



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**“AUTOMATIZACIÓN DEL REACTOR DE NEUTRALIZACIÓN SEMI
BATCH, PARA LA MEJORA DE LA PRECISIÓN EN EL PROCESO
DE DOSIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL,
EN LA EMPRESA OVOTEC S.A.C”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

MARTIN ACOSTA SALAS

ASESOR

MG. ING. JUAN CARLOS MARCA DELGADO

ABRIL 2019

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi querida esposa, por su apoyo incondicional, quién con cariño y esfuerzo me ha acompañado en este proceso, sin dudar en ningún instante en ver realizados mis sueños, que también son sus sueños.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la sabiduría brindada a lo largo de mi carrera como estudiante, a mi madre, que ha sido el pilar fundamental para mi superación día a día.

También agradezco a la Universidad Alas Peruanas, por haberme abierto las puertas de sus aulas, a los Profesores Ingenieros por haber compartido sus conocimientos académicos y profesionales.

A la Empresa Ovotec S.A.C. por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto en sus instalaciones y a la vez colaborar con el mismo, a todos quien de una u otra manera intervinieron en la realización y culminación de mi tesis.

ÍNDICE

ÍNDICE	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I: REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Definición del problema	3
1.3 Objetivos del proyecto	4
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Limitaciones del estudio.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes bibliográficos	7
2.2 Bases teóricas	12
2.3 Definición de términos básicos	19
CAPÍTULO III: PROPUESTA DE DISEÑO.....	22
3.1 Descripción del diseño.....	23
3.2 Desarrollo del diseño.....	28
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	53
4.1 Diseño metodológico	54
4.2 Diseño muestral.....	54
4.3 Técnicas de recolección de datos.....	54
4.4 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	54
4.5 Aspectos éticos.....	55
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	56
5.1 Resultados.....	57

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	62
6.1 Discusión	63
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS	74
Anexo 1	
Anexo 2	
Anexo 3	
Anexo 4	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Entradas del proceso.....	32
Tabla 2: Salidas del proceso.....	33
Tabla 3: Direccionamiento de entradas.....	33
Tabla 4: Direccionamiento de salidas.....	34
Tabla 5: Condición de activación de las válvulas reguladoras.....	39
Tabla 6: Media del tiempo de dosificación de ácido en el proceso manual y automático.....	58
Tabla 7: Media del tiempo de dosificación de base en el proceso manual y automático.....	59
Tabla 8: Media de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático - Ácido.....	60
Tabla 9: Media de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático – Base.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Diagrama general de las etapas del tratamiento de agua residual.....	17
Figura 2:	Diagrama de bloques del proceso de neutralización en el tratamiento de agua residual a automatizar.....	26
Figura 3:	Proceso de neutralización en el tratamiento de agua residual a automatizar.....	27
Figura 4:	Representación de la respuesta de la variable controlada.....	31
Figura 5:	Representación de la respuesta de la variable controlada luego de 50s.....	31
Figura 6:	Conexión de entradas y salidas al PLC.....	35
Figura 7:	Programación del PLC – Etapa de dosificación automática.....	41
Figura 8:	Programación del PLC – Etapa controladora de pH – Acondicionamiento de la señal.....	42
Figura 9:	Programación del PLC – Etapa controladora de pH – Válvulas reguladoras.....	43
Figura 10:	Programación del PLC – Etapa para el caso de proceso estable.....	44
Figura 11:	Entorno de simulación para las entradas y salidas.....	45
Figura 12:	Apertura de la válvula de ingreso de agua residual.....	46
Figura 13:	Cierre de la válvula de ingreso de agua residual, accionamiento de la electrobomba, válvula de base, válvula de ácido y agitador eléctrico.....	47
Figura 14:	Estado óptimo, proceso estable, el sensor detecta pH = 7.....	48
Figura 15:	El sensor detecta pH = 8, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de ácido por 5”.....	49
Figura 16:	El sensor detecta pH = 13, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de ácido por 10”.....	50

Figura 17: El sensor detecta pH = 5, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de base por 5”	51
Figura 18: El sensor detecta pH = 2, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de base por 10”	52
Figura 19: Recolección de datos del tiempo de dosificación ácido en el proceso manual y automático	57
Figura 20: Recolección de datos del tiempo de dosificación de base en el proceso manual y automático	58
Figura 21: Recolección de datos de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático - Ácido	59
Figura 22: Recolección de datos de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático – Base	61
Figura 23: Representación gráfica del impacto del tiempo de dosificación de ácido y base	65
Figura 24: Representación gráfica del impacto de la diferencia de la precisión de pH - Ácido	67
Figura 25: Representación gráfica del impacto de la diferencia de la precisión de pH - Base	68

RESUMEN

La presente Tesis tiene como objetivo automatizar el reactor de neutralización Semi Batch, para la mejora de la precisión en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, en la Empresa Ovotec S.A.C.

Para lo cual inicialmente realicé el diseño del automatismo, identificando las entradas y salidas que forman parte del proceso, con la finalidad de determinar las características del PLC a utilizar, seguidamente procedí a realizar el dimensionamiento del Controlador Lógico Programable, determinando que el tipo de PLC a utilizar será el Siemens Logo 230 RC, finalmente realicé la programación del automatismo mediante diagrama de Bloques Funcionales, haciendo uso del software Logo Soft Confort V8.

En la presente investigación utilizamos como herramienta estadística la media aritmética. Para calcularla se toman en cuenta los valores de los indicadores resultados analizados tanto en el proceso manual como en el automático; mediante el cual determinamos que, con el proceso automático se ha logrado disminuir el tiempo de dosificación de ácido y base en un 51% y 63.2%, respectivamente, resultado que resulta favorable para la Empresa, porque habrá mayor productividad; asimismo, se ha logrado disminuir el valor de error en relación a la diferencia de la precisión de pH en la dosificación de ácido y base en un 97.75% y 89.49%, respectivamente, mejorando, de esta manera, la precisión del pH.

Palabras claves: Automatizar, neutralización, dosificación, PLC, ácido, base, PH.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to automate the Semi Batch neutralization reactor, in order to improve the precision in the wastewater treatment dosing process, in the company Ovotec S.A.C.

For which to design the automation, identify the inputs and outputs to be part of the process, in order to determine the characteristics of the PLC, use it continuously and perform the sizing of the Programmable Logic Controller, determining the type of PLC. 230 RC logo will be finally completed with the programming of the automatism through a diagram of Functional Blocks, the use of Logo Soft Comfort V8 software.

In the present investigation we use the arithmetic mean as a statistical tool). For the manual calculation of the results of the results of the analyzed results both in the manual and in the automatic process; by which the automatic process is determined, the acid and base dosing time has been reduced by 51% and 63.2%, respectively, a result that is favorable for the Company, because there will be greater productivity; Likewise, it has been possible to decrease the error value in relation to the difference of the pH precision in the dosage of acid and base in 97.75% and 89.49%, respectively, thus improving the pH precision.

Keywords: Automate, neutralization, dosing, Programmable Logic Controller, acid, base, pH.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los procesos industriales es muy importante el control de los niveles de pH que presenten los productos que son elaborados o las soluciones que serán utilizadas para alguna parte del proceso. Su medición se emplea normalmente como indicador de calidad, es por ello por lo que su regulación es muy importante, esta etapa se realiza en el proceso de neutralización.

La neutralización es el proceso de ajuste de pH del agua por medio de la adición de un ácido o una base, dependiendo del pH objetivo y de otros requerimientos de proceso. La mayor parte de los efluentes deben ser neutralizados a un pH de 6 a 9 de forma previa a su vertido. Hay que tener en cuenta que un valor distinto de la consigna puede causar acidez de la solución o activación de bacterias.

Debido a eso, actualmente se está optando por aplicar en la gestión de muchas empresas, procesos y tecnología que ayuden a mejorar la calidad del producto final, con el fin de generar una mayor producción con el mínimo de materiales, generando menor cantidad de residuos y cuidando al medio ambiente, mediante la disminución de agentes contaminantes.

En el sector de tratamiento de aguas, la automatización es el prerrequisito para que el sistema funcione con eficacia, un sistema automatizado también incluye gestión de la información y su comunicación con sistemas de servicios externos como monitorización y control remoto, control para la supervisión de sus procesos, desde

esta perspectiva es importante que las plantas de tratamiento de agua residual entren en el proceso de modernización, con la vinculación de estas tecnologías.

El problema principal de la presente tesis es el siguiente: ¿Cómo mejorar la precisión en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, mediante la automatización del reactor de neutralización Semi Batch, en la Empresa Ovotec S.A.C.? Asimismo, tiene como objetivo general: Automatizar el reactor de neutralización Semi Batch, para la mejora de la precisión en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, en la Empresa Ovotec S.A.C.

La importancia de esta investigación es que se logrará obtener una correcta concentración de pH en el tratamiento del agua residual, lo que implica reducir las pérdidas económicas, ya que al tener una correcta dosificación de insumos químicos tales como soda cáustica y ácido sulfúrico, no se desaprovecha los recursos existentes.

La limitación de esta investigación es el poco acceso a los reportes finales del proceso de tratamiento de agua, los cuales es de suma importancia para determinar la realidad problemática que conlleva esta investigación, y el impacto que tendrá el automatismo en la concentración de pH; asimismo, se presenta otra limitación en referencia al acceso a la planta para visualizar el desarrollo del proceso de tratamiento de agua, ya que se encuentra en una área totalmente desinfectada y solo ingresa personal autorizado, el cual cumple reglas establecidas por el departamento de calidad.

En la presente investigación la población total para esta investigación será el reactor de neutralización semi Batch; asimismo la muestra será la misma que la población, ya que, Según Hernández Sampieri, R. (2007), en su libro *Metodología de la Investigación*, expresa que "si la población es menor a cincuenta (50), la población es igual a la muestra".

En ese sentido y con la finalidad de automatizar el reactor de neutralización Semi Batch, para la mejora de la precisión en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, en la Empresa Ovotec S.A.C., describo la presente Tesis en seis capítulos.

En el capítulo I, se describe la realidad problemática, sobre la cual se sustenta y justifica mi investigación, precisando la definición del problema, y los objetivos que se pretenden alcanzar.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, en el cual describo los antecedentes de investigación, así como las bases teóricas en relación con las variables independientes y dependientes.

En el capítulo III, se describe y desarrolla la propuesta de solución, con relación al desarrollo del control automático del reactor de neutralización Semi Batch en el proceso de tratamiento de agua.

En el capítulo IV, se realiza la metodología de la investigación, que contiene los siguientes puntos: diseño metodológico, diseño muestral, técnicas de recolección de

datos, técnicas estadísticas para el procesamiento de la información y aspectos éticos de la investigación.

En el capítulo V, se muestra los resultados.

En el capítulo VI, se desarrolla la discusión de la investigación.

Finalmente se establecen las conclusiones, las recomendaciones; y se hace referencia a la bibliografía respectiva.

CAPÍTULO I
REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Actualmente la empresa Ovotec S.A.C. carece de un mecanismo automatizado, en su proceso de tratamiento de agua residual, que permita garantizar una correcta concentración de pH en el tratamiento del efluente, lo que implica pérdidas económicas ya que se generan que toda una mezcla se deseche, ya que el agua a reutilizar no presenta condiciones óptimas para su uso.

Esto se ve reflejado en la forma de dosificar las sustancias ácidas o bases, ya que actualmente la apertura y cierre de las válvulas se realizan manualmente, presentándose imprecisiones con relación a los tiempos y a la dosificación de insumos químicos tales como soda cáustica y ácido sulfúrico, que en el proceso de tratamiento de agua es de suma importancia presentar exactitud en cada etapa.

Es importante señalar que, la empresa Ovotec S.A.C. al dedicarse a la comercialización de pollitos recién nacidos, tiene como obligación adoptar los más altos estándares de mejoramiento de las condiciones sanitarias, ambientales y de producción. Así que, esta agua residual al no alcanzar una óptima calidad, era conducida al pozo séptico evitando cumplir el ciclo de flujo de agua que actualmente realiza con la presente solución, por lo que se desaprovechaban recursos que pudiesen servir para el lavado de las máquinas industriales de incubación de aves y de sus respectivas bandejas.

A continuación, se describe el proceso del flujo del agua dentro de la empresa OVOTEC S.A.C.

El inicio del flujo de agua residual parte desde el lavado de dichas máquinas industriales y sus bandejas ya mencionadas, luego esta agua residual será enviada hasta un “pozo de lavado N° 2” por medio de tuberías de 4”, la cual la almacenará hasta que se necesite utilizarla en el sistema de tratamiento de agua residual. Si este último fuera el caso, el agua residual pasará del “pozo de lavado N° 2”, previamente haciendo uso de filtros, hacia la cisterna de tratamiento de agua residual para su respectivo proceso.

Al obtener esta agua un óptimo resultado después del proceso, será almacenada en una cisterna de agua tratada para ser reutilizada en el lavado de las bandejas y de máquinas incubadoras. De esta manera, el flujo del agua se dará de manera cíclica, y se evitará desperdiciarla.

1.2 Definición del problema

1.2.1 Problema principal

¿Cómo mejorar la precisión en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, mediante la automatización del reactor de neutralización Semi Batch, en la Empresa Ovotec S.A.C.?

1.2.2 Problemas secundarios

- ¿Cuál es el impacto del tiempo de dosificación de ácido y base en el proceso automático, sobre el tiempo de dosificación de ácido y base en el proceso manual?

- ¿Cuál es el impacto de la diferencia de la precisión de pH en el proceso automático, sobre la precisión de la concentración de pH en el proceso manual?

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo general

Automatizar el reactor de neutralización Semi Batch, para la mejora de la precisión en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, en la Empresa Ovotec S.A.C.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el impacto del tiempo de dosificación de ácido y base en el proceso automático, sobre el tiempo de dosificación de ácido y base en el proceso manual.
- Determinar el impacto de la diferencia de la precisión de pH en el proceso automático, sobre la precisión de la concentración de pH en el proceso manual.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Importancia de la investigación

La importancia de esta investigación es que se logrará obtener una correcta concentración de pH en el tratamiento del agua residual, lo que implica reducir las pérdidas económicas, ya que al tener una correcta dosificación de insumos químicos tales como soda caustica y ácido sulfúrico, no se desaprovecha los recursos existentes.

1.4.2 Viabilidad de la investigación

La presente investigación resulta viable ya que todos los equipos utilizados para la implementación del automatismo y para realizar las mediciones de la concentración de pH serán proporcionados por la Empresa Ovotec S.A.C.

1.5 Limitaciones del estudio

- La limitación del estudio es el poco acceso a los reportes finales del proceso de tratamiento de agua, los cuales es de suma importancia para determinar la realidad problemática que conlleva esta investigación, y el impacto que tendrá el automatismo en la concentración de pH; asimismo, se presenta otra limitación en referencia al acceso a la planta para visualizar el desarrollo del proceso de tratamiento de agua, ya que se encuentra en una área totalmente desinfectada y solo ingresa personal autorizado, el cual cumple reglas establecidas por el departamento de calidad.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Montes de Oca, J. (2010). *Diseño e implementación de un sistema de automatización para el procesamiento de aguas residuales en la central térmica Guangopolo*, de la Escuela de Pregrado de la Escuela Politécnica del Ejército de Ecuador, concluye que: “Un sistema de automatización sirve para mejorar los procesos, reducir costos y/o aumentar la producción. Con este sistema de automatización se logra colocar la cantidad necesaria de químico en cada tratamiento, mejorando con esto la eficiencia del proceso. El sistema cuenta con una gran flexibilidad ya que debido al número de entradas y salidas del PLC se pueden acoplar nuevos métodos de monitoreo dependiendo de los requerimientos que se presenten en un futuro con la planta de tratamiento de aguas. El proceso de automatización permite el aprovechamiento de todos los recursos posibles para evitar problemas de acumulación de aguas residuales, reduciendo el riesgo de derrames”.

Barrera, E. (2013). *Propuesta de Automatización en la dosificación de químicos para la planta de tratamiento de agua potable en Vélez Santander*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Industrial de Santander de Colombia, concluye que: “Se captó la necesidad de implementar mecanismos de automatización para el control más seguro de las sustancias que se le suministren al agua y que puedan ser perjudiciales para la comunidad. Se analizó el modus operandi de la planta, y se concluyó que el personal debe realizar capacitaciones relacionadas con procesos de automatización, además, deben documentarse con temas relacionados con químicos, procesos industriales y automáticos”.

Brenes, N. (2009). *Control de PH constante en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Sigma Alimento*, de la Escuela de Pregrado del Instituto Tecnológico de Costa Rica, concluye que: “El estudio detallado genera un modelo flexible ya que puede funcionar en otras plantas de tratamiento o sistema de neutralización de pH. La implementación del sistema de control en un PLC genera confiabilidad en el sistema debido a que la programación en escalera ofrece versatilidad al facilitar modificaciones. Las simulaciones facilitaron el montaje del sistema y generaron resultados óptimos en la puesta en marcha”.

Miranda, M. (2012). *Diseño e implementación de una planta de laboratorio para neutralizar en forma continua aguas acidas residuales*, de la Escuela de Posgrado de la Escuela Politécnica del Litoral de Ecuador, concluye que: “Se diseña e implementa de manera exitosa la planta piloto de neutralización continua de aguas residuales. La presente planta piloto ha sido implementada para poder trabajar específicamente en avanzados métodos de control no lineal y el objetivo es llegar a obtener el algoritmo más óptimo que permita controlar el pH de planta sin muchas pérdidas en lo que a sustancias ácidas y básicas se requiere. El trabajo realizado ha sido satisfactorio porque los logros que se han obtenido son suficientes y amerita en poner fin a esta fase que ha consistido en investigar, diseñar, construir y realizar pruebas preliminares”.

Rumié, D., Mcnish, F., Cano, J. (2011). *Diseño e implementación de estrategias de mejoramiento del sistema automatizado de estabilización del ph de agua residual industrial, en un tanque de neutralización de la planta DPA en Valledupar*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Tecnológica de Bolívar

de Colombia, concluye que: “Se está garantizando una estabilización del pH en un menor tiempo y evitando drenar a la PTAR (Poza de tratamiento de agua residual) líquidos con pH por fuera de rango establecido. Debido a la estrategia implementada, se hace un mejor aprovechamiento de la línea debido a que la ocupación del tanque de neutralización disminuyó, lo cual aumenta la disponibilidad y la productividad de la línea. Se evidencia que la estrategia y mejoras implementadas en el proceso de neutralización fueron eficiente en comparación con la anterior. La implementación del rango dividido en la dosificación causó un mejor uso de los químicos puesto que el pH no se sale del rango requerido y no se presentan compensaciones como en el proceso anterior”.

Luis, J. (2013). *Prototipo de sistema de monitoreo para la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Tecnológica de La Mixteca*”, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Tecnológica de La Mixteca de México, concluye que: “Este proyecto contribuye a la implantación de mejores prácticas en la realización de proyectos de monitoreo y automatización remota, y por ende, dar pauta a futuros proyectos de innovación tecnológica e industrial, ya que estas prácticas se pueden aplicar a proyectos de automatización de procesos y plantas industriales. Se diseñaron e implementaron CAS para cada sensor. El CAS del sensor de pH y de temperatura se divide en tres etapas: aislamiento, filtrado y amplificación. Las etapas del CAS para el sensor de OD son: conversión de corriente a voltaje, amplificación y filtrado”.

Espíritu, E. (2016). “*Automatización del cárcamo de retro lavado de la planta de tratamientos de aguas residuales Santa Clara- Pariachi a través de Controladores Lógicos Programables (PLC) y sistemas de control y adquisición de datos (SCADA)*”, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Tecnológica del Perú, concluye que: “Al finalizar este trabajo se llegó a automatizar el proceso satisfactoriamente y así optimizando el funcionamiento de la planta. Cabe señalar que este proceso es indispensable ya que de él depende la buena limpieza de los filtros de arena ubicado aguas arriba, y así asegurar un buen filtrado y limpieza del agua que está próximo a salir de la planta”.

Huatay, V. (2013). *Diseño de un sistema de supervisión y control del proceso de ecualización en la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa DOE RUN Perú*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Privada de Antenor Orrego de Perú, concluye que: “Se diseñó el sistema de supervisión y control del proceso de ecualización en la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa Doe Run Perú, el cuál finalmente controlará seis variables necesarias para garantizar su correcto funcionamiento, asimismo con el automatismo obtenemos una correcta dosificación de los insumos del proceso de ecualización”.

Rufino, W. (2016). *Automatización del control de compuertas para mejorar el sistema de distribución de agua y sedimentos en el desarenador - proyecto Chavimochic*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Cesar Vallejo de Perú, concluye que: “Con la automatización se logra una correcta operatividad del sistema y se disminuye la ruptura de anclajes en un 100 % que se dan por

exceso de sedimentos, y se obtiene una buena regulación de su compuerta de caudal para distribución de caudales, evitando pérdidas de agua que son muy significativas anualmente y el procesamiento de información de los acontecimientos en tiempo real que nos permitirá el ahorro de costos operativos, como el tiempo de los operadores para realizar las mediciones y el transporte de información a los diferentes organismos del Proyecto Chavimochic. En la proyección de los beneficios, nos muestra que el proyecto es rentable, con índices de recuperar lo invertido en un tiempo menor a 5 años en los cuales se ha tomado en cuenta el ahorro de S/. 53 530 que se da por la regulación de compuerta para el envío de caudales, la ruptura de anclajes, la recolección y almacenamiento de información en tiempo real que es muy importante para el control de los riegos, también se ha previsto gastos que se pueden producir anualmente por mantenimiento de software y equipos mostrando resultados favorables para su aplicación”.

Villacorta, L. (2016). *Mejoramiento de los procesos de filtración mediante la automatización de las etapas de lavado y filtrado en la planta de tratamiento de agua potable del proyecto especial Chavimochic*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Nacional de Trujillo de Perú, concluye que: “Se logró dar una mejora en el proceso de filtración mediante la automatización y control en el etapa de filtración y lavado de filtros. Se determinó que el sistema de control propuesto genera un ahorro de estimado en el punto crítico de operación de 18% de agua. Se determinó que el sistema de control propuesto genera un ahorro de estimado en el punto crítico de operación del 8% de energía. Se resaltó el gasto

de agua y de energía en la etapa de lavado de filtros con el sistema actual y el sistema mejorado, observando retorno de inversión de 4 años y 2 meses”.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Automatismos industriales

La automatización de los procesos industriales constituye uno de los objetivos más importantes de las empresas en la siempre incesante tarea de la búsqueda de competitividad en un entorno cambiante y agresivo. La automatización de un proceso industrial, (maquina, conjunto o equipo industrial) consiste en la incorporación al mismo, de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen comportamiento. Dicho automatismo, en general ha de ser capaz de reaccionar frente a las situaciones previstas de antemano y además frente a imponderables, tener como objetivo situar al proceso y a los recursos humanos que lo asisten en la situación más favorable (García, 1999).

Históricamente, los objetivos de la automatización han sido el procurar la reducción de costes de fabricación, una calidad constante en los medios de producción, y liberar al ser humano de las tareas tediosas, peligrosas e insalubres (García, 1999).

Desde los años 60 debido a la alta competitividad empresarial y a la internacionalización creciente de los mercados, estos objetivos han sido ampliamente incrementados. Téngase en cuenta que como resultado

del entorno competitivo, cualquier empresa se ve sometida a grandes y rápidos procesos de cambio en búsqueda de su adecuación a las demandas de mercado, neutralización de los avances de su competencia, o simplemente como maniobra de cambio de estrategia al verse acortado el ciclo de vida de alguno de sus productos. Ello obliga a mantener, medios de producción adecuados que poseen una gran flexibilidad y puedan modificar oportunamente la estrategia de producción (García, 1999).

La parte de control o mando es el dispositivo que realiza el control coordinador de las distintas operaciones encaminadas a mantener de antemano en las especificaciones de diseño. Con un mayor grado de especificidad, las funciones más comunes de parte de control son (García, 1999):

- Gestión de las entradas/salidas
- Tratamiento de ecuaciones lógicas
- Tratamiento de funciones de seguridad
- Tratamiento secuencial
- Funciones de regulación
- Funciones de cálculo para la optimización
- Gestión de herramientas
- Control de calidad
- Gestión de mantenimiento
- Operaciones de supervisión: monitorización y diagnóstico de fallos
- Seguimiento de la producción

La tecnología de la automatización se centra en el conocimiento de los dispositivos tecnológicos utilizados en la implementación de los automatismos, tales como transductores, preaccionadores, dispositivos funcionales de aplicación específica (temporizadores, contadores, módulos secuenciadores etc.) y los dispositivos lógicos de control (autómatas programables industriales) a cuyo estudio dedicamos una parte del contenido del presente trabajo (García, 1999).

Por otra parte el diseñador y el equipo de mantenimiento de los procesos automatizados, deben contar con una serie de procedimientos metodológicos que le permitan abordar de una manera sistematizada y potente el estudio preliminar, diseño, análisis y mantenimiento de estos sistemas automatizados. Por tal motivo, una parte del trabajo se ha dedicado al estudio de algunas herramientas, partiendo de las más simples, tales como las tablas de karnaugh, tablas de faces, hasta las más potentes, redes de Petri, GRAFCET, y GEMMA (García, 1999).

El desarrollo de los controladores, su complejidad y eficacia, ha ido asociado al desarrollo tecnológico experimentado a lo largo de los tiempos. Básicamente se puede establecer la clasificación de dos conceptos principales: lógica cableada y lógica programada (García, 1999).

A. Lógica cableada

Su denominación viene dada por los tipos de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores etc. En lo que respecta a la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los controladores. En el caso de la tecnología fluida, su implementación viene siendo efectuada por tuberías de acero, cobre, pvc, etc. Junto con elementos tales como válvulas, distribuidores, presostatos, manorreductores etc. (García, 1999).

La tecnología neumática ha sido, y es frecuentemente utilizada, en los automatismos industriales, aunque va quedando relegada a los accionamientos de cierta potencia con algoritmos de control relativamente simples y también para aplicaciones de carácter especial (para ambientes explosivos), ya que frente a la lógica programada presenta los siguientes inconvenientes (García, 1999):

- Imposibilidad de realización de funciones complejas de control.
- Gran volumen y peso
- Escasa flexibilidad frente a modificaciones
- Reparaciones costosas

No obstante, muy a menudo, se suelen articular soluciones mediante implementaciones mixtas aprovechando las mejores características

de ambas tecnologías, la neumática y la de la lógica programada mediante autómatas programables industriales conectados mediante dispositivos de interfaz (García, 1999).

B. Controlador Lógico Programable

Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la aparición del microprocesador, y de los sistemas programables basados en este, computador, controladores lógicos y autómatas programables. Constantemente, debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología decrece y frente a la lógica cableada presenta (García, 1999):

- Gran flexibilidad
- Posibilidad de cálculo científico
- Implementación de algoritmos complejos de control de procesos
- Arquitecturas de control distribuido
- Comunicaciones y gestión

Como inconvenientes a corto y medio plazo, presenta la necesidad de formación en las empresas de personal adecuado para su programación y asistencia, al tratarse de verdaderas herramientas informáticas, también su relativa vulnerabilidad frente a las agresivas condiciones del medio industrial, si bien, con el transcurso del tiempo, el nivel de fiabilidad y disponibilidad de estos sistemas se ha mejorado notablemente (García, 1999).

2.2.2 Proceso de tratamiento de aguas residuales

Medina (2010), en su libro titulado *La automatización en la Industria Química*, afirma que: “La depuración de los efluentes líquidos es una parte fundamental de la gestión ambiental en cualquier industria. Debe de ser asumida en su doble faceta de obligación medioambiental con la sociedad y como parte del proceso de producción”.

Los principales tratamientos en cada una de las categorías se muestran en la siguiente figura:

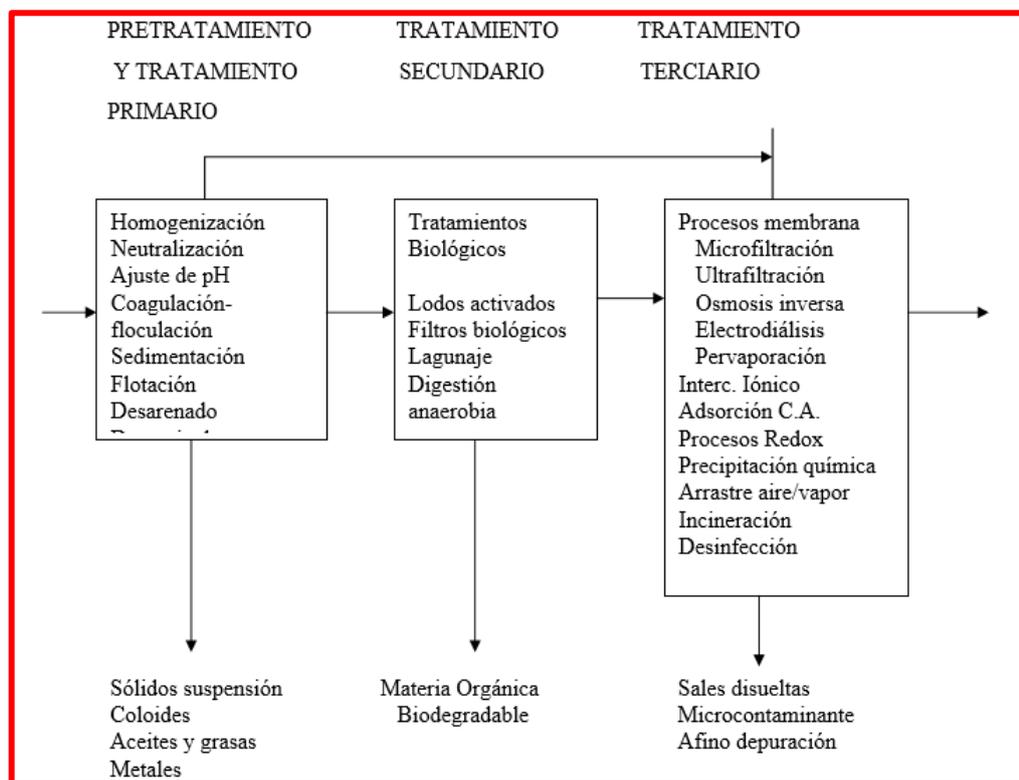


Figura 1: Diagrama general de las etapas del tratamiento de agua residual
Fuente: <http://www.analizacalidad.com/docftp/fi1110aguas.pdf>

A. Tratamientos fisicoquímico

Para Medina, “con la denominación de tratamientos fisicoquímicos de aguas residuales industriales se engloban una serie de tratamientos primarios y terciarios que se suelen aplicar frecuentemente en las

industrias. Cabe señalar que en la presente tesis nos enfocaremos en la etapa de neutralización del proceso de tratamiento de agua residual”.

a) Tratamientos Primarios

- Homogenización de efluentes
- Cribado
- Coagulación
- Floculación
- Decantación
- Filtración
- Neutralización

- **Neutralización**

Según Medina, “la neutralización (tratamiento ácido-base del agua residual), las características del pH son las siguientes:

- El valor del pH al final del tratamiento de agua residual debe ser igual a 7.
- Antes del tratamiento biológico: pH entre 6-9 para una actividad biológica óptima.

En la presente investigación describiremos las características del Reactor Semi Batch, ya que es el empleado en el proceso de tratamiento de agua.

- **Reactor Semi Batch o Semi Continuo**

Según Medina, “los reactores Semibatch (semiflow) funcionan de manera muy parecida a los reactores discontinuos, ya que tienen lugar en un solo tanque agitado con un equipo similar”. Asimismo Medina señala que, “un reactor semicontinuo permite el llenado parcial de reactivos con la flexibilidad de agregar más a medida que avanza el tiempo”.

2.3 Definición de términos básicos

- **Ácido:** Con acidez nos referimos a una sustancia con pH inferior a 7.
- **Actuador:** Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico.
- **Aguas residuales:** Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales).
- **Base:** Con base nos referimos a una sustancia con pH superior a 7.
- **Catalizador:** Cualquier sustancia que modifica la velocidad de una reacción química.
- **Dosificar:** Determinar la cantidad proporcional de una solución.
- **Efluente:** La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación o un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc.
- **Exactitud:** Calidad de un instrumento de medida por la que ende a dar lecturas próximas al verdadero valor de la magnitud medida.

- Neutralización: La reacción entre un ácido y una base se llama neutralización. Cuando en la reacción participan un ácido fuerte y una base fuerte se obtiene una sal y agua.
- pH: El pH es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia.
- Reactivo: Un reactivo o reactante es, en química, toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química y que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción o simplemente productos.
- Relé: Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.
- Reservorio: Es un sistema de abastecimiento o fuente de agua potable o residual. La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente.
- Sensores: Los sensores son los dispositivos que nos proporcionan los valores de las variables físicas que deben ser monitoreadas a fin de controlar el proceso.
- Sensor de nivel: El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

- Software Logo Soft Comfort: Se trata del programa perfecto para desarrollar desde proyectos sencillos de automatización, hasta aquellos que implican un método más elaborado y complejo.

CAPÍTULO III
PROPUESTA DEL DISEÑO

3.1 Descripción del diseño

A continuación, se describe el proceso que se pretende automatizar, el cual se divide en las siguientes etapas:

Etapas de llenado del reservorio

- El proceso se iniciará con un pulsador de marcha (PM), el cual aperturará la válvula eléctrica con diámetro de boquilla de 2" que permitirá el ingreso del agua residual hacia el reservorio, cabe señalar que la tubería por donde pasa el agua residual posee filtros cuya finalidad es capturar algún tipo de partícula de regular tamaño presente en el agua.
- El reservorio cuenta con dos sensores de nivel tanto en la parte superior como la parte inferior, la función del sensor de nivel superior (SNS) será evitar el sobrellenado o rebalse del reservorio, la válvula eléctrica de llenado de agua residual se desactivará automáticamente una vez llegado a dicho punto.
- La función del sensor de nivel inferior (SNI) será para indicar que el agua residual acumulada puede pasar al reactor Semi Batch mediante el accionamiento de la electrobomba monofásica de 4HP, donde se realizará el proceso de neutralización.

Etapas de dosificación automática en el proceso de neutralización

- El proceso de neutralización consiste en una reacción entre un ácido y una base, en este caso ácido sulfúrico y soda cáustica. Se puede decir que la neutralización es la combinación de cationes hidrógeno y de aniones hidróxido para formar moléculas de agua.

- En esta etapa el reactor Semi Batch cuenta con dos tanques de insumos a cada lado, de soda caustica y ácido sulfúrico, respectivamente, los mismos que serán empleados en la etapa de dosificación.
- Una vez llenado el reactor Semi Batch, se aperturará la válvula eléctrica para el ingreso de la sustancia Ácida (H_2SO_4) o de la sustancia Base (NOH_3), por un tiempo determinado, dichas válvulas poseen un diámetro de boquilla de $\frac{3}{4}$ ", al terminar la dosificación se desactivarán automáticamente y comenzara la etapa de mezclado por medio de un agitador eléctrico, este proceso ayudara a deteriorizar las partículas contaminadas que no fueron capturadas por los filtros de las tuberías de agua residual empleadas en la etapa del llenado del reservorio.

Etapa controladora de pH

- Una vez finalizado el proceso de neutralización, se aperturará la válvula eléctrica de drenaje con diámetro de boquilla de 2", que dará salida a un cierto porcentaje de agua tratada, la cual pasará por un sensor de pH (SPH) que está configurado con los valores de 1 a 14 y cuenta con un rango de voltaje de 0 a 10V. La función de este sensor es determinar si el pH del agua tratada es de 7, ya que el tratamiento biológico funciona de manera más efectiva con dicho valor llegando a inhibir totalmente la actividad microbial.
- En caso contrario de presentarse un valor menor a 7, se aperturará la válvula eléctrica de diámetro de boquilla de $\frac{1}{4}$ ", para la regulación precisa de la sustancia Base (NOH_3), ya que al ser el pH menor a lo establecido, puede causar corrosión en la estructura del sistema colector.

- Sea el caso de presentarse un valor de pH mayor a 7, se aperturará la válvula eléctrica con diámetro de boquilla de $\frac{1}{4}$ ", para la regulación precisa de la sustancia Ácida (H_2SO_4), ya que un pH mayor puede causar quemaduras a los operarios o trabajadores de la empresa Ovotec S.A.C., cuando estos entren en contacto con las aguas tratadas.
- Una vez dosificado la sustancia ácido o base, se desactivará automáticamente la válvula eléctrica de regulación, y se procederá a realizar la mezcla. Finalmente, se aperturará la válvula de drenaje con diámetro de boquilla de 2", y se volverá a medir el pH por medio del sensor (SPH). Una vez alcanzado el valor óptimo se dará salida al agua tratada para su reutilización.
- Es importante indicar que antes de presionar el pulsador de marcha (PM), para que el automatismo inicie, un operario realizará la verificación de la cantidad de sustancias químicas dentro de sus respectivos envases. Además, este sistema, también contará con un pulsador de parada (PP), el cual le servirá para detener el proceso en cualquier instante, en caso ocurra alguna emergencia o imprevisto. Cada proceso durará de 2 a 3 minutos, por lo cual se necesitará realizar de 6 a 7 procesos para obtener más de la mitad del tanque, en la cisterna de almacenamiento de agua residual de capacidad de 10 metros cúbicos. Cabe destacar que el tiempo máximo de los 7 procesos mencionados, será de 21 minutos.

En ese sentido en la siguiente figura, presento mi propuesta de solución:

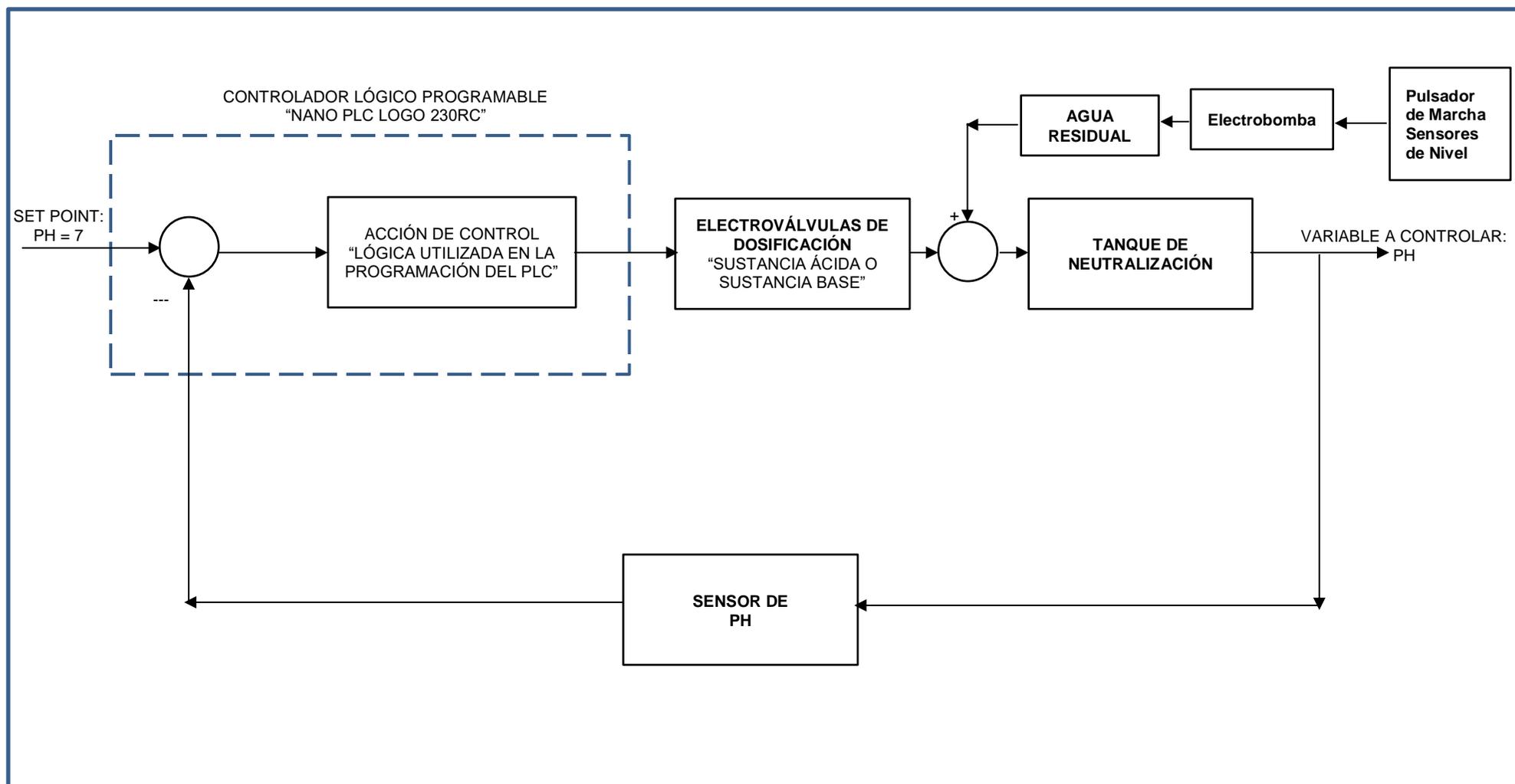


Figura 2: Diagrama de bloques del Proceso de neutralización en el tratamiento de agua residual a automatizar
Fuente: Elaboración Propia

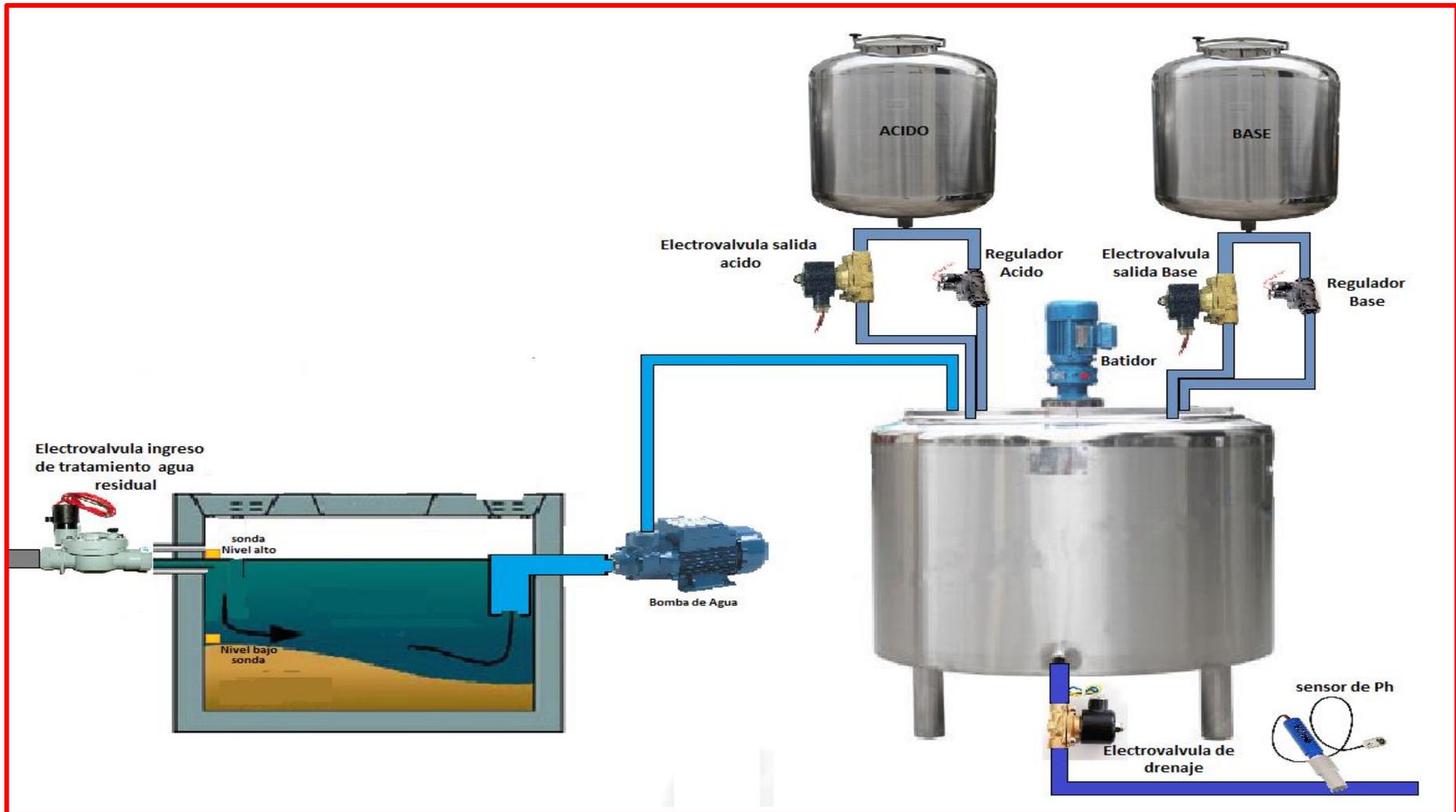


Figura 3: Proceso de neutralización en el tratamiento de agua residual a automatizar
Fuente: Elaboración Propia

3.2 Desarrollo del diseño

Como parte del desarrollo del diseño, inicialmente determinaremos la función de transferencia, para ello consideraremos los siguientes parámetros establecidos:

$$pH_{\max} = 13$$

$$pH_{\text{óptima}} = 7.0$$

$$T_{\text{pico}} = 1.57 \text{ seg}$$

A continuación, se determinará el máximo sobre impulso M_p :

$$\begin{aligned} & 7 - 100\% \\ & (13 - 7) - M_p \\ M_p &= \frac{6 \times 100}{7} = 85.71 \end{aligned}$$

Ahora procedo a calcular el factor de amortiguamiento, según la fórmula otorgada por Ogata (2010), considerando que:

$$\begin{aligned} M_p &= e^{\frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}} \\ \ln(M_p) &= \ln\left(e^{\frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}}\right) \\ \ln(M_p) &= \frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}} \\ \sqrt{1-p^2} &= \frac{-\pi p}{\ln(M_p)} \\ 1-p^2 &= \left(\frac{-\pi p}{\ln(M_p)}\right)^2 \\ 1-p^2 &= \left(\frac{-\pi}{\ln(M_p)}\right)^2 \times p^2 \\ 1 &= \left(\frac{-\pi}{\ln(M_p)}\right)^2 \times p^2 + p^2 \end{aligned}$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{\left[1 + \left(\frac{-\pi}{\text{Ln}(Mp)}\right)^2\right]}}$$

Reemplazando:

$$p = \sqrt{\frac{1}{\left[1 + \left(\frac{-\pi}{\text{Ln}(0.8571)}\right)^2\right]}}$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{\left[1 + \left(\frac{-\pi}{-0.154}\right)^2\right]}}$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{417.158}}$$

$$p = 0.048$$

Determinando la frecuencia natural de oscilación (Wn), según Ogata (2010):

$$Tp = \frac{\pi}{Wn\sqrt{1-p^2}} = 1.57 \text{ seg}$$

$$Wn = \frac{\pi}{1.57\sqrt{1-(0.048)^2}}$$

$$Wn = 2 \text{ rad/seg}$$

Determinando la ganancia estática del sistema, según Ogata (2010):

(Amplitud de la señal de entrada) x (Ganancia estática del sistema) = SET POINT

$$1 \times K = 7$$

$$K = 7$$

Con estos datos; determinaremos la función de transferencia del sistema:

$$F(s) = \frac{28 \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

$$F(s) = \frac{7 \times 2^2}{s^2 + 2(0.048) \times 2 \times s + 2^2}$$

$$F(s) = \frac{28}{s^2 + 0.192s + 4}$$

Seguidamente procesaremos los resultados en el programa Matlab, con la finalidad de verificar si el modelo matemático del sistema de control responde a un sistema estable.

```
>> num=[28];
>> den=[1 0.192 4];
>> sys=tf(num,den)
```

sys =

$$\frac{28}{s^2 + 0.192 s + 4}$$

Continuous-time transfer function.

```
>> step(sys)
>> grid
>> t=0:0.01:100;
>> step(t,sys)
>> grid
>> figure(2), bode(sys)
>> margin(sys)
>> grid
```

El resultado del análisis en el dominio del tiempo y la frecuencia es:

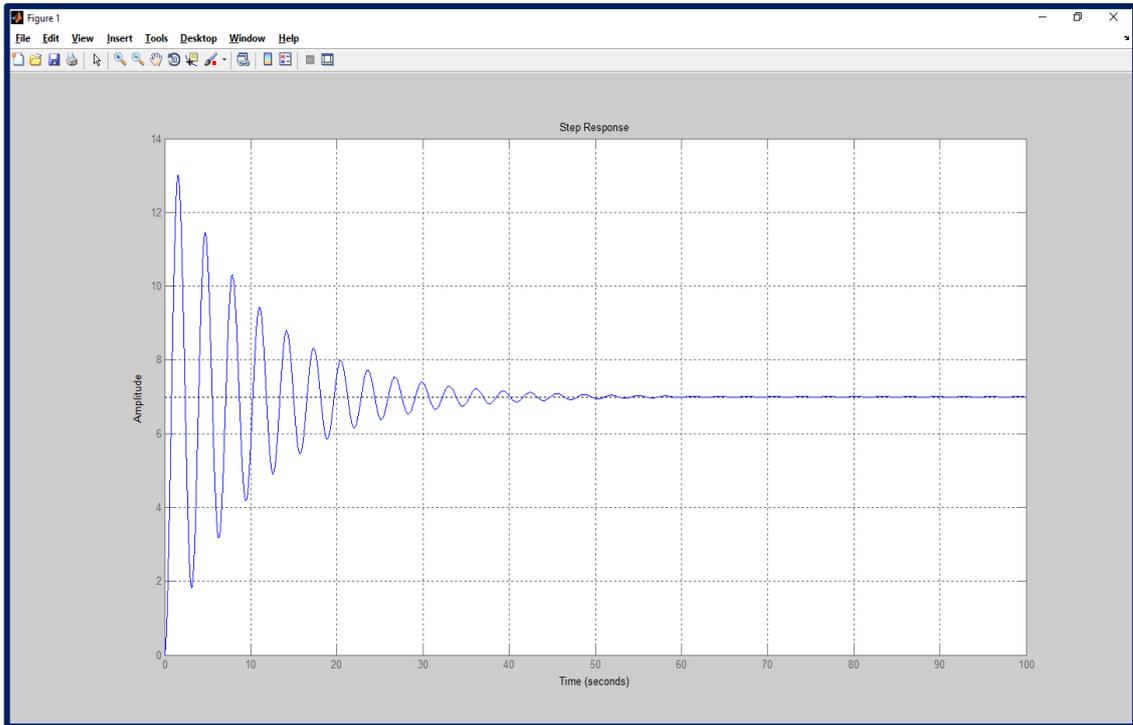


Figura 4: Representación de la respuesta de la variable controlada
Fuente: Matlab

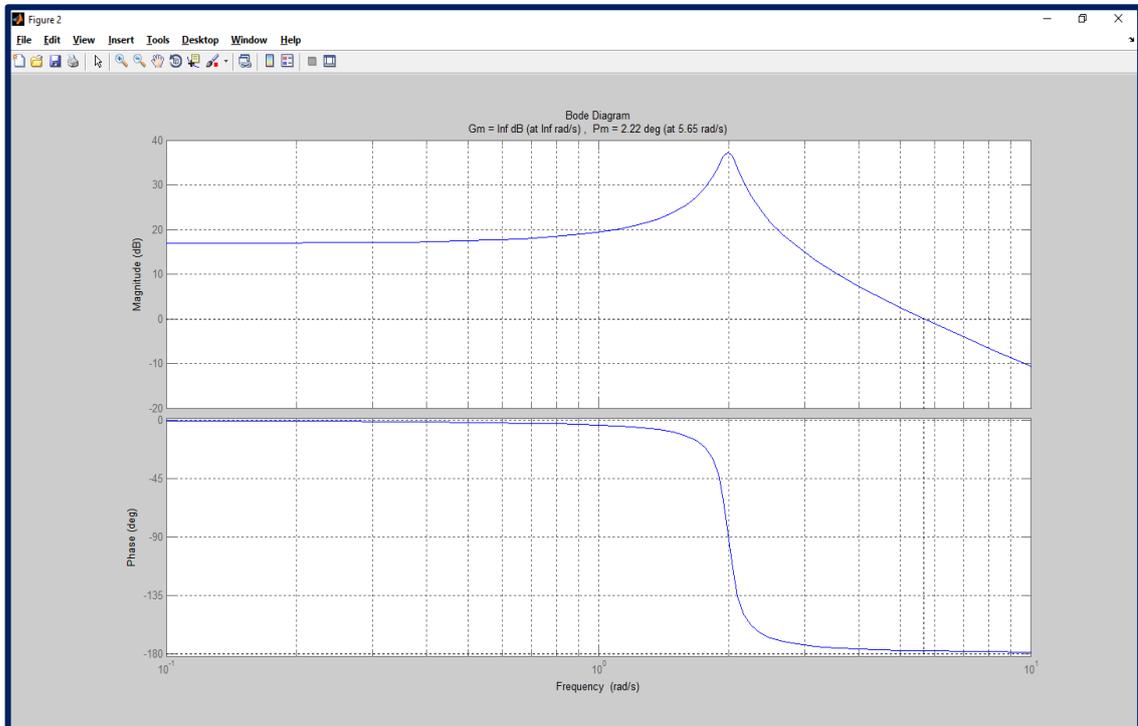


Figura 5: Representación de la respuesta de la variable controlada luego de 50s
Fuente: Matlab

De los resultados anteriores se puede establecer que el sistema a desarrollar es estable, ya que tal como se evidencia en la respuesta temporal, luego de 50 segundos el sistema alcanza un estado estable y permanente.

Mientras que el análisis en el dominio de la frecuencia se realizó mediante la medición del margen de fase y margen de ganancia, en el diagrama de BODE. En el cual se evidencia que dichos parámetros son positivos; lo cual nos permite concluir que el sistema de control es también estable, quedando corroborado lo establecido en el párrafo anterior.

Seguidamente de la descripción del automatismo, realizada en el punto anterior, identifique los siguientes elementos de entrada y salida del proceso:

Tabla 1
Entradas del proceso

ELEMENTOS DE ENTRADA DEL PROCESO	DENOMINACIÓN - Característica
Pulsador de Marcha	PM (Normalmente Abierto)
Pulsador de Parada	PP (Normalmente Cerrado)
Sensor Nivel Superior	SNS (Normalmente Abierto)
Sensor Nivel Inferior	SNI (Normalmente Cerrado)
Interruptor de la Etapa de control de PH	IPH (Normalmente Cerrado)
Sensor de PH: 1 -14	SPH (Rango de voltaje de 0 a 10v)
Entrada de valor de consigna: 1 -14	SPH (Rango de voltaje de 0 a 10v)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2
Salidas del proceso

ELEMENTOS DE SALIDA DEL PROCESO	DENOMINACIÓN - Características
Válvula Eléctrica de Ingreso de Agua Residual.	KM4 (Tipo ON-OFF a 220 VAC, con Diámetro de boquilla de 2")
Contactador Eléctrico, para la Electrobomba monofásica de 4HP.	KM5 (220 VAC a 32Amp, monofásico)
Válvula Eléctrica de Ingreso de la sustancia Ácida (H ₂ SO ₄).	KM7 (Tipo ON-OFF a 220 VAC, con Diámetro de boquilla de 3/4")
Válvula Eléctrica de Ingreso de la sustancia Base (NOH ₃).	KM6 (Tipo ON-OFF a 220 VAC, con Diámetro de boquilla de 3/4")
Contactador Eléctrico, para el Agitador del Reactor Semi Batch.	KM8 (220 VAC a 32 Amp, monofásico)
Válvula Eléctrica, para el drenaje del agua tratada.	KM3 (Tipo ON-OFF a 220 VAC, con Diámetro de boquilla de 2")
Válvula Eléctrica, para la regulación de la sustancia Ácida (H ₂ SO ₄)	KM1 (Tipo ON-OFF a 220 VAC, con Diámetro de boquilla de 1/4")
Válvula Eléctrica, para la regulación de la sustancia Base (NOH ₃)	KM2 (Tipo ON-OFF a 220 VAC, con Diámetro de boquilla de 1/4")

Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de establecer un orden durante la etapa de conexión de los elementos de entrada y salida del proceso, con los bornes de entrada y salida del controlador lógico programable, es que realice el siguiente direccionamiento:

Tabla 3
Direccionamiento de entradas

DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS	
Pulsador de Parada	I1
Pulsador de Marcha	I2
Sensor Nivel Superior	I3
Sensor Nivel Inferior	I4
Interruptor de la Etapa de control de PH	I5
Sensor de PH: 1 -14	AI1
Entrada de valor de consigna: 1 -14	AI2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4
Direccionamiento de salidas

DIRECCIONAMIENTO DE SALIDAS	
Válvula Eléctrica de Ingreso de Agua Residual	Q4
Contactador Eléctrico, para la Electrobomba monofásica de 4HP	Q5
Válvula Eléctrica de Ingreso de la sustancia Ácida (H_2SO_4)	Q7
Válvula Eléctrica de Ingreso de la sustancia Base (NOH_3)	Q6
Contactador Eléctrico, para el Agitador del Reactor Semi Batch	Q8
Válvula Eléctrica, para el drenaje del agua tratada	Q3
Válvula Eléctrica, para la regulación de la sustancia Ácida (H_2SO_4)	Q1
Válvula Eléctrica, para la regulación de la sustancia Base (NOH_3)	Q2

Fuente: Elaboración Propia

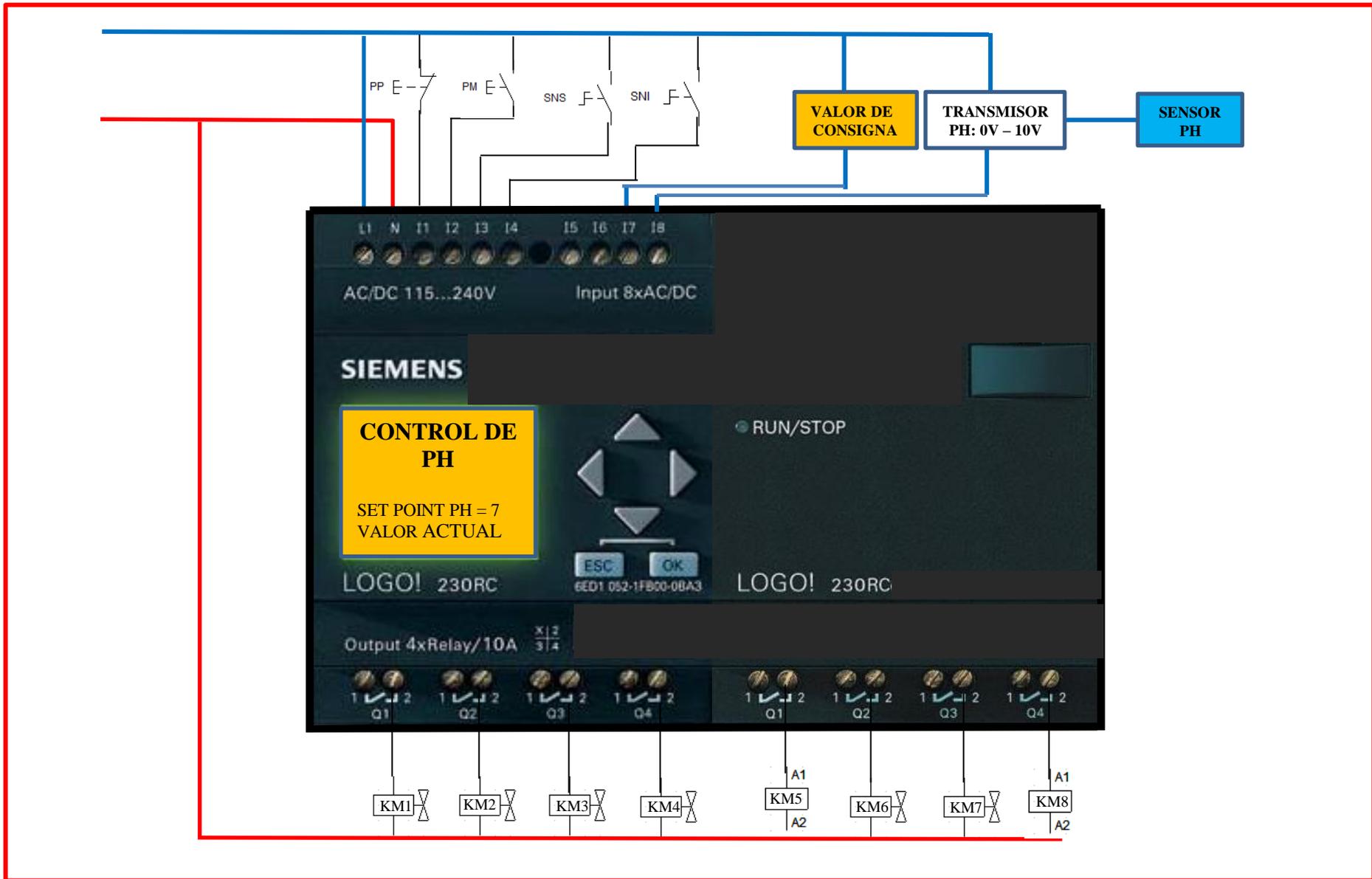


Figura 6: Conexión de entradas y salidas al PLC
Fuente: Elaboración Propia

A partir de este direccionamiento de entradas y salidas, logré determinar el tipo de Contralor Lógico programable a utilizar, con características de 2 entradas analógicas, 5 entradas digitales y 8 salidas discretas, el cual se muestra en el gráfico anterior.

A continuación, procedo a describir los segmentos de programación realizados en el software Logo Soft Comfort V8:

ETAPA DE DOSIFICACIÓN AUTOMÁTICA

La programación de esta etapa se subdivide en tres Bloques:

- En la Figura 7 – Segmento 1, se observa cuatro bloques de señales de entrada discreta I1, I2, I3 e I4, los cuales están conectados a los bloques de la función RESET – SET (B028 y B029); Estos bloques son utilizados para activar y desactivar la válvula eléctrica de ingreso de agua residual (Q4) y la electrobomba que permitirá el ingreso del agua residual al Reactor Semi Batch (Q5).

- En la Figura 7 – Segmento 2, se observa dos bloques de funciones básicas AND, los mismos que posibilitaran que cuando el sensor de nivel superior I3 pase de estado abierto a cerrado, inmediatamente se desactive la válvula eléctrica de ingreso de agua residual (representada por la salida discreta Q4) al reservorio y accione la electrobomba que inyectará el agua a tratar al Reactor Semi Batch (representada por la salida discreta Q5). Adicionalmente se observa la utilización de una marca discreta M7, el mismo que será

utilizado para accionar la secuencia temporizada del accionamiento de la válvula de sustancia Ácida, válvula de sustancia Base y agitador eléctrico.

- En la Figura 7 – Segmento 3, se observa el uso de tres temporizadores con retardo a la conexión B031, B032 y B033, los mismos que accionaran por 25 segundos, 18 segundos y 25 segundos a la válvula de sustancia Base (representada por la salida discreta Q6), válvula de sustancia Ácida (representada por la salida discreta Q7) y agitador eléctrico (representada por la salida discreta Q8) respectivamente.

Luego de transcurrido dichos tiempos, de forma automática se desactivaran cada uno de los órganos de trabajo mencionado, para lo cual se hace uso de 3 bloques de funciones básicas AND. Cabe señalar que la función básica AND B037 se conecta con la salida discreta Q8, para que, al cumplirse el tiempo de activación del agitador eléctrico, se desactive automáticamente la electrobomba (Q5).

ETAPA CONTROLADORA DE PH

La programación de esta etapa se subdivide en 2 segmentos:

- En la Figura 8, se observa la programación del primer segmento de esta etapa, el cual hace referencia al acondicionamiento de la señal capturada por el sensor de PH. Los bloques de entradas analógicas AI1 y AI2, son utilizados para ingresar al PLC las señales provenientes del sensor de PH (cuya señal a capturar va de 1 a 14) y el valor consigna del PH a alcanzar (el valor

consigna en este proceso es de 7), luego del tratamiento de agua residual, respectivamente.

Este segmento inicia con la conexión de las entradas analógicas AI1 y AI2 a las entradas de los comparadores analógicos B001 y B002.

B001 se configuró con un ON=1 y OFF=8, motivo por el cual detectará los valores de PH superiores a 7, almacenando la diferencia con respecto al valor de consigna, en una marca analógica AM1, a través de un bloque operador aritmético B003. Dicho esto, los valores a almacenarse en AM1 van desde 1 hasta 7.

Por otro lado, B002 se configuró con un ON=-1 y OFF=-7, motivo por el cual detectará los valores de PH inferiores a 7, almacenando la diferencia con respecto al valor de consigna, en una marca analógica AM2, a través de un bloque operador aritmético B005. Dicho esto, los valores a almacenarse en AM2 van desde 1 hasta 6.

Los valores de AM1 y AM2 se utilizan para abrir y cerrar las válvulas reguladoras Q1 y Q2, respectivamente. La programación se realizó siguiendo la condición mostrada en la tabla siguiente:

Tabla 5
Condición de activación de las válvulas reguladoras

MARCAS ANALÓGICAS	DIFERENCIA DE PH	MARCA DISCRETA	VÁLVULA REGULADORA	TIEMPO DE APERTURA
AM1	1 - 4	M2	Q1	5"
	5 - 7	M3	Q1	10"
AM2	1 - 4	M5	Q2	5"
	5 - 7	M6	Q2	10"

Fuente: Elaboración propia

- En la Figura 9, se muestra el segundo segmento del programa en esta etapa; Tómese como referencia la tabla anterior, para lo cual las señales que salen de las Marcas Analógicas son conectadas hacia 2 comparadores analógicos respectivamente.

Es decir AM1 envía la señal analógica a los comparadores B010 y B011, para lo cual B010 se configuró para que detecte diferencias de PH entre 1 y 4, accionando así el temporizador con retardo a la conexión B014, el cual está configurado a un valor de 5", en caso de que la diferencia de PH tome un valor entre 5 y 7, accionará el temporizador con retardo a la conexión B015, el cual está configurado a un valor de 10", el cual enviara una señal de activación a la válvula Q1 a través de las marcas M2 y M3 (según sea el caso), alcanzando así el PH deseado.

La salida AM2 envía la señal analógica a los comparadores B012 y B013, para lo cual B012 se configuró para que detecte diferencias de PH entre 1 y 4, accionando así el temporizador con retardo a la conexión B022, el cual está

configurado a un valor de 5", en caso de que la diferencia de PH tome un valor entre 5 y 7, accionará el temporizador con retardo a la conexión B023, el cual está configurado a un valor de 10", el cual enviara una señal de activación a la válvula Q2 a través de las marcas M5 y M6 (según sea el caso), alcanzando así el PH deseado.

ETAPA PARA EL CASO DE PROCESO ESTABLE

- En la Figura 10, se observa la programación de la etapa para el caso en el que el proceso muestre características de estabilidad, es decir cuando el PH que mide el sensor sea igual al valor de consigna (PH=7).

Para este caso, las señales generadas por los bloques de entrada analógica AI1 y AI2, serán enviadas a un comparador analógico B006, configurado a ON=0 y OFF=1, el cual detectará que la diferencia de PH es igual a cero.

La salida del comparador analógico se conecta a una función básica AND, cuyo acceso para la activación de la Marca Discreta M1, será previamente se accione el interruptor I5.

Al accionarse la Marca discreta M1, automáticamente encenderá al temporizador con retardo a la conexión B008, el cual mantendrá abierto la válvula de drenaje Q3, por un tiempo de 25".

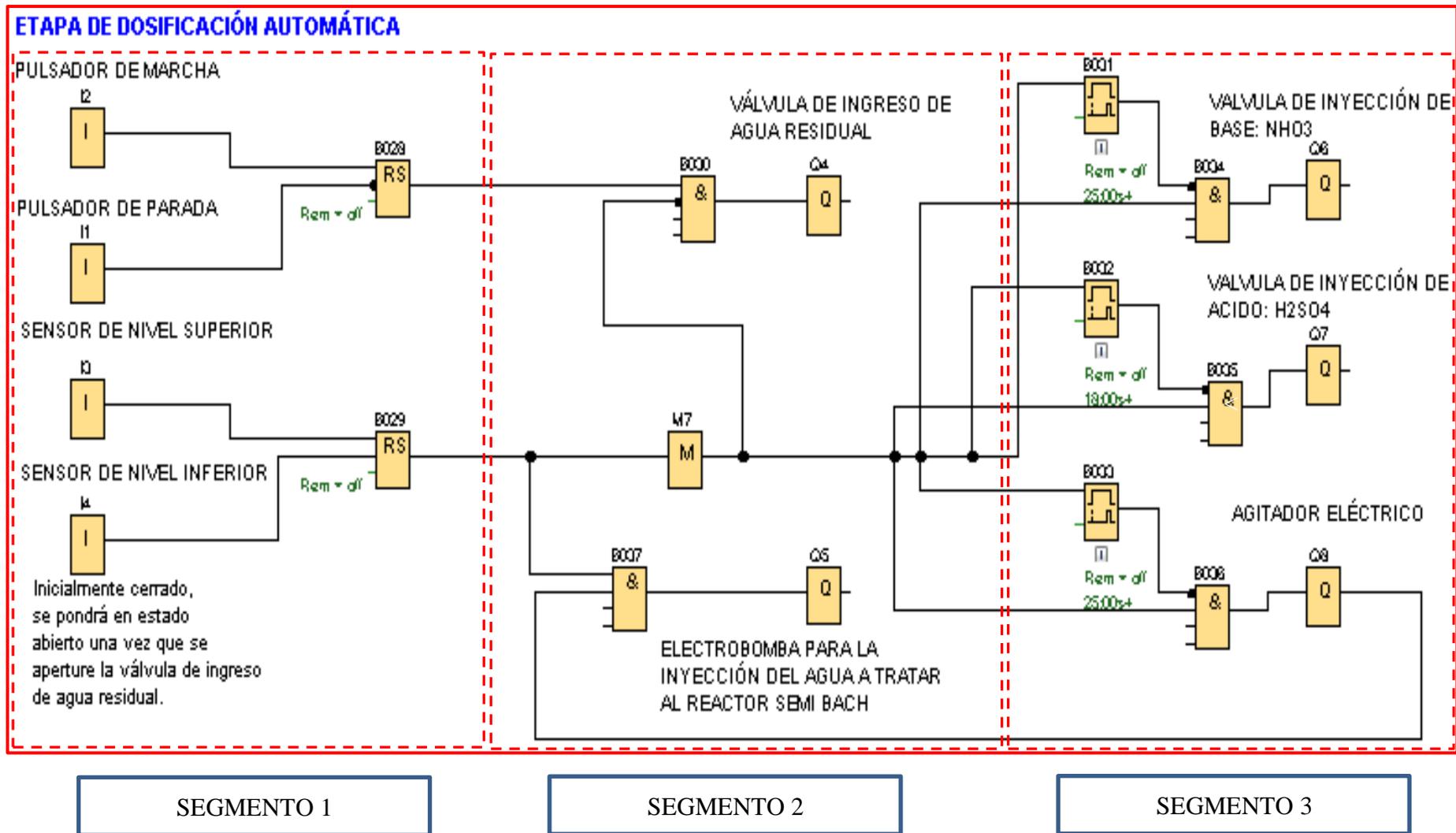


Figura 7: Programación del PLC – Etapa de dosificación automática
 Fuente: Elaboración Propia

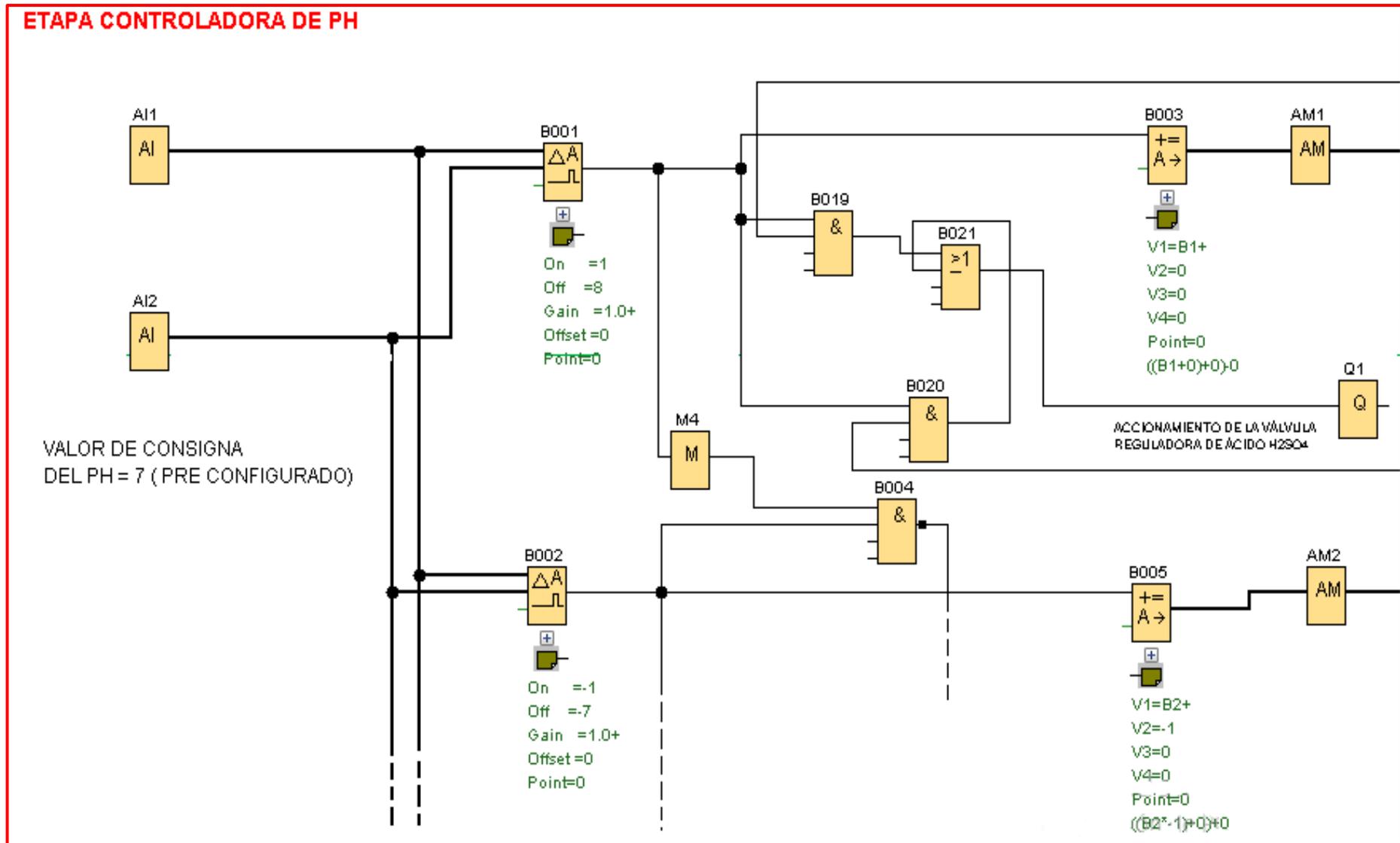


Figura 8: Programación del PLC – Etapa controladora de pH – Acondicionamiento de la señal
Fuente: Elaboración Propia

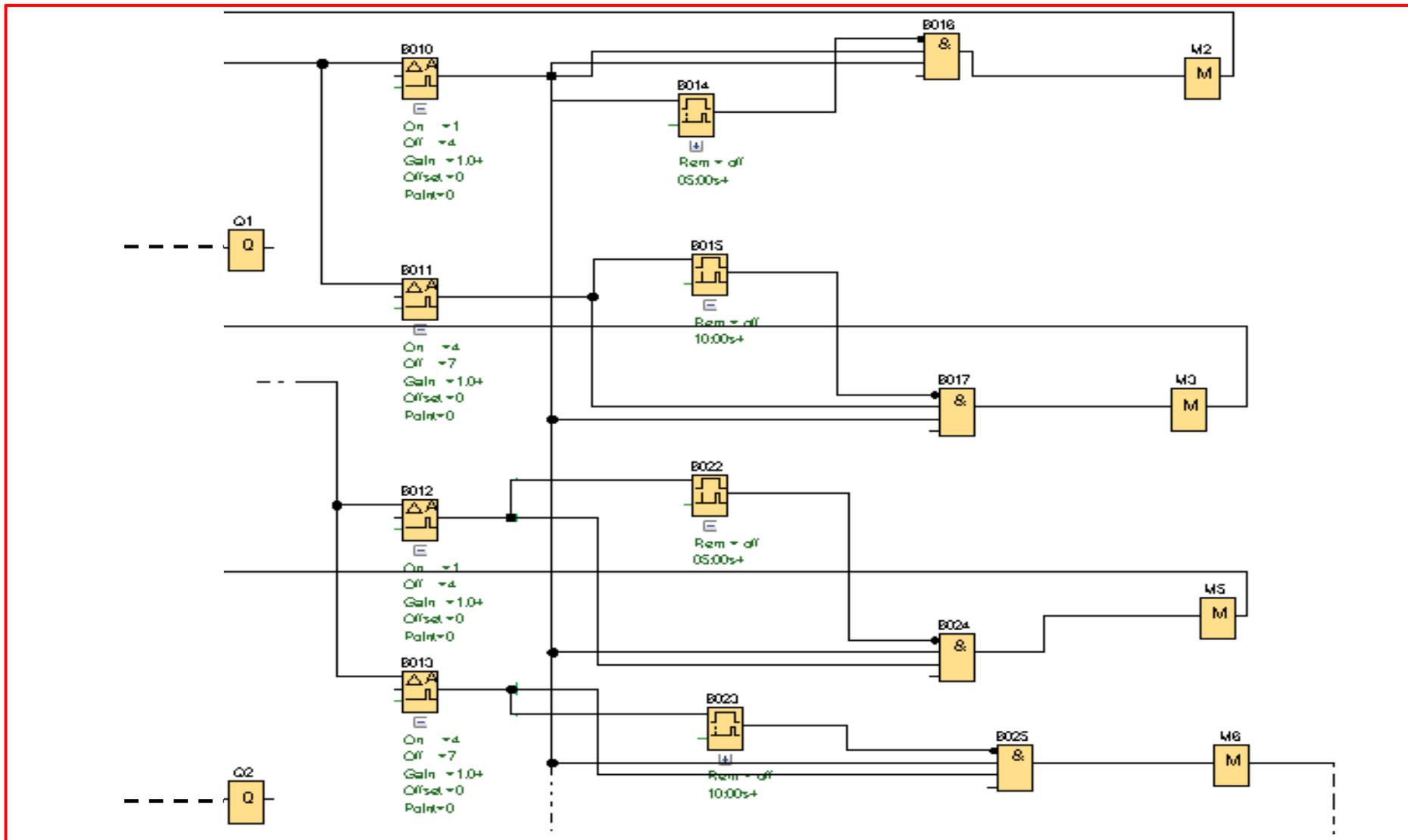


Figura 9: Programación del PLC – Etapa controladora de pH – Válvulas reguladoras
 Fuente: Elaboración Propia

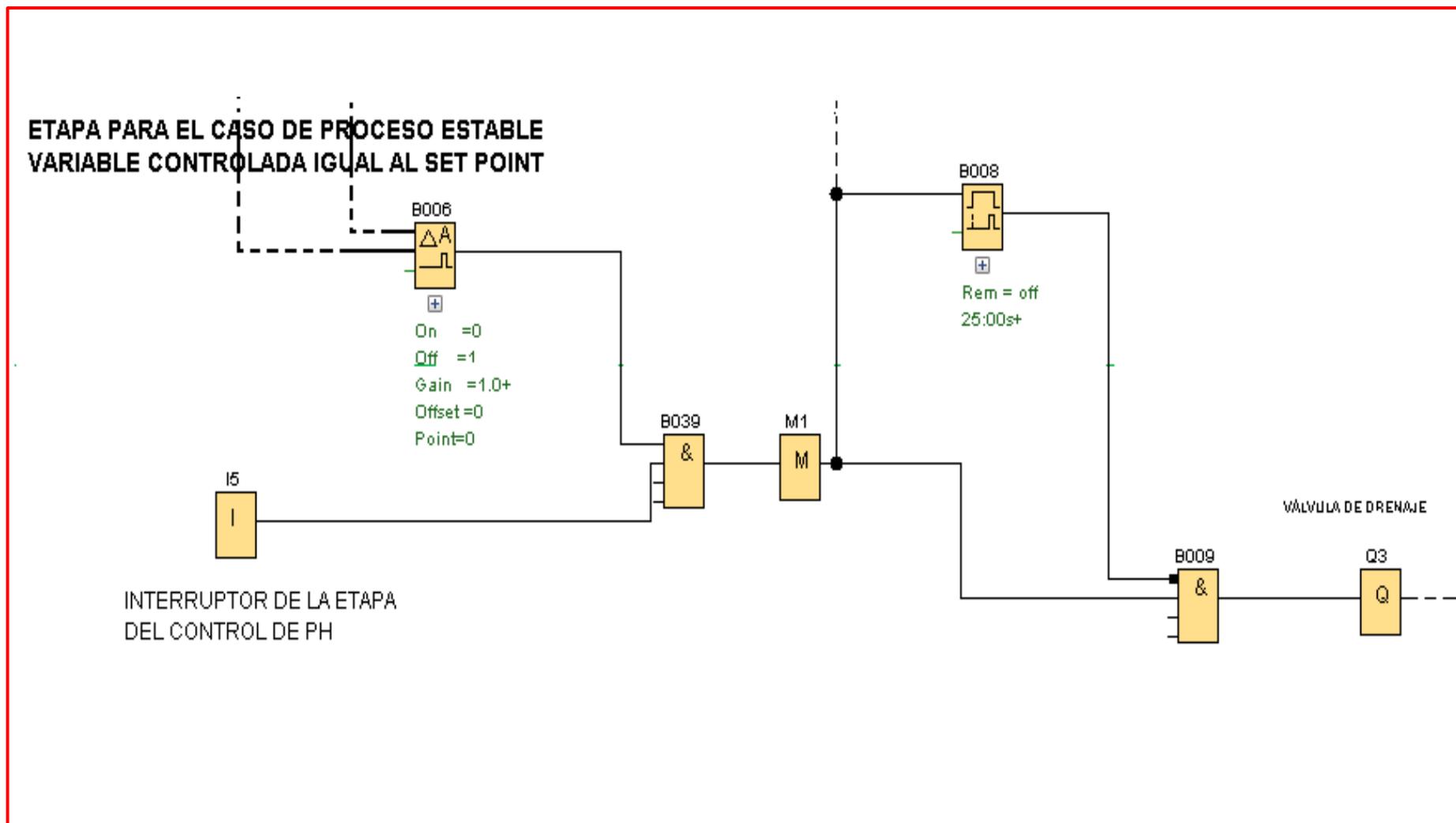


Figura 10: Programación del PLC – Etapa para el caso de proceso estable
Fuente: Elaboración Propia

Es importante señalar que el entorno de programación del Software Logo Soft Comfort V8, permite realizar la simulación de lo programado, lo cual dará evidencia del correcto funcionamiento del automatismo.

Al entrar al modo simulación se generará el siguiente entorno de señales de entradas, salidas y marcas, los mismos que coinciden con la tabla 3: Direccionamiento de entradas, descrito en el Capítulo III.

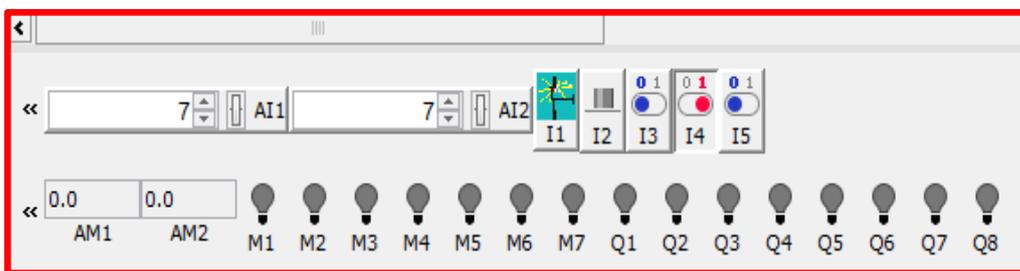


Figura 11: Entorno de simulación para las entradas y salidas
Fuente: Software LOGO Soft Comfort V8

Para dar inicio a la simulación se debe tener en cuenta los estados iniciales y la configuración de los elementos de entrada:

- I1: Pulsador de parada (contacto normalmente cerrado)
- I2: Pulsador de Marcha (contacto normalmente abierto)
- I3: Sensor de Nivel Superior (interruptor normalmente abierto)
- I4: Sensor de Nivel Inferior (interruptor normalmente cerrado)
- I5: Interruptor de la etapa de control de PH (interruptor normalmente abierto)

A continuación, mostramos los diversos escenarios considerados en la simulación:

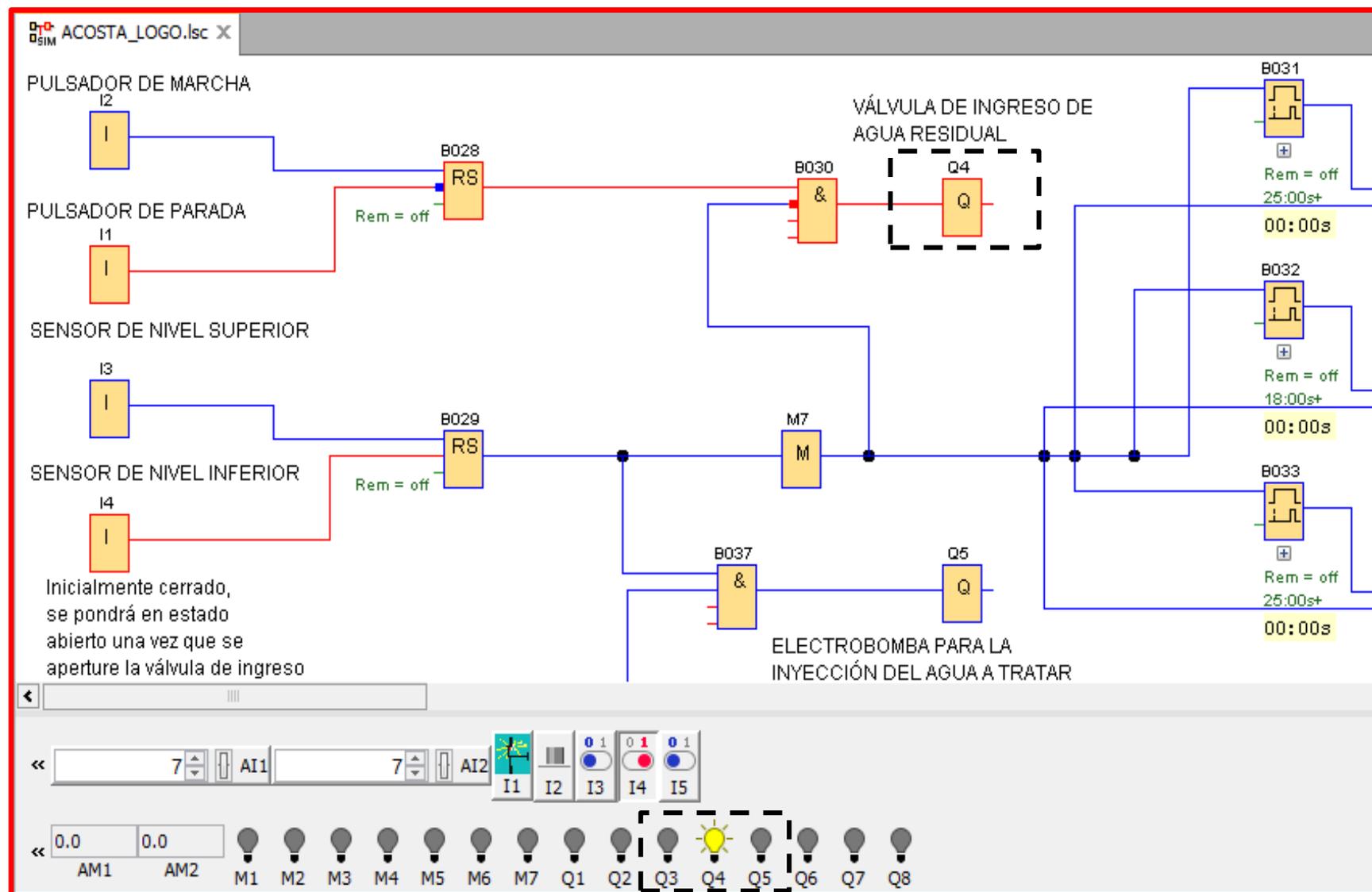


Figura 12: Apertura de la válvula de ingreso de agua residual
Fuente: Software Logo Soft Comfort V8

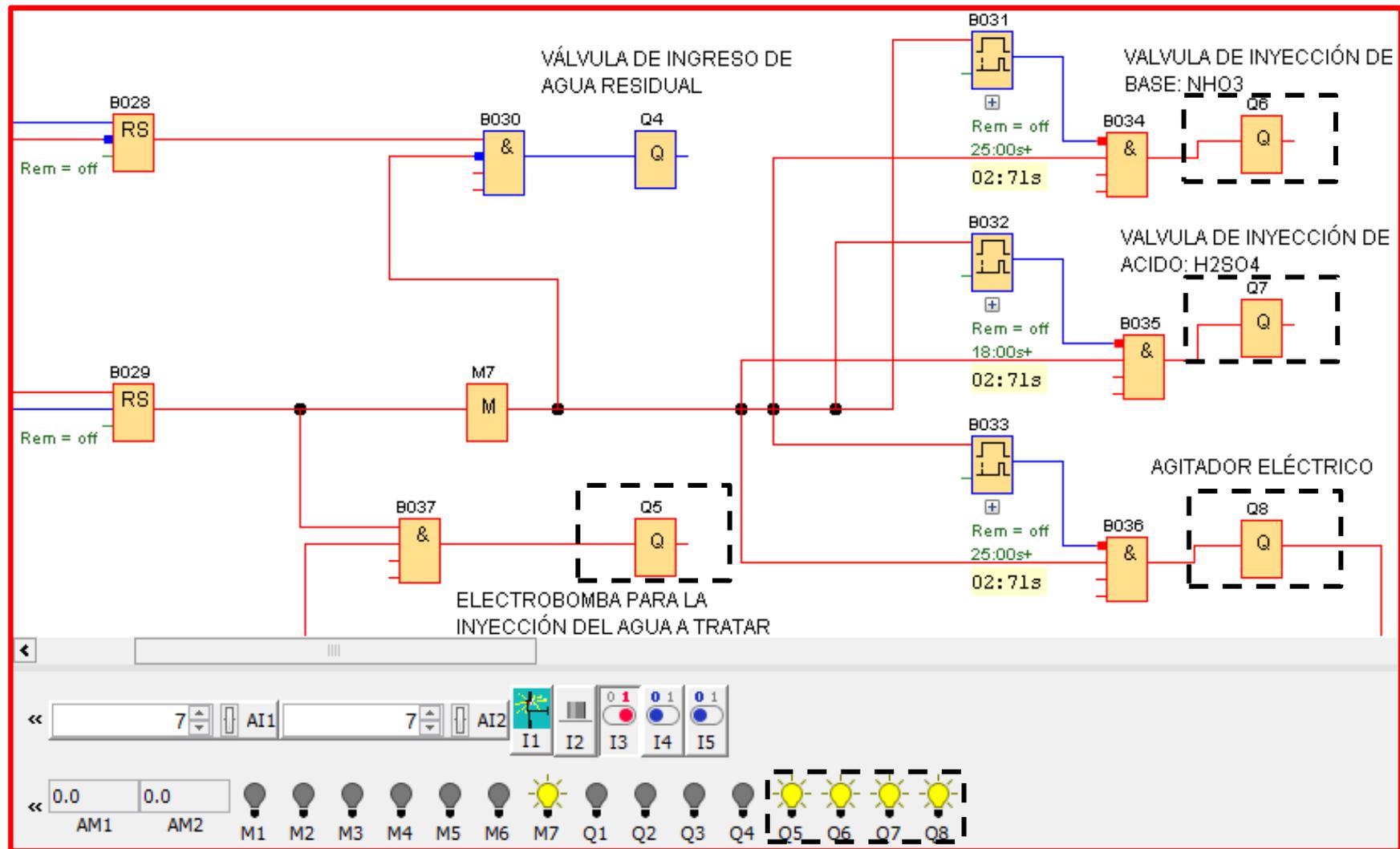


Figura 13: Cierre de la válvula de ingreso de agua residual, accionamiento de la electrobomba, Válvula de base, válvula de ácido y agitador eléctrico
Fuente: Software Logo Soft Comfort V8

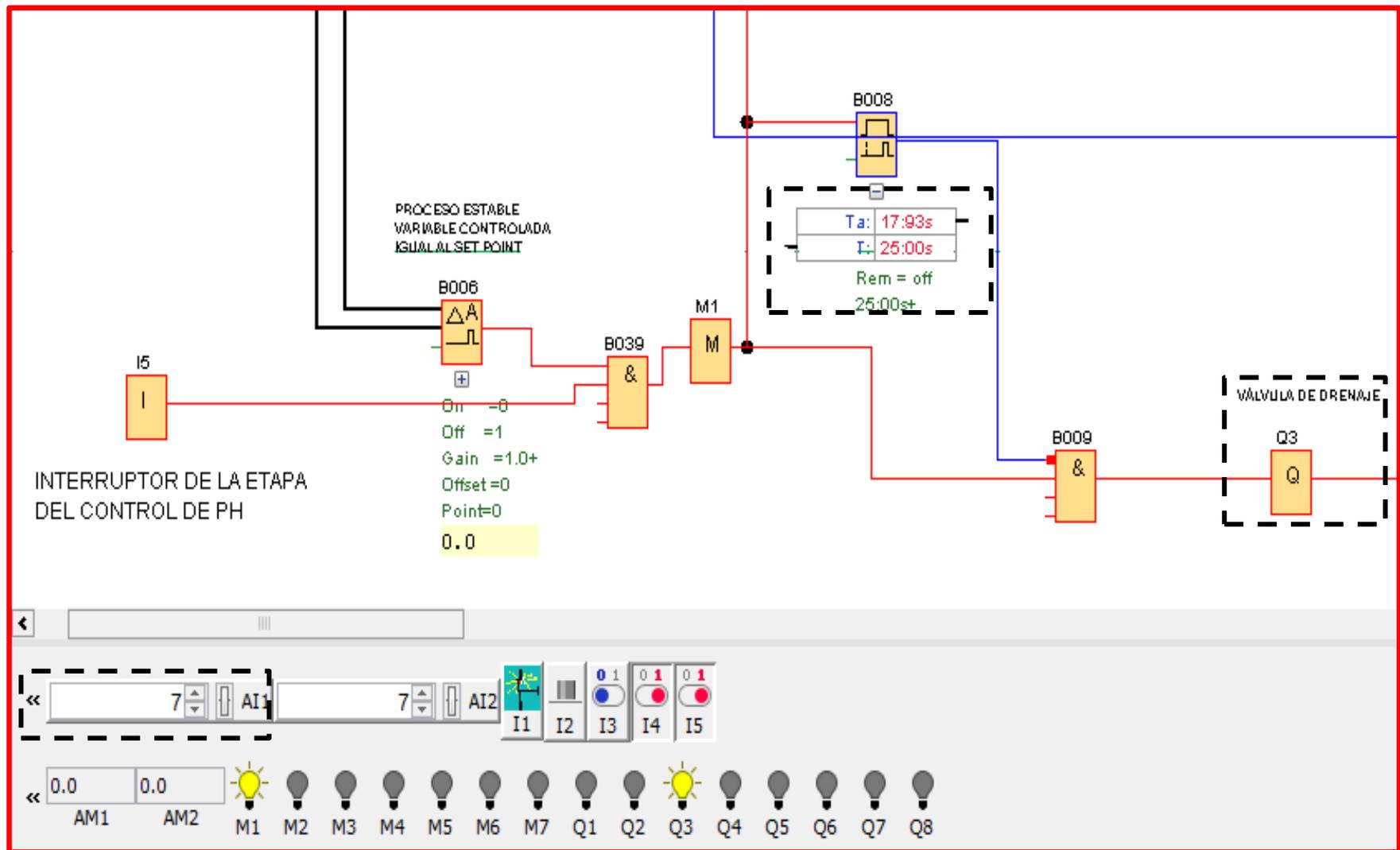


Figura 14: Estado óptimo, proceso estable, el sensor detecta pH = 7
Fuente: Software Logo Soft Comfort V8

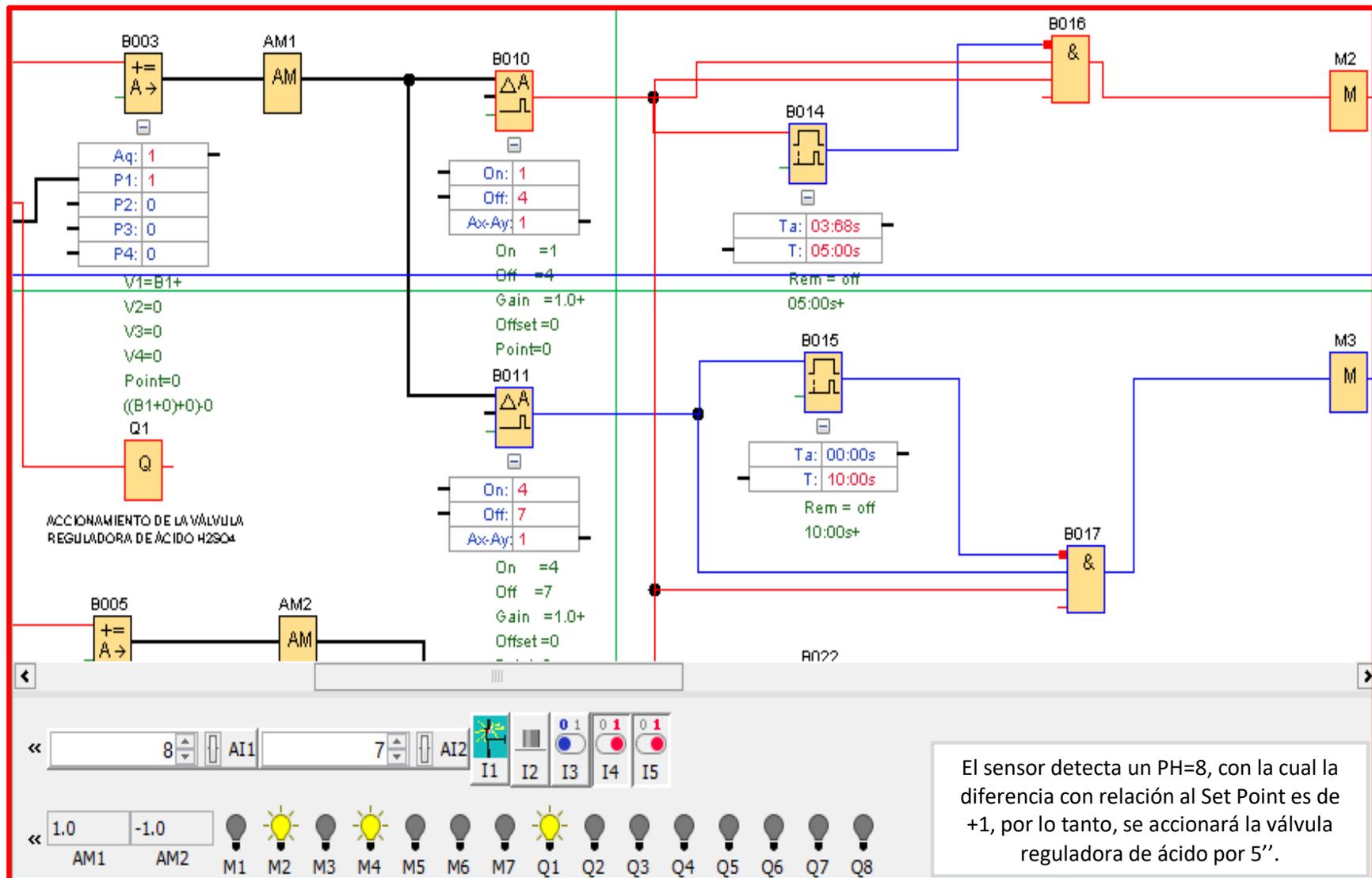


Figura 15: El sensor detecta pH = 8, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de ácido por 5''
Fuente: Software Logo Soft Comfort V8

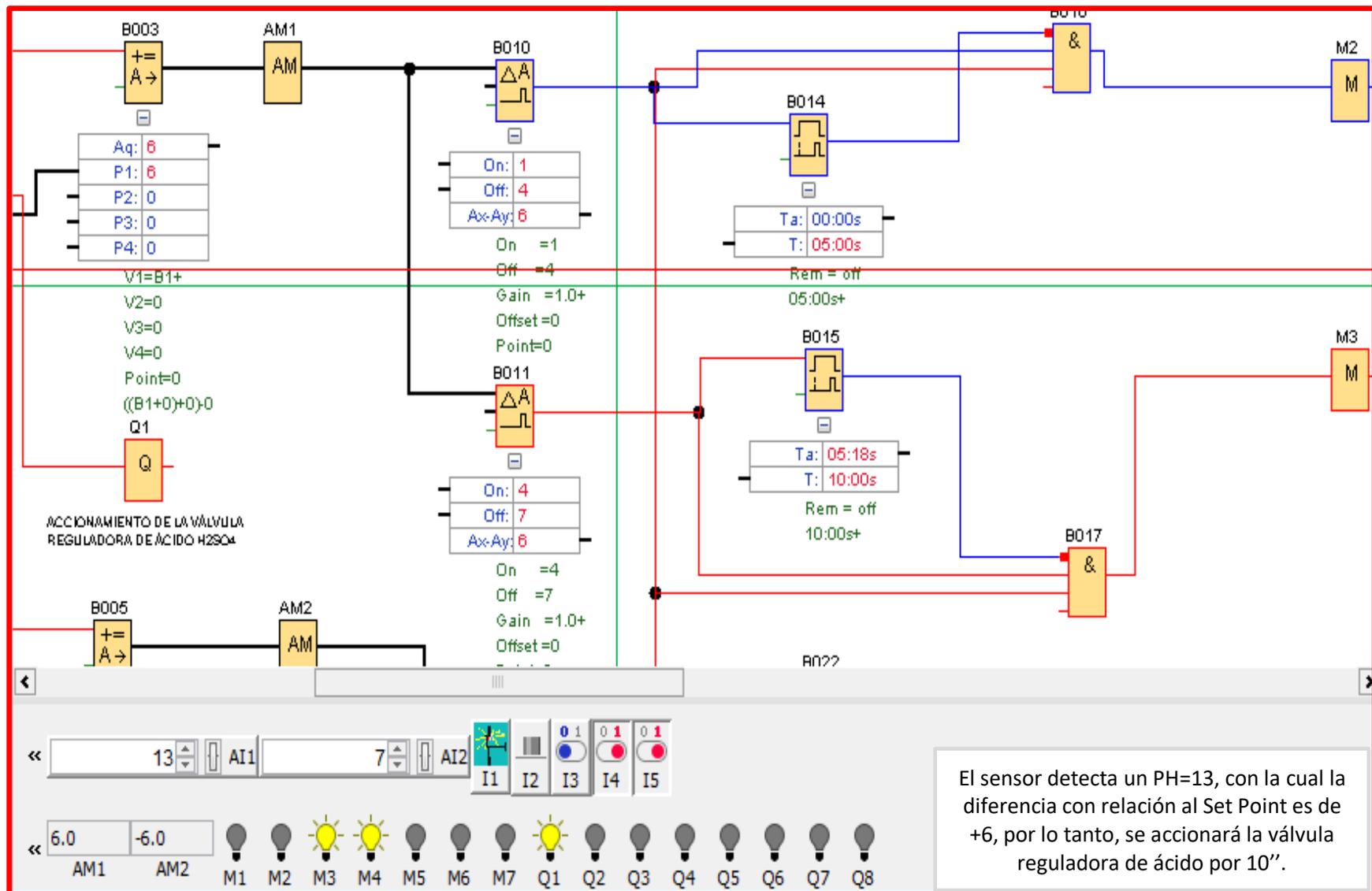


Figura 16: El sensor detecta pH = 13, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de ácido por 10"
Fuente: Software Logo Soft Comfort V8

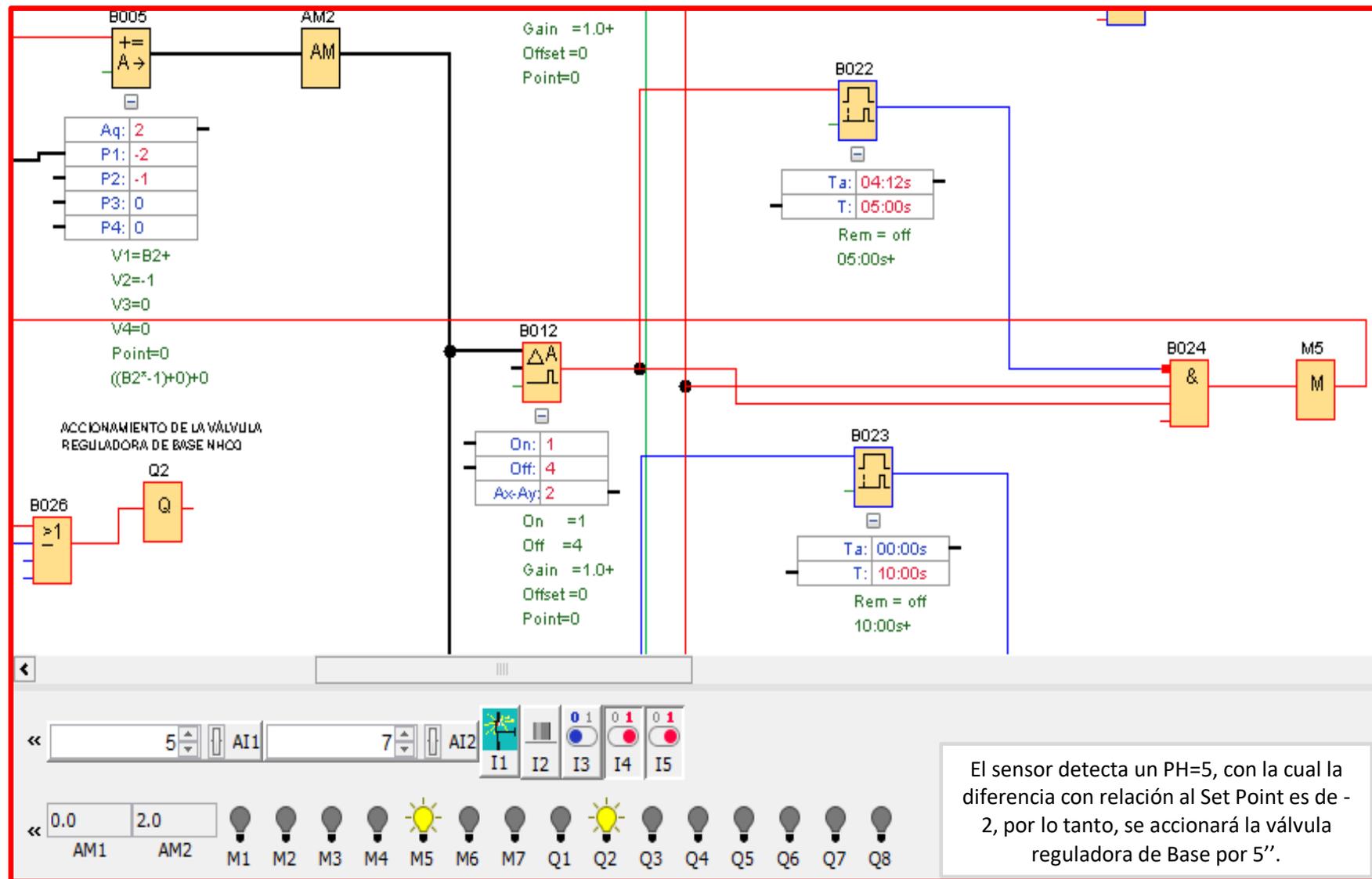


Figura 17: El sensor detecta pH = 5, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de base por 5''
Fuente: Software Logo Soft Comfort V8

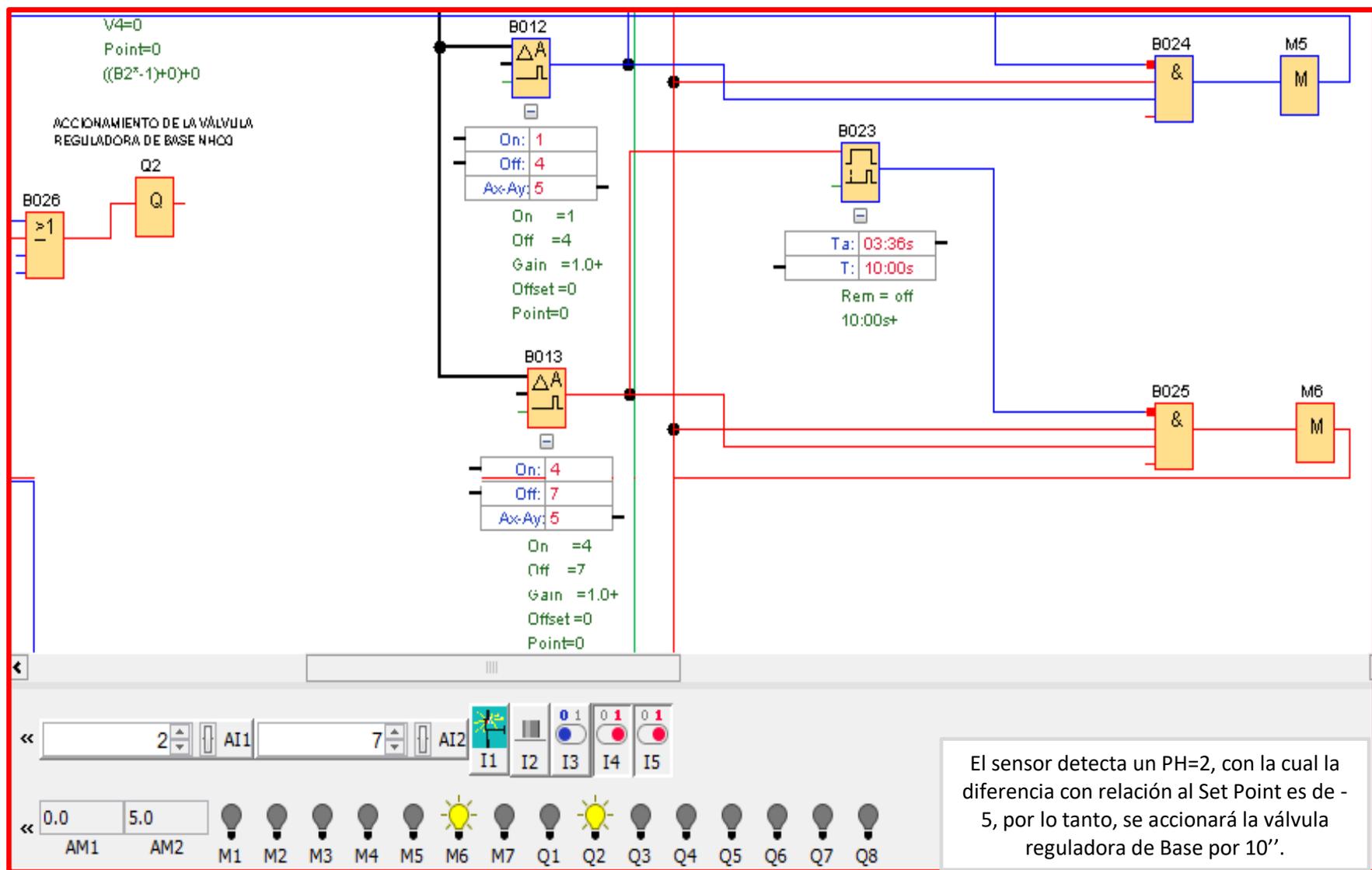


Figura 18: El sensor detecta pH = 2, y automáticamente se acciona la válvula reguladora de base por 10''
Fuente: Software Logo Soft Comfort V

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Diseño metodológico

El diseño de investigación que se ha determinado para la presente tesis es Experimental de tipo Experimental Puro, ya que, según Hernández Sampieri, R. (2007), en esta investigación se induce cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso, para identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida.

Asimismo, manifiesta que “los diseños experimentales intentan establecer básicamente relaciones causa-efecto. Más específicamente, cuando se desea estudiar como una variable independiente (causa) modifica una variable dependiente (efecto). Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”.

4.2 Diseño muestral

Población

Según Malhorta (2008), es la suma de todos los elementos que comparten un conjunto común de características y que constituyen el universo para el propósito del problema de la investigación.

La población total para esta investigación será el reactor de neutralización semi Batch.

Muestra de estudio

Según Malhorta (2008), el muestreo es la colección de elementos u objetos que procesan la información buscada por el investigador, y sobre la cual, se harán inferencias; de igual manera, nos dice que la muestra es un subgrupo de elementos de una población selecta, para participar en un estudio.

La muestra para esta investigación será el reactor de neutralización semi Batch.

4.3 Técnicas y recolección de datos

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), esta etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre variables, sucesos, contextos, categorías, comunidades u objetos involucrados en la investigación. Recolectar los datos, implica tres actividades:

- Seleccionar un instrumento o método de recolección de los datos entre los disponibles en el área de estudio, en la cual se inserte nuestra investigación.
- Aplicar ese instrumento o método para recolectar datos.
- Preparar observaciones, registros y mediciones obtenidas para que se analicen correctamente.

En la presente investigación se utilizará la técnica de observación, y el instrumento de recolección de datos que se empleará, serán los reportes técnicos de medición.

La observación es una técnica de hechos, durante la cual, el analista participa activamente, actúa como espectador de las actividades llevadas a cabo por una

persona para conocer mejor su sistema. El propósito de esta observación es múltiple, ya que permite al analista determinar qué y cómo se está haciendo, quién lo hace, cuándo se lleva a cabo, cuánto tiempo toma, dónde se hace y por qué se hace.

4.4 Técnicas estadísticas para el procesamiento de información

El procesamiento de información se realizará por medio del Software SPSS versión 24; ya que nos facilita la captura e interpretación de los datos. Y como menciona Hair, Bush y Ortinau (2004), existen diferentes métodos, al igual que paquetes para analizar los datos, siendo el Statistical Package for the Social Sciences, el utilizado en la presente investigación.

4.5 Aspectos éticos

Esta investigación estará cumpliendo con lo establecido con la Autoridad Nacional del Agua (2019), conforme a la Ley de los Recursos Hídricos N° 29338, y con la Ley General del Ambiente N° 28611, establecida por el Ministerio del Ambiente (2005).

CAPÍTULO V
RESULTADOS

5.1 Resultados

Haciendo uso del instrumento de recolección de datos (Anexo 1), se muestra los valores obtenidos, sobre los indicadores tiempo de dosificación de ácido (segundos) en el proceso manual y tiempo de dosificación de ácido en el proceso automático, estos datos serán analizados e interpretados por el software estadístico SPSS versión 24.

Cabe señalar que las mediciones se realizaron durante un día de tratamiento de agua residual, en un intervalo de media hora. (Anexo 2)

	TIEMPO_DOSIFICACION_ACIDO_MANUAL_SEGUNDOS	TIEMPO_DOSIFICACION_ACIDO_AUTOMATICO_SEGUNDOS
1	5	5
2	9	5
3	8	5
4	10	5
5	10	5
6	8	5
7	13	5
8	17	5
9	16	5
10	10	10
11	9	5
12	10	5
13	10	5
14	5	5
15	15	5
16	18	5
17	25	5
18	11	5
19	20	5
20	5	5
21	5	10
22		

Figura 19: Recolección de datos del tiempo de dosificación de ácido en el proceso manual y automático
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la media de los indicadores de tiempo de dosificación de ácido (segundos) en el proceso manual y tiempo de dosificación de ácido en el proceso automático.

Tabla 6

Media del tiempo de dosificación de ácido en el proceso manual y automático

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
TIEMPO_DOSIFICACIÓN_ÁCIDO_MANUAL_SEGUNDOS	21	5	25	11,38	5,380
TIEMPO_DOSIFICACIÓN_ÁCIDO_AUTOMÁTICO_SEGUNDOS	21	5	10	5,48	1,504
N válido (por lista)	21				

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra los valores obtenidos, sobre los indicadores tiempo de dosificación de base (segundos) en el proceso manual y tiempo de dosificación de base en el proceso automático.

	TIEMPO_DOSIFICACION_BASE_MANUAL_SEGUNDOS	TIEMPO_DOSIFICACION_BASE_AUTOMATICO_SEGUNDOS
1	17	5
2	18	5
3	14	5
4	15	5
5	9	5
6	16	5
7	5	5
8	12	5
9	12	10
10	17	5
11	9	5
12	15	5
13	18	5
14	18	5
15	18	5
16	18	5
17	18	5
18	10	5
19	13	5
20	13	5
21	14	5
22		

Figura 20: Recolección de datos del tiempo de dosificación de base en el proceso manual y automático
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la media de los indicadores tiempo de dosificación de base (segundos) en el proceso manual y tiempo de dosificación de base en el proceso automático.

Tabla 7

Media del tiempo de dosificación de base en el proceso manual y automático

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
TIEMPO_DOSIFICACIÓN_BASE_MANUAL_SEGUNDOS	21	5	18	14,24	3,714
TIEMPO_DOSIFICACIÓN_BASE_AUTOMÁTICO_SEGUNDOS	1	5	10	5,24	1,091
N válido (por lista)	21				

Fuente: Elaboración propia

	DIFERENCIA_DE_LA_PRECISION_DE_PH_ACIDO_MANUAL	DIFERENCIA_DE_LA_PRECISION_DE_PH_ACIDO_AUTOMATICO
1	,50	,00
2	,20	,10
3	,80	,00
4	,50	,00
5	,10	,00
6	,40	,10
7	,50	,00
8	,40	,00
9	,60	,00
10	,50	,00
11	,30	,00
12	,50	,00
13	,50	,00
14	,50	,00
15	,10	,00
16	,40	,00
17	,10	,00
18	,60	,00
19	,10	,00
20	,50	,00
21	,80	,00
22		

Figura 21: Recolección de datos de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático - Ácido

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se muestra los valores obtenidos, sobre los indicadores diferencia de la precisión de pH en la dosificación del ácido del proceso manual y la diferencia de la precisión de pH en la dosificación del ácido del proceso automático.

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la media de los indicadores diferencia de la precisión de pH en la dosificación del ácido del proceso manual y la diferencia de la precisión de pH en la dosificación del ácido del proceso automático.

Tabla 8

Media de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático – Acido

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
DIFERENCIA_DE_LA_PRECISIÓN_DE_PH_ÁCIDO_MANUAL	21	,10	,80	,4238	,20953
DIFERENCIA_DE_LA_PRECISIÓN_DE_PH_ÁCIDO_AUTOMATICO	21	,00	,10	,0095	,03008
N válido (por lista)	21				

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra los valores obtenidos, sobre los indicadores diferencia de la precisión de pH en la dosificación de base del proceso manual y la diferencia de la precisión de pH en la dosificación de base del proceso automático.

	DIFERENCIA_DE_LA_PRECISION_DE_PH_BASE _MANUAL	DIFERENCIA_DE_LA_PRECISION_DE_PH_BASE AUTOMATICO
1	,50	,00
2	,20	,00
3	,80	,00
4	1,00	,00
5	,30	,00
6	,60	,00
7	,10	,00
8	,40	,00
9	,40	,00
10	,50	,00
11	,30	,00
12	1,00	,00
13	,20	,00
14	,20	,00
15	,20	,10
16	,50	,00
17	,50	,00
18	,50	,00
19	,30	,00
20	,30	,00
21	,80	,00
22		

Figura 22: Recolección de datos de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático - Base

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resultado de la media de los indicadores diferencia de la precisión de pH en la dosificación de base del proceso manual y la diferencia de la precisión de pH en la dosificación de base del proceso automático.

Tabla 9

Media de la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual y automático – Base

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
DIFERENCIA_DE_LA_PRECISIÓ N_DE_PH_BASE_MANUAL	21	,10	1,00	,4571	,25995
DIFERENCIA_DE_LA_PRECISIÓ N_DE_PH_BASE_AUTOMATICO	21	,00	,10	,0048	,02182
N válido (por lista)	21				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 Discusión

En la presente investigación utilizamos como herramienta estadística la media aritmética. Para calcularla se toman en cuenta los valores de los indicadores resultados analizados tanto en el proceso manual como en el automático.

Se suele calcular el promedio para cada uno de los grupos (manual y automático); la diferencia entre las dos observaciones promedio, será el impacto de la presente investigación.

Entonces para evaluar el impacto se utilizará la siguiente fórmula mostrada a continuación:

$$\% \text{ de impacto} = \frac{(\text{Media PA} - \text{Media PM})}{(\text{Media PM})} \times 100 \quad \dots (1)$$

Donde:

% de impacto= Porcentaje de impacto

Media PA= Promedio del proceso automático

Media PM= Promedio del proceso manual

Como se observa en la tabla 6, la media del tiempo de dosificación del ácido del proceso manual es 11,38 segundos, mientras que la media en el proceso automático es 5,48 segundos, por lo cual con el proceso automático se ha logrado la disminución de los tiempos de dosificación del ácido.

Ahora calcularemos el porcentaje de impacto de este indicador, haciendo uso de la ecuación 1.

$$\% \text{ de impacto} = \frac{(5,48 - 11,38)}{(11,38)} \times 100$$

$$\% \text{ de impacto} = -51\%$$

Como vemos con el proceso automático se ha logrado disminuir en un 51% el tiempo de dosificación del ácido, debido a que en el tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico, se encuentra instalada una válvula reguladora la cual está controlada por un medio de un temporizador, el cual está configurado con valores de condición para su activación, que se muestra en la tabla 5; lo que hace que el proceso tenga un tiempo exacto de dosificación, lo cual resulta favorable en el proceso productivo de la empresa.

De igual manera, calcularemos el porcentaje de impacto del tiempo de dosificación de base del proceso manual y automático, cuyos valores se muestran en la Tabla 7.

$$\% \text{ de impacto} = \frac{(5,24 - 14,24)}{(14,24)} \times 100$$

$$\% \text{ de impacto} = -63.2\%$$

Como vemos con el proceso automático se ha logrado disminuir en un 63.2% el tiempo de dosificación de base.

A continuación, en la siguiente figura se muestra la representación gráfica de estos resultados.

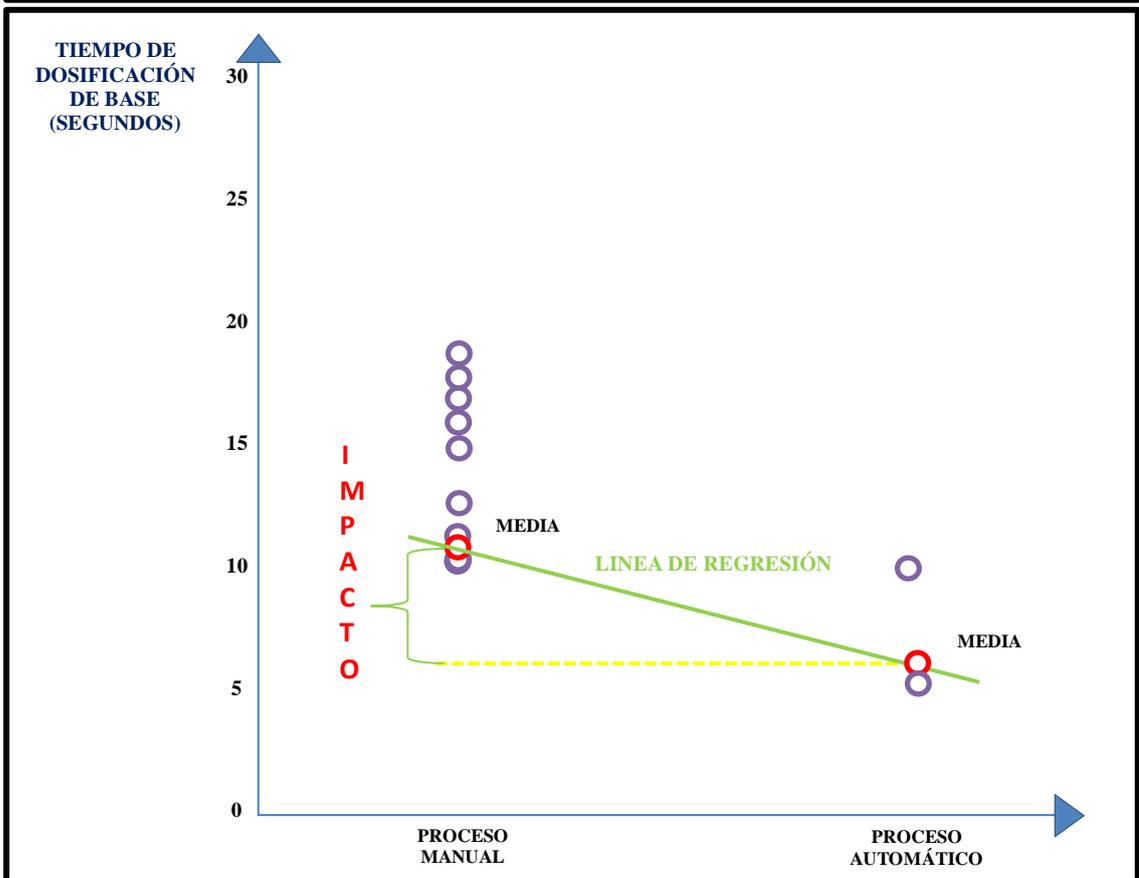
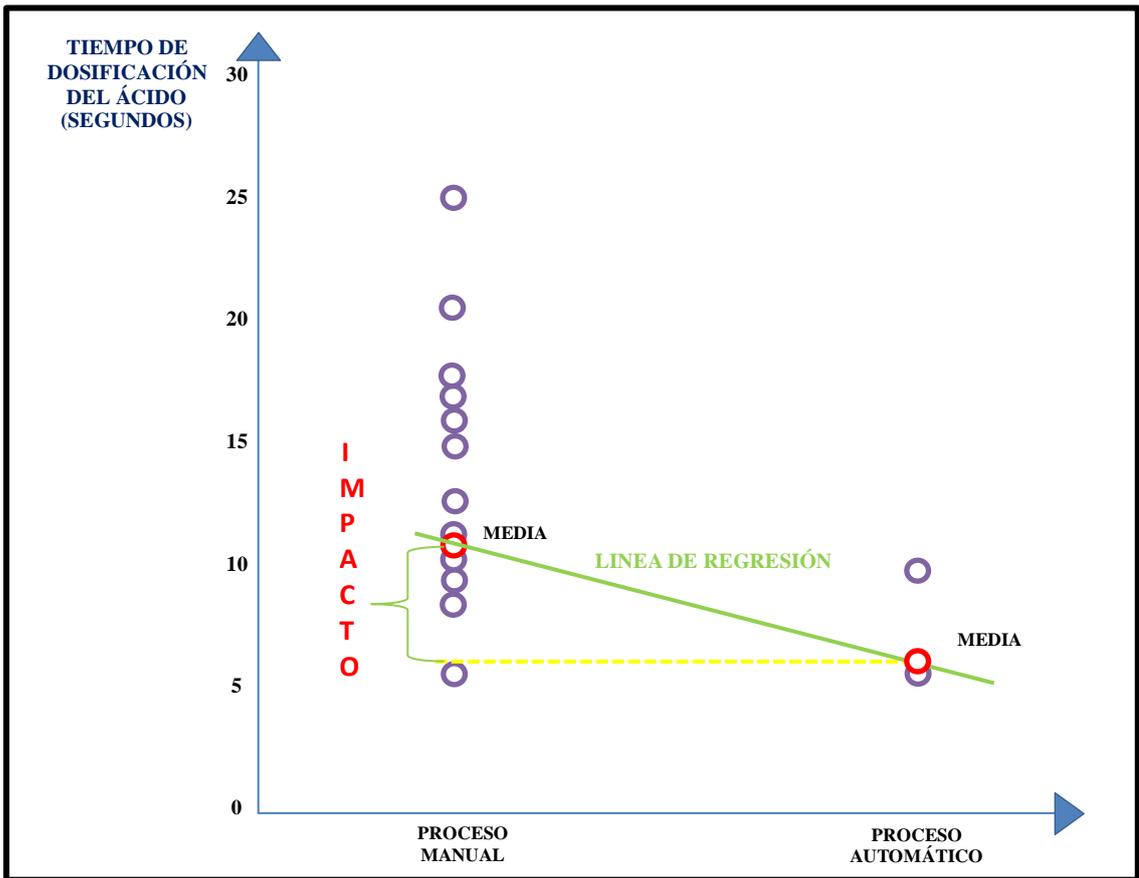


Figura 23: Representación gráfica del impacto del tiempo de dosificación ácido y base
Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la figura anterior, la recta de regresión lineal tiene una pendiente negativa, lo cual representa a la disminución que tiene el indicador en relación con el proceso automático.

Como se observa en la tabla 8, la media de la diferencia de la precisión de pH en la dosificación del ácido del proceso manual es 0,423, mientras que en el proceso automático es 0,0095, por lo cual con el proceso automático se ha logrado la disminución del valor de error de este indicador.

Ahora calcularemos el porcentaje de impacto de este indicador, haciendo uso de la ecuación 1.

$$\% \text{ de impacto} = \frac{(0,0095 - 0,423)}{(0,423)} \times 100$$

$$\% \text{ de impacto} = -97.75\%$$

Como se muestra con la automatización se ha logrado una disminución del 97.75% del valor de error de la precisión de pH, obteniendo un porcentaje de control deseado, cabe señalar que no se llega a un 100% debido a que existe un mínimo porcentaje de error en que el controlador llega a su estado estable.

De igual manera, calcularemos el porcentaje de impacto diferencia de la precisión de pH en la dosificación de base del proceso manual y automático, cuyos valores se muestran en la Tabla 9.

$$\% \text{ de impacto} = \frac{(0,048 - 0,4571)}{(0,4571)} \times 100$$

$$\% \text{ de impacto} = -89.49\%$$

Como se muestra con la automatización se ha logrado una disminución del 89.49% del valor de error de la precisión de pH, obteniendo un porcentaje de control deseado.

En la siguiente figura se muestra la representación gráfica del impacto de estos resultados. Tal como se muestra en las siguientes figuras, la recta de regresión lineal tiene una pendiente negativa, lo cual representa a la disminución que tiene el indicador en relación con el proceso automático.

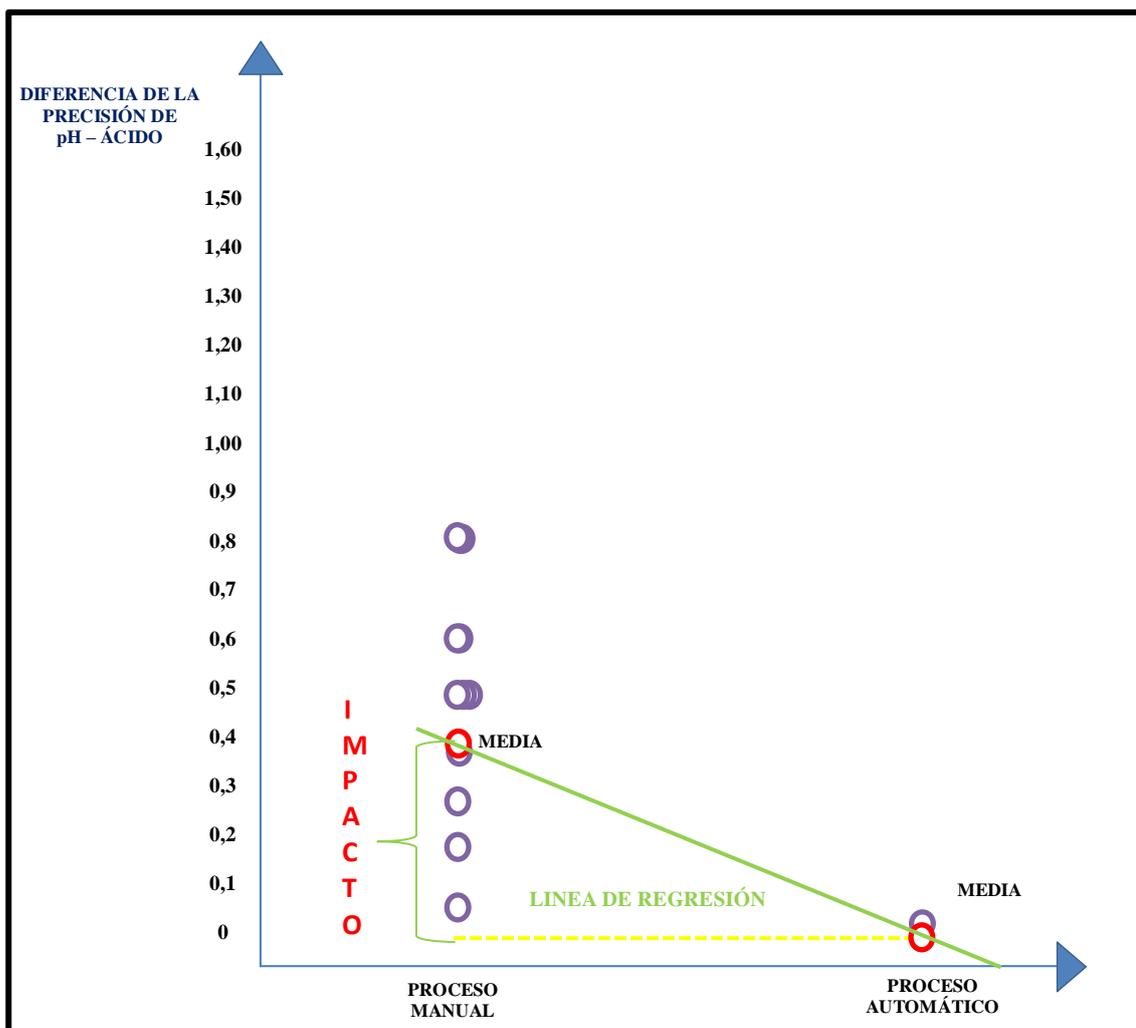


Figura 24: Representación gráfica del impacto de la diferencia de la precisión de pH - Ácido
Fuente: Elaboración propia

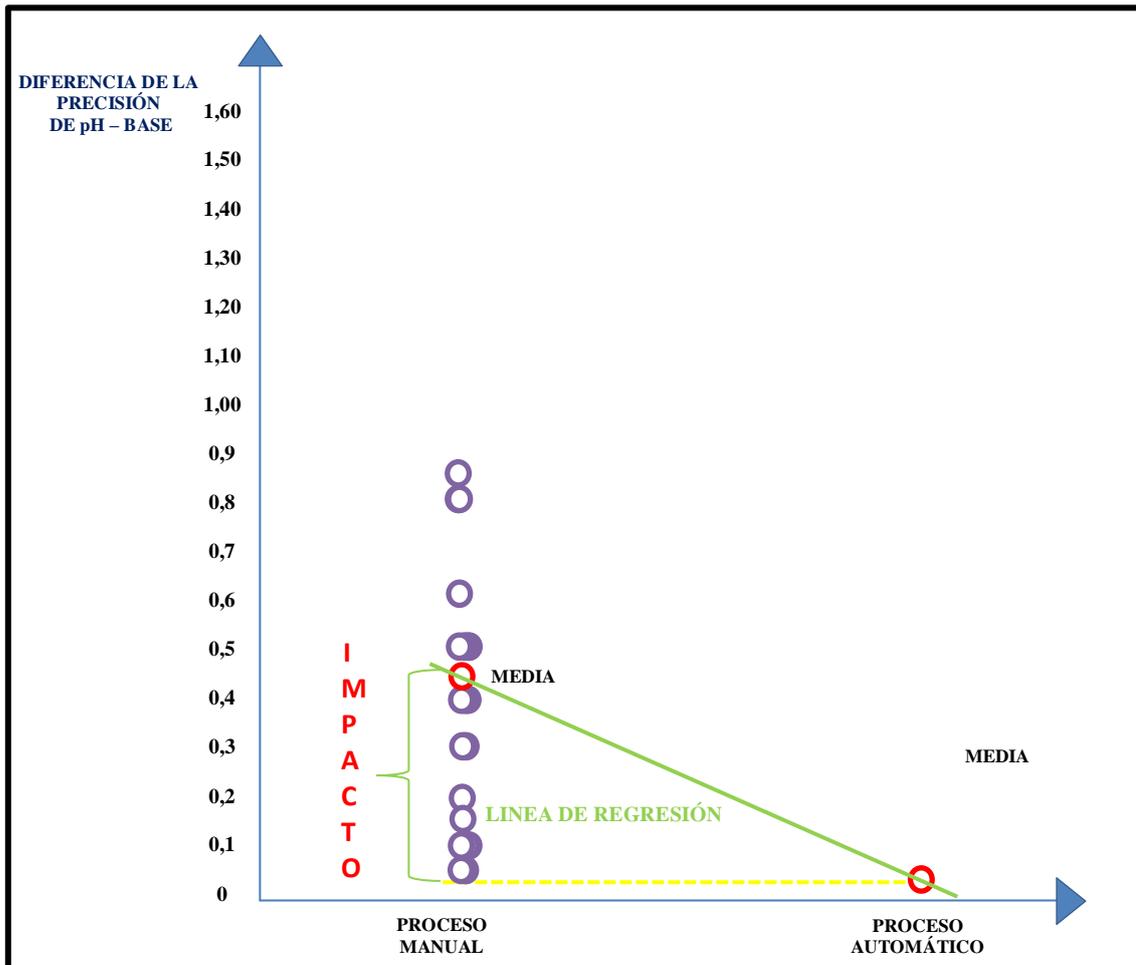


Figura 25: Representación gráfica del impacto de la diferencia de la precisión de pH - Base
 Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Se logró automatizar el reactor de neutralización Semi Batch, haciendo uso del Controlador Lógico Programable Siemens LOGO 230 RC, con características de 2 entradas analógicas, 5 entradas digitales y 8 salidas discretas, mejorando la precisión en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, en un 100%, en la Empresa Ovotec S.A.C.
2. Se logró determinar el impacto del tiempo de dosificación de ácido y base en el proceso automático, sobre el tiempo de dosificación de ácido y base en el proceso manual, el cual es 51% y 63.2%, respectivamente, con lo que se determinó que con el proceso automático se ha logrado disminuir el tiempo en esos porcentajes, valores que resultan favorable para la Empresa, ya que habrá una mayor productividad de agua tratada.
3. Se logró determinar el impacto de la diferencia de la precisión de pH en el proceso automático, sobre la diferencia de la precisión de pH en el proceso manual, el cual es 97.75% y 89.49%, respectivamente, con lo que se determinó que con el proceso automático se ha logrado disminuir el valor de error que tiene la dosificación manual, mejorando de esta manera la precisión del pH.

RECOMENDACIONES

1. En relación con la automatización del reactor de neutralización Semi Batch, en el proceso de dosificación del tratamiento de agua residual, se recomienda, incluir un interfaz HMI a fin de monitorear el proceso de manera permanente y a distancia, garantizando que los operarios o técnicos encargados tenga el menor contacto con el proceso.
2. En relación con la dosificación de ácido y base, en el proceso de neutralización del tratamiento de agua residual, se recomienda, implementar un plan de mantenimiento preventivo al Controlador Lógico Programable Siemens LOGO 230RC, a los sensores y actuadores presentes en el automatismo, con la finalidad de evitar paradas inesperadas en el proceso.
3. En relación con la diferencia de la precisión de pH, en el proceso de neutralización del tratamiento de agua residual, se recomienda, realizar la regulación por porcentaje de apertura y cierre, mediante una válvula senoidal, así lograr una mayor precisión en la dosificación, ya que en la actual programación se regula por tiempo mediante una válvula on – off.

BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Agua (2019). *Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338*. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos>
- Barrera, E. (2013). *Propuesta de Automatización en la dosificación de químicos para la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) en Vélez Santander*. (Tesis de Pregrado). Universidad Industrial de Santander, Colombia. Recuperado de <https://electronikuts.files.wordpress.com/2014/09/tesis-sandra-y-eliecercorregidos.pdf>
- Brenes, N. (2009). *Control de PH constante en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Sigma Alimento*. (Tesis de Pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2592/InformeFinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espíritu, E. (2016). *Automatización del cárcamo de retro lavado de la planta de tratamientos de aguas residuales Santa Clara- Pariachi a través de Controladores Lógicos Programables (PLC) y sistemas de control y adquisición de datos (SCADA)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica del Perú. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/452>
- García, A. (1999). *El control automático en la industria*. España: Ediciones de la Universidad de Castilla. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=MzLgX4uM-O0C&printsec=frontcover&dq=El+control+autom%C3%A1tico+en+la+industria&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjJv-xsrbdAhXHwFkKHfYQ6AEIJzAA#v=onepage&q=El%20control%20autom%C3%A1tico%20en%20la%20industria&f=false>
- Hair, J., Bush, R. & Ortinau, D. (2004). *Investigación de mercados*. (2° ed.). España: McGraw-Hill Interamericana

Hernández, R. (2007). *Metodología de la investigación para bachillerato*. España: McGraw-Hill

Hernández, R., Fernández, C. & y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6° ed.). España: McGraw-Hill Education,

Huatay, V. (2013). *Diseño de un sistema de supervisión y control del proceso de ecualización en la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa DOE RUN Perú*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada de Antenor Orrego, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/784>

Luis, J. (2013). *Prototipo de sistema de monitoreo para la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad tecnológica de la Mixteca*. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica de la Mixteca, México. Recuperado de http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/12102.pdf

Malhorta, N. (2008). *Investigación de mercados*. (5° ed.). México: Pearson Educación

Medina, J. (2010). *La Automatización en la Industria Química*. España: UPC. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=q0dpBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=La+Automatizaci%C3%B3n+en+la+Industria+Qu%C3%ADmica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjbg5TpsrbdAhWnxFkKHUd7B1EQ6AEIJzAA#v=onepage&q=La%20Automatizaci%C3%B3n%20en%20la%20Industria%20Qu%C3%ADmica&f=false>

Ministerio del Ambiente (2005). Ley General del Ambiente N° 28611. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

Miranda, M. (2012). *Diseño e implementación de una planta de laboratorio para neutralizar en forma continua aguas acidas residuales*. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica del Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/96374/D-83328.pdf>

- Montes de Oca, J. (2010). *Diseño e implementación de un sistema de automatización para el procesamiento de aguas residuales en la central térmica Guangopolo*. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército de Sangolquí, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/242/T-ESPE-027434.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. (5° ed.). Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Rufino, W. (2016). *Automatización del control de compuertas para mejorar el sistema de distribución de agua y sedimentos en el desarenador - proyecto Chavimochic*. (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/8934>
- Rumié, D., Mcnish, F., Cano, J. (2011). *Diseño e implementación de estrategias de mejoramiento del sistema automatizado de estabilización del ph de agua residual industrial, en un tanque de neutralización de la planta DPA en Valledupar*. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia. Recuperado de <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062308.pdf>
- Villacorta, L. (2016). *Mejoramiento de los procesos de filtración mediante la automatización de las etapas de lavado y filtrado en la planta de tratamiento de agua potable del proyecto especial Chavimochic*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8754>

ANEXOS

ANEXO 1 – INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

“AUTOMATIZACIÓN DEL REACTOR DE NEUTRALIZACIÓN SEMI BATCH, PARA LA MEJORA DE LA PRECISION EN EL PROCESO DE DOSIFICACION DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, EN LA EMPRESA OVOTEC S.A.C”	
Proceso:	
Modo de Operación:	
Fecha de medición:	
pH (ingreso)	
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	
pH (deseado)	
Δ pH	

ANEXO 2 – REPORTE DE MEDICIÓN

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	8.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	8.7
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	9
pH (salida)	7.2
pH (deseado)	7
Δ pH	0.2

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	8.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	8
pH (salida)	7.8
pH (deseado)	7
Δ pH	0.8

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	10
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	10
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	8
pH (salida)	7.4
pH (deseado)	7
Δ pH	0.4

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	10
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	13
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	11
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	17
pH (salida)	7.4
pH (deseado)	7
Δ pH	0.4

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	11.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	16
pH (salida)	7.6
pH (deseado)	7
Δ pH	0.6

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	10
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9.8
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	9
pH (salida)	7.3
pH (deseado)	7
Δ pH	0.3

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	10
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	10
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	8.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	10
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	15
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	11
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	18
pH (salida)	7.4
pH (deseado)	7
Δ pH	0.4

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	12
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	25
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	9.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	11
pH (salida)	7.6
pH (deseado)	7
Δ pH	0.6

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	11
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	20
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	8.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	8.8
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7.8
pH (deseado)	7
Δ pH	0.8

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	4
Tiempo de apertura Base (seg.)	17
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	3.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	18
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.2
pH (deseado)	7
Δ pH	0.2

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	14
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.8
pH (deseado)	7
Δ pH	0.8

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	15
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	8
pH (deseado)	7
Δ pH	1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	9
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.3
pH (deseado)	7
Δ pH	0.3

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	4.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	16
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.6
pH (deseado)	7
Δ pH	0.6

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	6
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	12
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.4
pH (deseado)	7
Δ pH	0.4

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	12
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.4
pH (deseado)	7
Δ pH	0.4

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	4
Tiempo de apertura Base (seg.)	17
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	9
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.3
pH (deseado)	7
Δ pH	0.3

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	15
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	8
pH (deseado)	7
Δ pH	1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	3.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	18
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.2
pH (deseado)	7
Δ pH	0.2

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	3.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	18
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.2
pH (deseado)	7
Δ pH	0.2

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	3.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	18
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.2
pH (deseado)	7
Δ pH	0.2

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	2
Tiempo de apertura Base (seg.)	18
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	2
Tiempo de apertura Base (seg.)	18
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	10
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.5
pH (deseado)	7
Δ pH	0.5

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	4.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	13
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.3
pH (deseado)	7
Δ pH	0.3

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	4.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	13
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.3
pH (deseado)	7
Δ pH	0.3

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Manual
Fecha de medición:	6/08/2018
pH (ingreso)	5.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	14
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.8
pH (deseado)	7
Δ pH	0.8

PROCESO AUTOMÁTICO

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	9
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	8.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	8
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	8.3
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	9.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	9.2
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	9.2
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	10
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	12
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	10
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	11
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	10.4
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	10.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	9
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	10.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	11
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	9
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	9
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	8
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	8
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	8
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	5
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	13
Tiempo de apertura Base (seg.)	
Tiempo de apertura Acido (seg.)	10
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	5.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	3.3
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4.6
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	3.8
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	2
Tiempo de apertura Base (seg.)	10
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	3
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	6
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	4
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	5.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	6.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7
pH (deseado)	7
Δ pH	0

Proceso:	Neutralización
Modo de Operación:	Automático
Fecha de medición:	3/09/2018
pH (ingreso)	5.5
Tiempo de apertura Base (seg.)	5
Tiempo de apertura Acido (seg.)	
pH (salida)	7.1
pH (deseado)	7
Δ pH	0.1

ANEXO 3 – INVERSIÓN

Finalmente se determinará el análisis costo beneficio, que tiene la automatización del reactor de neutralización Semi Batch, en la empresa Ovotec S.A.C.

N°	COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PLC Siemens LOGO 230RC	1	S/. 929.00	S/. 929.00
2	Válvula Eléctrica ON -OFF 220 VAC ∅ Boquilla 2"	1	S/. 1,288.45	S/. 1,288.45
3	Válvula Eléctrica ON -OFF 220 VAC ∅ Boquilla 3/4"	2	S/. 1,742.90	S/. 3,485.80
4	Sensores de Nivel	2	S/. 650.00	S/. 1,300.00
5	Sensor de PH 0 – 10V	1	S/. 220.00	S/. 220.00
6	Electrobomba Monofásica 4 HP 220 VAC	1	S/. 2,120.00	S/. 2,120.00
7	Agitador eléctrico	1	S/. 3,680.00	S/. 3,680.00
8	Instalación (15días)	4 operarios	S/. 150 x día	S/. 9,000.00
9	Costo por mantenimiento	2veces/año	S/. 1,900.00	S/. 3,800.00
10	Otros	-	S/. 1,416.00	S/. 1,416.00
TOTAL			S/. 27,239.25	

Según el área de calidad de la empresa Ovotec SAC, el costo en pérdidas que ha generado el sistema manual en el proceso de tratamiento de agua residual es de S/. 2,121.50 (Este monto representa las pérdidas asociadas al mal uso de los insumos químicos, es decir a la sustancia ácida y sustancia base); cabe señalar que este monto se conoce de la información proporcionada por el área de calidad, el cual señala que la pérdida económica en cada evento donde se realiza una mala dosificación es de S/. 424.3, y al mes en promedio se generan 5 eventos.

Ahora lo que antes de la automatización representaba pérdidas, con la automatización del proceso de dosificación se convertirá en ahorro mensual (Beneficio Mensual); lo que si multiplicamos por 12 meses, se tendrá el flujo neto o Beneficio Anual; siendo su valor de S/. 25, 458.00.

Una vez obtenido estos valores calcularemos el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Inversa de retorno (TIR).

El Valor Actual Neto, se conoce como un indicador financiero, definido como la sumatoria del cociente entre el flujo neto anual, y la suma de 1 más la tasa de interés pasiva, elevado al año correspondiente al valor del flujo neto anual. En nuestro caso va desde el año 1 hasta el año 3, debido a la información que se conoce.

$$AN = \sum_{i=1}^{i=3} \frac{(Flujo\ Neto\ Anual)\ i}{(1 + tasa\ de\ interes\ pasiva)^i} - Inversión$$

El valor actual neto (VAN), se basa en los siguientes criterios:

Valor	Significado	Decisión por tomar
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto se puede aceptar
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida	El proyecto se debería rechazar
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Ya que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia la información proporcionada por el área de costos y presupuestos de la Empresa OVOTEC SAC, se tiene:

Inversión	
Inversión	-S/. 27,239.25
FLUJO NETO O BENEFICIO ANUAL	
Flujo Neto 2018	S/. 25,458.00
Flujo Neto 2019	S/. 26,324.00
Flujo Neto 2020	S/. 25,315.00
FORMULACIÓN DE DATOS	
Número de años	3
Tasa de Interés pasiva (tip)	0.0235

Fuente: OVOTEC SAC.

Reemplazando en la fórmula se tiene que:

$$VAN = \frac{25,458.00}{(1 + 0.0235)^1} + \frac{26,324.00}{(1 + 0.0235)^2} + \frac{25,315.00}{(1 + 0.0235)^3} - 27,239.25 \quad \dots (1)$$

Luego el valor del VAN es:

$$VAN = S/. 49,273.22$$

Este valor del VAN, al ser mayor que cero, implica que la inversión generará ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

Ahora con la finalidad de determinar el TIR, o tasa de retorno inversa, que representa el valor de la tasa de interés pasiva, para el cual se genera un VAN de cero, utilizamos la siguiente expresión:

$$VAN = 0 = \frac{25,458.00}{(1 + TIR)^1} + \frac{26,324.00}{(1 + TIR)^2} + \frac{25,315.00}{(1 + TIR)^3} - 27,239.25 \quad \dots (2)$$

Resolviendo:

$$TIR = 77.44\%$$

Este valor del TIR se tendrá que comparar con el indicador financiero TMAR, el cual se determina como la sumatoria de los porcentajes del riesgo país, la tasa de inflación anual y la tasa de interés pasiva, la tasa se expresa de forma porcentual y se calcula con la siguiente fórmula:

$$TMAR = rp + ti + tip \quad \dots (3)$$

Donde:

TMAR: Tasa mínima aceptable de rendimiento

rp: Porcentaje del riesgo del país = 1.28%

ti: Tasa de inflación anual = 2.5%

tip: Tasa de interés pasiva = 2.35%

Dichos valores se obtuvieron de la Superintendencia de Banco Seguros y AFP.

$$TMAR = 1.28\% + 2.5\% + 2.35\%$$

$$TMAR = 6.13\%$$

La tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) y la tasa interna de retorno (TIR), se basan en los siguientes criterios:

Valor	Significado	Decisión por tomar
TMAR > TIR	El proyecto generará pérdidas.	El proyecto NO será redituable y NO se invertirá en él.
TMAR < TIR	El proyecto puede ser redituable y los inversores se interesarán en él, por lo que cualquier rendimiento superior al de la TMAR es bueno.	Invertir en el proyecto
TMAR = TIR	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Si la TMAR es igual a la inflación, el proyecto NO generará pérdidas ni ganancias.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el resultado obtenido para el TIR y TMAR, se considera que la inversión será rentable para la empresa OVOTEC S.A.C, ya que el TMAR (6.13%) es menor al TIR (77.44%).

ANEXO 4 – TASA DE INTERÉS PASIVA

 SUPERINTENDENCIA
DE BANCA, SEGUROS Y AFP
República del Perú

TASAS DE INTERÉS PASIVAS DE MERCADO

Ingrese fecha:  (dd/mm/aaaa) [Consultar](#) [Exportar](#)

Tasa de Interés Pasiva Promedio de Mercado Efectiva al 25/12/2018

Moneda Nacional(TIPMN)	2.35%	Anual
Moneda Extranjera(TIPMEX)	0.76%	Anual

Fuente: Superintendencia de Banca y Seguros y AFP