



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

“IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE PH PARA PISCINAS DE
CAMARÓN”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO/A EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

NATHALY SIMUY SÁNCHEZ CHAN
ALEXIS FERNANDO LEMA ORDÓÑEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, familia y amigos, quienes han sido un apoyo en todo momento.

Alexis

A Dios por darme vida. A mis padres Aurelio y Tatiana por su apoyo incondicional y su paciencia. Al ingeniero Franklin Kuonquí que sin su ayuda nada hubiera sido posible.

Nathaly

DEDICATORIA

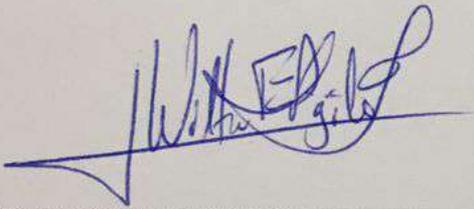
Para Kristhell y Eileen.

Alexis

Este proyecto va dedicado a mi familia, por inculcar en mí los valores que hoy practico y por enseñarme a superarme constantemente.

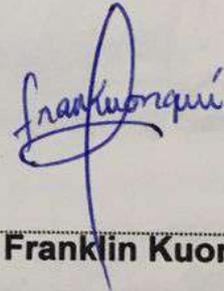
Nathaly

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



.....
PhD. Wilton Agila

PROFESOR EVALUADOR

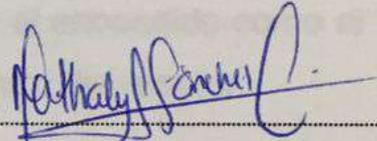


.....
Mg. Franklin Kuonquí

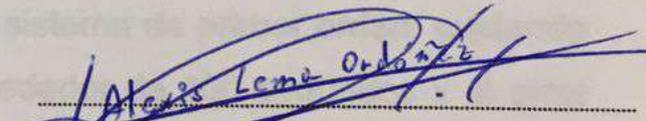
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro 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"



Nathaly Simuy Sánchez Chan



Alexis Fernando Lema Ordóñez

RESUMEN

En la industria hay múltiples aplicaciones para un sistema de control de pH, especialmente en las camaroneras, donde existe una alta dependencia de esta variable para que se cumpla la fase de cultivo evitando enfermedades mortales, que garanticen que el producto sea de buena calidad.

En este trabajo se ha logrado representar el proceso camaronero en una planta ubicada en el Laboratorio de Control Automático de FIEC – ESPOL. Se realizó la identificación del sistema y el diseño de un controlador PD, dado que el sistema incluye el efecto de integración al no tener desfogue.

Además tiene presente retardos en el actuador tanto al encendido como al apagado y un tiempo de estabilización del pH de la mezcla dentro del reactor.

El controlador fue diseñado a partir de la respuesta en frecuencia del modelo identificado con ayuda de gráficas de Bode realizadas en Matlab; buscando con esto que la respuesta al escalón sea semejante a un sistema de primer orden, cuidando que el tiempo de estabilización se encuentre alrededor de 150 segundos y el error en estado estacionario sea teóricamente cero.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Objetivo general	1
1.3 Objetivos Específicos	1
1.4 Alcance	2
CAPÍTULO 2.....	3
2. EL CONTROL DE PH EN LA INDUSTRIA.....	3
2.1 Definición de pH	3
2.2 Escala de pH	3
2.3 Aplicaciones en la Industria	3
2.3.1 Industria Alimentaria	4
2.3.2 Tratamiento de aguas	4
2.3.3 Industria cosmetológica	5
2.3.4 Cultivo de Camarón	5
2.4 Función de transferencia	6
2.4.1 Sistemas de primer orden	6
2.4.2 Sistemas con retardo	7
2.5 Análisis de la respuesta temporal	7
2.5.1 Respuesta al escalón	7
2.5.2 Respuesta al impulso	8
2.6 Diseño de controladores	9
2.6.1 Método del Lugar Geométrico de las Raíces	10

2.6.2	Método de respuesta en frecuencia	11
2.6.3	Método de Ziegler - Nichols	11
CAPÍTULO 3	.....	12
3.	PLANTA DE CONTROL DE PH.....	12
3.1	Descripción de la planta	12
3.2	Arquitectura de control	13
3.3	Instrumentación	14
3.3.1	Módulo DO 9785 T	14
3.3.2	Bomba peristáltica	15
3.4	Calibración y acondicionamiento de señales	15
3.4.1	Módulo DO 9785 T	18
3.4.2	Bombas Peristálticas	19
CAPÍTULO 4	.....	24
4	IDENTIFICACIÓN Y DISEÑO DE CONTROLADOR DE PH.....	24
4.1	Identificación de la planta	24
4.2	Diseño del Controlador	27
4.3	Análisis de resultados	34
4.3.1	Identificación del sistema	34
4.3.2	Controlador	35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	36
BIBLIOGRAFÍA	.....	38
ANEXOS	.....	40

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN.

Los procesos industriales consisten en transformar insumos en productos para consumo o utilizables como materia prima para otros procesos.

Todo proceso realizado con un objetivo predefinido necesita ser supervisado y controlado para lograr el resultado esperado, es por eso, que gracias al aporte de muchos científicos e ingenieros, se ha logrado desarrollar mecanismos de control de procesos que van desde un control manual, hasta técnicas muy complejas que requieren un análisis matemático exhaustivo de las variables de entrada y salida del sistema.

El análisis se compone de calibración de los sensores y actuadores utilizados, la correcta identificación de la planta y finalmente el diseño del controlador, definiendo previamente los índices de desempeño deseado.

1.1 Descripción del problema

En la industria camaronera, como en muchas otras, es de suma importancia mantener controlado el nivel de pH con la finalidad que el producto final sea de buena calidad y no afecte la salud de los consumidores.

Este proyecto se enfoca en el diseño de un sistema de control para una planta de neutralización de pH que puede representar una piscina camaronera.

1.2 Objetivo general

- Diseñar un controlador regulador que logre estabilizar el pH de la planta en un valor previamente definido por el usuario.

1.3 Objetivos Específicos

- Realizar el acondicionamiento de señales de sensores y actuadores.
- Obtener un modelo matemático que represente adecuadamente el comportamiento de la planta.
- Diseñar por medio de la respuesta en frecuencia un controlador que se ajuste a los requerimientos.

- Orientar el control de la planta de pH a una aplicación en la industria camaronera

1.4 Alcance

El presente proyecto se enfoca en representar el proceso correspondiente a las piscinas de cultivo de camarón. El estudio se lleva a cabo en la planta de pH ubicada en el Laboratorio de Control Automático de (Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación) FIEC – (Escuela Superior Politécnica del Litoral) ESPOL.

CAPÍTULO 2

2. EL CONTROL DE PH EN LA INDUSTRIA.

El potencial de hidrógeno (pH) es un índice para determinar el grado de acidez o basicidad de una sustancia.

2.1 Definición de pH

Diferentes autores lo definen como la concentración de iones hidronio H_3O^+ en una sustancia. Un ion hidronio es el resultado de la transferencia de un protón de una molécula de agua a otra, es un catión que se forma en el agua cuando hay presencia de cationes H^+ , por este motivo, se lo suele conocer como ión hidrógeno hidratado [1].

Matemáticamente se define el pH como el negativo del logaritmo de la cantidad de moles de iones hidronio presentes en una sustancia.

$$pH = -\log[H_3O^+] \quad (2.1)$$

2.2 Escala de pH

Se conoce que a una temperatura ambiente de 25 °C los valores el rango de pH normalmente van desde 0 hasta 14, aunque esta escala puede extenderse. Para reconocer si una sustancia es ácida o alcalina se muestra la Tabla 1:

Concentración [M]	pH	Clasificación de Sustancia
$H_3O^+ > 1 \times 10^{-7}$	pH < 7	Ácida
$H_3O^+ = 1 \times 10^{-7}$	pH = 7	Neutra
$H_3O^+ < 1 \times 10^{-7}$	pH > 7	Básica

Tabla 1: Clasificación de sustancias según pH. [2]

2.3 Aplicaciones en la Industria

En la industria son muchas las variables que se estudian o se controlan durante un proceso, en esta sección se presenta la importancia del control del pH en algunas aplicaciones.

2.3.1 Industria Alimentaria

En ésta industria el nivel de pH aumentará o disminuirá la activación de microorganismos y bacterias presentes en el producto, por consecuencia, el pH influye directamente en el tiempo de conservación del producto en cuestión. [3]

En la Tabla 2 se presentan valores comunes de pH de algunos productos del mercado.

Producto	pH mínimo	pH máximo
Leche	6,8	6,8
Queso	6,1	6,5
Cerveza	4,2	4,5
Bebidas gaseosas	3,0	4,0

Tabla 2: Valores comunes de pH en algunos productos de la industria alimentaria.

2.3.2 Tratamiento de aguas

Para el proceso de tratamiento de agua intervienen varias etapas, en la de neutralización es donde se involucra el control de pH, se requiere mantenerlo alrededor de 7. Entre las razones de esta elección se encontró que ayuda a que la tubería y sus accesorios por donde transportan aguas negras, no sufran corrosión. [4]

Se debe tener en cuenta que estas aguas tienen un nivel de pH bajo, por lo que se busca alcalinizar la sustancia del pozo húmedo. Usualmente se usa cal, pero esto puede influir en procesos posteriores ya que es un polvo y puede crear lodo. Entre otras opciones se tiene el óxido de calcio, hidróxido de magnesio e hidróxido de sodio, siendo el más recomendado el hidróxido de sodio, puesto que suprime las falencias que provoca la cal, aunque tiene un costo mayor y es una sustancia regulada por la Secretaría Técnica de Drogas (SETED). [5]

2.3.3 Industria cosmetológica

La piel de las personas tiene un pH de 6 aproximadamente, por lo que se debe cuidar que los productos que se usan en el día a día no alteren dicho valor. En el caso particular del jabón líquido, cuyo principio activo es tener su pH elevado, en un rango de 8 a 9, se deberá agregar, por lo general, ácido cítrico para bajar los niveles y poder mantenerlo estable en un rango de 5.5 a 6; caso contrario se genera un desequilibrio en la biota bacteriana de la piel.

2.3.4 Cultivo de Camarón

En los cultivos de camarón se debe tener un especial cuidado ya que existe una gran cantidad de enfermedades cuyo desarrollo depende del nivel de pH en las piscinas camaroneras.

Para esta aplicación se usan tres tipos de alcalinos; carbonato de calcio, hidróxido de calcio y óxido de calcio. Cada uno de ellos, a pesar de su similitud, tiene diferentes finalidades que dependerá del lugar donde se aplique, el horario, entre otras.

Para el control de las enfermedades conocidas como *Mancha Blanca* y *Síndrome de Taura* se usa hidróxido de calcio, ya que aparecen cuando el agua pierde alcalinidad. Se debe tener especial cuidado en el momento de aplicación ya que en horas de la tarde el pH incrementa por el cambio de temperatura, también es sumamente importante la aplicación luego de varias horas de intensa porque provocan un descenso en el pH, sin embargo cuando se implementa un sistema de control automático para estabilizar los niveles de potencial de hidrógeno, no es necesaria la verificación de horario, o presencia de lluvias, ya que el sensor de pH estará presente en la piscina permanentemente y se trabajaría en base a esa señal.

Otra de las enfermedades presentes en el cultivo de camarones es *La Vibriosis*, pero a diferencia de las mencionadas anteriormente, ésta afecta

cuando el nivel de pH es elevado, ya que aumenta la cantidad de amonio tóxico. [6]

Según el Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Camarón para la Inocuidad Alimentaria [7] el nivel de pH aceptado para algunas especies de camarón pueden ir desde 7.8 – 8.3; en contraposición, Claude E. Boyd menciona en su publicación Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón [8] que un nivel aceptable de pH puede ser desde 7.5 – 8.5, rango que usan algunas empresas dedicadas a este negocio.

2.4 Función de transferencia

Dorf y Bishop definen a la función de transferencia como la relación entre la transformada de Laplace de la variable de salida y la transformada de Laplace de la variable de entrada, suponiendo que todas las condiciones iniciales se hacen iguales a cero [9].

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} \quad (2.1)$$

Donde $G(s)$ es la función de transferencia, $Y(s)$ es la transformada de Laplace de la variable de salida y $X(s)$ es la transformada de Laplace de la variable de entrada. Además, $Y(s)$ y $X(s)$ son polinomios, cuyas raíces representan los ceros y los polos del sistema respectivamente. Los polos del sistema son de gran interés puesto que brindan información sobre la dinámica del sistema, por ello se denomina a $X(s)=0$ como ecuación característica, el grado de este polinomio indica el orden de la función de transferencia.

2.4.1 Sistemas de primer orden

Se considera sistemas de primer orden a los que tienen una función de transferencia donde el grado de su ecuación característica es igual a uno y toma la forma de la ecuación 2.2.

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (2.2)$$

Donde K es la ganancia y τ es la constante de tiempo del sistema.

2.4.2 Sistemas con retardo

Si el sistema presenta un tiempo muerto o retardo, su función de transferencia toma la forma de la ecuación 2.3.

$$G(s) = F(s)e^{-as} \quad (2.3)$$

Donde a es el tiempo muerto o retardo y $F(s)$ es la función de transferencia como la mostrada en la ecuación 2.1.

2.5 Análisis de la respuesta temporal

Uno de los métodos para encontrar la función de transferencia es el análisis de la respuesta temporal frente a una excitación conocida como señal de prueba, para este análisis se consideró sólo a las señales impulso y escalón.

2.5.1 Respuesta al escalón

La respuesta al escalón es la más utilizada por su facilidad para ser generada. Por ejemplo, para el análisis de la respuesta escalón de un sistema, como se muestra en la Figura 2.3, se obtiene una ganancia unitaria y una constante de tiempo de 1, su función de transferencia es entonces la ecuación 2.4.

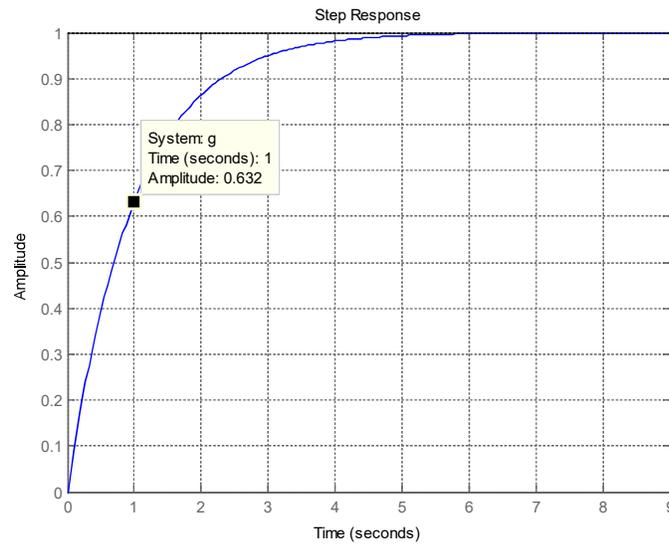


Figura 2.3: Respuesta temporal de un sistema de primer orden frente a una entrada escalón unitario.

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = G(s) = \frac{1}{s+1} \quad (2.4)$$

2.5.2 Respuesta al impulso

La respuesta impulso es aquella que se tiene cuando se estudia la dinámica de un sistema que tiene como entrada a la función Delta de Dirac, esta tiene una peculiaridad debido a su transformada de Laplace, esto es:

$$L(k\delta(t)) \equiv k \quad (2.5)$$

Donde $L(\)$ es el operador, transformada de Laplace.

Por lo que al evaluar la respuesta al impulso se obtiene directamente la función de transferencia amplificada en términos de esta señal. Si para el sistema identificado con la respuesta escalón en la ecuación 2.4 se calcula la respuesta frente a un impulso unitario se obtiene una función en el tiempo de la forma

$$y(t) = e^{-t}u(t) \quad (2.6)$$

Aplicando la transformada de Laplace a la ecuación 2.6 se obtiene la ecuación 2.7 que es semejante a la ecuación 2.4 obtenida mediante la respuesta al escalón unitario.

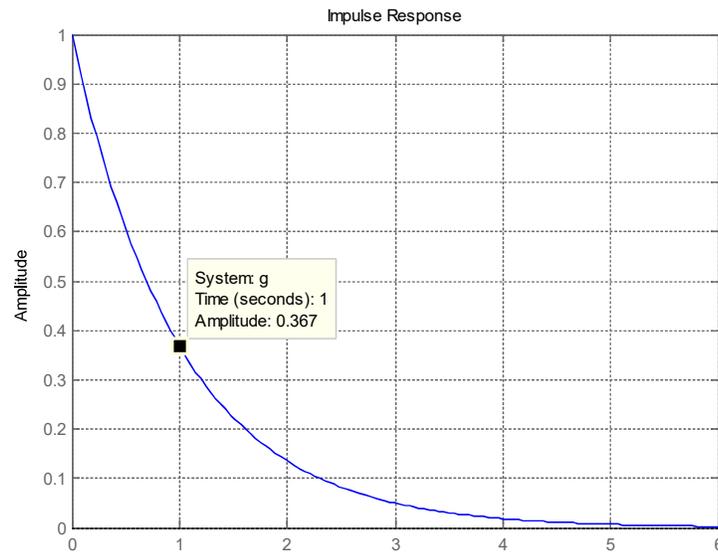


Figura 2.4: Respuesta temporal de un sistema de primer orden frente a una entrada impulso unitario.

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = G(s) = \frac{1}{s+1} \quad (2.6)$$

Es importante destacar que matemáticamente la función impulso es la derivada de la función escalón, por lo que su magnitud sería infinita. Sin embargo, para la aplicación en sistemas reales se utiliza una magnitud finita.

2.6 Diseño de controladores

Durante los últimos años el estudio de los sistemas de control ha sido de suma importancia debido a la constante necesidad de aplicarlo en la industria para el control de diferentes variables como: temperatura, pH, velocidad, presión, caudal, entre otras.

De forma general, se puede definir que existen dos arquitecturas de control, esto es, en lazo abierto y lazo cerrado. La primera utiliza una entrada al sistema previamente estimada en base al cálculo, la experimentación o ambas con la cual se obtiene una respuesta en la salida adecuada a los requerimientos, en tanto que la segunda utiliza una realimentación de la respuesta de salida con la cual se compara la entrada al sistema, conocida como referencia.

Puesto que el control en lazo cerrado está constantemente comparando la respuesta de salida con la referencia, este puede interpretar cambios originados por variables externas al proceso consideradas como perturbaciones, algo que un control en lazo abierto no puede realizar por su carencia de información sobre la respuesta de salida. En el desarrollo de esta memoria se utiliza una arquitectura de control en lazo cerrado.

A lo largo de la historia, diferentes autores han desarrollado métodos para el diseño de controladores; entre estos se encuentran el *Método del lugar de las raíces* (por W. R. Evans), los *Métodos de respuesta en frecuencia* (por Nyquist, Bode, Nichols, entre otros), las *Reglas de sintonía de Ziegler-Nichols*, y demás.

2.6.1 Método del Lugar Geométrico de las Raíces

Utiliza la ecuación característica del sistema en lazo cerrado, y modifica la ubicación de los polos y ceros del sistema variando diferentes parámetros, para encontrar un controlador que haga que el sistema tenga una respuesta transitoria y de estado estable acorde a los requerimientos establecidos y calculados previamente. [10]

Para el diseño bajo esta metodología Matlab nos brinda la herramienta "Sisotool", en la cual ingresando la función de transferencia de lazo abierto del sistema se grafica el lugar de las raíces en lazo cerrado, donde se permite ajustar las raíces características y a su vez simular la respuesta final.

2.6.2 Método de respuesta en frecuencia

Este método considera estudiar el comportamiento estacionario del sistema frente a una entrada sinusoidal, donde la salida del sistema tiene el mismo comportamiento, solo difiere en magnitud y fase de la entrada. [11]

Las técnicas más utilizadas para este método son el bosquejo de las gráficas de bode y diagrama de Nyquist.

Para analizar la estabilidad del sistema se puede utilizar el criterio de estabilidad de Nyquist que dé lugar a los conceptos de MG y MF. Para cumplir con el presente estudio se utiliza el análisis del margen de fase y de ganancia por su facilidad de ser analizados a partir de las gráficas de bode. Éste método es de vital importancia cuando los sistemas presentan un retardo en el tiempo, el cual no afectará la ganancia sino únicamente la fase del sistema.

2.6.3 Método de Ziegler - Nichols

Es un método experimental basado en reglas que sintonizan valores de los parámetros K_p , T_i y T_d de un controlador PID; y verifica su funcionamiento de acuerdo con la respuesta al escalón. Suele ser el más usado cuando no se conoce el modelo matemático de la planta o es de difícil obtención.

El controlador PID tiene la siguiente estructura:

$$PID = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

Donde K_p se conoce como constante proporcional, T_i como tiempo integral y T_d como tiempo derivativo. [12]

CAPÍTULO 3

3. PLANTA DE CONTROL DE PH.

Sobre la base de las aplicaciones presentadas en el capítulo anterior, el análisis realizado se enfoca primordialmente en el desempeño de las piscinas camaroneras, por lo que se trabaja con un rango de operación de pH desde 7,5 a 8,5.

Además, el control es realizado usando como herramienta computacional, Matlab-Simulink, ya que permite realizar adquisición de datos en tiempo real, identificar el sistema y diseñar un controlador para el mismo. También se utiliza como procesador de señales y comunicación, el Compact Field Point (cFP – 2100) (Anexo A) de National Instruments.

3.1 Descripción de la planta

En la Figura 3.1 se muestra un esquema de la planta sobre la cual se basa este documento.

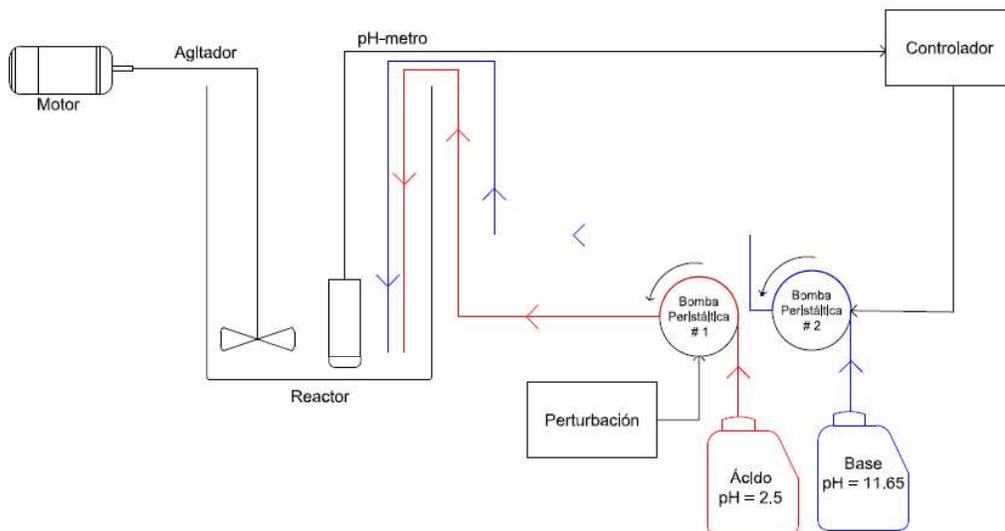


Figura 3.1: Descripción de la planta

Se tiene un tanque denominado "reactor" debido a que es donde reaccionan las sustancias básicas y ácidas; éste simulará la piscina camaronera.

Dentro del reactor se tiene un agitador comandado por un pequeño motor, que se activa desde el tablero de control manualmente, se lo usa para agitar el proceso de mezcla.

A su vez, inmerso en la sustancia se encuentra el sensor de pH o pH-metro encargado de enviar una señal de corriente hacia el software Matlab – Simulink donde es acondicionada para su uso en la estrategia de control a utilizar. Seguido del acondicionamiento, se encuentra el bloque de control que gobierna las acciones del actuador en este caso llamado “Bomba peristáltica # 2”, que corresponde al dispensador de la sustancia alcalina capaz de elevar el pH en el reactor, se considera verter únicamente una sustancia alcalina dado que se simulará únicamente casos de perturbación que disminuyen el pH.

Dado a que el pH de las piscinas camaroneras cambia constantemente debido al horario y el cambio climático, para simularlo se ha incluido en el mismo programa una perturbación encargada de dosificar ácido por medio de la bomba peristáltica # 1.

3.2 Arquitectura de control

En la Figura 3.2, se muestra el flujo de datos desde y hacia la planta.

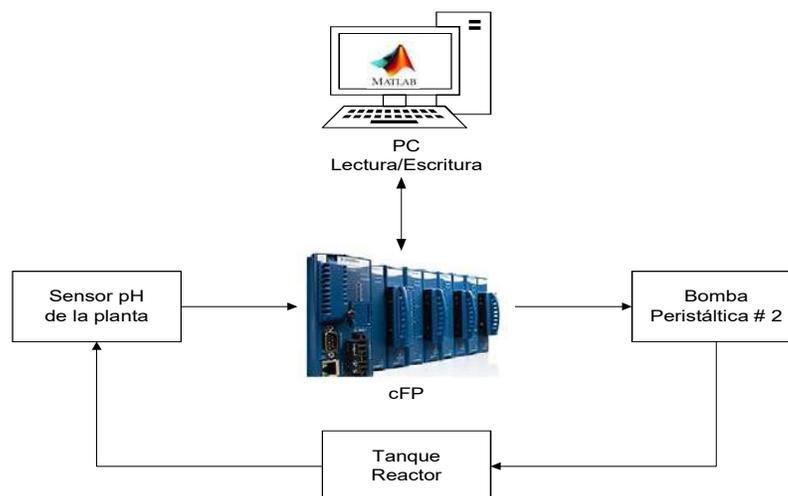


Figura 3.2: Arquitectura de control

El sensor envía por medio del *Compact Field Point* (Anexo A) la información hacia el computador, de acuerdo con lo expuesto en la sección anterior, el acondicionamiento de señales se realiza por medio del programa Matlab – Simulink, luego se plasma el controlador según lo diseñado, quien será el encargado de dar vida al proyecto.

El controlador envía señales nuevamente a través del software hacia el cFP, responsable de activar el actuador.

3.3 Instrumentación

En el diseño de un sistema de control es de suma importancia que las características de los instrumentos a ser utilizados para medición y acción vayan acorde al proceso en análisis. Por este motivo se utiliza un sensor para medir el pH y como actuador una bomba peristáltica. [13]

3.3.1 Módulo DO 9785 T

Sensor de pH con compensación de temperatura, tiene una salida de corriente de 4 a 20 mA para procesar datos y una pantalla LCD que muestra continuamente el cambio en el pH. Opera junto con una sonda de temperatura PT100. (Anexo B)



Figura 3.3: Sensor de pH instalado

La Figura 3.3 corresponde al equipo que ha sido utilizado en la planta de control de pH y es el instrumento considerado como sensor.

3.3.2 Bomba peristáltica

Se utiliza una bomba peristáltica debido a su confiabilidad para controlar la dosificación y por su característica que impide que el fluido, que viaja por la bomba, se vea contaminado por el eje de un rotor como lo haría una bomba convencional. (Anexo C)

3.4 Calibración y acondicionamiento de señales

Previo al diseño del control, es necesario realizar la calibración y el acondicionamiento de las señales de los instrumentos desde magnitudes eléctricas (voltaje y corriente), a magnitudes de la variable a controlar, tanto de los sensores como de los actuadores.

Para cumplir con el objetivo de este trabajo se realizó el acondicionamiento filtrando y amplificando las señales de los instrumentos cuando se consideró necesario, mientras que la calibración se realizó comparando la medición del software Matlab-Simulink frente a la medición del instrumento. El modelo realizado para este fin se muestra en la Figura 3.4.

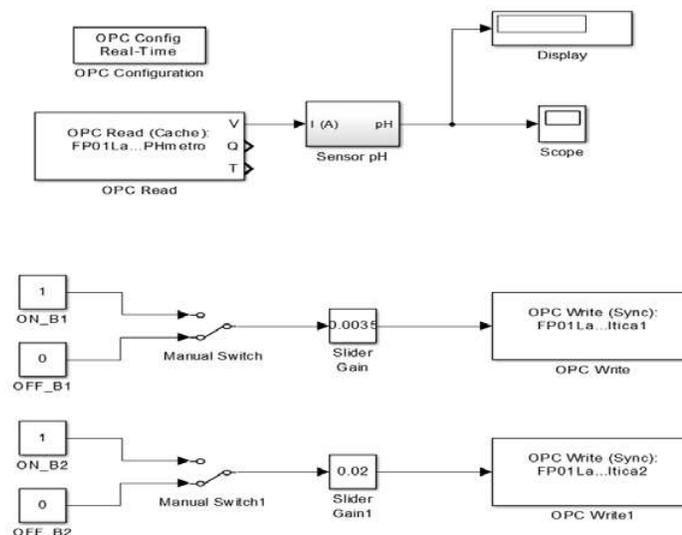


Figura 3.4: Modelo en Simulink para realizar la calibración de los instrumentos y el acondicionamiento de señales

El presente programa contiene bloques de configuración OPC necesarios para establecer conexión entre el software y la planta por medio de la tarjeta cFP.

En la Figura 3.5 se puede observar el bloque de configuración de parámetros de OPC.

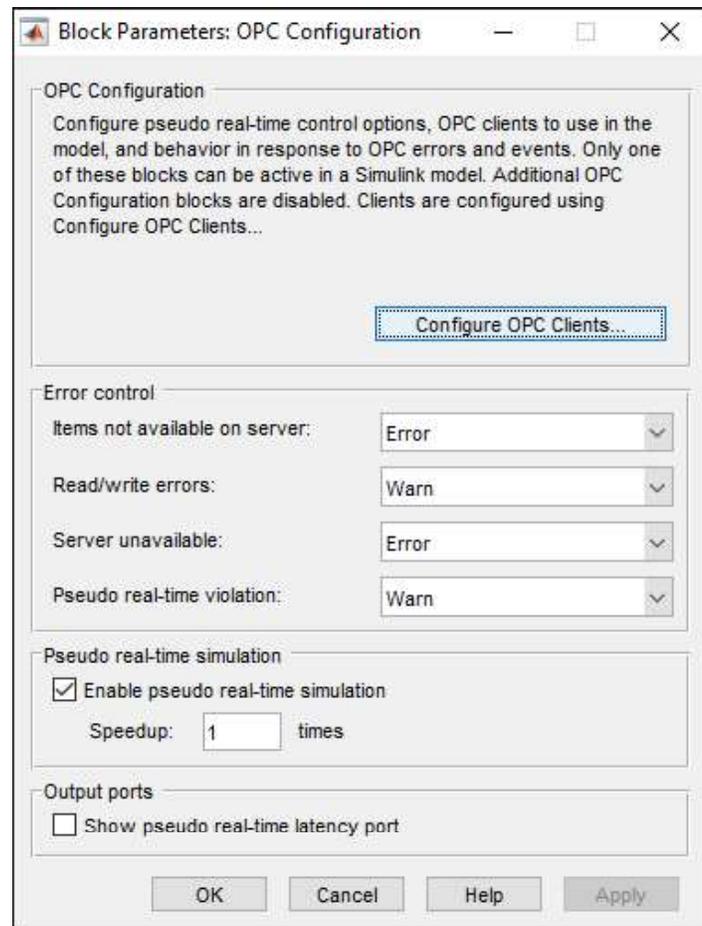


Figura 3.5: Bloque de configuración de OPC

Adicionalmente, se debe agregar un bloque de lectura por cada sensor y configurarlo como se muestra en la Figura 3.6.

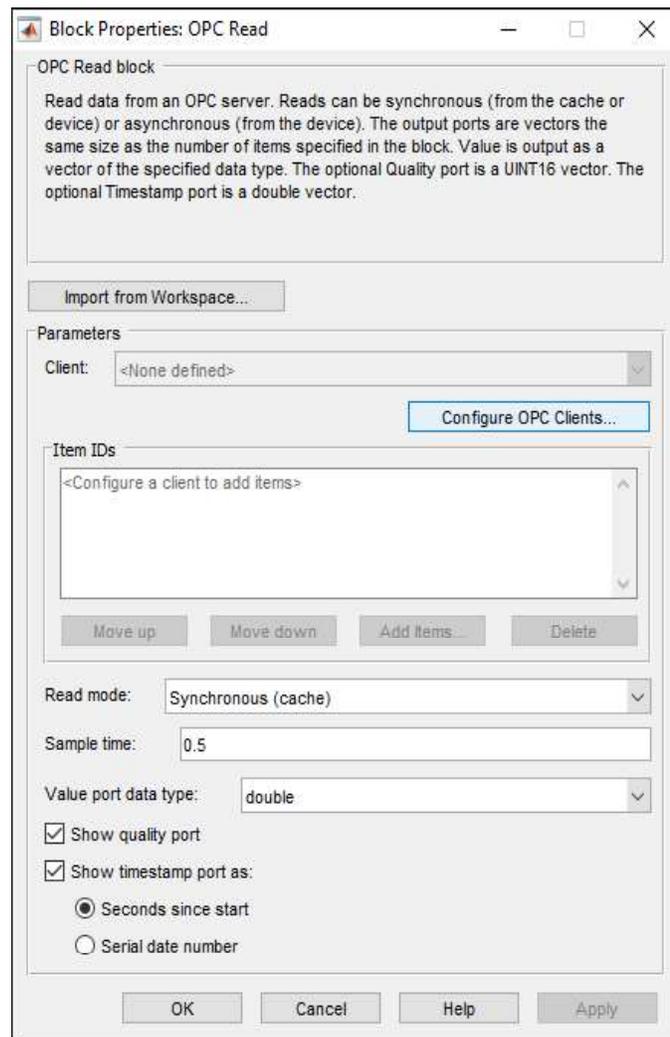


Figura 3.6: Bloque de configuración de lectura de señales para sensores

En la ventana de la Figura 3.6, se debe elegir la opción Configure OPC Clients donde se va a seleccionar la señal que se espera obtener desde OPC Field Point.

De la misma forma se configurarán los bloques de escritura correspondientes a los actuadores “Bomba peristáltica # 1” y “Bomba peristáltica # 2”.

En esta sección ya se ha incluido un bloque de acondicionamiento de señales, con el nombre *Sensor pH* el cual está compuesto por las etapas amplificación y filtrado.

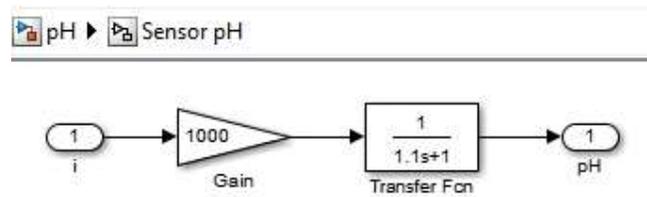


Figura 3.7: Estructura del bloque Sensor pH correspondiente al acondicionamiento de señal

Se elige una ganancia de 1000 para convertir de amperios a miliamperios la señal del sensor antes de ser filtrada.

Finalmente, para obtener la expresión que relaciona el pH en el reactor con la corriente en el sensor, se realiza una regresión lineal con los datos obtenidos en el experimento, utilizando un programa realizado en Matlab. (Anexo D)

3.4.1 Módulo DO 9785 T

Para realizar el acondicionamiento de la señal del sensor de pH se amplifica y se filtra la señal (Figura 3.8), mientras que para la calibración se procedió a comparar la medición en Simulink con la mostrada en la pantalla LCD del instrumento, obteniendo la gráfica de la Figura 3.8.

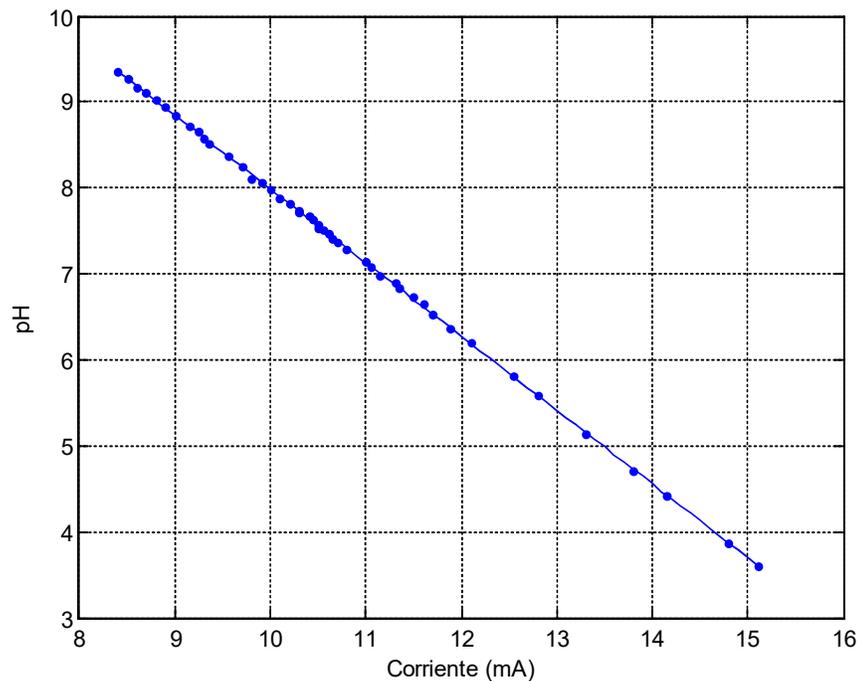


Figura 3.8: Gráfica de los datos obtenidos de pH vs corriente del sensor, con la tendencia calculada mediante regresión lineal.

La relación entre el nivel de pH y el nivel de corriente en miliamperios se expresa en la ecuación 3.1.

$$pH = -0.8578 * i + 16.5658 \quad (3.1)$$

Donde i es la corriente en miliamperios.

3.4.2 Bombas Peristálticas

En el caso de la bomba peristáltica, la variable de interés es el caudal con el que la sustancia llegará al reactor, por lo tanto su cálculo se basó en la definición de caudal, el cual relaciona la variación de volumen por unidad de tiempo, al realizar el ensayo en el reactor con una base que se puede asumir constante, la ecuación de caudal queda de la forma:

$$Q = \frac{Ah}{t} \quad (3.2)$$

Donde:

Q: Caudal (cm^3/s)

A: Área (cm^2)

h: Altura (cm)

t: Tiempo (s)

A continuación se procedió a tomar el cambio de altura por cada lapso de tiempo para diferentes puntos de operación de la bomba en el rango de 0 a 20 mA.

Además también se desea relacionar el porcentaje de máxima escala (%FS) de caudal con el que trabaja la bomba versus la señal de corriente actuante, se muestran los datos obtenidos en la tabla 3.2.

Resultados de la Bomba 1:

I(A)	Q(cm^3/s)	% FS
0,006000	0,329563	13
0,008000	0,644860	25
0,009000	0,794571	32
0,010000	0,856785	38
0,011500	1,090562	48
0,013500	1,455275	60
0,015500	1,729040	73
0,017500	1,961287	85
0,018500	2,034495	91
0,020000	2,551456	100

Tabla 3.1: Corriente actuante, caudal y %FS de caudal de la bomba

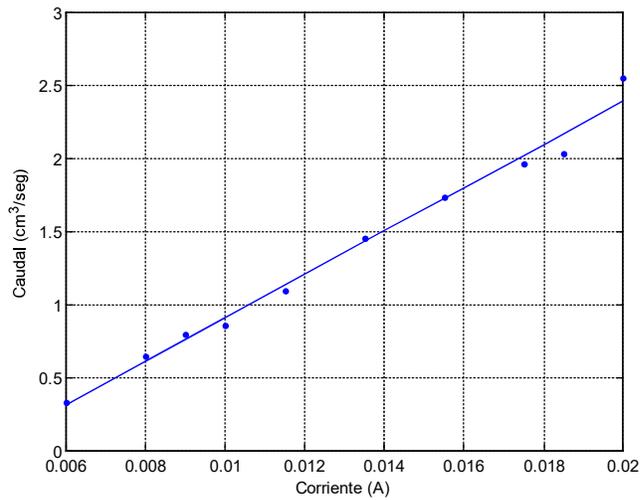


Figura 3.9: Gráfica de caudal vs corriente de la bomba 1 con tendencia calculada mediante regresión lineal.

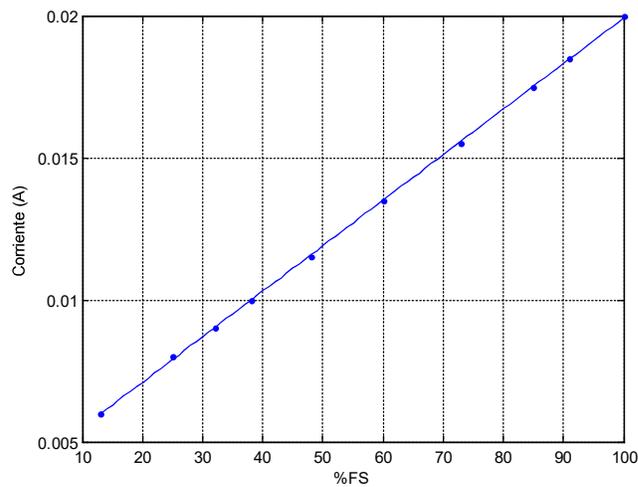


Figura 3.10: Gráfica de corriente vs %FS de caudal de la bomba 1 con tendencia calculada mediante regresión lineal.

La ecuación que relaciona el caudal con el nivel de corriente toma la siguiente forma:

$$Q = 148.0642 * i - 0.5726 \quad (3.3)$$

De igual forma se obtiene una relación matemática entre la corriente en amperios versus el %FS de caudal de la bomba, tomando la siguiente forma:

$$i = 1.602 * 10^{-4} * \%FS + 3.9 * 10^{-3} \quad (3.4)$$

Resultados de la Bomba 2:

I(A)	Q(cm ³ /s)	%
0,0060	0,17543017	13
0,0070	0,45137498	19
0,0080	0,63665466	25
0,0090	0,80160700	31
0,0100	0,90759242	38
0,0115	1,10046397	47
0,0125	1,35262397	53
0,0135	1,52651240	60
0,0155	1,92776709	72
0,0175	2,23257704	85
0,0185	2,26796128	91
0,0200	2,68863152	100

Tabla 3.2: Corriente actuante, caudal y porcentaje de caudal de la bomba 2.

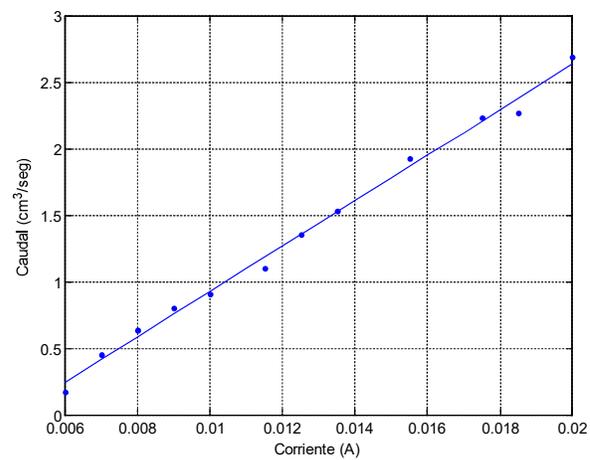


Figura 3.11: Gráfica de caudal vs corriente de la bomba 2 con tendencia lineal calculada mediante un análisis de regresión lineal.

De la gráfica 3.11 se obtiene la ecuación que relaciona el nivel de pH con el nivel de corriente, tomando la siguiente forma:

$$Q = 170.9214xi - 0.7832 \quad (3.5)$$

Los datos que relacionan la corriente con %FS no difieren notablemente, por lo que se tomará como válida la ecuación 3.4 para la bomba 2.

Luego de realizar la calibración de los instrumentos, para las etapas siguientes del proyecto se considerará en el acondicionamiento las funciones obtenidas a partir de esta sección, tanto para el sensor como para los actuadores.

CAPÍTULO 4

4 IDENTIFICACIÓN Y DISEÑO DE CONTROLADOR DE PH

En este capítulo se describe, paso a paso, lo realizado desde la identificación de la planta hasta el diseño del controlador y el análisis de los resultados del modelo obtenido en comparación con los reales.

Debido a la no linealidad del sistema, el proceso de identificación se lo realiza dentro de una zona que puede considerarse como lineal.

4.1 Identificación de la planta

En esta sección es necesario conocer la respuesta del pH frente a una excitación conocida como señal de prueba, y en base a esta respuesta obtener una función de transferencia que represente matemáticamente el comportamiento del proceso.

Para ello es necesario conocer cuál será la variable actuante y la variable a controlar, en este caso ya es conocido que el pH es la variable a controlar, además se sabe que dicha variable cambia su valor con la adición de una solución ya sea ácida o básica, de donde se concluye que la variable actuante para el sistema será el caudal de las bombas, pero debido a las consideraciones establecidas en el capítulo anterior sobre la descripción de la planta, la variable actuante será el caudal únicamente de la bomba # 2.

La solución utilizada para elevar el pH en el reactor es una base compuesta por lejía disuelta en agua cuya concentración es de 0.625 gramos por litro, alcanzando un pH equivalente a 11.65.

El modelo utilizado para la identificación del sistema se presenta en la Figura 4.1.

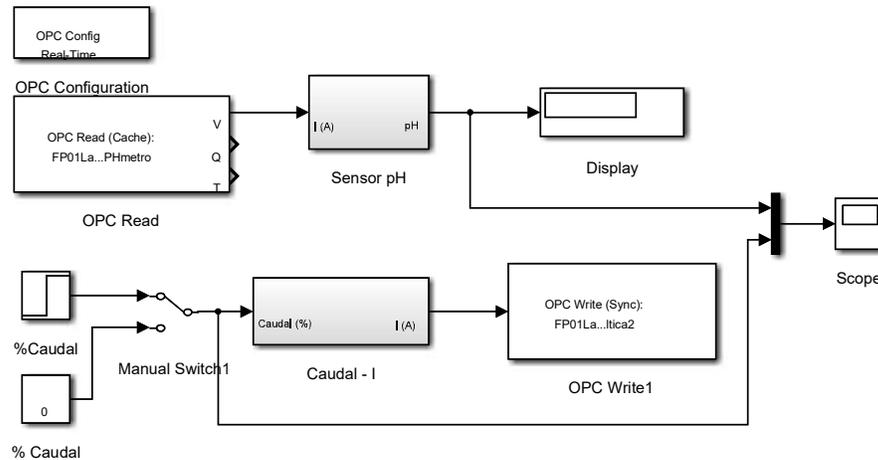


Figura 4.1: Modelo en Simulink utilizado para la identificación del sistema.

Debido a las condiciones de operación del proceso, esto es, que no existe un desfogue y en ausencia de perturbaciones; el pH solo tiende a acumularse, matemáticamente esto se representa como una integración, por lo que se el estudio se inclina al análisis frente a la respuesta al impulso.

Obtener la respuesta frente al impulso de este sistema como está definido matemáticamente es imposible, puesto que por los tiempos muertos de los actuadores este impulso no sería percibido, en realidad lo que se utiliza como entrada es un pulso de corta duración. En la Figura 4.3 se muestra una respuesta al pulso del sistema, de donde se pueden obtener los parámetros de la función de transferencia, por lo que se evalúan algunas respuestas alrededor del punto de operación para encontrar los parámetros promedios de ésta.

El pulso que se utilizó como entrada se muestra en la Figura 4.2, en la que se puede observar 10 segundos de encendido, en donde aproximadamente 5 segundos le corresponden a un tiempo muerto en las bombas.

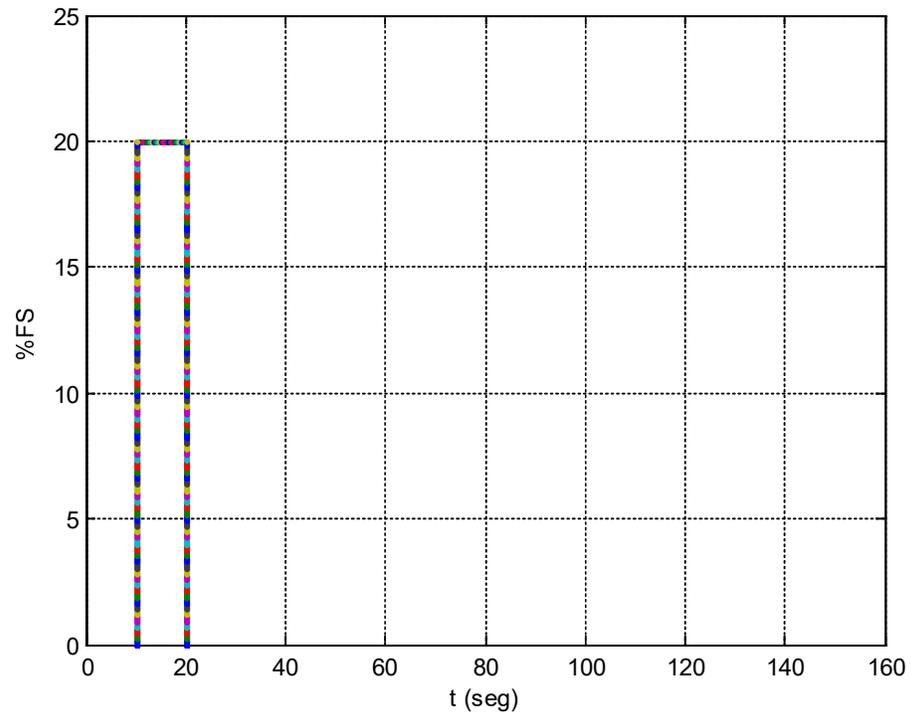


Figura 4.2: Señal de entrada (pulso) aplicada al sistema.

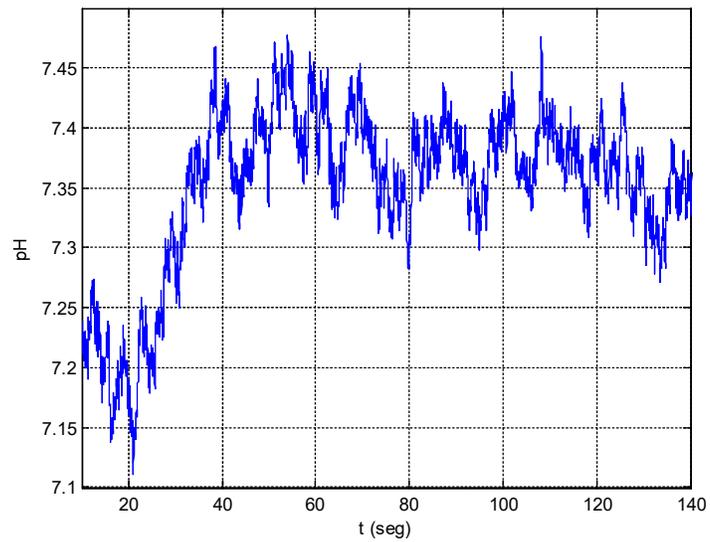


Figura 4.3: Respuesta al pulso del sistema, donde se destaca su analogía a un sistema de primer orden con retardo

De esta respuesta se puede aproximar el retardo, la constante de tiempo y la ganancia.

Como se mencionó anteriormente se evaluaron algunas respuestas para estimar los parámetros obteniendo los datos de la tabla 4.1.

Prueba	Ganancia K ($\frac{pH}{\%Caudal}$)	Constante de tiempo τ (Seg)	Retardo o tiempo muerto (Seg)
1	0,0090	6,0	18
2	0,0100	11,0	15
3	0,0100	12,0	13
4	0,0085	9,0	13
5	0,0100	11,5	15
Promedio	0,0095	9,9	14,8

Tabla 4.1: Parámetros aproximados de la función de transferencia del sistema y su promedio.

Hay que recordar que el sistema contaba con al menos un integrador por lo que se estima una función de transferencia que toma la siguiente forma:

$$G(s) = \frac{0,0095}{s(9,9s+1)} e^{-14,8s} \quad (4.1)$$

4.2 Diseño del Controlador

Para diseñar el controlador se utiliza uno de los métodos de respuesta en frecuencia, éste se debe estimar primero de forma analítica en base a los requerimientos en el tiempo de la función de transferencia del sistema en lazo cerrado, pero por la presencia del retardo este cálculo sería difícil.

Dada la presencia de un integrador en la planta se sabe que la respuesta en lazo cerrado dentro del límite de estabilidad tiene un error de estado estacionario igual a cero [14], esto se ilustra en la Figura 4.4, con un tiempo de estabilización de 326 segundos.

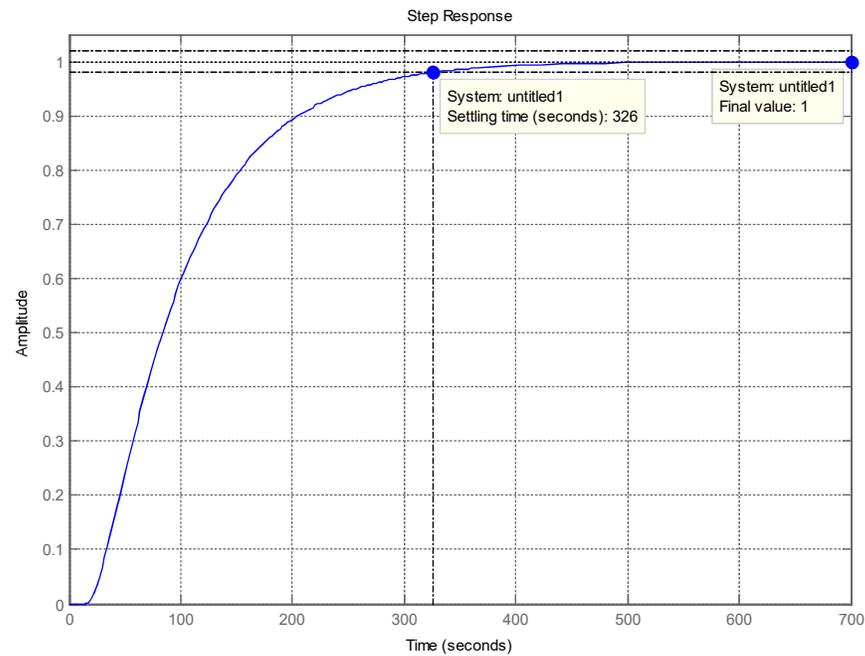


Figura 4.4: Respuesta simulada en lazo cerrado del sistema frente a un escalón unitario

En base a lo expuesto, el próximo parámetro a controlar es el tiempo de estabilización de la respuesta transitoria, como objeto de estudio se ha fijado un tiempo de estabilización de 100 segundos. Dadas las características mencionadas propias del sistema se optó por un controlador regulador PD, proporcional derivativo. La Figura 4.5 muestra la gráfica de bode del sistema antes de añadir el cero que representará al controlador PD.

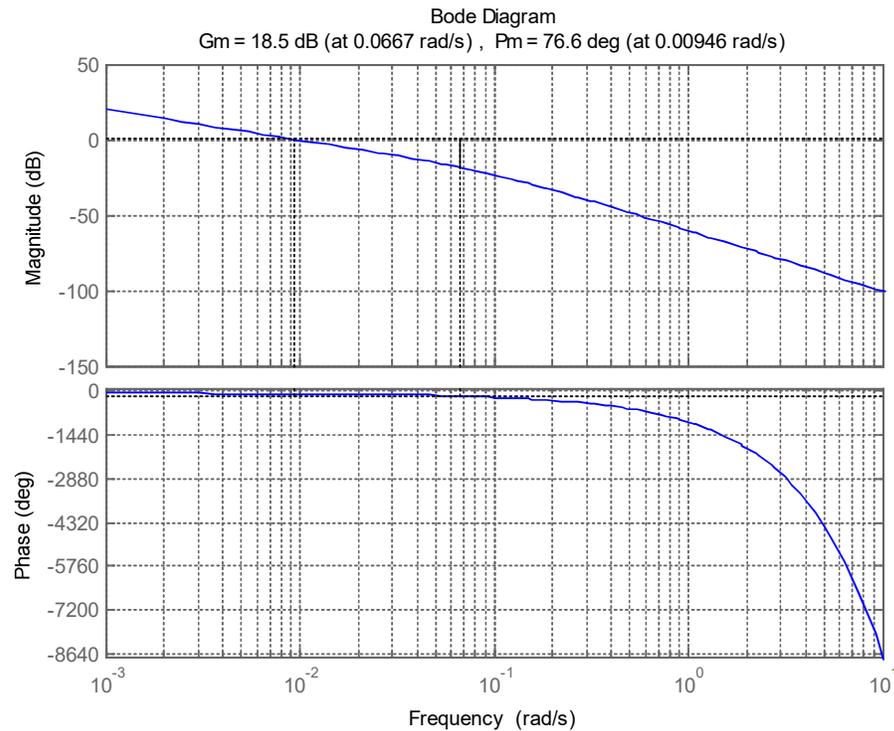


Figura 4.5: Gráfica de bode del sistema en lazo cerrado con ganancia unitaria.

Para estimar la ganancia del controlador necesaria se estudian los márgenes de fase y de ganancia de la gráfica de bode del sistema en lazo cerrado, para que el valor estimado pueda estar dentro de los límites de estabilidad.

Se decide colocar un cero en la misma posición del polo del sistema para eliminar su aporte en la dinámica del sistema y luego encontrar la ganancia del controlador (K) adecuada para cumplir el propósito inicial. Por lo que el controlador toma la siguiente forma:

$$C(s) = K(9.9s + 1) \quad (4.2)$$

A su vez, dadas las características del sistema, donde el pH solo puede subir, el controlador adecuado debe hacer que la respuesta sea lo más próxima a la de un sistema de primer orden, puesto que en estos sistemas no debe existir sobrenivel porcentual.

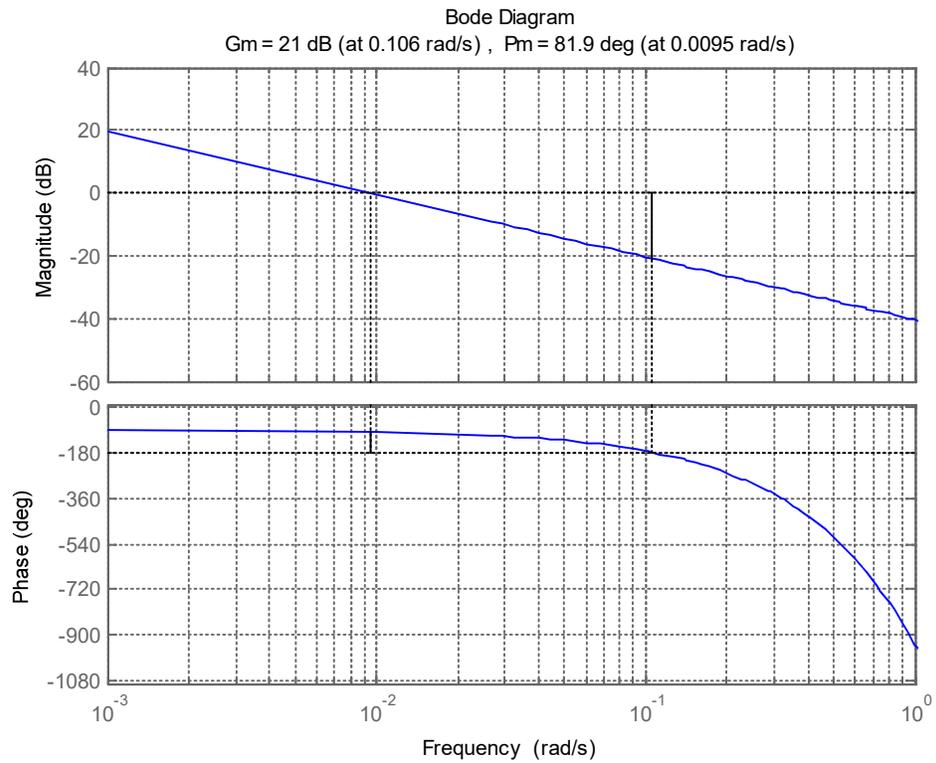


Figura 4.6: Gráfica de bode del sistema en lazo cerrado con el cero añadido en la misma posición del polo en lazo abierto, ganancia unitaria.

En la Figura 4.6 se muestra el análisis de bode de lo que ahora sería el sistema sin el aporte del polo en la dinámica del sistema, su respuesta en el tiempo se muestra en la Figura 4.7.

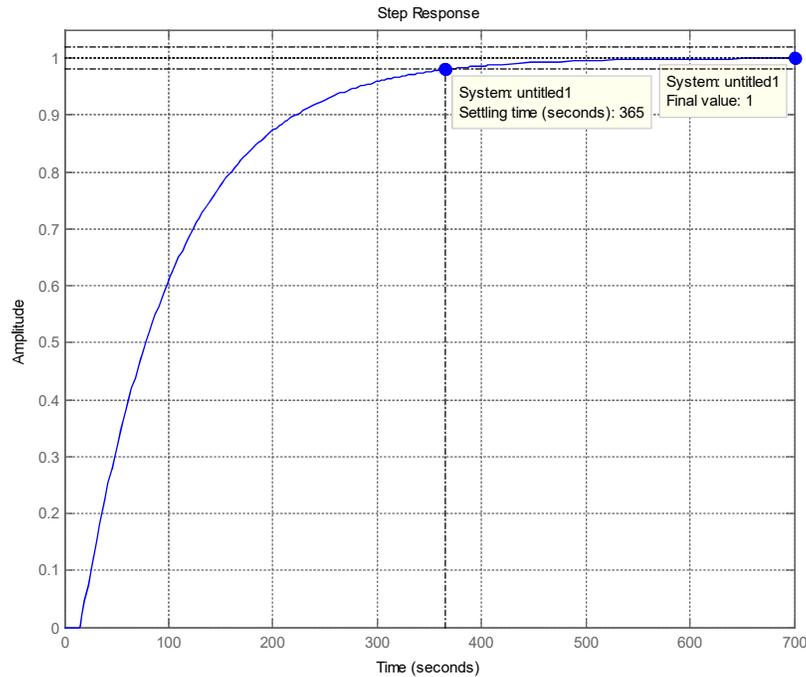


Figura 4.7: Respuesta en el tiempo del sistema en lazo cerrado con el cero añadido en la misma posición del polo en lazo abierto, ganancia unitaria.

De la Figura 4.7 se puede observar que el tiempo de estabilización aún no se adecua a los requerimientos establecidos.

Del análisis de la Figura 4.6 se obtienen los márgenes de ganancia y fase correspondientes:

Margen de Ganancia (Gm)	Margen de Fase (Pm)
21 dB	81.9 °

Tabla 4.2: Valores de margen de fase y ganancia del controlador derivativo.

Analizando el margen de ganancia y transformando de decibelios a las unidades del sistema se puede aplicar una ganancia de aproximadamente 11.22 antes de entrar a la zona de inestabilidad (Figura 4.8).

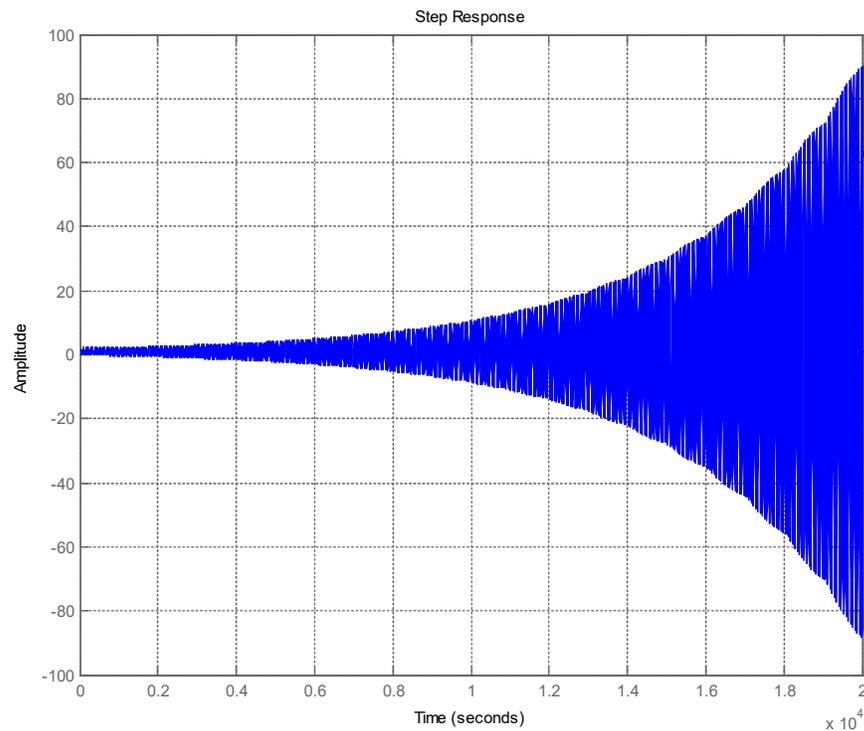


Figura 4.8: Respuesta en el tiempo del sistema en lazo cerrado con ganancia igual a 11.22, aquí el sistema ya se encuentra en zona de inestabilidad.

En consecuencia del valor límite previo a la zona de inestabilidad del sistema se ajustó la ganancia del controlador al valor más próximo a las condiciones de control establecidas. En las Figuras 4.9 y 4.10 se muestran las respuestas en Diagramas de Bode y en el dominio del tiempo del sistema de control ya cumpliendo con lo preestablecido.

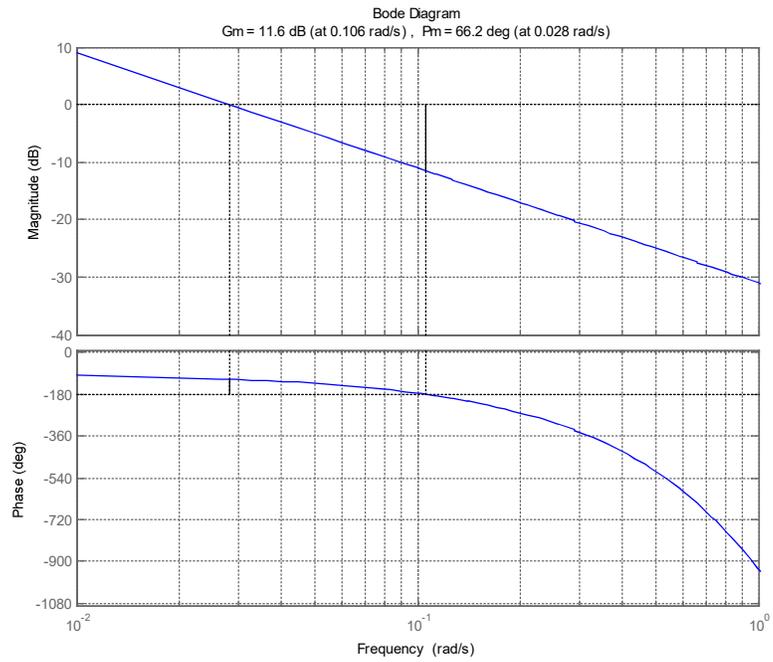


Figura 4.9: Gráfica de bode del sistema con controlador PD.

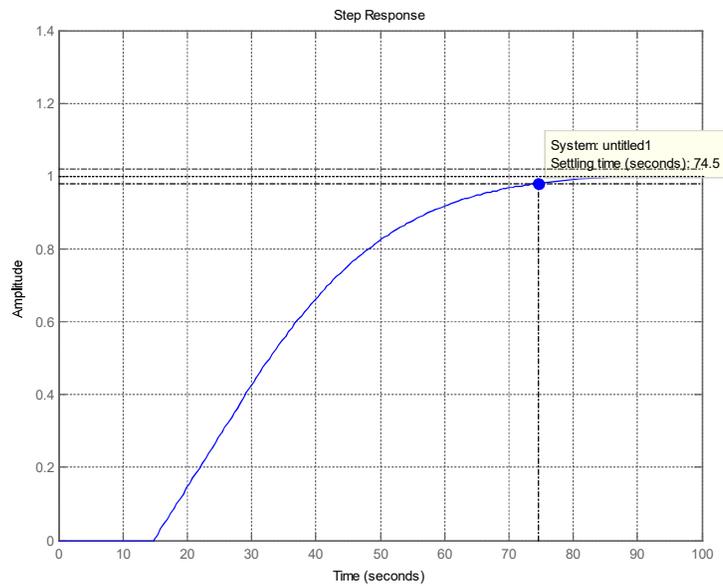


Figura 4.10: Respuesta en el tiempo del sistema con controlador PD.

Entonces el controlador queda expresado como en la ecuación 4.3.

$$C(s) = 2.95 + 2.95 * \frac{s}{0,101} \quad (4.3)$$

4.3 Análisis de resultados

En el presente sub-capítulo, se analizan los resultados obtenidos de la identificación y diseño de controlador de la planta, realizando comparaciones entre lo real y lo simulado.

4.3.1 Identificación del sistema

Para analizar que tan bien representa el modelo identificado a la planta real se presenta la respuesta al impulso en la Figura 4.12, donde se puede notar que, a pesar del ruido, los datos obtenidos del sistema real siguen la tendencia que marca el modelo.

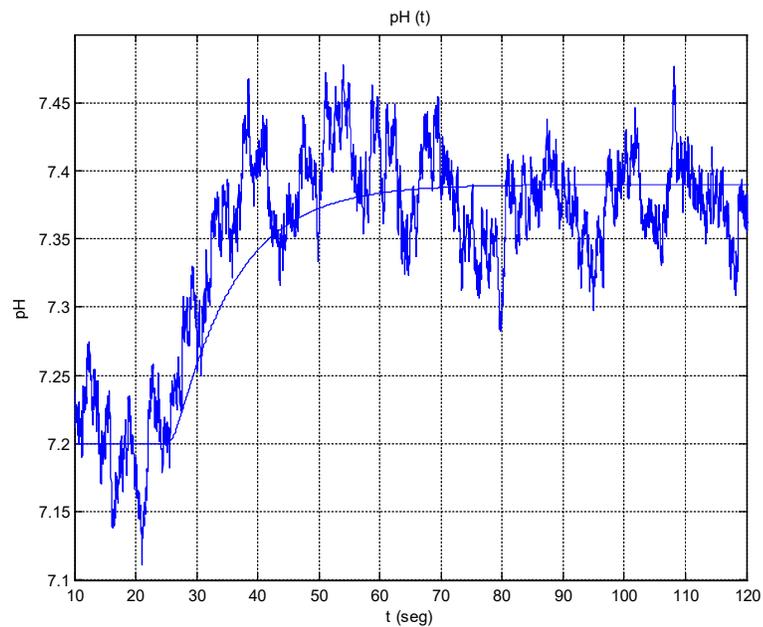


Figura 4.11: Respuesta al impulso del sistema identificado y de la planta, sobrepuestas para su comparación.

Los datos de la Figura 4.11 se presentan a partir de los 10 segundos puesto que es el instante en el que se envía la señal de prueba.

4.3.2 Controlador

En la Figura 4.13 se muestra la respuesta del sistema ya con el controlador regulador PD implementado, de donde se destaca que el comportamiento se asemeja al de un sistema de primer orden, el error en estado estacionario es aproximadamente cero, pero la respuesta transitoria difiere con respecto a la esperada.

Debido a los problemas que se tuvieron para la identificación, que la respuesta transitoria difiera es considerado normal, lo que implica que las ganancias encontradas para el controlador aún pueden ser ajustadas.

En este caso se considera que un tiempo de estabilización alrededor de los 120 segundos sigue siendo adecuado para el funcionamiento de la planta, por lo cual, no se realizaron ajustes en el controlador.

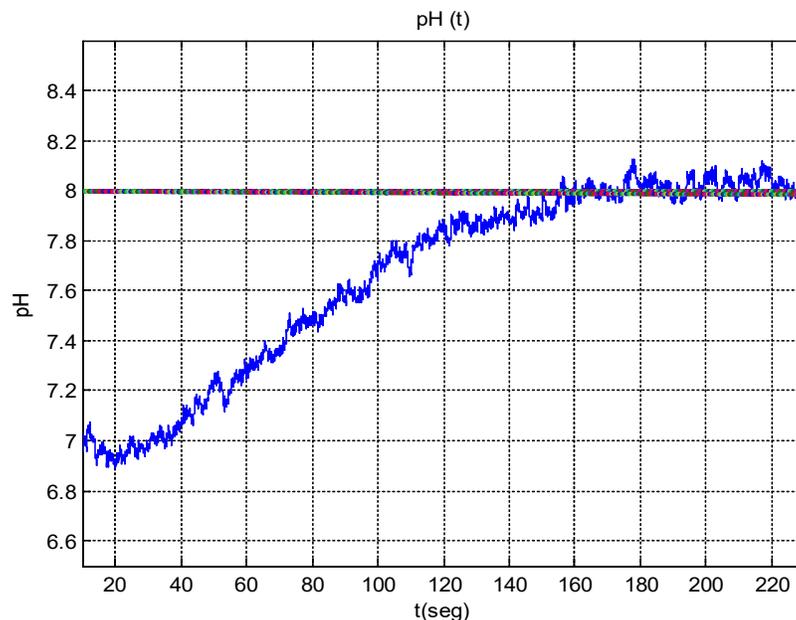


Figura 4.13: Respuesta del sistema con el control regulador PD implementado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los equipos fueron calibrados satisfactoriamente gracias a la utilización de un programa de regresión lineal realizado en Matlab, aplicado a los grupos de datos adquiridos experimentalmente. Se obtuvieron funciones que acondicionan de manera apropiada las señales.

Dadas las características de este tipo de procesos, se obtienen mejores resultados de identificación al utilizar la respuesta al pulso.

Se logró obtener una identificación que sirvió como base para determinar los valores del controlador, verificando que la función encontrada es una fiel representación adecuada del sistema a pesar de la alta presencia de ruido en la comunicación.

Debido a que el volumen del tanque era reducido, la solución básica que fue usada para elevar el pH debió ser de baja concentración para lograr una estabilización paulatina.

El controlador regulador PD diseñado a pesar de diferir en el tiempo de estabilización con el obtenido en la simulación, logra cumplir efectivamente con el objetivo de controlar el pH de la mezcla presente en el tanque reactor.

Se debe tener especial cuidado con respecto a la seguridad debido a que se trabaja con sustancias altamente corrosivas. Los guantes, gafas protectoras, y mascarillas para gases ácidos son de uso obligatorio al trabajar con la planta.

El agitador colocado para agilitar la mezcla del reactor, puede ser implementado de manera automática desde el programa de Matlab – Simulink que comanda la planta.

Al poner en funcionamiento el sistema, se recomienda la utilización de una misma sustancia alcalina, con el fin que el comportamiento de la planta entregue valores que se encuentren dentro de un mismo rango de variación.

En la planta se puede realizar un control de múltiples entradas y múltiples salidas, en la que se puede dosificar ácido y base por medio de las dos bombas peristálticas, para lograr estabilizar el sistema en el punto de operación deseado.

Se deberá utilizar una malla de sensores de pH para la implementación del sistema en una piscina camaronera debido a que ésta variable en un medio de mayor volumen sigue una distribución poco uniforme.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Romero, X., Navarro, P., & Noguera, J. (2016, Mayo 18). ACIDEZ Y pH. [Online]. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16739/1/acidez_ph.pdf
- [2] Ralph A. Burns, “Ácidos y Bases” en Fundamentos de Química, 5ta edición. México: Pearson Education, 2011, (469-506).
- [3] Quiminet. (2016, Mayo 18). La medición de pH en los alimentos [Online]. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/medicion-del-ph-en-la-industria-alimentaria-3814617.htm>
- [4] N. Anaya y R Villar, “Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Málaga” Tesis de Grado, Facultad de ingenierías Físicoquímicas, Univ. Industrial de Santander, Bucaramanga, 2009. Capítulo I (4 – 6).
- [5] Corte Constitucional de la República del Ecuador. (2016, Agosto 31). Reglamento para el Control de Sustancias Catalogadas Sujetas a Fiscalización [Online], Disponible en: <http://www.prevenciondrogas.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/Reglamento-para-el-control-de-sustancias-catalogadas-sujetas-a-fiscalizacio%C2%A6%C3%BCn.pdf>
- [6] C. Ching, “El uso de Cal y Melaza para el control de enfermedades en el cultivo de camarón”, Nicovita, El Oro, 2015.
- [7] M. C. Chavez e I. Higuera, “Manual de buenas prácticas de producción acuícola de camarón para la inocuidad alimentaria”, Senasica, Sinaloa, México, 2003.
- [8] Claude E. Boyd (2016, Mayo 27). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. [Online]. Disponible en: <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
- [9] Richard C. Dorf and Robert H. Bishop, “Sistemas de control moderno”, 10ª edición. España: Pearson Educacion S.A., 2005.
- [10] K. Ogata, “Ingeniería de Control Moderna”, Madrid, España, 2010. Capítulo 6 (269)
- [11] K. Ogata, “Ingeniería de Control Moderna”, Madrid, España, 2010. Capítulo 7 (398)

[12] K. Ogata, "Ingeniería de Control Moderna", Madrid, España, 2010. Capítulo 8 (567)

[13] M. M. Ramos, "Diseño e implementación de una planta de laboratorio para neutralizar en forma continua aguas ácidas residuales" Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil 2012. Capítulo III (47 – 56).

[14] K. Ogata, "Ingeniería de Control Moderna", Madrid, España, 2010. Capítulo 5 (225)

ANEXOS

Anexo A

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

NI cFP-21xx *NEW!*

- Rugged LabVIEW Real-Time controller
 - 188 MHz processor and up to 128 MB of SDRAM
 - Up to 128 MB of nonvolatile storage and 512 MB removable CompactFlash
- Ethernet communication for distributed real-time systems
- Dual redundant 11 to 30 VDC power supply inputs, low power
- Up to 4 serial ports (3 RS232 and 1 RS485) for communication
- Industrial certifications, Class I, Div 2, and -40 to 70 °C

Operating Systems

- Windows XP/2000/NT
- LabVIEW Real-Time

Recommended Software

- LabVIEW
- LabVIEW Real-Time Module
- LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module

Driver Software (included)

- Measurement & Automation Explorer
- OPC server (2.0 compliant)



Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

NI cFP-21xx **NEW!**

- Rugged LabVIEW Real-Time controller
 - 188 MHz processor and up to 128 MB of SDRAM
 - Up to 128 MB of nonvolatile storage and 512 MB removable CompactFlash
- Ethernet communication for distributed real-time systems
- Dual redundant 11 to 30 VDC power supply inputs, low power
- Up to 4 serial ports (3 RS232 and 1 RS485) for communication
- Industrial certifications, Class I, Div 2, and -40 to 70 °C

Operating Systems

- Windows XP/2000/NT
- LabVIEW Real-Time

Recommended Software

- LabVIEW
- LabVIEW Real-Time Module
- LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module

Driver Software (included)

- Measurement & Automation Explorer
- OPC server (2.0 compliant)



Controller	SDRAM Memory (MB)	Internal Nonvolatile Storage (MB)	Removable CompactFlash	Ethernet Ports	RS232 Ports	RS485 Ports
cFP-2120	128	128	✓	1	3	1
cFP-2110	128	64	–	1	2	0
cFP-2100	64	64	–	1	1	0

Table 1. cFP-21xx Selection Guide

Overview

National Instruments Compact FieldPoint is a programmable automation controller (PAC) designed for industrial control applications performing advanced embedded control, data logging, and network connectivity. It combines the packaging, specifications, and reliability of a PLC with the software, flexibility, connectivity, and functionality of a PC. Compact FieldPoint is a reliable platform designed for rugged industrial environments with shock, vibration, and temperature extremes.

National Instruments cFP-21xx controllers run LabVIEW Real-Time, providing the functionality, connectivity, and flexibility of NI LabVIEW software on a small industrial platform. The modular I/O architecture with built-in signal conditioning and isolation provides direct connectivity to industrial sensors such as analog voltage, 4 to 20 mA current, thermocouples, RTDs, pressure, strain, flow, pulse-width modulation (PWM), and 24 V digital I/O. You can use NI cFP-21xx controllers in intelligent distributed applications requiring industrial-grade reliability – such as process and discrete control systems – to open and close valves, run control loops, log data on a centralized or local level, perform real-time simulation and analysis, and communicate over serial and Ethernet networks.

System Basics

A single cFP-21xx controller manages a bank of up to eight Compact FieldPoint I/O modules. The controller mounts securely on a metal backplane that provides the communication bus as well as a solid surface for the Compact FieldPoint I/O modules and controller. The system is modular; select the I/O modules and connector blocks or cabling options best suited for your application. Compact FieldPoint I/O banks have a number of features for industrial operation, including 2,300 V transient overvoltage protection, a wide temperature range for operation in extreme environments, backup power supply connections to protect against primary power failure, and hot-swappable modules to simplify maintenance and minimize downtime. cFP-21xx controllers feature an industrial 188 MHz x86 processor that reliably and deterministically executes your LabVIEW Real-Time applications.

Choose from thousands of built-in LabVIEW functions to build your multithreaded embedded system for real-time control, analysis, data logging, and communication. cFP-21xx controllers also offer up to 128 MB of 100 MHz SDRAM and 128 MB of internal nonvolatile storage and a removable CompactFlash slot. All cFP-21xx controllers feature a 10/100 Mb/s Ethernet port for communication over the network (including e-mail) and built-in Web (HTTP) and file servers (FTP). Using the LabVIEW Remote Panel feature, you can automatically publish the front panel graphical user interface (GUI) for your embedded application so that multiple clients can monitor or control it remotely using a Web browser.

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

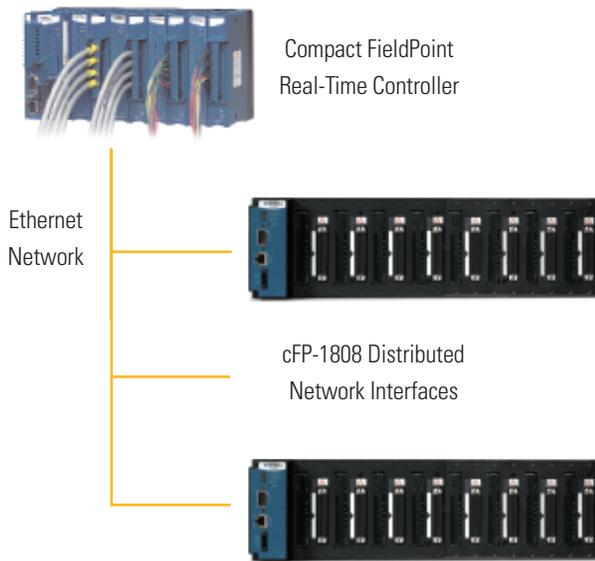


Figure 3. Expansion I/O for cFP-21xx Controllers with NI cFP-1808 Network Interface

Embedded Data Logging

The cFP-2120 features 128 MB of nonvolatile removable CompactFlash storage for data logging or additional storage capacity. You can store the data in standard format, including CSV and XML. Once you store the data, you can easily transfer it to a PC using the embedded FTP server on the cFP-21xx. LabVIEW Real-Time expands the functionality beyond the typical data logger because you can make additional calculations and decisions to eliminate logging unneeded data and to perform onboard real-time calculations. Compact FieldPoint combines data logging, data reduction, control algorithms, a Web-based human machine interface (HMI), and the ability to communicate with other nodes on the network.

Communication

A cFP-21xx controller connects directly to your network through the built-in Ethernet port. The Ethernet port serves as a high-speed link for downloading application code, performing run-time debugging and probing, and transmitting control and indicator values with a GUI running on a networked PC. You also can use the Ethernet port for programmatic network communication using standard protocols such as TCP, UDP, FTP, HTTP, and DataSocket. Once deployed, the controller can communicate with any Ethernet-enabled device on the network. In addition, a cFP-21xx can communicate with a Windows computer running LabVIEW or any third-party HMI/SCADA software compatible with OPC. By using LabVIEW libraries and industrial gateways, you can add a Compact FieldPoint bank to any existing setup and communicate with industrial devices through standard communication protocols such as Modbus TCP and PROFIBUS.

Serial Connectivity

cFP-21xx controllers have up to three RS232 serial ports and one RS485 port (cFP-2120) to communicate programmatically with other serial devices such as remote FieldPoint banks, LCD display/keypad units, bar code readers, or phone and radio modems.

Power Supply Backup and Regulation

cFP-21xx controllers require an 11 to 30 VDC power supply. An extra set of screw terminals is available on the network controllers for a backup UPS or battery. The controller filters and regulates the power input, redistributing power to all the I/O modules in the node through the backplane bus. Refer to Ordering Information for suitable power supplies.

Ordering Information

NI cFP-2120	777317-2120
NI cFP-2110	777317-2110
NI cFP-2100	777317-2100

Recommended Compact FieldPoint System Products

NI cFP-BP-4 (4-slot backplane).....	778617-04
NI cFP-BP-8 (8-slot backplane).....	778617-08
NI cFP-CB-1 (internal connector block)	778618-01
NI cFP-CB-3 (isothermal connector block)	778618-03
NI PS-5 Power Supply	778805-90

BUY NOW!

For complete product specifications, pricing, and accessory information, call 800 813 3693 (U.S.) or go to ni.com/fieldpoint.

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

Specifications

Network

Network interface.....	10BaseT and 100BaseTX Ethernet
Compatibility.....	IEEE802.3
Communication rates.....	10 Mb/s, 100 Mb/s, autonegotiated
Maximum cabling distance.....	100 m/segment
Maximum number of banks.....	Determined by network topology

Memory

cFP-2100.....	64 MB nonvolatile; 64 MB DRAM
cFP-2110.....	64 MB nonvolatile; 128 MB DRAM
cFP-2120.....	128 MB nonvolatile; 128 MB DRAM
Memory lifetime (nonvolatile).....	300,000 writes per sector

For information about the memory used by the LabVIEW Real-Time Module and the OS, go to ni.com/info and enter **rdlpec**.

Serial Ports

cFP-2100.....	1 RS232
cFP-2110.....	2 RS232
cFP-2120.....	3 RS232; 1 RS485

RS232 (DTE) Ports

Baud rate.....	110 to 115,200 b/s
Data bits.....	5, 6, 7, 8
Stop bits.....	1, 1.5, 2
Parity.....	Odd, even, mark, space
Flow control.....	RTS/CTS, XON/XOFF, DTR/DSR

RS485 (DTE) Port

Baud rate.....	110 to 115,200 b/s
Data bits.....	5, 6, 7, 8
Stop bits.....	1, 1.5, 2
Parity.....	Odd, even, mark, space
Flow control.....	XON/XOFF
Mode.....	4-wire
Maximum continuous	
Isolation voltage.....	100 V _{rms}
Dielectric withstand.....	740 V _{rms} , 1 minute

Power Requirement

Power supply range.....	11 to 30 VDC
Recommended power supply	
cFP-BP-4 system.....	15 W
cFP-BP-8 system.....	20 W
Power consumption.....	6.1 W + 1.1(I/O module power requirements)
Maximum power to connected I/O modules.....	9 W

Physical Characteristics

Screw-terminal wiring.....	16 to 26 AWG copper conductor wire with 7 mm (0.28 in.) of insulation stripped from the end
Torque for screw terminals.....	0.5 to 0.6 N•m (4.4 to 5.3 lb•in.)
Weight.....	278 g (9.8 oz)

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

Environmental

FieldPoint modules are intended for indoor use only. For outdoor use, they must be installed in a suitable sealed enclosure.

Operating temperature	-40 to 70 °C
Storage temperature.....	-55 to 85 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing
Maximum altitude.....	2,000 m; at higher altitudes the isolation voltage ratings must be lowered
Pollution degree.....	2

Shock and Vibration

Operating vibration	
Random (IEC 60068-2-64).....	10 to 500 Hz, 5 g _{rms}
Sinusoidal (IEC 60068-2-6)	10 to 500 Hz, 5 g
Operating shock	
(IEC 60068-2-27)	50 g, 3 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations; 30 g, 11 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1

Note: For UL and other safety certifications, refer to the product label or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Electromagnetic Compatibility

This product is designed to meet the requirements of the following standards of EMC for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326 EMC requirements; Industrial Immunity
- EN 55011 Emissions; Group 1, Class A
- CE, C-Tick, ICES, and FCC Part 15 Emissions; Class A

Note: For EMC compliance, operate this device according to product documentation.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows: Low-Voltage Directive (safety)

- 73/23/EEC; Low-Voltage Directive (safety)
- 89/336/EEC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Note: Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)

EU Customers: At the end of their life cycle, all products must be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers and National Instruments WEEE initiatives, visit ni.com/environment/weee.htm.

NI Services and Support



NI has the services and support to meet your needs around the globe and through the application life cycle – from planning and development through deployment and ongoing maintenance. We offer services and service levels to meet customer requirements in research, design, validation, and manufacturing. Visit ni.com/services.

Training and Certification

NI training is the fastest, most certain route to productivity with our products. NI training can shorten your learning curve, save development time, and reduce maintenance costs over the application life cycle. We schedule instructor-led courses in cities worldwide, or we can hold a course at your facility. We also offer a professional certification program that identifies individuals who have high levels of skill and knowledge on using NI products. Visit ni.com/training.

Professional Services

Our NI Professional Services team is composed of NI applications and systems engineers and a worldwide National Instruments Alliance Partner program of more than 600 independent consultants and

integrators. Services range from start-up assistance to turnkey system integration. Visit ni.com/alliance.



OEM Support

We offer design-in consulting and product integration assistance if you want to use our products for OEM applications. For information about special pricing and services for OEM customers, visit ni.com/oem.

Local Sales and Technical Support

In offices worldwide, our staff is local to the country, giving you access to engineers who speak your language. NI delivers industry-leading technical support through online knowledge bases, our applications engineers, and access to 14,000 measurement and automation professionals within NI Developer Exchange forums. Find immediate answers to your questions at ni.com/support.

We also offer service programs that provide automatic upgrades to your application development environment and higher levels of technical support. Visit ni.com/ssp.

Hardware Services

NI Factory Installation Services

NI Factory Installation Services (FIS) is the fastest and easiest way to use your PXI or PXI/SCXI combination systems right out of the box. Trained NI technicians install the software and hardware and configure the system to your specifications. NI extends the standard warranty by one year on hardware components (controllers, chassis, modules) purchased with FIS. To use FIS, simply configure your system online with ni.com/pxiadvisor.

Calibration Services

NI recognizes the need to maintain properly calibrated devices for high-accuracy measurements. We provide manual calibration procedures, services to recalibrate your products, and automated calibration software specifically designed for use by metrology laboratories. Visit ni.com/calibration.

Repair and Extended Warranty

NI provides complete repair services for our products. Express repair and advance replacement services are also available. We offer extended warranties to help you meet project life-cycle requirements. Visit ni.com/services.



ni.com • 800 813 3693

National Instruments • info@ni.com



ANEXO B



pH TRANSMITTERS

DO 9785T/DO 9765T pH transmitters convert the output of a pH electrode, with temperature compensation, into a signal at 4±20 mA. The pH electrode input circuit is galvanically insulated against the 4±20 mA output signal.

An LCD indicator allows viewing of the process signal value and of the various parameters. The accurate design and choice of components make the instrument precise and reliable for a long working life.

The instrument works in conjunction with a pH electrode or Redox and a temperature probe (Pt 100 sensor, 100 Ω at 0°C).

Technical characteristics

Combined electrode input	pH	-1,00 pH...15,00 pH (-500...+500 mV)
	ORP	-1999...+1999 mV
	Input impedance	>10 Tohm
	Cable length	<50 metres screened (about 5 nF)
	Accuracy	0,1% of reading ±1 digit ±0,01% pH per °C of drift in temperature
Temperature input	Pt100 2/4 wires	-50...199,9°C
	Transducer energizing	0,5 mA DC
	Cable length	<10 metres unscreened <50 metres screened (about 2 nF)
pH electrode compensation temperature	Automatic	According to Nernst
	Manual	-50÷200°C
Current output	4,00...20,00 mA	Programmable and proportional to the pH or mV value
	Accuracy	0,5% of reading ±0,02 mA
	Insulation	2500 Vac 1 minute
R _{Load}	Load resistance	$R_{Lmax} = \frac{V_{dc}-10}{0,022}$ $R_{Lmax} = 636 \Omega @ V_{dc} = 24 V_{dc}$
Relay output	A and B	Bistable, contact 3A/230 Vac free potential
Power supply	Passive	4±20 mA, 2 wire configuration, 10±35 V, see fig. 2
	Active	24 or 230 Vac - 15/+10% 1 VA, 48...62 Hz, see fig. 1
DO 9765T case	External dimensions	120x122x56 mm
	Protection class	IP64
DO 9785T case	External dimensions	96x96x126 mm
	Protection class	IP54

Key functions

PRG Programming of the parameters is activated by pressing the PRG key plus the ▲ and ▼ keys. The message P1 appears on the display, indicating that the parameter P1 is being programmed. When the PRG key is pressed continuously, the messages P2, P3, P4, P5, P6, P7 and the corresponding parameters are displayed in sequence. After P7 the instrument returns to normal function.

SET Key for setting the relay intervention threshold. The ON or OFF symbol appears on the display, indicating the switching on or off threshold of relay A or of relay B.

°C/°F

- If this key is pressed it changes the temperature measuring unit to degrees Celsius or degrees Fahrenheit.
- When pressed together with the CAL key it activates the manual temperature setting function.
- If pressed during the conductivity calibration function it quits the calibration function without storing the calibration.

pH/mV

- If this key is pressed it changes the measuring unit to mV or pH.
- When pressed together with the CAL key it activates the pH calibration function.

OK Confirms the programming parameters, or the relay SET values, and

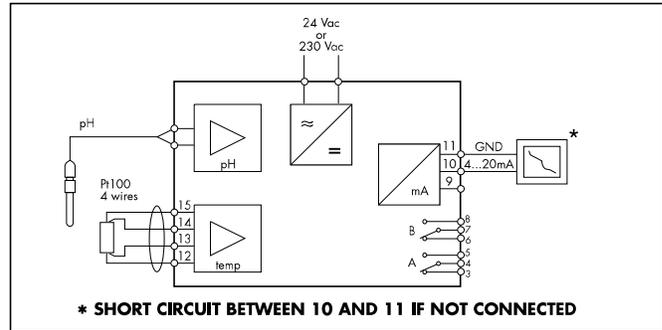


Fig.1 Active transmitter.

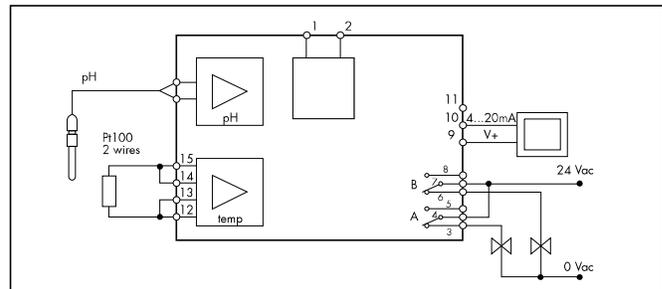


Fig.2 Passive transmitter.

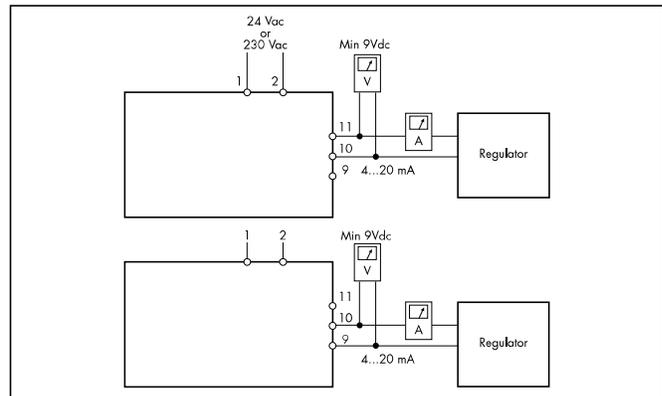
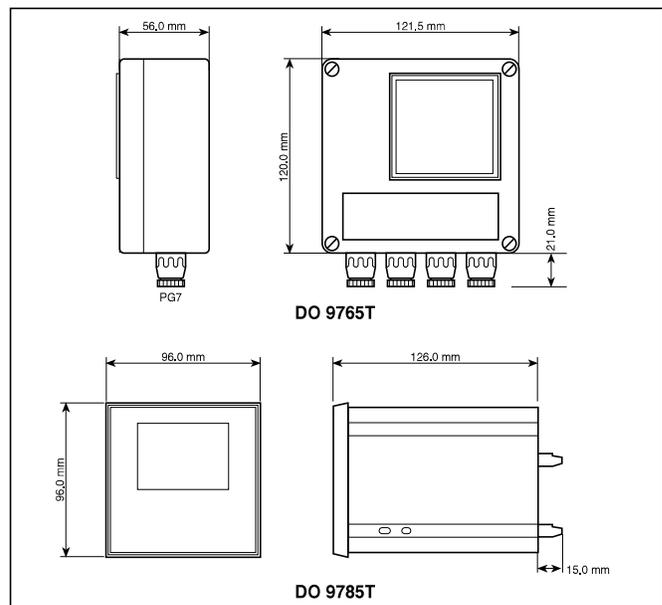


Fig.3



Dimensions

- stores them.
- CAL**
- When pressed together with the °C/°F key it activates the manual temperature setting function.
 - When pressed together with the pH/mV key it activates the pH calibration function.
 - Key used to confirm pH calibration and manual temperature calibration.
- ▲
- Key for increasing the value displayed in the parameter programming phase.
 - During the relay SET point programming phase.
 - During the calibration phase.
- ▼
- Key for decreasing the value displayed in the parameter programming phase.
 - During the relay SET point programming phase.
 - During the calibration phase.

Setting the relay SET point

- Press the SET button; the ON symbol appears on the display with the letter A to indicate that the value shown corresponds to the switching on threshold of relay A.
- To change this value press the ▲ and ▼ keys.
- Press SET; the OFF symbol appears with the letter A to indicate that the switching off threshold of relay A is being displayed.
- To change this value press the ▲ and ▼ keys.
- Press the SET button; the ON symbol appears on the display with the letter B to indicate that the value shown corresponds to the switching on threshold of relay B.
- To change this value press the ▲ and ▼ keys.
- Press SET; the OFF symbol appears with the letter B to indicate that the switching off threshold of relay B is being displayed.
- To change this value press the ▲ and ▼ keys.
- Press SET, the instrument stores the values and returns to normal function.

NOTE: During the SET point setting phase (symbols ON or OFF lit) the instrument returns to normal function if no key is pressed for 2 minutes.

Temperature setting for manual compensation

If the temperature probe is not connected or if the probe is broken the measuring unit °C or °F flashes. In this case it is possible to set the temperature compensation value manually.

- Press the CAL key and the °C/°F key together; the message CAL appears at the bottom of the display.
- Using the ▲ and ▼ keys, set the temperature value corresponding to the temperature of the liquid in which you wish to measure the pH value.
- Press CAL to confirm this value. The message CAL disappears.

Calibration of the DO 9785T/DO 9765T with pH electrode

Calibration of the offset of the pH electrode:

- Immerse the electrode in the buffer solution used for calibrating the offset (6.86 pH).
- Press the CAL key and the pH/mV key together; the message CAL appears at the top of the display.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the pH value measured as a function of the liquid temperature.
- Press CAL to confirm this value. The message CAL disappears.

Calibration of the slope of the pH electrode:

- Immerse the electrode in the buffer solution used for calibrating the slope (4.01 or 9.18 pH).
- Press the CAL key and the pH/mV key together; the message CAL appears at the top of the display.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the pH value measured as a function of the liquid temperature.
- Press CAL to confirm this value. The message CAL disappears.

NOTE: If you want to quit without storing the new calibration, press the °C/°F key.
N.B.: The instrument can automatically recognize three standard calibration solutions: 4.01 pH, 6.86 pH and 9.18 pH.

Programming the parameters

- P1 Relay control unit and analog output, pH or mV.
P2 pH/mV value corresponding to 4 mA at output. May be set between -1.00 pH and 15.00 pH or between -1999 mV and +1999 mV.
P3 pH/mV value corresponding to 20 mA at output. May be set between -1.00 pH and 15.00 pH or between -1999 mV and +1999 mV.
P4 Delay time in the intervention of relay A. May be set between 0 and 255 seconds.

- P5 Delay time in the intervention of relay B. May be set between 0 and 255 seconds.
P6 Calibration of Pt100 probe, calibration of output in current, calibration of output in voltage. **(Calibration procedure to be carried out at a laboratory by skilled workers).**
P7 Display of the offset voltage value and of the slope value of the electrode. To change one of these parameters press key PRG until the message corresponding to the parameter to be changed appears on the screen. Using the s and t keys, bring the parameter displayed to the desired value. Press OK to confirm. Parameter P7 cannot be altered.

Calibrating the voltage input (calibration procedure to be carried out at a laboratory by skilled workers)

- Press the PRG key until the message **P6** appears on the display.
- Press the **CAL key four times**; the message CAL appears at the top of the display and the mV value of the input at the bottom.
- Simulate a voltage of 0 mV at the input (if the value is between ±25 mV the zero is calibrated, otherwise the full scale value is calibrated).
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the voltage value so as to have the correct voltage value on the display.
- Press the **SET** button, the **ON** symbol appears on the display to indicate that the instruments is measuring the voltage of the input using the second scale of measurement.
- Using the ▲ and ▼ keys adjust the voltage value so as to have the correct voltage value on the display.
- Press the set button, on the display the symbol **ON** disappears
- Simulate a voltage of 450 mV at the input, corresponding to the full value of the first scale.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the voltage value so as to have the correct voltage value on the display.
- Simulate a voltage of 1800 mV at the input, corresponding to the full value of the second scale.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the voltage value so as to have the correct voltage value on the display.
- Press OK to confirm.

Pt100 probe calibration (100 Ω at 0°C) (calibration procedure to be carried out at a laboratory by skilled workers)

- Connect the Pt100 probe to the instrument. Press the PRG key until the message **P6** appears on the display.
- Press the CAL key; the message CAL appears at the bottom of the display and the temperature is shown at the top.
- Immerse the Pt100 probe and a precision thermometer for reference in the zero calibration bath. Wait long enough for the reading to become stable.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the value of the temperature measured by the Pt100 probe so that it corresponds with the value on the reference thermometer.
- Immerse the Pt100 probe and a precision thermometer in the full scale calibration bath. Wait long enough for the reading to become stable.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the value of the temperature measured by the Pt100 probe so that it corresponds with the value on the reference thermometer.
- Press OK to confirm.

N.B.: If the temperature shown by the instrument is between ±12°C, the instrument calibrates the probe offset, otherwise it calibrates the gain.

Calibrating the analog output (calibration procedure to be carried out at a laboratory by skilled workers)

- Press the PRG key until the message **P6** appears on the display.
- Connect a precision milliammeter to the analog output.
- Press the **CAL key twice**; the message CAL appears at the top of the display and the message 4.0 at the bottom, indicating calibration at 4 mA.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the value of the output current so as to have an indication of 4.0 mA on the precision milliammeter.
- Press the CAL key; the message CAL appears at the top of the display and the message 20.0 at the bottom, indicating calibration at 20 mA.
- Using the ▲ and ▼ keys, adjust the value of the output current so as to have an indication of 20.0 mA on the precision milliammeter.
- Press OK to confirm.

Display

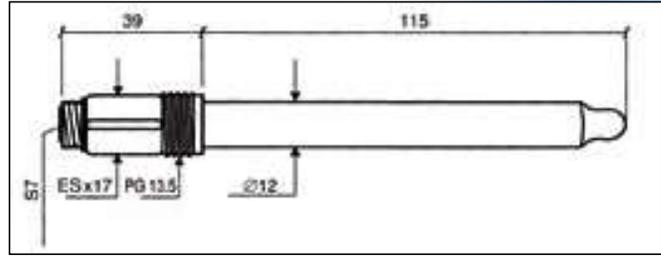
Symbol	description
°C	the value shown is in °C.
°F	the value shown is in °F.
pH	the unit of the value shown is pH.
mV	the unit of the value shown is milli Volts.
A	the relay A is in closed status.
B	the relay B is in closed status.
ON	the value shown corresponds to the closing thresholds of the contacts of relay A or B.
OFF	the value shown corresponds to the opening thresholds of the contacts of relay A or B.

Error signal

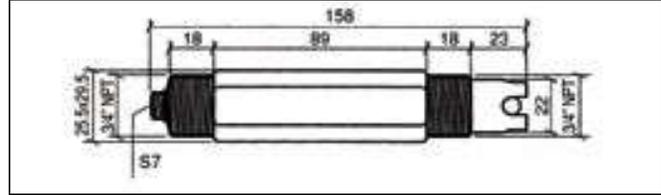
- OFL** - Warning which appears during measurement when the value to be displayed is out of scale.
- E1** - Error warning which appears during pH calibration to indicate that the offset value of the electrode is too high in absolute value.
- E2** - Error warning which appears during pH calibration to indicate that the difference between the mV readings given by the two buffer solutions used for calibration is too great.
- E3** - Error warning which appears during pH calibration to indicate that the mV readings given by the two buffer solutions used for calibration are too close (about 50 mV at 25°C).
- E4** - Reading error on the EEPROM.
- E5** - Error warning indicating that the slope calculation gives a value 20% lower than the nominal value or gives a negative value.
- E6** - Error warning indicating that the slope calculation gives a value 150% higher than the nominal value.

Order code

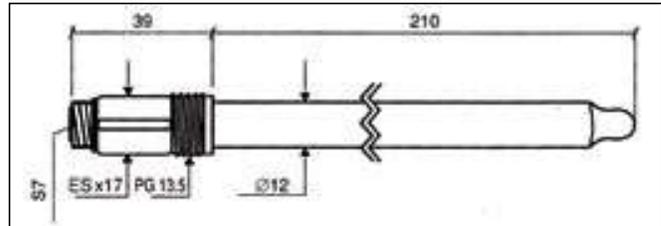
- DO 9785T**: pH transmitter 4÷20 mA passive or active, power supply 24 Vac with double display 96x96 mm, for panel mounting.
- DO 9765T**: pH transmitter 4÷20 mA passive or active, power supply 24 Vac with double display 122x120, for use on the field.
- HD 882 M100/300**: Temperature probe with Pt100 sensor, miniature head, shaft Ø6x300 mm.
- HD 8642**: Buffer solution 4.01 pH.
- HD 8672**: Buffer solution 6.86 pH.
- HD 8692**: Buffer solution 9.18 pH.
- HDR 220**: Buffer solution Redox 220 mV 0,5l.
- HDR 468**: Buffer solution Redox 468 mV 0,5l.
- CP5/10**: Extension cable for connecting the electrode to the DO9403T or to the DO9765T (S7-wire-TERMINAL BOARD) L=10m.
- CP5**: Extension for connecting the electrode to the DO 9403T-R1 or to the DO 9765T (S7-wire-TERMINAL BOARD) L=5m.
- CP5S**: Extension for connecting the electrode to the DO 9785T (BNC-S7) L=5m.
- CP5S/10**: Extension cable L=10m. Connector BNC/S7.
- KPI 10**: Combined industrial electrode, S7 PG13.5 connector, refillable, glass body, Ag/AgCl sat KCl Ø12x120 mm, temperature 0÷130°C, porous Teflon fitting.
- KPI 11**: Combined industrial electrode, S7 brass 1" connector, refillable, Rytron body, Ag/AgCl sat KCl, temperature 0÷100°C, porous Teflon fitting.
- KPI 12**: Platinum electrode for Redox measurement, S PG13.5 connector, pressure 6 bar.
- KPI 13**: Platinum electrode for Redox measurement, Rytron body, S PG13.5 connector, Ag/AgCl sat KCl.
- KPI GB 210**: Electrode for biotechnology, S7 PG13.5 connector, glass body, gel, Ø12x210 mm, temperature 0÷135°C, max 10 bar.



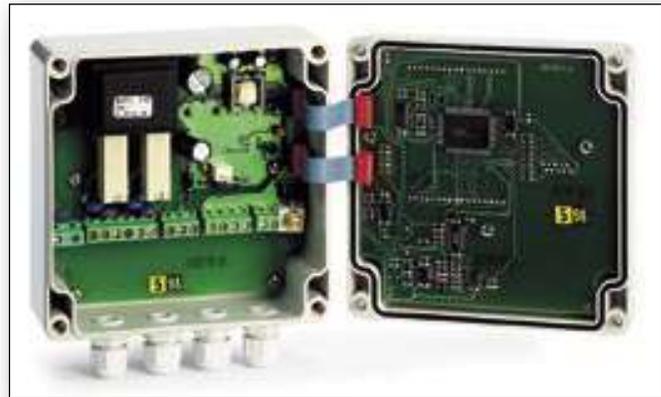
KPI 10 / KPI 12 Redox 0...14 pH 0...130°C



KPI 11 / KPI 13 Redox 0...14 pH 0...100°C



KPI GB 210 0...14 pH 0...135°C



ANEXO C

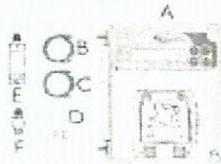
BASIC PRO

ADVERTENCIAS ,ATENCIÓN

Antes de efectuar **CUALQUIER** operación en el interior del panel de mando del sistema, desconecte de la red de alimentación.

LA INOBSERVANCIA DE LAS INSTRUCCIONES QUE SE OFRECEN EN EL PRESENTE MANUAL, PUEDE PROVOCAR DAÑOS A LAS PERSONAS, EN EL APARATO Y EN LA INSTALACIÓN

Contenido del embalaje



- A) Basic Pro® sistema de control (modelo estándar)
- B) Tubo de aspiración PVC Cristal 4x6 (4 m)
- C) Tubo de envío de polietileno (5 m)
- D) Tornillos con tacos (4 x 6 mm)
- E) Filtro de fondo (PVC)
- F) Válvula de retención en EPM (30° GAS)

Nota Bien: Este producto es un **PIRÓGENO** (PM A), y requiere precauciones especiales durante el uso, el manejo y el almacenamiento.

Basic Pro ha sido proyectado para efectuar dosificaciones con precisión

- i) **NO** mezclar **NUNCA** los productos químicos.
- ii) **NO** permitir **NUNCA** que niños o personas que no han leído este manual efectúen operaciones o alteraciones del Basic Pro o de cualquiera de sus pertenencias (incluidos los productos químicos).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

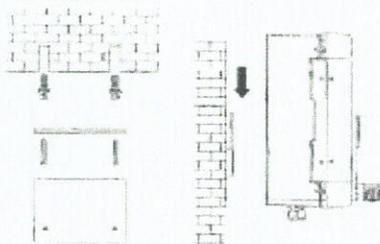
Dimensiones (A - H - P)	224x162x108 mm	Contrapresión Máxima	1,5 bar
Peso	1 kg	Dosificación	Pulsa - Trato
Alimentación (50 Hz)	100-240 VCA	Abastecido	1 W
Rango de frecuencia (Entrada conexión Pulse)	0,00-3Hz	Calibración Dosificación	Automática

		Caudal Bomba	
1	min 2,5 ml/h	max 25 ml/h	
2	min 15,1 ml/h	max 151 ml/h	
3	min 151,2 ml/h	max 1.512 ml/h	
4	min 540 ml/h	max 5.400 ml/h	
5	min 975 ml/h	max 9.750 ml/h	16,25 ml/min

Accesorios a pedido

Alimentación (20hp Lp) 12 - 24 (VCC/DC) 10 W

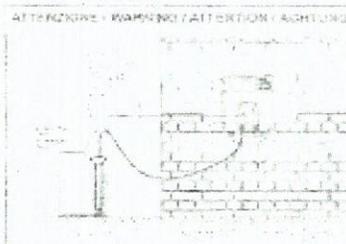
APLICACION TIPO



Accesorios de 4x6 de conexión de tubería de 1/2" a 1" de 2,2 bar

0000137033

MONTAJE

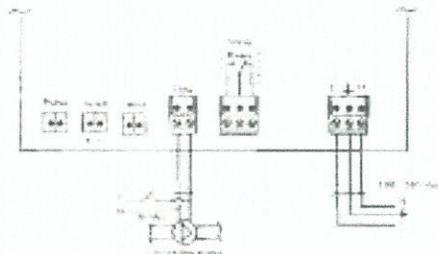


REV. 1.2

1

Conexión eléctrica:

Conecte el cable de alimentación a la red de alimentación general y conecte en paralelo el conector Flow a la bomba de recirculación si está presente en la instalación. La entrada Flow (130 Vra) está reasignada con la función Fijo, si está habilitada (ON), permite activar la dosificación cuando está presente la recirculación de la instalación.



Programación

Pulsando al mismo tiempo las teclas **Enter** y **Esc** durante al menos 5 segundos se accede al menú de programación.

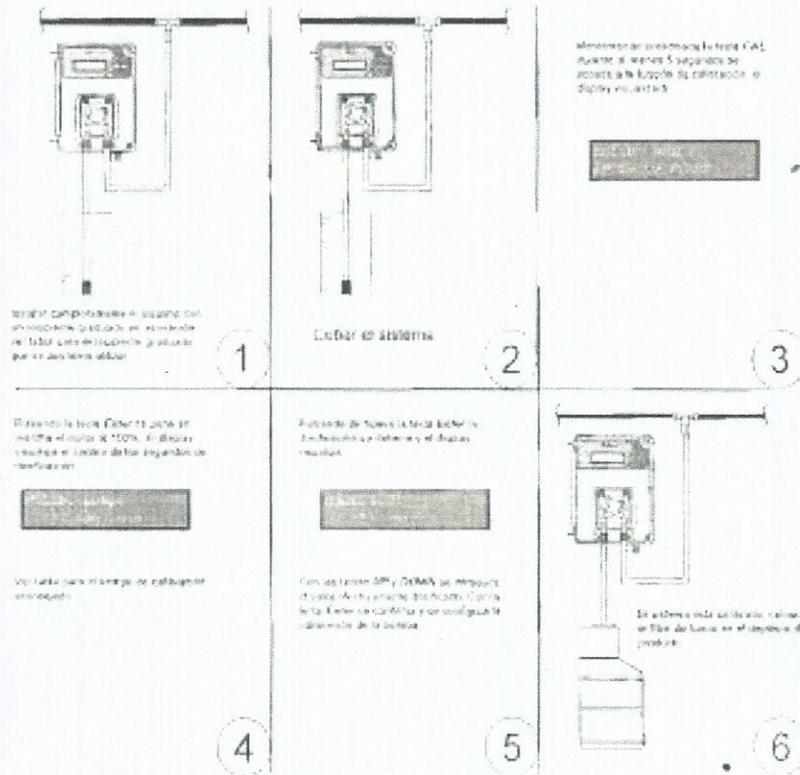
Si se ha programado una contraseña distinta de 0000, el sistema solicita la contraseña para acceder al menú de programación.

Ajustar las teclas al display visualiza:

Display	Configuraciones
	EN, FR, DE, ES, IT
	Se programa la dosificación en % de 10 a 100%
	Con Avanzado se accede a cinco submenús: <ul style="list-style-type: none"> • Input Config • Medida Unidad • Estadística • Calibración • Caudal

Con la tecla **Enter** se accede al número.

Función Calibración (si está habilitada)



Versión	Duración aproximada Calibración	Capacidad contenedor
2,5 - 25 m³/h	1200 segundos	25 cc
15,1 - 151 m³/h	300 segundos	25 cc
151,2 - 1512 m³/h	60 segundos	100 cc
140 - 1400 m³/h	60 segundos	100 cc
975 - 9750 m³/h	45 segundos	150 cc

La función de calibración permite regular el caudal nominal de la bomba del -20% al +10%

- El
- 25 m³/h - 20% = 20 m³/h
- 25 m³/h + 10% = 27,5 m³/h

Regulación digital del caudal en el rango
20 - 27,5 m³/h

Display Submenu Advanced	Configuraciones
	Se accede a los modos de dosificación: <ul style="list-style-type: none"> • modo manual • modo mA • modo Pulsos • modo frecuencia
	Se programa la unidad de medida, que puede ser: <ul style="list-style-type: none"> • cc/m³ • cc/l
	<ul style="list-style-type: none"> • Num. de encendidos de sistema • Num. de encendidos de motor • Num. de horas de flujo • Horas de trabajo al 100% del motor • Resetea los parámetros de las estadísticas
	Se programa si activar o desactivar la calibración
	Se activa o desactiva el sensor de flujo Entrada 230 Vcc

Una vez programado el tipo de dosificación, manteniendo pulsada la tecla **SE** durante 5 segundos se modifica el rango de los valores de entrada, pulsando la tecla **Enter** se elige con **UP** y **DOWN** el valor y se confirma siempre con **Enter**, el rango de los valores está relacionado con la velocidad de la bomba (10 -100%)

Modo de dosificación	Rango de valores
	10 - 100%
	0 - 20 mA
	1 ³ - 99999 cc/l o cc/m ³
	1 - 200 p/min

* Unidad de medida configurable

Menu Exit:

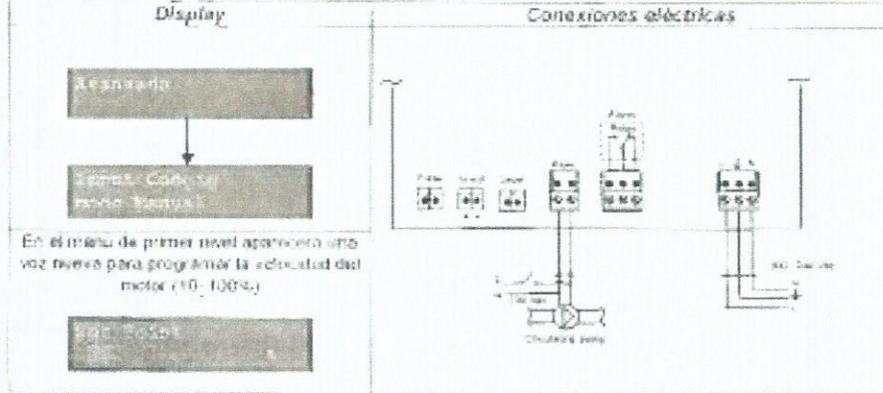
Para salir del Menu de programación, pulse la tecla **Esc**, el sistema volverá:

Display	Configuraciones
	Con Enter se sale y se memorizan las modificaciones aportadas.
	Con Enter se sale sin memorizar las modificaciones aportadas.

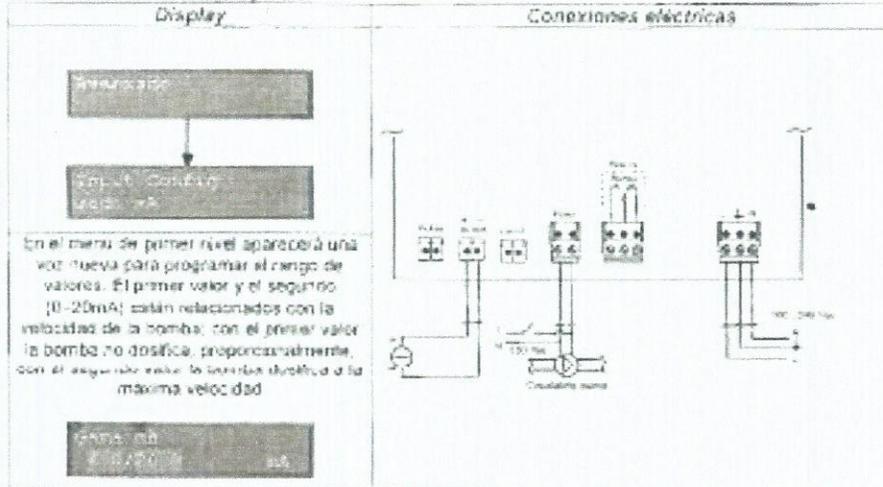
Configuración del modo de dosificación:

Los distintos modos de dosificación se configuran con la tecla Enter; con UP y DOWN se elige el tipo de dosificación y se confirma con Enter.

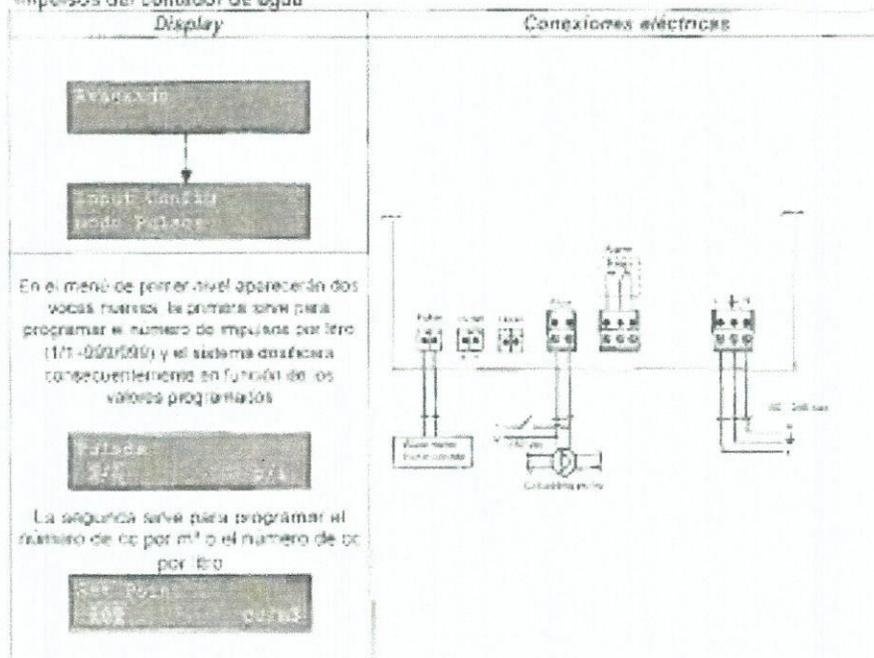
Manual



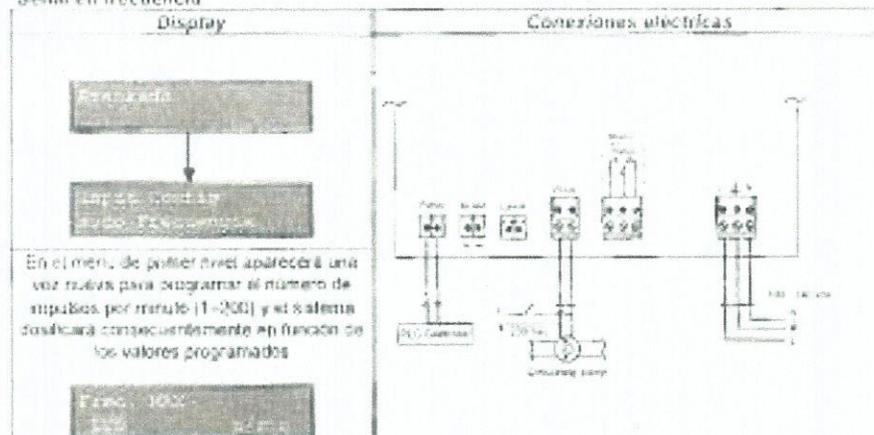
Entrada en corriente (mA)



Impulsos del contador de agua



Señal en frecuencia



Cebado

El cebado se activa y desactiva mediante un interruptor lateral posición MOM.
 Con el interruptor colocado en ON el sistema está encendido y listo para funcionar.
 Con el interruptor colocado en OFF se obtiene una parada funcional.

La bomba.

Al girar el dial de regulación de regulación se acciona bomba agua limpia para enjuagar el tubo. Seguidamente, colocar el portaredillo a 45° girándolo en sentido horario. Estas dos operaciones facilitan la correcta reactivación del aparato.

Guardar el objeto de fecho.



Alarmas

Flujo (Flujo) presencia de flujo en entrada (ajustamiento a la bomba de filtración)

Alarma actualizada	Descripción	Relé	Acciones a realizar
Flow Low	Alarma nivel bajo	Alarma Relé Cerrado	- Pulse Enter para salir de menú de alarma - Restablecer producto
Flow Off	Instrumento en estado de espera	Alarma Relé Abierto	- Restablecer flujo
Error Parámetros	Errores parámetros	Alarma Relé Abierto	- Pulsar Enter para restablecer parámetros

Para efectuar un diagnóstico del sistema, siga los siguientes pasos:

- Apague el instrumento.
- Mantenga pulsadas las teclas UP y DOWN y encienda el instrumento.
- El instrumento mostrará:



- Pulse la tecla UP o DOWN para reestablecer los parámetros predeterminados.



- Pulse Enter para confirmar.

Parámetros predeterminados:

Input (Idioma): English

Set Point: 100%

Advance:

Input Config: Mod manual

Unit Set Point: com2

Statistc: (Reinicia los parámetros de las estadísticas)

Calibracion (calibración): On

Flusso (Flujo): Off

ANEXO D

Regresión lineal

Es un método estadístico para determinar la relación lineal existente entre dos variables.

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon_i \quad (D.1)$$

Donde:

β_0 : Ordenada en el origen de la función

β_1 : Pendiente de la función

ε_i : Error

La regresión lineal parte de una muestra con la cual se puede realizar un gráfico de dispersión, este método persigue estimar valores de la variable dependiente con base en la teoría de valores esperados, teniendo en cuenta que el valor esperado del error es cero.

$$E[\hat{y}] = E[\beta_0] + E[\beta_1 x] \quad (D.2)$$

Para la determinación de los parámetros de la función se usarán las siguientes ecuaciones:

$$\beta_1 = \frac{x_i y_i - \frac{\sum x_i * \sum y_i}{n}}{x_i^2 - \frac{\sum x_i^2}{n}} \quad (D.4)$$

$$\beta_0 = \bar{y}_i - \beta_1 \bar{x}_i \quad (D.5)$$

El programa realizado en el software Matlab, analiza los valores aberrantes con base en el error medio normalizado de los datos ingresados. Aquellos que se encuentran dentro de esa clasificación son eliminados para obtener un nuevo grupo de datos de

los cuales se obtendrán los valores de β_0 y β_1 para determinar la función de y en términos de x de acuerdo con la ecuación D.1.

```

%PROGRAMA DE REGRESIÓN LINEAL%

y_med=mean(y);
x_med=mean(x);
[n, m]=size(x);
y_sum=sum(y);
x_sum=sum(x);
valores_abrr=0;

%Calculo de Betas
beta1=((x'*y)-(1/n)*(x_sum)*(y_sum))/((x'*x)-(1/n)*(x_sum)^2);
beta0=(y_med)-(beta1)*(x_med);

%Y estimado
y_hat=beta1*x+beta0;

%Error
error=y-y_hat;
error_med=mean(error);
error_desv=std(error);

%Error Normalizado
error_norm=(error-error_med)/(error_desv);

%Verificar Valores Aberrantes y Eliminación
for i=n:-1:1;
if abs(error_norm(i))>1.4081
    y(i)=[];
    x(i)=[];

%Declaración de Contador para control de repeticiones.
    valores_abrr=valores_abrr+1;
end
end

beta0
beta1

```