en el sistema de monitoreo se pudo observar el comportamiento de las magnitudes en un tiempo determinado dentro del proceso de tratamiento, obteniendo como resultado lo siguientes:

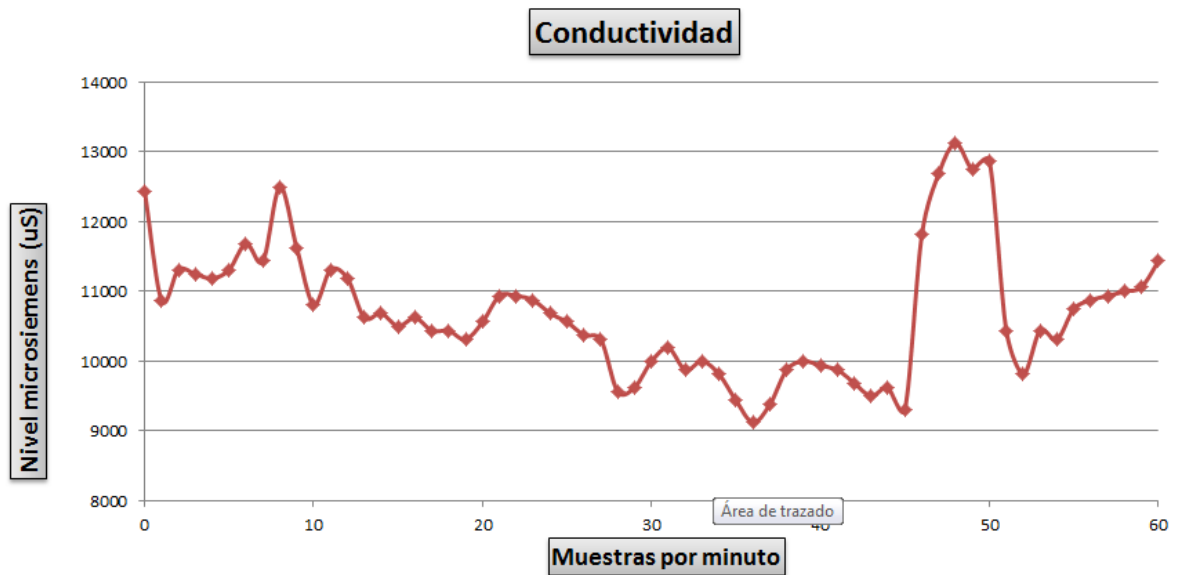
La medición de pH permitió establecer que el proceso de inyección de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) está cumpliendo con el objetivo de neutralizar las aguas alcalinas que entran a la planta de tratamiento; ver figura 29, de esta manera mantenido el rango de pH establecido

para continuar el proceso biológico y no alterar las condiciones del proceso.



**Figura 29. Grafica muestreo sensor de pH.  
Tomada por el autor.**

Por otro lado la medición de conductividad permitió conocer en qué momentos se presentaron descargas altamente contaminantes a la entrada de la planta y cuál fue su grado de contaminación presente en al agua; ver figura 30, y a la vez permitió tener un mejor conocimiento para la correcta caracterización del proceso.




**Figura 30. Grafica muestreo sensor de conductividad.  
Tomada por el autor.**

Para verificar el correcto funcionamiento de los sensores se realizaron pruebas que consistían en tomar muestras del proceso y verificar las mediciones de la instrumentación con mediciones de laboratorio, de esta manera se logró determinar que los resultados obtenidos por los sensores de pH y conductividad estaban dentro de los rangos establecidos, dando así un grado de confiabilidad a las mediciones obtenidas en línea y que son observadas por medio del sistema de monitoreo.

## **5 .CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. Conclusiones.**

- Se logra la correcta implementación del sistema de medición de las magnitudes de pH y conductividad validando dicha información por medio del sistema de monitoreo, de esta manera se mejora una etapa importante dentro del proceso de supervisión de la planta de tratamiento de aguas residuales La Cimarrona.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


- De acuerdo a la teoría estudiada y a la adecuada caracterización del proceso se logra determinar cuáles son los métodos y los sensores más apropiados para la implementación del sistema.
- La selección de los equipos se determinó a partir de criterios de duración y calidad, de esta manera se garantiza un adecuado funcionamiento de la medición en línea en cualquier instante de tiempo dentro del proceso.

## **5.2. Recomendaciones.**

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema se debe tener en cuenta que al estar empleando sensores de medición en línea se debe garantizar que siempre los electrodo de medición estén en contacto con el líquido; principalmente el electrodo de pH, de no ser así la vida útil y el funcionamiento podrían verse afectados.


Dentro de los parámetros de funcionamiento es normal que los sensores sufran desgaste en sus componentes de medición con el pasar del tiempo, por lo tanto es ideal seguir los pasos de calibración exigidos por el fabricante para asegurar un óptimo funcionamiento. (Ver Anexos)



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RERERENCIAS

- Barra, M., & Anakenna, P. (2013). Estrategia de control de pH usando espectrofotómetro (Doctoral dissertation, Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica.).
- Chalarca Rodríguez, D. A., Mejía Ruiz, R., & Aguirre Ramírez, N. J. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga.
- González, E. Y. G., & Badillo, C. E. C. (2014). Aplicación al control de procesos batch. *Revista Tecnura*, 18, 189-204.
- Moreno Javier Martin & Ruiz Fernández Daniel (2007). Informe técnico: Protocolo de comunicación Zigbee (IEEE 802.15.4).
- Nodal Becerra Elida (2000). Procesos biológicos aplicados al tratamiento de agua residual.
- Ortega Huembes Carlos Alberto (2008). «Zigbee: El nuevo estándar global para la domótica e inmótica».
- Oyarce Andrés (2008). Guía del usuario Xbee Series 1.
- Protocolo de comunicación Modbus. Visible en EcuRed. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Protocolo\\_de\\_Comunicaci%C3%B3n\\_Modbus](https://www.ecured.cu/Protocolo_de_Comunicaci%C3%B3n_Modbus)
- Ruiz, Á. A. (2012). Efectos del pH y la conductividad en la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. *Producción+ Limpia*, 7(1), 59-67.
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. *Informe de vigilancia tecnológica. Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía. España*, 30-40.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


Suematsu Guillermo León (1995). Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reúso.

Tratamiento biológico de aguas residuales. Visible en Condorchem Envitech. Recuperado de <http://blog.condorchem.com/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>

## ANEXOS

---

Anexo A. Manual de calibración sensor de pH.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Para una correcta calibración del sensor de pH seguir los siguientes pasos.

### Calibración

Todos los circuitos electrónicos del sensor de pH/ORP 2750 se calibran en fábrica a fin de ofrecer una exactitud máxima desde el primer uso. Es necesario hacer calibraciones periódicas para compensar los efectos de envejecimiento del electrodo.

El sistema opcional EasyCal permite realizar la calibración en el campo.

**Equipos requeridos:**

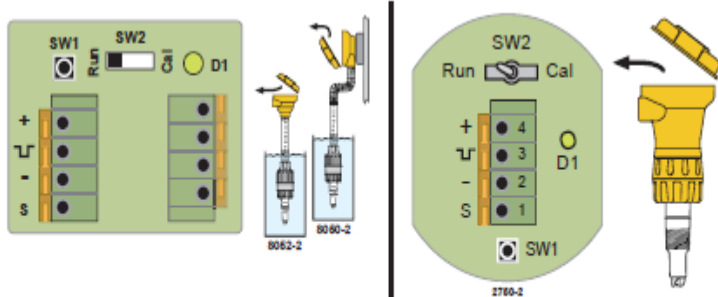
- Tampones de pH estándar (pH 4, 7 o 10)

**Procedimiento del sistema EasyCal:**

El primer paso (Reajuste) debe hacerse cada vez que se cambie el electrodo, pero **NO** es necesario volver a hacerlo después de la instalación inicial o de las calibraciones periódicas; de hecho, para las calibraciones periódicas es preferible que el conjunto del electrodo/sensor permanezca intacto a fin de reducir a un mínimo la posibilidad de entrada de humedad u otro tipo de contaminación en el área de interconexión eléctrica. La conexión electrodo/sensor debe permanecer limpia y seca en todo momento.

- Reajustar el sensor de pH/ORP 2750 a la calibración de fábrica: Sin conectar el electrodo al sensor, presionar y mantener presionado SW1 hasta que el indicador de LED (D1) se quede constantemente iluminado y seguidamente se apague nuevamente (aprox. 10 segundos). Al apagarse el indicador de LED, liberar SW1. Así finaliza el paso de reajuste.
- Conectar un electrodo al sensor de pH/ORP 2750.
- Si se utiliza la salida de digitales (S<sup>L</sup>), colocar el SW2 en la posición "Cal". Si se utiliza la salida de 4-20 mA, la posición del SW2 no tiene efecto alguno.
- Poner el conjunto de electrodo/sensor en una solución de calibración tal como se describe a continuación: (Si el electrodo está en buenas condiciones, el 2750 reconocerá la solución automáticamente. El orden de uso de las soluciones durante el procedimiento de calibración no altera el resultado).
  - Para la calibración del pH, utilizar dos de las siguientes soluciones estándar internacionales: soluciones tampón de pH 4.0, 7.0 ó 10.0 (el producto número 3-0700.390 de Signet contiene una cápsula de cada valor.)
  - A fin de preparar soluciones estándar para la calibración del ORP, mezclar el compuesto químico quinhidrona en soluciones tampón de pH 7.0 y 4.0 hasta llegar a saturación (½ g por 50 ml).
  - Sin importar el tamaño del recipiente utilizado para la calibración, basta con una pulgada de solución para sumergir completamente la punta del electrodo.
  - Antes de la calibración, esperar al menos 30 segundos para la estabilización de la respuesta del electrodo.
- Presionar y mantener presionado SW1 durante aproximadamente 8 a 10 segundos. Durante este tiempo, el indicador de LED (D1) se iluminará constantemente y seguidamente se apagará. Liberar el botón. (Si el indicador de LED destella rápidamente varias veces, significa que hubo un error en la calibración. En tal caso, consultar la sección de resolución de problemas.)
- Retirar el conjunto electrodo/sensor de la primera solución de calibración, enjuagar el electrodo con agua limpia y colocarlo en una **segunda** solución. Antes de la calibración, esperar al menos 30 segundos para la estabilización de la respuesta del electrodo.
- Presionar y mantener presionado SW1 durante aproximadamente 8 a 10 segundos. Durante este tiempo, el indicador de LED se iluminará constantemente y seguidamente se apagará. Liberar el botón. (Si el indicador de LED destella rápidamente varias veces, significa que hubo un error en la calibración. En tal caso, consultar la sección de resolución de problemas.)
- Únicamente para sistemas digitales (S<sup>L</sup>): Volver a colocar SW2 en la posición de EJECUCIÓN (RUN).

Así finaliza el procedimiento de calibración. El sistema puede volver a ponerse en funcionamiento.



**SW1** Botón EasyCal  
**SW2** Conmutador RUN/CALIBRATE para el sistema (S<sup>L</sup>)  
**D1** Indicador EasyCal (LED verde)

+GF+

Signet 2750 DryLoc Electrónica del Sensor de pH/ORP

7

**Figura 31. Manual de calibración sensor de pH.**

Recuperado de

[http://www.gfps.com/appgate/ecat/common\\_flow/100062/ES/es/109620/109630/110171/P108429/product.html](http://www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/100062/ES/es/109620/109630/110171/P108429/product.html)

Anexo B. Calibración sensor de conductividad.

Para una correcta calibración del sensor de conductividad seguir los siguientes pasos.

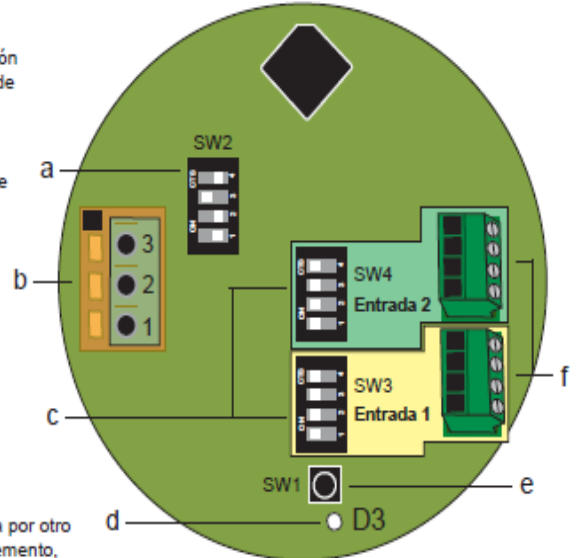
### Calibración

- Todos los componentes electrónicos del sensor de conductividad/resistividad del 2850 se calibran en fábrica a fin de ofrecer una exactitud máxima desde el primer uso.
- El sistema EasyCal permite calibrar el sensor.

Los sensores de conductividad 2839-2842 vienen con un certificado de calibración. Este certificado proporciona información referente a la constante real del elemento y a la compensación de temperatura verificada según las normas de NIST.

Esta información se ha programado en los componentes electrónicos de 2850 como su valor de fábrica predeterminado. Si es necesario, el sensor puede volver a certificarse poniéndose en contacto con el departamento de reparación de GF Signet.

- SW2: Banco de conmutadores de selección de gamas de salida de 4-20 mA
- Bloque de alimentación y bloque de terminales de salida de 4 a 20 mA o digital (S<sup>3</sup>L)
- SW3 y SW4: Bancos de conmutadores de selección de constante de elemento del electrodo
- D3: Indicador LED
- SW1: Botón pulsador del sistema Easy-Cal
- Conexiones del electrodo de conductividad



**NOTA:**

Cuando se cambia el electrodo original proporcionado en fábrica por otro electrodo o la aplicación requiere un cambio de constante de elemento, reajuste los conmutadores SW3 o SW4 (vea la página 6). Después efectúe una calibración en húmedo con las normas de calibración.

### EasyCal

EasyCal es un sistema de calibración de un punto. Durante este procedimiento, si el valor medido está comprendido dentro del 10 % de cualquiera de los valores de prueba que se muestran debajo, el 2850 reconocerá automáticamente el valor de prueba y calibrará su salida en referencia a dicho valor.

**NOTA:** El primer paso (Reajuste) debe hacerse cada vez que se cambie el electrodo, pero **NO** es necesario repetirlo después de la instalación inicial o de las calibraciones periódicas.

1. **Reajuste** el sensor 2850 a la calibración de fábrica: Ponga todos los conmutadores de SW3 (y SW4 para entrada doble) en posición ABIERTA. Conecte la corriente, espere al menos 3 segundos y pulse sin soltar SW1 hasta que el indicador LED (D3) se quede iluminado de forma constante y después se apague nuevamente (aprox. 10 segundos). Al apagarse el indicador LED, suelte el SW1. Así finaliza el paso de reajuste. Reajuste SW3 y SW4 a sus ajustes apropiados.
2. Coloque el conjunto de electrodo/sensor en la solución de prueba de conductividad que sea apropiada para la gama de funcionamiento deseado. Agite el electrodo para eliminar cualquier burbuja de aire visible en la superficie del electrodo:
  - 148,93 µS, 1408,8 µS, 12858 µS (según ASTM D1125-95)
  - 10 µS, 100 µS, 200 µS, 500 µS, 1000 µS, 5000 µS, 10 000 µS, 50 000 µS, 100 000 µS.

Espere al menos 2 minutos para que se estabilice la respuesta del electrodo.

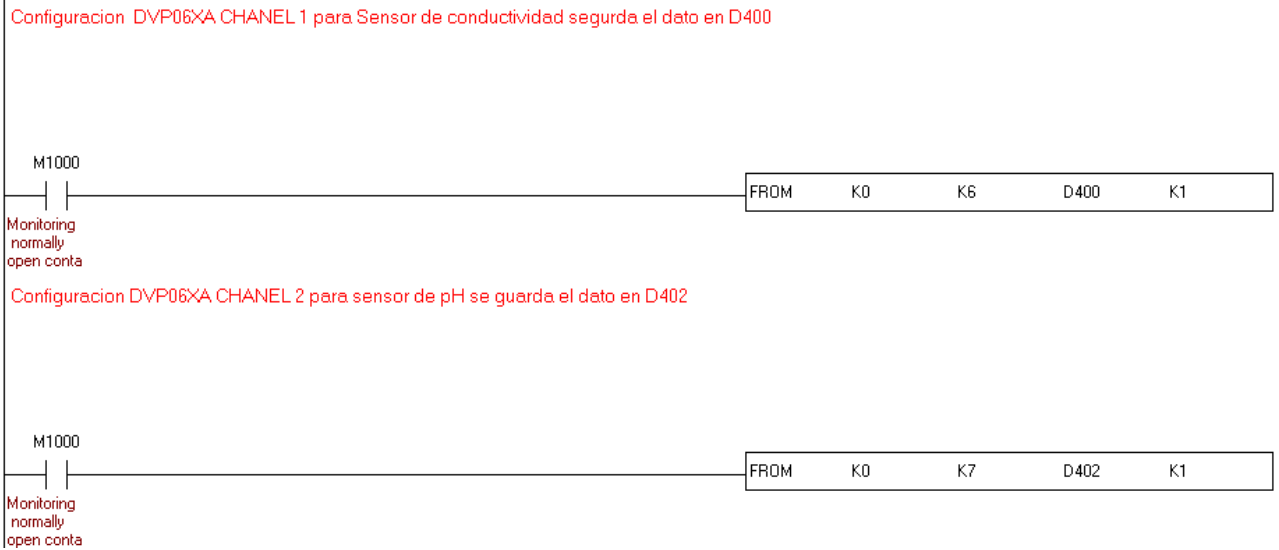
3. Pulse sin soltar SW1 durante aproximadamente 8 a 10 segundos. Durante este tiempo, el indicador LED se iluminará durante un rato y seguidamente se apagará. (Si el indicador LED destella rápidamente varias veces, significa que hubo un error en la calibración. En tal caso, consulte la sección de resolución de problemas).

Calibration is complete. Return the system to service.

**Figura 32. Calibración sensor de conductividad.**

Recuperado de

[http://www.gfps.com/appgate/ecat/common\\_flow/100062/ES/es/109620/109654/110180/P374298/product.html](http://www.gfps.com/appgate/ecat/common_flow/100062/ES/es/109620/109654/110180/P374298/product.html)



**Figura 33. Configuración entradas análogas Plc delta.  
Tomada por el autor.**

Anexo D. Función FROM Plc Delta.

### API 78 FROM Read CR from Module

FROM	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	D	n
------	----------------	----------------	---	---

**m<sub>1</sub>** : Número de Módulo Especial

**m<sub>2</sub>** : Número de Registro de Control (CR) donde se leerá

**D** : Locación donde se guardará el dato leído

**n** : Palabras de deatos que se escribirán a la vez.

**Figura 34. Función FROM Plc delta.**

Recuperado de

[http://www.delta.com.tw/./DVP-ES2\\_EX2\\_SS2\\_SA2\\_SX2-Program\\_O\\_SP\\_20110630.pdf](http://www.delta.com.tw/./DVP-ES2_EX2_SS2_SA2_SX2-Program_O_SP_20110630.pdf)



INFORME FINAL DE  
TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-27

FIRMA DEL ESTUDIANTE Esteban Serna Agudelo.

FIRMA DE ASESOR Patricia Quispe C.

Apruebo la entrega de este informe final de práctica profesional como trabajo de grado, manifestando el total cumplimiento de los objetivos propuestos.

FECHA ENTREGA: Julio 7 de 2017