

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**



**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”**

JULIO EDUARDO MONTESDEOCA ESCOBAR

CARLOS IVÁN VILLACÍS MOYA

SANGOLQUÍ - ECUADOR

2010

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Proyecto de Grado titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”, ha sido desarrollado en su totalidad por los señores: Julio Eduardo Montesdeoca Escobar y Carlos Iván Villacís Moya, y elaborado bajo nuestra dirección como requisito previo para la obtención del Título en Ingeniería Electrónica, automatización y Control.

Sangolquí, 14 de Abril del 2010.

Ing. Paúl Ayala
DIRECTOR

Ing. Wilson Yépez
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Antes que nada queremos dar gracias a Dios, por ser el Señor de nuestras vidas, por darnos fuerzas cada día, por ese conocimiento que nos impulsa a seguir adelante en los momentos más grandes de oscuridad. Por fortalecer nuestros corazones e iluminarnos con gente que nos han servido de guía en nuestro largo sendero.

En segundo lugar queremos agradecer al Ingeniero Paul Ayala, ya que sin su dirección, paciencia, apoyo y esa gran amistad que ha sabido brindarnos este trabajo no hubiera podido concretarse.

Un especial agradecimiento también al Ingeniero Wilson Yopez, quien de manera desinteresada, colaboró con nosotros en cosas básicas pero esenciales para el desarrollo a satisfacción de este trabajo.

Queremos agradecer al lugar donde nos hemos desarrollado como profesionales, la honorífica Escuela Politécnica del Ejército, esas aulas donde vivimos tantas experiencias nuevas, a todos nuestros profesores, los que día a día nos llenaban de conocimientos y a todos los amigos y compañeros que logramos conseguir a lo largo de nuestra carrera.

Por último queremos dar las gracias a la Empresa que nos brindó la oportunidad de realizar nuestra tesis en ella, CELEC TERMOPICHINCHA, ya que sin su apoyo incondicional y desinteresado este trabajo no se habría podido llevar a cabo.

También queremos agradecer de manera especial a nuestro amigo, colega y supervisor de tesis, el Ingeniero Milton Santander, que con sus advertencias, consejos y oportunas ideas nos ayudaron a mejorar mucho este proyecto.

Julio y Carlos.

DEDICATORIA

Quiero agradecer primeramente a mis padres, por haberme brindado el apoyo necesario tanto en los buenos como en los malos momentos.

A mi madre María, por ser uno de los pilares fundamentales, ya que con su paciencia, cariño y sabiduría me supo enseñar la diferencia entre lo bueno y lo malo, con el paso del tiempo te has convertido en mi mejor amiga por tu confianza y tu comprensión, no sabes cuánto te quiero mí amada madre.

A ti padre mío, Julio, que aunque discutimos, siempre me demuestras cual es el valor de un buen trabajo y lo importante de saber hacerlo bien, por apoyarme y siempre estar preocupado por mí. Te quiero muchísimo papi eres muy especial en mi vida.

Mi abuelita Rosa, siempre esperando cada regreso mío a casa sea temprano o de madrugada, siempre estuviste ahí para mi, querida abuelita, y siempre estaré para cualquier cosa que necesites. Gracias por estar siempre pendiente de mi, abuelita te quiero mucho.

A ti Fernando, mi queridísimo hermano, porque tú has sido mi soporte en los momentos más feos de mi vida, siempre has sabido oírme y comprenderme. No sabes cuan contento y orgulloso me siento de tenerte, porque sin tu diaria fe en mí, no hubiera tenido el valor para terminar este gran trabajo, trabajo que te dedico como prueba de que un esfuerzo constante da excelentes resultados.

Carlitos, como olvidarme de ti, si te has llegado convertir en mi mejor amigo, esa persona que te apoya siempre y te da buenos consejos para progresar en la vida, contigo he vivido

innumerables cosas, las cuales me han servido para madurar y aprender a ver la vida de una mejor forma.

A todos mis familiares, primos, tíos, que siempre han sabido darme un pequeño consejo y un gran empujón para finalizar este trabajo, que al fin puedo ver cristalizado.

Finalmente a un amigo en especial Juan Pablo Idrovo, gracias mi hermano porque tu perseverancia en que terminemos el trabajo nos dio fuerzas y ánimos para ponerle ganas cada día. Muchísimas gracias por tu preocupación mi hermano, esas son las personas que de verdad muestran ser tus amigos.

Julio.

DEDICATORIA

Son tantas las personas a las cuales debo parte de este triunfo, de lograr alcanzar mi culminación académica, la cual es el anhelo de todos los que así lo deseamos.

Definitivamente, Dios, mi Señor, mi Guía, mi Proveedor; sabes lo esencial que has sido en mi posición firme de alcanzar esta meta, esta alegría, que si pudiera hacerla material, la hiciera para entregártela, pero a través de esta meta, podré siempre de tu mano alcanzar otras que espero sean para tu Gloria.

Mis padres y hermano, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes. GRACIAS, por darme la posibilidad de que de mi boca salga esa palabra “FAMILIA”. Madre, serás siempre mi inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende y que todo esfuerzo es al final recompensa. Tu perseverancia, se convirtió en tu triunfo y el mío, TE AMO.

A mi porción de cielo que bajó hasta acá para hacerme el hombre más feliz y realizado del mundo, gracias porque nunca pensé que de tan pequeño cuerpecito emanara tanta fuerza y entusiasmo para sacar adelante a alguien. TE ADORO SEBASTIAN, A la mujer, que con su amor se entrego en cuerpo y alma para darme este angelito a los nueve meses, porque a mas de ser mi soporte eres mi ruta, mi compañera y esposa, también este triunfo es tuyo, gracias MI VIDA, TE AMO ANA LUCIA.

A todos mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome en todo las circunstancias posibles, también son parte de esta alegría, LOS RECUERDO.

A mi gran amigo CHESTER, juntos luchamos para que este esfuerzo se vea reflejado en una realidad, fuiste un pilar en los ánimos y desarrollo de esto.

A mis mejores amigos Jean Paul y Andrés, que juntos compartimos las aulas dejando una huella imborrable de amistad e innumerables vivencias, que me hicieron crecer como persona y futuro profesional.

Y a todos aquellos, que han quedado en los recintos más escondidos de mi memoria, pero que fueron participes en cincelar a este Carlos Villacís, GRACIAS.

Carlos.

PRÓLOGO

El presente proyecto muestra el proceso de automatización del sistema de tratamiento de aguas residuales en la Central Térmica de Guangopolo, mediante la programación de un PLC y la implementación de un sistema SCADA para el manejo y monitoreo del mismo.

Proporciona la información del tipo de tratamiento para la evacuación de aguas residuales que se utiliza en las centrales eléctricas cumpliendo con las normas ambientales exigidas por el órgano regulador.

Se realiza un análisis de mejoramiento de los procesos en el sistema y la optimización de los recursos mediante la automatización.

Finalmente se detallan las conclusiones obtenidas en este proyecto y se brindan varias recomendaciones para la obtención de mejores resultados en el sistema.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	4
1.2.1. Monitoreo Ambiental.....	5
1.3. Justificación e Importancia.....	5
1.4. Alcance del Proyecto.....	6
1.5. Objetivos	8
1.5.1. Objetivo General	8
1.5.2. Objetivos Específicos.....	8
CAPITULO 2	9
MARCO TEORICO.....	9
2.1. Introducción	9
2.2. Proceso de purificación de aguas residuales	10
2.2.1. Procesos de Tratamiento	11
2.2.1.1 Tratamiento primario.....	12
2.2.1.2 Tratamiento secundario.....	14
2.2.1.3 Tratamiento terciario	15
2.3. Electroválvulas	17
2.3.1. Introducción	17
2.3.2. Electroválvulas de diafragma	18
2.4. Tipos de sensores para medición de nivel	20
2.5. Automatización mediante PLC.....	22
2.5.1. Descripción del PLC	22
2.5.2. Principios básicos	25
2.5.3. Señales Analógicas y digitales	26
2.5.4. Capacidades E/S en los PLC modulares	27
2.5.5. Programación	28
2.5.6. Campo de aplicación de los PLC's	30
CAPITULO 3	33

SISTEMA ACTUAL.....	33
3.1. Lista del Equipo utilizado	35
3.1.1. Zona de Piscinas	35
3.1.2. Tanque de Sedimentación.....	35
3.1.3. Depósito de Lodos.....	36
3.1.4. Recirculación y Ozonificación.....	37
3.1.5. Filtraje.....	38
3.1.6. Panel de Control.....	39
3.2. Descripción del sistema.....	40
3.3. Determinación de variables del proceso.....	47
CAPITULO 4	49
SEGURIDAD INDUSTRIAL	49
4.1. Normas para el medio ambiente	49
4.1.1. Uso de químicos para la depuración de aguas residuales	53
4.2. Normas para instalaciones industriales	55
4.2.1. Monitoreo de Ruido	56
4.2.2. Monitoreo de vibraciones.....	56
4.3. Normas para instalaciones Eléctricas.....	57
4.3.1. Normas Generales.....	58
4.3.2. Normas específicas antes de la operación	58
4.3.3. Normas específicas durante la operación	59
4.3.4. Normas específicas posteriores a la operación.....	59
4.3.5. Normas específicas para el empleo y conservación del material de seguridad	60
4.4. Problemas detectados en el sistema	63
CAPITULO 5	65
AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA.....	65
5.1. Parámetros de Automatización.....	65
5.1.1. Descripción del sistema.....	78
5.1.1.1 Arquitectura del Sistema.....	79
5.1.2. Flujo de Información	81
5.2. Parámetros para configuración de la Interfaz.....	85
5.3. Flujo de Materiales.....	89

5.3.1. Automatización de las Piscinas y Tanque de Sedimentación.....	89
5.3.2. Automatización de los Tanques de Dosificación.....	89
5.3.3. Automatización de la descarga de Lodos.....	91
5.3.4. Automatización del Proceso de Recirculación y Ozonificación.....	92
5.3.5. Automatización del Proceso de Descarga y Retrolavado.....	93
5.4. Programación del PLC, con la respectiva descripción de la lógica.....	93
5.4.1. Diagramas de Flujo.....	119
5.4.2. Asignación de Variables.....	125
5.5. Diseño de la HMI.....	134
5.5.1. Descripción de la interfaz HMI.....	134
CAPITULO 6.....	144
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	144
6.1. Pruebas.....	144
6.2. Resultados.....	146
CAPITULO 7.....	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
7.1. CONCLUSIONES.....	148
7.2. RECOMENDACIONES.....	150
ANEXOS.....	152

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Piscinas de sedimentación primaria.....	13
Figura 2.2. Tanque de sedimentación.....	14
Figura 2.3. Ozonificador	16
Figura 2.4. Tanque de filtraje	17
Figura 2.5. Electroválvula en reposo solenoide cerrado.....	19
Figura 2.6. Electroválvula abierta solenoide activo	20
Figura 2.7. Sensor tipo flotador con histéresis.....	21
Figura 2.8. Controladores de nivel	22
Figura 3.1. Esquema del sistema.....	34
Figura 3.2. Zona de Piscinas	35
Figura 3.3. Tanque de Sedimentación.....	36
Figura 3.4. Depósito de lodos.....	36
Figura 3.5. Recirculación y Ozonificación.....	37
Figura 3.6. Tanque de Filtraje.....	38
Figura 3.7. Panel de Control	39
Figura 4.1. Informe de Análisis de Agua.....	51
Figura 4.2. Informe de Análisis de Agua.....	52
Figura 4.3. Protección auditiva.....	56
Figura 4.4. Monitoreo de vibraciones	57
Figura 5.1. Bombas de 1 ½ HP.	66
Figura 5.2. Bombas de 2 HP.....	67
Figura 5.3. Transformador 220 - 24 VAC.	69
Figura 5.4. Fusibles tipo cartucho.....	70
Figura 5.5. PLC Twido 40 DRF.	70
Figura 5.6. Módulo de expansión para PLC Twido.	71
Figura 5.7. Relés de 24 VAC.....	71
Figura 5.8. Relé Tripolar Térmico.	72
Figura 5.9. Contactor MEC.....	73
Figura 5.10. Contactor Telemecanique.	74
Figura 5.11. Terminal tipo puntera.....	75
Figura 5.12. Terminal tipo U.....	75
Figura 5.13. Borneras para cable.....	76
Figura 5.14. Borneras para conexión a tierra.....	76
Figura 5.15. Riel DIN.	77
Figura 5.16. Canaleta.....	77
Figura 5.17. Tablero de distribución.....	78
Figura 5.18. Programación del PLC.....	94
Figura 5.19. Programación del PLC.....	95
Figura 5.20. Programación del PLC.....	96
Figura 5.21. Programación del PLC.....	97
Figura 5.22. Programación del PLC.....	98

Figura 5.23. Programación del PLC.....	99
Figura 5.24. Programación del PLC.....	100
Figura 5.25. Programación del PLC.....	101
Figura 5.26. Programación del PLC.....	102
Figura 5.27. Programación del PLC.....	103
Figura 5.28. Programación del PLC.....	104
Figura 5.29. Programación del PLC.....	105
Figura 5.30. Programación del PLC.....	106
Figura 5.31. Programación del PLC.....	107
Figura 5.32. Programación del PLC.....	108
Figura 5.33. Programación del PLC.....	109
Figura 5.34. Programación del PLC.....	110
Figura 5.35. Programación del PLC.....	110
Figura 5.36. Programación del PLC.....	111
Figura 5.37. Programación del PLC.....	112
Figura 5.38. Programación del PLC.....	112
Figura 5.39. Programación del PLC.....	113
Figura 5.40. Programación del PLC.....	114
Figura 5.41. Programación del PLC.....	115
Figura 5.42. Programación del PLC.....	115
Figura 5.43. Programación del PLC.....	116
Figura 5.44. Programación del PLC.....	117
Figura 5.45. Programación del PLC.....	117
Figura 5.46. Programación del PLC.....	118
Figura 5.47. Programación del PLC.....	118
Figura 5.48. Pantalla interfaz HMI.....	134
Figura 5.49. Menú Superior HMI.....	136
Figura 5.50. Menú Inferior HMI.....	136
Figura 5.51. Botón Modo Automático.....	137
Figura 5.52. Piscina API.....	138
Figura 5.53. Dosificación Químicos.	139
Figura 5.54. Descarga lodos.....	140
Figura 5.55. Ozonificación.	141
Figura 5.56. Descarga de agua al río.....	142
Figura 5.57. Modificación de valores para el sistema.....	142

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características del PLC Twido TWD LCAE 40 DRF	23
Tabla 2.2. Características del módulo de expansión TWD DRA 8RT	24
Tabla 2.3. Características del módulo de expansión TWD DRA 16RT	24
Tabla 3.1. Dosificación de químicos para el proceso de sedimentación.....	44
Tabla 4.1. Informe de Análisis de Agua	53
Tabla 5.1. Datos Técnicos Electroválvula de diafragma.	66
Tabla 5.2. Datos Técnicos Bomba de 1 ½ HP.....	67
Tabla 5.3. Datos Técnicos Bomba de 2 HP.	68
Tabla 5.4. Datos Técnicos Transformador 220 - 24 VAC.	69
Tabla 5.5. Datos Técnicos Relés de 24 VAC.	72
Tabla 5.6. Datos Técnicos Relés Tripolar Térmico.....	73
Tabla 5.7. Datos Técnicos Contactor MEC.....	74
Tabla 5.8. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	75
Tabla 5.9. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	84
Tabla 5.10. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	85
Tabla 5.11. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	85
Tabla 5.12. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	85
Tabla 5.13. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	86
Tabla 5.14. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	86
Tabla 5.15. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	87
Tabla 5.16. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.	87
Tabla 5.16. Tabla de Entradas Físicas.	125
Tabla 5.17. Tabla de Variables Auxiliares.....	126
Tabla 5.19. Tabla de Variables Auxiliares	129
Tabla 5.20. Tabla de Variables Auxiliares	130
Tabla 5.21. Tabla de Variables Auxiliares	130
Tabla 5.22. Tabla de Variables de Salida	131
Tabla 5.23. Tabla de Variables de Salida	132
Tabla 5.24. Tabla de Variables de Salida	133

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Este proyecto está desarrollado con la finalidad de optimizar el Sistema de Procesamiento de Aguas Residuales en la Central Termoeléctrica Guangopolo, el cual debe cumplir con normas de seguridad ambiental, ya que los desechos líquidos utilizados en la planta son nocivos y en esta condición se encuentran impedidos de ser enviados al río San Pedro directamente, volviéndose de esta manera imprescindible la purificación de los desechos, con el fin de contribuir con el plan ecológico planteado por el Ilustre Municipio de Quito y con los principios propuestos por Termopichincha.

Es así que la tesis se encuentra planteada de la siguiente manera:

CAPÍTULO PRIMERO

Se da una introducción explicando el tipo de empresa en la que se va a desarrollar el proyecto y la importancia que tiene la automatización del tratamiento del sistema de aguas residuales, mencionado el comportamiento ambiental del proceso y referenciando los problemas encontrados en el mismo, para esto se detalla el proyecto en su propuesta inicial.

También se explican brevemente las etapas del proceso y se mencionan los químicos que se utilizan, para el desecho de aguas residuales a los ríos afluentes, cumpliendo con las normas ambientales, y además el planteamiento de los objetivos.

CAPÍTULO SEGUNDO

Básicamente en el capítulo segundo se detalla el fundamento teórico que es parte primordial de la investigación, el mismo que contiene características básicas para la introducción de la parte práctica, refiriéndose a la implementación del sistema. Por otro lado esta permitirá adentrarse en el conocimiento de la teoría del sistema de tratamiento de aguas residuales, así como en el uso de materiales y sus características principales.

CAPÍTULO TERCERO

Se estudia el funcionamiento del proceso actual, permitiendo describir las variables usadas y verificar los problemas detectados en el sistema, de manera que se fundamente la parte básica del proceso, con lo cual se pueda tener claro los elementos que deben ser reestructurados para la automatización correcta del mismo.

CAPÍTULO CUARTO

En el capítulo cuarto se generalizan las normas de seguridad industrial que son básicas para la implementación de un proceso, siendo estas indispensables en la prevención de accidentes, tanto al manipular elementos químicos como en el trabajo físico en general, para esto se detalla las normas de seguridad para el medio ambiente, así como para la instalación de sistemas eléctricos industriales.

CAPÍTULO QUINTO

En el capítulo quinto se detalla el proceso de automatización del sistema, se verifica el flujo de información, flujo de materiales, documentación de la programación del PLC, diseño de la HMI los mismos que van a ser manipulados por los usuarios.

CAPÍTULO SEXTO

En el capítulo sexto se informa sobre las pruebas y resultados de la automatización, que necesariamente deben ser realizadas para observar el desempeño del sistema y verificar el correcto funcionamiento, además ayudará a establecer una base para un futuro mantenimiento.

CAPÍTULO SÉPTIMO

En esta parte se informan las conclusiones y recomendaciones de la parte teórica y práctica, en las que se verán reflejadas las enseñanzas que deja el proyecto.

Para indicar una información general se puede mencionar, que la automatización de este sistema es importante ya que permitirá cumplir con el proceso estrictamente, sin obviar algún paso que podría influir directamente con el resultado; por otro lado, en la automatización de este sistema se optimiza el tiempo de operación en los trabajadores encargados de este proceso y los mismos pueden ser utilizados en otra área, ya que al momento estos son encargados de cumplir con todo el proceso de tratamiento en forma manual.

Las normas ambientales referentes al manejo de residuos son muy exigentes y debido a esto es indispensable la creación de un sistema de mezcla de químicos, con los porcentajes necesarios para que puedan ayudar al proceso de tratamiento, los mismos que al interactuar con los residuos permiten la clarificación del agua y la

sedimentación de los desechos, quedando listo el sistema para el proceso de ozonificación, continuando con un filtraje final el cual permite la evacuación del agua con un pH permitido por el órgano regulador, al río San Pedro y de esta manera evidenciar el compromiso de la Empresa con el cumplimiento de las normas ambientales.

ANEXOS

Como documentación anexa, se encuentran los manuales de usuario y los diagramas de ingeniería básica y de detalle, en los cuales se muestra el diseño del proyecto que servirá como respaldo para la operación y el respectivo mantenimiento.

1.2. Antecedentes

TERMOPICHINCHA S. A. genera progreso a la sociedad ecuatoriana, mediante la producción y comercialización de energía eléctrica y la entrega de dividendos al Fondo de Solidaridad, para posibilitar el financiamiento de sus programas de desarrollo humano.

TERMOPICHINCHA S.A. reconoce su responsabilidad ante la sociedad y el medio ambiente, y está comprometida a llevar a cabo todas sus actividades siguiendo los principios de desarrollo sostenible, para esto se preocupa en respetar las regulaciones ambientales ecuatorianas y mejorar sus niveles de cumplimiento mediante alternativas técnicas y económicamente viables, así como también comprometiéndose a manejar, monitorear y reducir los impactos ambientales causados por su propia actividad productiva, poniendo énfasis en las emisiones a la atmósfera y las descargas líquidas.

Por otro lado se promueve el cuidado y preservación del medio ambiente entre la empresa, proveedores y contratistas; asegurando que todos entiendan los aspectos ambientales de su actividad. La ejecución de la política ambiental está asegurada mediante el compromiso del Directorio, quien procurará el suministro de los recursos necesarios para la implementación y mantenimiento del Plan de Manejo Ambiental

1.2.1. Monitoreo Ambiental

Descargas líquidas – Central Guangopolo

A fin de dar cumplimiento a las disposiciones legales ambientales vigentes, TERMOPICHINCHA S.A. contrató los servicios del Laboratorio Ambiental de la Universidad Católica del Ecuador, con el propósito de analizar las descargas líquidas provenientes de la torre de enfriamiento, trabajos de mantenimiento y limpieza, teniendo como resultados un promedio de 14000 litros semanales de descarga de agua clarificada al Río San Pedro con un pH promedio de 7.2, el mismo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el órgano regulador.

Mediante la operación efectiva de ésta planta, se asegura el cumplimiento de todos los parámetros de control, de las aguas que son vertidas al Río San Pedro.

El proceso actualmente consiste en el almacenamiento de aguas residuales, en forma manual y que comprende varias etapas, pero debido al manejo de los materiales de desecho y los químicos involucrados con el tratamiento, resulta perjudicial la interacción entre dichos insumos con el ser humano.

Por lo anteriormente expuesto es indispensable realizar una automatización del proceso, incluyendo las normas de seguridad industrial y de medio ambiente requeridas por el Ilustre Municipio de Quito, en el área de manejo ambiental.

1.3. Justificación e Importancia

La necesidad de automatizar el sistema de aguas residuales en las Centrales de Generación Eléctrica es de mucha importancia, ya que estas poseen residuos de aceite utilizados en la refrigeración de los motores de la planta y bunker usado como combustible, que sirve para el funcionamiento de los calderos que se usan en la generación de energía eléctrica, éstos residuos tienen un pH de 11 que no pueden ser enviados directamente a los afluentes cercanos (Río San Pedro), por lo cual se necesitan un procesamiento para cumplir con las normas ambientales, además la manipulación directa del ser humano con dichos residuos pueden ocasionar daños generales.

Los principales problemas que ocasiona el tratamiento manual de aguas residuales son: a) La negligencia de los operadores, ya que en muchas ocasiones las condiciones de procesamiento óptimas no se cumplen, y por lo tanto se quebrantan las normas ambientales requeridas en el proceso; y, b) imprecisiones en la mezcla de los químicos, para la separación de los sedimentos y el agua, ocasionando pérdidas económicas para la empresa y un fallo en la purificación.

Debido a que en el proceso de tratamiento, la apertura de válvulas, la mezcla de químicos, limpieza de piscinas y retiro de sedimentos es repetitiva, el operario encargado puede llegar a tener una fatiga mental y física, provocando un mal desempeño de sus funciones con lo que el proceso al final del día, terminará siendo deficiente.

Por lo antes mencionado, la automatización del sistema resulta de gran importancia para la central térmica de Guangopolo, ya que al contar con ésta, se evita la dependencia humana y se garantiza un proceso efectivo que cumple con todos los requerimientos sin obviar ningún paso.

1.4. Alcance del Proyecto

Primeramente se propone realizar un estudio detallado del funcionamiento actual del proceso de purificación de líquidos residuales, mediante los siguientes pasos: Separación del agua clarificada con los sedimentos (flóculos) mediante químicos que ayudan a la sedimentación, inyección de ozono al agua clarificada; y, finalmente la limpieza a través de un filtro. Luego se realizará el estudio del funcionamiento posterior, de manera que se pueda determinar cuál es el flujo de materiales que se va a utilizar, así como la forma en que se maneja el flujo de información, y de esta manera poder desarrollar el proyecto en forma ordenada y clara.

Con base a lo anteriormente indicado, se planifica el diseño del sistema electrónico de automatización, que consiste en colocar estratégicamente sensores de nivel (alto y bajo) que permitan realizar un control de flujo, tanto del agua clarificada como de los sedimentos que posteriormente son enviados al Ilustre Municipio de Quito

para un análisis; todo esto para que se permita el cambio de elementos en el desarrollo del proyecto.

En un inicio se necesita reemplazar las válvulas existentes por electroválvulas tipo ON - OFF; que serán activadas de acuerdo al proceso y programadas mediante la utilización de un PLC, el mismo que controlará los elementos principales de la automatización.

El proceso inicia en la colocación de desechos en la primera piscina, los mismos que mediante un proceso de descarte, es decir, permitiendo que el agua por ser menos densa que el combustible se filtre, obteniendo en la octava piscina desechos líquidos menos impuros, por lo que es necesario la colocación de una boya, la cual emitirá una señal de alto nivel que activará una bomba para despojar dichos desechos e iniciar el filtraje con mayor detalle. Esta bomba cuenta con un escape para realizar un procesamiento de cebado (método para expulsar el aire que se queda en la tubería de la bomba cuando ya no absorbe agua), ya que en ocasiones por alguna causa natural o por fallas humanas puede absorber aire, con lo cual la bomba puede dañarse.

Una vez ejecutado lo antes mencionado, es necesaria la colocación de tres tanques, en los cuales se introducirán los químicos que ayudan a la floculación de los sedimentos, como son: Hipoclorito de Sodio, Policloruro de Aluminio y Copolímero Amida Acrílica del Ácido Sódico, dichos químicos permitirán que los desechos se compacten y se dirijan al fondo de un tanque de sedimentación, en el cual se separarán dichos desechos del agua contaminada mediante un proceso de sedimentación. Para la mezcla de los químicos en medidas exactas se colocará en los contenedores llaves de paso reguladas de acuerdo al caudal que se requiere de cada químico.

Todo el sistema se encuentra centralizado en una sala de control con una interfaz HMI, para que el operario controle el proceso de una manera eficiente.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de las condiciones actuales del procesamiento de aguas residuales, para entender su funcionamiento.
- Diseñar e implementar un sistema que permita automatizar y verificar el proceso de purificación en sus diferentes etapas, mediante el control de un PLC, y un interfaz HMI.
- Diseñar e implementar un sistema de mezcla para químicos en dos tanques, que permita dar solución al problema de compactación de sedimentos, mediante la apertura y cierre automático de electroválvulas.
- Documentar adecuadamente el proyecto.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Introducción

En el amplio apartado de la introducción, se ha planteado algunos temas que pueden constituirse en marcos de aproximación al estudio que son:

- Proceso de purificación de aguas residuales.
- Depuración de aguas residuales.
- Electroválvulas.
- Tipos de sensores para medición de nivel.
- Automatización mediante PLC.
- Redes Informáticas Industriales.

Sin poder evitar partir de esos filtros intencionales y conceptuales, se centrará en los temas semánticamente asociados al estudio que se exponen a continuación.

Para la realización de este proyecto es indispensable tener conocimiento tanto de la teoría de automatización como de los elementos a utilizarse, por eso es necesario la lectura y comprensión del principio de funcionamiento de los materiales; así como de su reconocimiento físico. A continuación se detalla tanto la teoría del proceso en sí, como los elementos que se van a utilizar, enfatizando en los distintos procesamientos de aguas residuales y aclarando el porqué del uso de este procedimiento en la Central Termoeléctrica Guangopolo.

Otro de los aspectos fundamental que se debe tomar en cuenta es el impacto ambiental debido a que en la actualidad se está viviendo una crisis ambiental mundial, en la que cada una de las empresas se debe responsabilizar del manejo apropiado de los materiales de desecho, sean estos líquidos, sólidos o gaseosos, siendo prioritario un sistema de control ambiental que permita mantenerse dentro de los parámetros permitidos por el Distrito Metropolitano de Quito.

En definitiva se pretende sintetizar aquello que permita comprender que elementos interactúan en la parte de control ambiental y el proceso de automatización del mismo, para entender la importancia que se tiene en estos dos ámbitos complementarios y dan un buen resultado, facilitando el manejo de este y permitiendo que el operador no maneje sustancias toxicas perjudiciales para su salud.

En el momento de esa síntesis, todo lo anteriormente analizado ayudará a no hacer interpretaciones simplificadas, de una realidad que también para la implementación, es compleja.

2.2. Proceso de purificación de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales (o agua residual, doméstica o industrial, entre otras.), es un proceso que a su vez incorpora asuntos físicos, químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano.

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango también convenientes para los futuros propósitos o recursos.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones, locales comerciales e industriales. Esto puede ser tratado dentro del sitio en el cual es generado (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o recogido y llevado mediante una red de tuberías y eventualmente bombas a una planta de tratamiento

municipal. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales domésticas, están típicamente sujetos a regulaciones y estándares tanto locales como estatales (regulaciones y controles). Recursos industriales de aguas residuales, a menudo requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales es alcanzado por la separación física inicial de sólidos de la corriente de aguas domésticas o industriales, seguido por la conversión progresiva de materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida, el agua tratada puede experimentar una desinfección adicional mediante procesos físicos o químicos. Este efluente final puede ser descargado o reintroducidos de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial o subsuelo), etc. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

2.2.1. Procesos de Tratamiento

Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a:

- Tratamiento primario. (asentamiento de sólidos)
- Tratamiento secundario. (tratamiento biológico de sólidos flotantes y sedimentados)
- Tratamiento terciario. (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección)

2.1.1.1 Tratamiento primario

El tratamiento primario sirve para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico. En esta parte primaria los siguientes pasos que deben cumplirse de manera organizada

✓ **Remoción de sólidos**

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

✓ **Remoción de arena**

Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena, donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso, para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que envía la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.



Figura 2.1. Piscinas de sedimentación primaria

✓ **Investigación y maceración**

El líquido libre de abrasivos es pasado a través de pantallas arregladas o rotatorias, para remover material flotante y materia grande como trapos y partículas pequeñas como chícharos y maíz. Los escaneos son colectados y podrán ser regresados a la planta de tratamiento de fangos o podrán ser dispuestos al exterior hacia campos o incineración. En la maceración, los sólidos son cortados en partículas pequeñas, a través del uso de cuchillos rotatorios montados en un cilindro revolvente, es utilizado en plantas que pueden procesar esta basura en partículas. Los maceradores son, sin embargo, más caros de mantener y menos confiables que las pantallas físicas.

✓ **Sedimentación**

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación, donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, para que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente, y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente. Los tanques primarios de establecimiento se equipan generalmente con raspadores, conducidos mecánicamente y que llevan continuamente

los fangos recogidos hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba pueden llevarlos hacia otras etapas del tratamiento.

2.1.1.2 Tratamiento secundario



Figura 2.2. Tanque de sedimentación.

El tratamiento secundario básicamente consiste en la clarificación del agua y la sedimentación de los residuos, que en el caso del proyecto son de bunker y químicos para la limpieza de los motores. Para esto se utiliza materiales químicos que ayudan a la floculación de los residuos permitiendo que todos los aceites y demás se solidifiquen y por densidad vayan al fondo del tanque, dejando listo el proceso para evacuar los lodos y dejar el agua clarificada lista para el proceso terciario que se explica a continuación.

2.1.1.3 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido, antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.). Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, se lo conoce como “pulir el efluente”.

Para que el proceso de tratamiento terciario inicie, es fundamental el tratamiento de agua con ozono el mismo que se basa, fundamentalmente, en lograr un tiempo de contacto adecuado del agua con la cantidad adecuada de ozono. Concentraciones de entre 0.5 y 0.8 mg/l de ozono, durante unos tres o cuatro minutos son suficientes para conseguir una calidad de agua excepcional y desinfectada. Tras el tratamiento, el ozono se descompone en oxígeno tras varios minutos no dejando ningún tipo de residual, pero por consiguiente, tampoco existirá ningún residual desinfectante que pudiera prevenir el crecimiento bacteriológico. En los casos en los que sea necesario asegurar que el agua de consumo ha sido recién tratada con ozono, el sistema de ozonización se realizará en un depósito con un caudal de recirculación, en donde mediante un inyector vénturi se añadirá la proporción de ozono adecuada, esta cantidad de ozono y por tanto, la concentración de ozono residual en el depósito depende, en primer lugar, de las características de producción del equipo, y en segundo lugar, del tiempo de funcionamiento y parada del mismo. Es decir, mediante el temporizador, es posible aumentar y disminuir el tiempo de producción y de parada, consiguiendo en estado estacionario una mayor o menor concentración de ozono. Para sistemas más complejos de regulación y control puede instalarse una sonda de medición de ozono residual en el agua que actúe directamente sobre la producción del equipo, para alcanzar el valor de consigna preestablecido, así como el ideal de concentración de ozono en el agua.



Figura 2.3. Ozonificador

La técnica de ozonificación garantiza que la calidad de la desinfección, sea muy superior a la que se consigue con un tratamiento con cloro. De esta forma, se consiguen eliminar virus, bacterias y microorganismos en general cloro-resistentes. Gracias también a este elevado potencial de oxidación, conseguimos precipitar metales pesados que pueden encontrarse en disolución y eliminar compuestos orgánicos, pesticidas, y todo tipo de olores y sabores extraños que el agua puede contener. Otra de las importantes ventajas del uso del ozono frente al cloro es la rapidez con la que actúa, lo cual nos permite realizar tratamientos muy efectivos en pocos segundos o minutos, al contrario, con el tratamiento de desinfección con cloro es necesario un tiempo de contacto muy superior.

Para finalizar el proceso, el agua clarificada y ozonificada pasa por una etapa de filtración final, la misma que garantiza un buen proceso de tratamiento de agua, las mismas que pueden ser evacuadas al Rio San Pedro, con el pH permitido y cumpliendo las normas exigidas por el órgano regulador.



Figura 2.4. Tanque de filtraje

2.3. Electroválvulas

2.3.1. Introducción

Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto que puede ser una tubería. Son utilizadas cuando la señal proviene de un accionamiento eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas para el sistema de tratamiento de aguas residuales resulta un elemento indispensable, ya que son las que van a permitir pasar de un proceso a otro, de igual manera limita cada uno de los procesos.

En la implementación del sistema se utilizan 16 electroválvulas de diafragma, las mismas que fueron elegidas para la implementación debido a la alta fiabilidad y bajo costo, por otro lado, debido a que el accionamiento de éstas serán manipuladas por salidas a relé de un PLC, se escogió electroválvulas de 24VDC, teniendo en cuenta que las electroválvulas de VDC funcionan con baja corriente y son fácilmente manipulables.

Cabe resaltar que las electroválvulas elegidas y debido a que el proceso no puede pararse por una falta de energía, se implemento electroválvulas con accionamiento manual, como su nombre lo indica permite el accionamiento por la persona encargada del procesamiento de aguas residuales.

Las electroválvulas son de tipo ON – OFF teniendo una apertura cierre y completo, permitiendo controlar totalmente el flujo de entrada y salida del agua residual y del agua clarificada.

2.3.2. Electroválvulas de diafragma

Funcionamiento de las electroválvulas de diafragma

Existen varios tipos de electroválvulas, pero las usadas en el proceso son de diafragma, el mismo que se retrae o vuelve a posición original actuando directamente sobre la válvula, proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción del diafragma y al existir presencia de líquido, rompe su inercia haciendo que la fuerza de éste permita la apertura de la válvula, emitiendo señal eléctrica que indica que la apertura se realizó.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas, lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas, que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas, lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En la figura 2.5 se muestra el funcionamiento de la válvula tipo diafragma y se observa la válvula cerrada. El agua bajo presión entra por A. B es un diafragma elástico

y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza débil. El diafragma tiene un diminuto orificio en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de agua. Esto hace que el agua llene la cavidad C y la presión sea igual en ambos lados del diafragma. Mientras que la presión es igual a ambos lados, se observa que actúa en más superficie por el lado superior que por el del inferior, por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada. Cuanto mayor sea la presión de entrada, mayor será la fuerza con que cierra la válvula.



Figura 2.5. Electroválvula en reposo solenoide cerrado

- Donde:**
- A. Entrada
 - B. Diafragma
 - C. Cámara de presión
 - D. Conducto de vaciado de presión
 - E. Solenoide
 - F. Salida

El conducto D en todo el proceso anterior se encontraba bloqueado por el núcleo del solenoide E, al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el agua desde la cavidad C hacia la salida con lo cual disminuye la presión en C y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada A a la salida F de la válvula. Esta es la situación representada en la figura 2.6.

Si se vuelve a desactivar el solenoide se vuelve a bloquear el conducto D, y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar, ya que la fuerza principal la hace el propio fluido en la cavidad C. De esta explicación se deduce que este tipo de válvula depende para su funcionamiento, de que haya mayor

presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación, entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla.

Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

Debido a todo el proceso mencionado anteriormente y a la necesidad de controlar material nocivo, en las válvulas se implemento este tipo de electroválvula en material tipo PVC, que resulta ser anticorrosivo y de mayor duración en los procesos que se utilizan sustancias químicas, permitiendo dar una fiabilidad en el proceso.

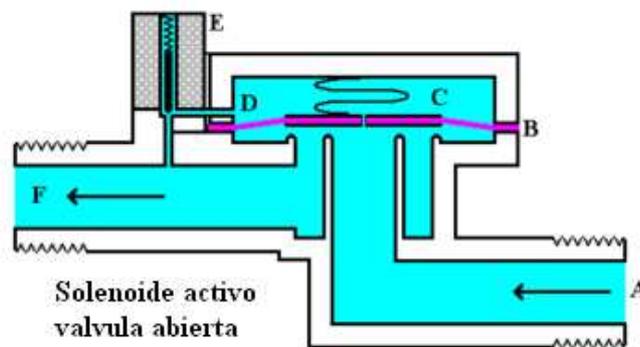


Figura 2.6. Electroválvula abierta solenoide activo

- Donde:**
- A. Entrada
 - B. Diafragma
 - C. Cámara de presión
 - D. Conducto de vaciado de presión
 - E. Solenoide
 - F. Salida

2.4. Tipos de sensores para medición de nivel

En el mercado existe una variedad de sensores para medición de nivel, en el caso del proyecto se fijó en tres de ellos debido a su funcionamiento y a la aplicabilidad que tiene cada uno, en el proceso destinado.

Los sensores de nivel son de mucha importancia, ya que gracias a ellos se va a tener control de cada uno de los procesos, emitiendo señales respectivas para el inicio o finalización del tratamiento. La primera aplicación en la que se usa sensor de nivel es el

almacenamiento de agua, en el cual se tiene instalado un sensor de bajo nivel con histéresis tipo flotador, el mismo que necesitará una cierta cantidad de agua residual, para emitir una señal eléctrica y mediante la programación del PLC, inducir al encendido de una bomba, la cual evacuará la cantidad de liquido que se encuentra en las piscinas de almacenamiento.

El proceso siguiente es el de sedimentación del agua residual, y este tiene dos sensores de medición de nivel, en este caso un medidor de alto nivel tipo barra, que indicará hasta donde se llenará el tanque y el otro que indicará un nivel intermedio, que servirá para el desalojo del sedimento hacia los lechos. Por otro lado en los dos tanques de recirculación y ozonificación, se ha instalado dos sensores de nivel tipo flotador en cada tanque, los mismos que servirán para emitir las señales respectivas de alto y bajo nivel.

Uno de los sensores utilizados en el proceso es el tipo flotador con histéresis, que está estructurado mediante una boya y un contrapeso que al cambiar de estado por medio de la variación de nivel de agua, emite una señal de 24 VDC la misma que será controlado como una señal de entrada para el PLC.

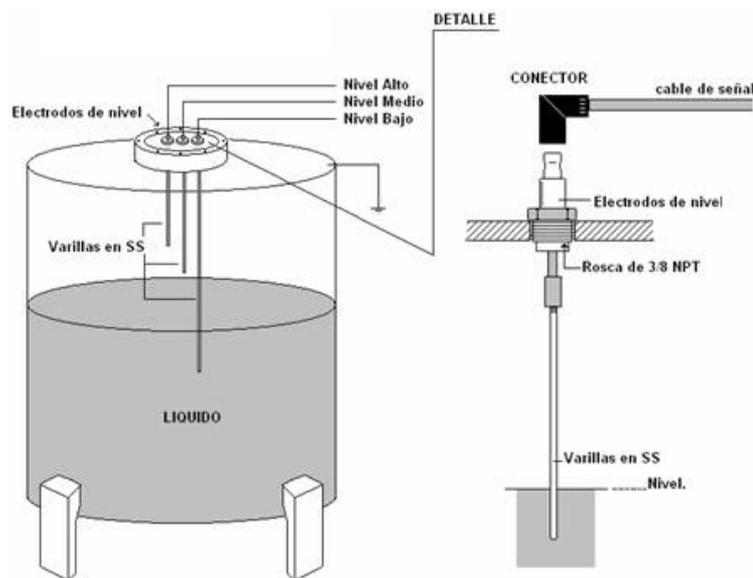


Figura 2.7. Sensor tipo flotador con histéresis

Para el control de nivel en los tanques de químicos debido a su estructura y robustez se uso controles de nivel marca MADISON construcción en SS con toma roscada de ¼ NPT contacto de 30 w.

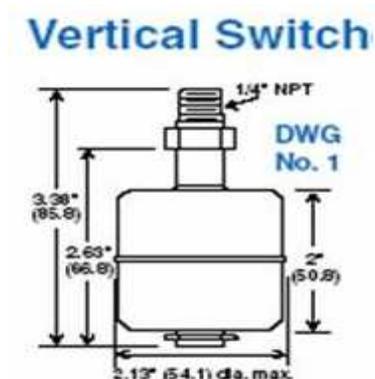


Figura 2.8. Controladores de nivel

2.5. Automatización mediante PLC

Todos los PLC's del mercado se basan en el principio de lectura cíclica de programa. A diferencia de los ordenadores, donde un programa está orientado a objetos y no tiene por que ejecutarse completamente, los PLC efectúan el recorrido completo del programa almacenado, salvo que encuentren instrucciones de interrupción o salto que modifiquen este comportamiento inicial.

2.5.1. Descripción del PLC

Nombre: PLC Twido TWD LCAE 40 DRF

El PLC cuenta con las características que se detallan en la siguiente tabla:

Característica	Cantidad	Descripción
Tensión de Alimentación	100 – 240 V	Corriente Alterna
Entradas	24	Alimentación de 24 Voltios en Corriente Contínua
Salidas	14	De Relé
	2	De Transistor de 24V en Corriente Alterna
Módulos de	7	Módulos máximo

Expansión		
Entradas/Salidas Máx.	152/208/264	Dependiendo de los módulos que se hayan requerido
Comunicación	1 Puerto	Serie RS – 485 / opcional RS – 232 / Ethernet
Visualización	1 Bloque	Para visualizar: <ul style="list-style-type: none"> - Estado del controlador mediante 7 luces piloto: (PWR, RUN, ERR, BAT, COM, LACT y LST) - Estado de Entradas y Salidas (IN y OUT)
Conector	1	Módulo de Expansión (hasta 7 módulos máximo)

Tabla 2.1. Características del PLC Twido TWD LCAE 40 DRF

La alimentación con la que funciona el PLC varía desde los 100 hasta los 240 V en corriente alterna, en cuanto a las entradas con las que cuenta es de 24 las cuales deben estar alimentadas con 24 V en corriente continua, por otro lado sus 14 salidas a Relé pueden ser activadas con cualquier voltaje dependiendo de la alimentación que se coloque en los respectivos puntos comunes (COM1, COM2, etc.)

En cuanto a la comunicación existente en el PLC, se tiene un puerto serie RS – 485 que sirve para realizar la programación a través de una PC, otro puerto que puede ser opcional serie RS – 232 y un puerto Ethernet para realizar un sistema SCADA, ya sea este de monitoreo (Visualización de Variables) o de control (Activación o Desactivación de Variables).

El PLC Twido 40 DRF tiene una capacidad máxima de 7 módulos de expansión, para este caso el número de módulos implementados es de dos (uno de 16 salidas a relé y otro de 8 salidas a relé), los cuales se van a detallar a continuación:

Módulo de Expansión (Salidas) TWD DRA 8RT

Característica	Cantidad	Descripción
Salidas	8	De Relé (El voltaje que entregan depende de la alimentación en su respectivo COM)
Contactos	8	Tiene 8 contactos Normalmente Abiertos (Uno por cada salida)
Corriente de Salida	2 (5 A Máx.)	La máxima corriente a la salida será de 5 Amperios

Tabla 2.2. Características del módulo de expansión TWD DRA 8RT**Módulo de Expansión (Salidas) TWD DRA 16RT**

Característica	Cantidad	Descripción
Salidas	16	De Relé (El voltaje que entregan depende de la alimentación en su respectivo COM)
Contactos	16	Tiene 16 contactos Normalmente Abiertos (Uno por cada salida)
Corriente de Salida	2 (5 A Máx.)	La máxima corriente a la salida será de 5 Amperios

Tabla 2.3. Características del módulo de expansión TWD DRA 16RT

Los dos módulos tienen exactamente las mismas características de trabajo, la única diferencia existente entre ellos es el número de salidas disponibles, ya que como se puede apreciar en la tabla se cuenta con 8 salidas de activación a Relé en el primer caso, y con 16 salidas de activación a Relé en el segundo caso.

Ahora bien en base a las características observadas anteriormente se procederá a realizar un detalle de los requerimientos propios para la implementación del proyecto.

- Alimentación del PLC a utilizarse: 110 VAC.
- Número de entradas a utilizarse: 14.
- Número de salidas a utilizarse: 32.
- Tipo de Comunicación a utilizarse: Ethernet.
- Módulos de Expansión Necesarios: 2.

2.5.2. Principios básicos

Los PLC, son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial.

PLC es un hardware industrial, que se utiliza para la obtención de datos. Una vez obtenidos, los pasa a través de bus en un servidor.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas, una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo, más fáciles de interpretar y mantener.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos, que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

2.5.3. Señales Analógicas y digitales

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en la E/S, donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos.

Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico (como por ejemplo el arranque de un motor eléctrico) que las entradas de tensión. Usando solo señales digitales, el PLC tiene 2 entradas digitales de dos interruptores del tanque (tanque lleno o tanque vacío). El PLC usa la salida digital para abrir o cerrar una válvula que controla el llenado del tanque.

Si los dos interruptores están apagados o solo el de “tanque vacío” esta encendido, el PLC abrirá la válvula para dejar entrar agua. Si solo el de “tanque lleno” esta encendido, la válvula se cerrara. Si ambos interruptores están encendidos sería una señal de que algo va mal con uno de los dos interruptores, porque el tanque no puede estar lleno y vacío a la vez. El uso de dos interruptores previene situaciones de pánico, donde cualquier uso del agua activa la bomba durante un pequeño espacio de tiempo, causando que el sistema se desgaste más rápidamente. Así también se evita poner otro PLC para controlar el nivel medio del agua.

Un sistema analógico podría usar una báscula que pese el tanque, y una válvula ajustable. El PLC podría usar un PID para controlar la apertura de la válvula. La báscula

está conectada a una entrada analógica y la válvula a una salida analógica. El sistema llena el tanque rápidamente cuando hay poca agua en el tanque. Si el nivel del agua baja rápidamente, la válvula se abrirá todo lo que se pueda, si el caso es que el nivel del agua está cerca del tope máximo, la válvula estará poco abierta para que entre el agua lentamente y no se pase de este nivel.

Con este diseño del sistema, la válvula puede desgastarse muy rápidamente, por eso, los técnicos ajustan unos valores que permiten que la válvula solo se abra en unos determinados valores y reduzca su uso.

Un sistema real podría combinar ambos diseños, usando entradas digitales para controlar el vaciado y llenado total del tanque y el sensor de peso para optimizarlos.

2.5.4. Capacidades E/S en los PLC modulares

Los PLC modulares tienen un limitado número de conexiones para la entrada y la salida. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficientes puertos E/S.

Los PLC con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay miles de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. A veces, se usa un puerto serie especial de E/S, para que algunos racks puedan estar colocados a larga distancia del procesador, reduciendo el coste de cables en grandes empresas. Alguno de los PLC actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones incluidas RS-485, coaxial, e incluso Ethernet, para el control de las entradas salidas con redes a velocidades de 100 Mbps.

Los PLC usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicaciones P2P entre los procesadores. Esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales, mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante links. Estos links son usados a menudo por dispositivos de Interfaz de usuario (HMI), como keypads o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.

El número medio de entradas de un PLC es 3 veces el de salidas, tanto en analógico como en digital. Las entradas “extra” vienen de la necesidad de tener métodos redundantes para controlar apropiadamente los dispositivos y de necesitar siempre mas controles de entrada para satisfacer la realimentación de los dispositivos conectados.

2.5.5. Programación

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80, eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran guardados en cintas. Más recientemente, los programas PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC viejos usan una memoria no volátil (magnetic core memory), pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria flash.

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con “lógica de escalera” ("ladder logic"). Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la Lógica de Estados (State Logic), un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3, se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (Function block diagram), LD (Ladder diagram), ST (Structured text, similar al Lenguaje de programación Pascal), IL (Instruction list) y SFC (Sequential function chart).

Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el direccionamiento E/S, la

organización de la memoria y el conjunto de instrucciones, hace que los programas de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles.

La estructura básica de cualquier autómata programable es:

Fuente de alimentación: Convierte la tensión de la red, 110 ó 220V ac a baja tensión de cc (24V por ejemplo), que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómata.

CPU: La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

Módulo de entradas: Aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.

Módulo de salida: Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, motores pequeños). La información enviada por las entradas a la CPU, cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómata: relés, triac y transistores.

Terminal de programación: La terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.

Periféricos: Ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata pero sí que facilitan la labor del operario.

Comunicaciones: Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

- RS-232
- RS-485
- RS-422
- Ethernet

Sobre estos tipos de puertos de hardware, las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia un protocolo de comunicaciones define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados. De estos protocolos los más conocidos son:

- Modbus
- Bus CAN
- Profibus
- Devicenet
- Controlnet
- Ethernet I/P

Muchos fabricantes además ofrecen distintas maneras de comunicar sus PLC con el mundo exterior, mediante esquemas de hardware y software protegidos por patentes y leyes de derecho de autor.

2.5.6. Campo de aplicación de los PLC's

Los PLC están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicos en procesos industriales, en la manufactura donde el costo de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el coste de la automatización, y donde van a existir cambios en el sistema durante toda su vida

operacional. Los PLC contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son normalmente hechas a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de utilidad para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez. Por otro lado, en caso de artículos de alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por sí solos y rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo que provoca que pueda ser una buena elección en vez de una solución "genérica".

Sin embargo, debe ser notado que algunos PLC ya no tienen un precio alto. Los PLC actuales tienen todas las capacidades por algunos cientos de dólares. Diferentes técnicas son utilizadas para un alto volumen o una simple tarea de automatización, Por ejemplo, una lavadora de uso doméstico puede ser controlada por un temporizador a levallas electromecánicas, costando algunos cuantos dólares en cantidades de producción.

Un diseño basado en un microcontrolador puede ser apropiado donde cientos o miles de unidades deben ser producidas y entonces el costo de desarrollo (diseño de fuentes de alimentación y equipo de entradas y salidas) puede ser dividido en muchas ventas, donde el usuario final no tiene necesidad de alterar el control. Aplicaciones automotrices son un ejemplo, millones de unidades son vendidas cada año, y pocos usuarios finales alteran la programación de estos controladores. (Sin embargo, algunos vehículos especiales como son camiones de pasajeros para tránsito urbano utilizan PLC en vez de controladores de diseño propio, debido a que los volúmenes son pequeños y el desarrollo no sería económico.)

Algunos procesos de control complejos, como los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y características más allá de la capacidad de PLC de alto nivel. Controladores de alta velocidad también requieren de soluciones a medida; por ejemplo, controles para aviones.

Los PLC pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, "proporcional, integral y derivadas" o un controlador PID. Un bucle PID podría ser usado para controlar la temperatura de procesos de fabricación, por ejemplo.

Históricamente, los PLC's fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico, en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, un Sistema de Control Distribuido (DCS) se encarga. Sin embargo, los PLC se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre DCS y PLC han quedado menos claras.

Resumiendo, los campos de aplicación de un PLC o autómeta programable en procesos industriales son: cuando hay un espacio reducido, cuando los procesos de producción son cambiantes periódicamente, cuando hay procesos secuenciales, cuando la maquinaria de procesos es variable, cuando las instalaciones son de procesos complejos y amplios, cuando el chequeo de programación se centraliza en partes del proceso. Sus aplicaciones generales son las siguientes: maniobra de máquinas, maniobra de instalaciones y señalización y control.

Ejemplos de aplicaciones generales

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos

CAPITULO 3

SISTEMA ACTUAL

En el presente capítulo se detalla el proceso que se realiza en el Tratamiento de Aguas, empezando por una breve descripción sobre los equipos que se usan, para de esta forma más adelante contrastar con los nuevos equipos que se van a utilizar.

A continuación se tiene la descripción del sistema, con el objetivo de analizar el proceso de forma más específica, para después proceder a la determinación de variables del proceso. Como punto final se tiene la determinación de los problemas detectados en el sistema, con el fin de analizarlos y evitarlos en el futuro, con la automatización que se realiza.

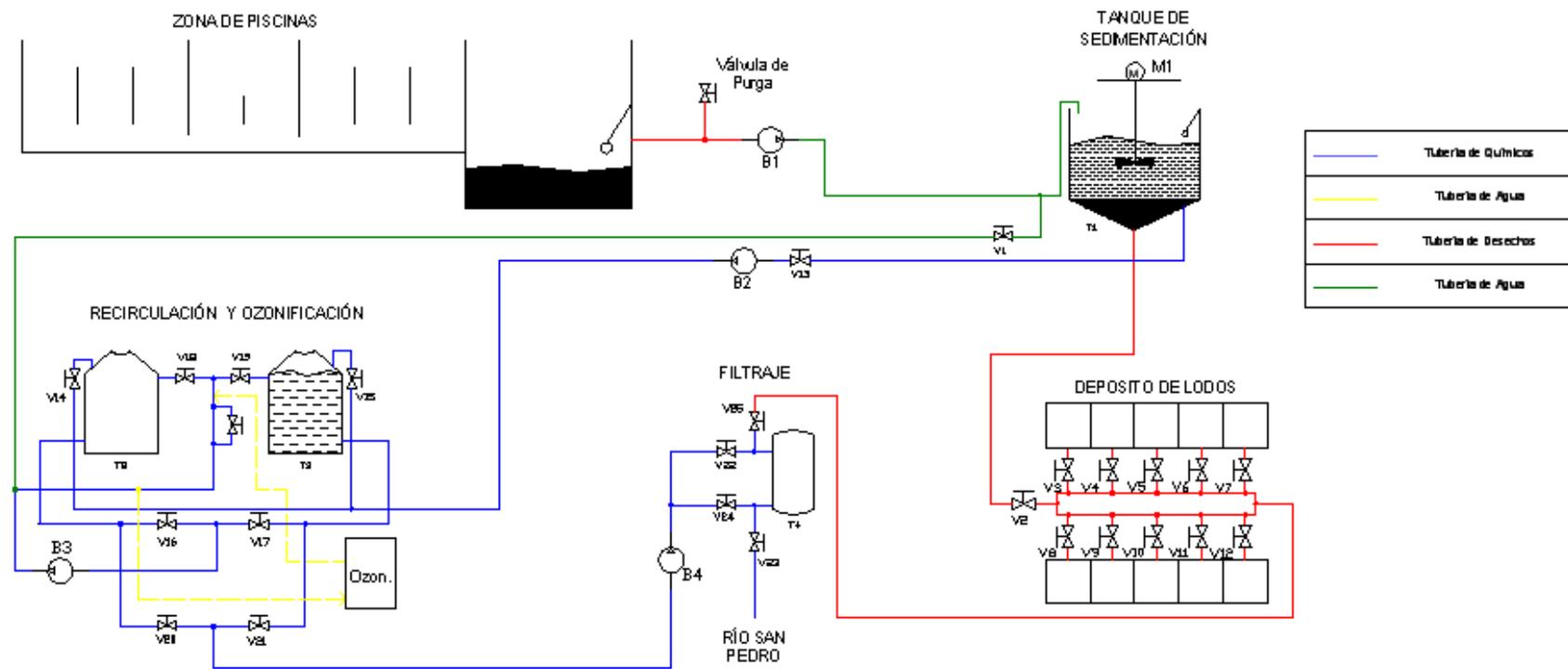


Figura 3.1. Esquema del sistema

3.1. Lista del Equipo utilizado

3.1.1. Zona de Piscinas

- Cuatro piscinas en la parte inicial.
- Una Piscina compartida en tres de menores dimensiones.
- Una Piscina final.
- Sensor tipo Boya de Alto nivel con histéresis.
- Bomba.



Figura 3.2. Zona de Piscinas

3.1.2. Tanque de Sedimentación

- Un Tanque de Almacenamiento, con capacidad de 2500 litros.
- Sensor tipo Boya de Alto nivel.
- Bomba.
- Dos Válvulas tipo bola.
- Motor Agitador.



Figura 3.3. Tanque de Sedimentación

3.1.3. Depósito de Lodos

- Diez piscinas donde se depositan los sedimentos.
- Once Válvulas tipo Bola.



Figura 3.4. Depósito de lodos

3.1.4. Recirculación y Ozonificación

- Dos Tanques de Almacenamiento para realizar la Recirculación y Ozonificación.
- Dos Bombas.
- Seis Válvulas tipo Bola para la recirculación.
- Dos Válvulas tipo Bola para el llenado del tanque.
- Ozonificador.



Figura 3.5. Recirculación y Ozonificación

3.1.5. Filtraje

- Un Tanque de Filtraje.
- Cuatro Válvulas tipo Bola.



Figura 3.6. Tanque de Filtraje

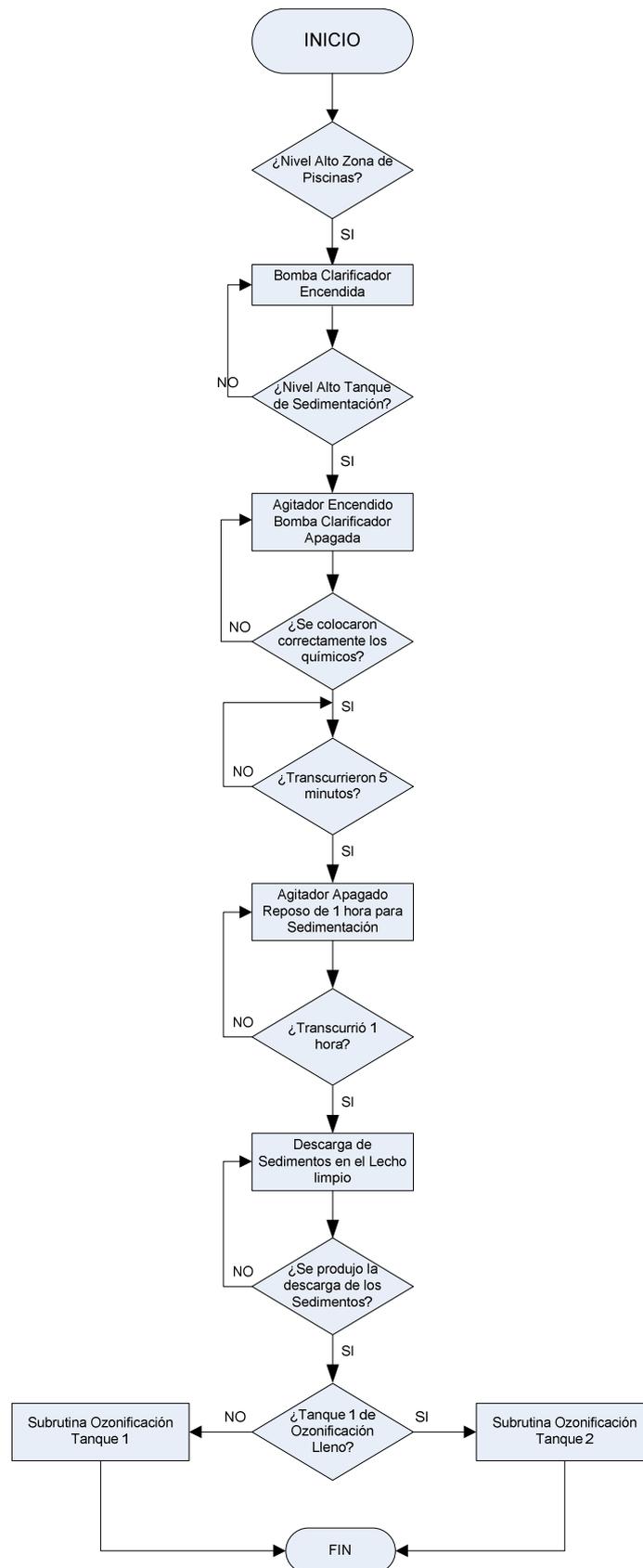
3.1.6. Panel de Control

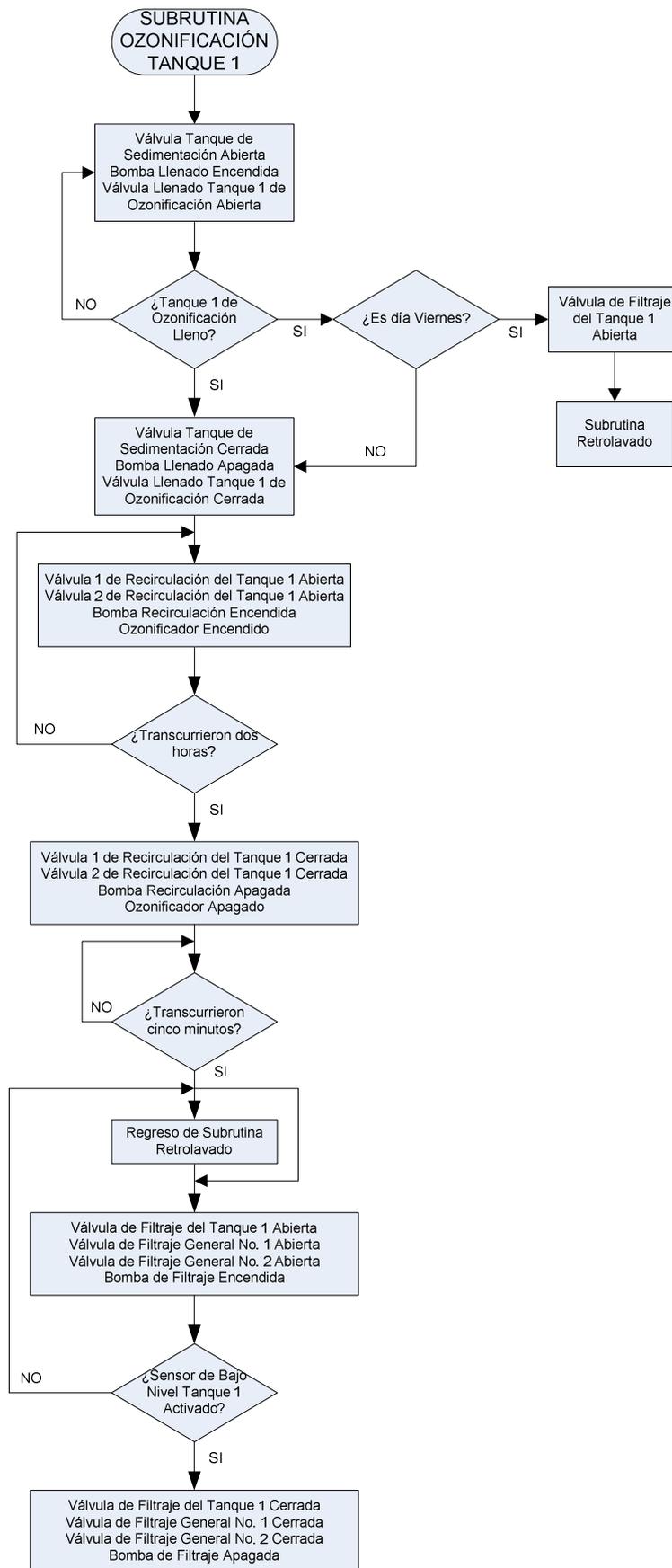
- Braker
- Seis Protecciones Térmicas
- Seis Contactores.
- Seis Selectores tipo ON-OFF.
- Seis Luces Piloto de Visualización.
- Transformador 220 – 110V

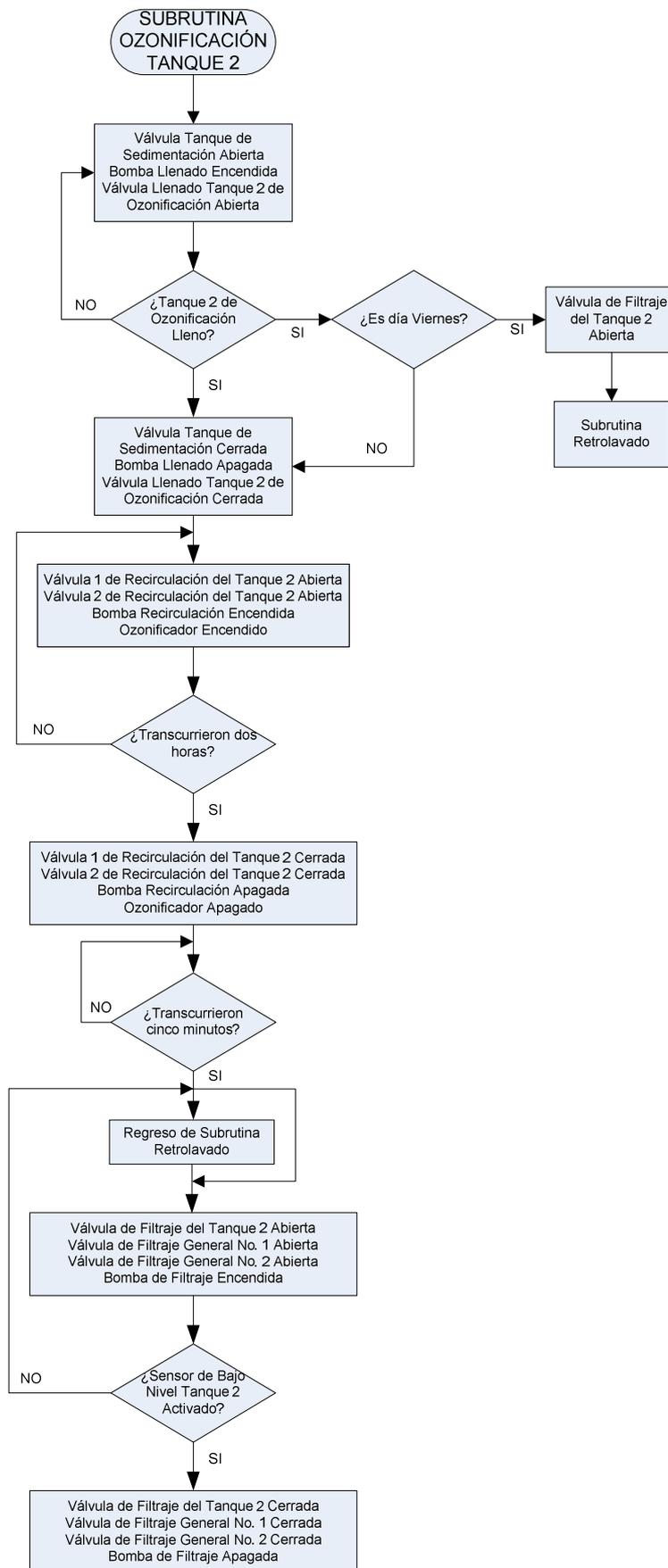


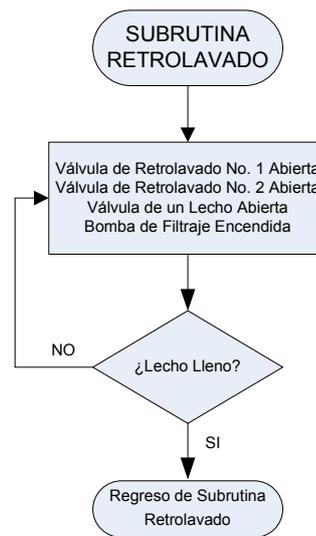
Figura 3.7. Panel de Control

3.2. Descripción del sistema









El proceso inicia con el almacenamiento de los residuos de combustible (bunker), que son enviados por los calderos después de la elaboración de vapor, que sirve para el transporte de combustible usado en los motores, ya que cuando este se encuentra a temperatura ambiente es demasiado viscoso y se dificulta el transporte por la tubería, por otro lado se tiene los desechos de agua que es utilizada al lavar los filtros de los motores y el agua lluvia.

Para el almacenamiento se recolecta toda el agua residual en ocho piscinas que permiten reposar los desechos, separando el material más denso del agua, quedando de esta forma las impurezas en las piscinas del inicio, es así que mediante un proceso de descarte, el agua sigue pasando a otras piscinas eliminando de poco en poco el material más viscoso, para de esta manera finalizar con un tipo de agua impura, con la cual ya se puede iniciar el proceso de tratamiento químico.

La última piscina se irá llenando de a poco dependiendo de la cantidad de agua residual que se haya usado ese día, pero vale recalcar que no se debe sobrepasar un límite determinado, esto debido a mediciones realizadas para que el tanque de sedimentación no desborde por exceso de agua, para esto se cuenta con un sensor tipo boya de alto nivel que activa una bomba, llevando el líquido por una tubería hacia el tanque de sedimentación que tiene una capacidad de 2500 litros.

Una vez que el tanque de sedimentación se encuentra lleno, se cuenta con otro sensor tipo boya de alto nivel, que es la encargada a diferencia de la anterior de desactivar la bomba, para de aquí proceder al proceso de clarificación del agua y sedimentación de los residuos.

El proceso de discriminación entre el agua clarificada y los sedimentos se realiza mediante la activación del motor agitador en primera instancia y posteriormente la colocación de los químicos, de acuerdo al orden y las cantidades que se detallan a continuación:

Nombre del químico	Cantidad Necesaria (Lts.)
Hipoclorito de Sodio (NaOCl)	2.5
Policloruro de Aluminio (AlCl ₃) _n	3
Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico	2

Tabla 3.1. Dosificación de químicos para el proceso de sedimentación

Inicialmente se coloca un volumen de 2,5 litros de Hipoclorito de Sodio, que sirve para que el agua residual tome una tonalidad blanca. Seguidamente se deben colocar 3 litros de Policloruro de Aluminio el mismo que ayuda a flocular los desechos, para finalizar con el Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico cuyo volumen de 10 litros debe ser depositado en el tanque de sedimentación para que la sedimentación de los flóculos vayan al fondo del tanque y se compacten.

Estos químicos se deben colocar estrictamente en el orden que se detalla, ya que al cumplirse primero la función de desinfección, se puede lograr la floculación y su respectiva compactación, algo que no se puede realizar en forma inversa.

Vale recalcar que para la colocación del Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico, es necesario un tiempo de espera de dos minutos a partir de la colocación del

Policloruro de Aluminio. Para esto el Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico se debe haber mezclado con agua en una relación de 4.5 a 2 es decir cuatro y medio litros de agua por cada dos litros de solución, esto se debe a que el químico en la mayoría de los casos es demasiado viscoso y no se puede realizar una correcta separación de químicos.

Una vez que se haya colocado el Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico, se espera un minuto y se procede a apagar el motor agitador, dejando que los químicos actúen aproximadamente por el lapso de una hora, hasta que se produzca la sedimentación.

El Hipoclorito de sodio, es usado principalmente como desinfectante y como oxidante, en el caso del Tratamiento de Aguas se usa principalmente para purificar el agua.

El Policloruro de Aluminio por su parte, es el encargado de actuar como coagulante en el proceso de potabilización de las aguas para consumo humano, pero para este caso nos referiremos al tratamiento de aguas residuales, donde funciona como floculante de los hidrocarburos que están presentes en el agua.

El Amida de Ácido Sódico, es otro tipo de floculante, el cual sirve para ayudar al polímero anteriormente mencionado, ya que la mayoría de veces la concentración de hidrocarburos es demasiado grande, y con el Policloruro de Aluminio no es suficiente para que se realice una buena floculación.

La mezcla de estos tres químicos produce que los residuos de bunker o partículas que pasan debido a que el proceso de descarte no es 100% eficiente, se floculen, es decir, se formen pequeños gránulos de bunker que al ser obviamente más densos que el agua van a depositarse en el fondo del tanque a lo que se denomina sedimentación.

Al momento de obtener la sedimentación después de un tiempo de aproximadamente una hora, se procede a descargar estos residuos (ya floculados) en los depósitos de lodos mediante la apertura de una válvula general y diez válvulas

independientes para cada depósito, hasta que el agua clarificada empiece a salir por la tubería.

Cuando empieza a salir agua clarificada por la tubería de los lechos de sedimentación, es el momento justo para cortar el paso del líquido cerrando la válvula general en primera instancia y la válvula del lecho correspondiente después, esto con el objetivo de que los residuos que se queden en la tubería sean mínimos.

En estos depósitos existen mallas y filtros hechos a base de minerales para que se pueda realizar la separación del agua y los lodos sedimentados, que serán retirados por el operador. El agua que sale del depósito se reintegra a la última etapa de la zona de piscinas para iniciar el proceso mencionado anteriormente.

Cada vez que se utiliza una piscina esta debe ser debidamente limpiada, ya que si se vuelve a realizar una descarga de sedimentos por segunda ocasión, el filtrado que se realice no será tan efectivo como en la primera ocasión, llegando a tomar incluso más tiempo del necesario, retrasando así el proceso de tratamiento. Este es otro de los problemas que se presenta con el manejo de los operadores, ya que muchas de las veces por descuido dejan que el lecho se llene hasta dos veces, lo que ocasiona los problemas ya determinados anteriormente.

Por otro lado en el tanque de sedimentación queda el agua clarificada, la misma que se encuentra lista para el proceso de ozonificación que se detalla a continuación.

Para el proceso de recirculación y ozonificación es necesaria la apertura de dos válvulas que inician el procedimiento en el mismo tanque durante dos horas, mientras existe esta recirculación un ozonificador proporciona una descarga eléctrica al aire, lo que produce que éste se convierta en ozono, el cual va a ser inyectado por medio de una tubería en el tanque. Este procedimiento es importante ya que el ozono ayuda a matar las bacterias que no pudieron ser eliminadas con los químicos anteriormente mencionados, quedando esta lista para el proceso final que es el de filtraje.

Para la culminación del proceso, el agua pasa por un tanque de filtración, quedando lista para la evacuación al río, cabe resaltar que el proceso actualmente cumple las normas establecidas por el departamento de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, evitando la contaminación del Río San Pedro y disminuyendo el impacto ambiental que ocasionan los residuos de bunker sobre la naturaleza en general.

Para finalizar, es necesario recalcar que los lodos que son retirados de los lechos por los operadores, son colocados al sol para que se solidifiquen, con el fin de que puedan ser posteriormente depositados en costales y enviados al Ilustre Municipio de Quito, para que se realice un análisis permanente de dichas muestras.

3.3. Determinación de variables del proceso

En vista de que el proceso es un sistema de tratamiento de aguas residuales, la principal variable que se maneja es el flujo de agua que recorre por las tuberías, siendo esta la variable a manipular tanto física como químicamente.

Por otro lado se tiene las señales eléctricas, que son requeridas para los motores extractores de agua (Bombas) y para el motor agitador de líquido las cuales a través de un encendido manual inician o finalizan su funcionamiento.

De acuerdo al proceso se maneja un control mediante flotadores, los mismos que son usados como sensores de alto nivel, y permiten tener control de desbordamiento de agua tanto en las piscinas como en el tanque de clarificación y sedimentación.

Los tiempos de dosificación y la cantidad de químicos son muy importantes en el tratamiento ya que de estos depende el cumplimiento del procedimiento. Si la dosificación no es correcta no sirve de nada que el proceso siga con todos los pasos ya que al final de éste se obtendrá una descarga no apta y se incumplirá con las normas ambientales.

CAPITULO 4

SEGURIDAD INDUSTRIAL

4.1. Normas para el medio ambiente

El mantener y conservar los recursos naturales es una gran responsabilidad para las industrias que los aprovechan, por esto se han determinado ciertas normas técnicas y manuales de protección ambiental que se aplican a nivel nacional. Para esto las empresas industriales que realizan actividades en las que se utilizan compuestos altamente contaminantes deben contar con la licencia respectiva, para lo cual previamente a obtenerla realizaron estudios como: evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono.

La Codificación a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, establece la prohibición de integrar a la naturaleza cualquier tipo de contaminante que perjudique o atente contra la salud y la vida humana, así como también a la flora y fauna. Es por ello la disposición de sujetarse a las normas técnicas emitidas por los Ministerios de Salud y del Ambiente y el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, referente a la calidad del agua que es reintegrada a la naturaleza y el grado de procesamiento que debe tener, según las sustancias contaminantes que contenga. Dentro de las fuentes potenciales de contaminación se encuentran las plantas termoeléctricas, las mismas que se sujetan a estudios y controles de los organismos que la Ley determina.

En lo que se refiere al cuidado del medio ambiente es de relevancia respetar todas las normas dispuestas, como es el grado de tratamiento que deba tener el agua contaminada para que pueda ser reintegrada en la naturaleza, es por ello que se realiza el proceso de tratamiento de aguas que contiene químicos y sustancias altamente contaminantes para el medio ambiente, mediante fases que consisten en:

- Recepción de aguas contaminadas en piscinas API.
- Tratamiento del agua en un tanque de sedimentación.
- Dosificación de químicos.
- Recirculación y ozonificación del agua clarificada.
- Filtraje y envío al Río San Pedro.

Debido a las peticiones del Distrito Metropolitano de Quito de preservar las normas técnicas en las descargas líquidas de las centrales termoeléctricas, CELEC TERMOPICHINCHA S.A. en conjunto del Laboratorio Ambiental de la Universidad Católica del Ecuador analizan las descargas, provenientes de los desechos líquidos de la central.

En abril del 2006 se finalizó la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales. La cual en este momento se esta automatizando para optimizar su funcionamiento, mediante la operación efectiva de esta planta se asegura el cumplimiento de todos los parámetros de control de las aguas que son vertidas nuevamente al Río San Pedro.



Figura 4.1. Informe de Análisis de Agua



Figura 4.2. Informe de Análisis de Agua

Entre los principales valores del informe de análisis de agua emitido por el Centro de Servicios Ambientales y Químicos CESAQ – PUCE se puede resaltar los siguientes:

Parámetros Físicoquímicos	Unidad	Resultado Descarga final	Valor máximo permisible	Análisis Resultado
Aceites y grasas	mg/L	0.7	50	Cumple
Cadmio	mg/L	<0.05	0.02	Cumple
Cloro libre residual	mg/L	2.40	-	-
Cromo Hexavalente	mg/L	0.004	0.5	Cumple
D.B.O	mgO ₃ /L	41	122	Cumple
D.Q.O	mgO ₃ /L	48	214	Cumple
Tensoactivos MBAS	mg/L	1.16	0.5	NO Cumple
Fenoles	mg/L	0.016	0.2	Cumple
Materia Flotante	NA	Ausencia	Ausencia	Cumple
Mercurio	mg/L	<0.0005	0.005	Cumple
Níquel	mg/L	<0.3	2.0	Cumple
Plomo	mg/L	<0.5	0.2	NE
Sólidos Sedimentables	mg/L	<0.1	0.1	Cumple
Sólidos Suspendidos	mg/L	9	92	Cumple
Sólidos Totales	mg/L	406	-	-
TPH	mg/L	0.3	20	Cumple
pH (in situ)	pH	6.82	5 - 9	Cumple
Temperatura (in situ)	°C	21.0	<35	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100mL	<1.8	NA	NA
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1.8	3000	Cumple

Tabla 4.1. Informe de Análisis de Agua

4.1.1. Uso de químicos para la depuración de aguas residuales

Para que el tratamiento se realice de una forma eficaz, es necesaria la colocación de químicos, los cuales constituyen un elemento importante en el proceso y estos se detallan a continuación:

- Policloruro de aluminio

El Policloruro de aluminio (abreviado generalmente como PAC), es el resultado de un proceso de fabricación complejo bajo condiciones de trabajo controladas. Es usado como coagulante en el proceso de potabilización de las aguas para consumo humano, en el tratamiento de aguas residuales, en la industria del papel, en la industria del cuero entre otros.

En el proceso del tratamiento de aguas residuales entre las características principales se puede mencionar las siguientes:

- Mayor potencia de coagulación.
- Mayor velocidad de coagulación y floculación.
- Menor gasto de coagulante (especialmente a altas turbiedades).
- No aporta aluminio disuelto al agua.
- Menor turbiedad final en el proceso.
- Efectividad en un amplio rango de pH.
- Igual rendimiento con distintas temperaturas.
- Remoción de color.

- Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico

El Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico en el tratamiento de agua residual, actúa como complemento del Policloruro de Aluminio, el cual acelera el proceso en cuanto a la sedimentación de Flocs compactando y asentado los residuos, para que al momento de realizar la descarga de estos queden en forma de lodo por el efecto de densidad, dejando en la parte superior el agua clarificada lista para ser descontaminada.

- Hipoclorito de Sodio (NaOCl)

Hipoclorito de Sodio o hipoclorito sódico, es un compuesto químico, de alta oxidación cuya fórmula es NaClO. Contiene el cloro en estado de oxidación +1 y por lo tanto es un oxidante fuerte y económico. Debido a esta característica destruye muchos colorantes por lo que se utiliza como blanqueador. Además se aprovechan sus propiedades desinfectantes.

En disolución acuosa sólo es estable a pH básico. Al acidular en presencia de cloruro libera cloro elemental. Por esto debe almacenarse alejado de cualquier ácido.

4.2. Normas para instalaciones industriales

En el desarrollo del proyecto y debido a que la implementación de éste fue realizada en una planta industrial, se debe mantener y sujetar a normas de seguridad industrial, establecidas por el departamento de Seguridad Industrial de TERMOPICHINCHA, entre las cuales se puede mencionar las siguientes:

- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas puntas de acero.
- Casco de seguridad.
- Guantes de protección.
- Tapones para protección auditiva.
- Circulación por vías señalizadas.
- Manejo de desechos líquidos y sólidos.
- Capacitación permanente de seguridad industrial.
- Uso de herramientas adecuadas.

Como parte de la seguridad industrial el departamento destinado, realiza constantes monitoreos para garantizar que el ambiente de trabajo no sea ofensivo para la salud entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

4.2.1. Monitoreo de Ruido

El monitoreo del ruido ambiente es realizado de acuerdo a lo requerido por la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente en el caso de la Central Guangopolo. También se realiza un monitoreo del ruido en los puestos de trabajo del personal y en las poblaciones aledañas, encontrándose dentro de los límites permisibles.

Para complementar esta tarea se realiza audiometrías permanentes a los trabajadores para de esta manera prevenir daños en su salud auditiva.



Figura 4.3. Protección auditiva

4.2.2. Monitoreo de vibraciones

Debido a que en la central operan seis motores que producen altos niveles de vibración, se procede a realizar un monitoreo permanente en las respectivas áreas de

trabajo, para controlar que los niveles de vibración no sean perjudiciales en el entorno laboral.



Figura 4.4. Monitoreo de vibraciones

4.3. Normas para instalaciones Eléctricas.

Debido a que el proyecto es de naturaleza eléctrica se ha manejado las normas internas de instalación y sus debidas normas técnicas, bajo la supervisión del Ing. Milton Santander colaborador del proyecto, Ing. Marcos Poma, Supervisor Eléctrico; Ing. Juan Salazar y Sr. Diego Vergara personal de Mantenimiento Eléctrico, entre las cuales están las siguientes:

- Utilización de cable adecuado.
- Conducción del cable por ductos.
- Manejo de código de colores.
- Uso de protecciones eléctricas.
- Instalación de cajas de revisión.
- Identificación de cableado.

- Puesta a tierra.

Existen normas internas para el mantenimiento eléctrico entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

4.3.1. Normas Generales

- Toda persona debe dar cuenta al correspondiente supervisor de los trabajos a realizar y debe obtener el permiso correspondiente.
- Debe avisar de cualquier condición insegura que observe en su trabajo y advertir de cualquier defecto en los materiales o herramientas a utilizar.
- Quedan prohibido las acciones temerarias (mal llamadas actos de valentía), que suponen actuar sin cumplir con las Reglamentaciones de Seguridad y entrañan siempre un riesgo inaceptable.
- No hacer bromas, juegos o cualquier acción que pudiera distraer a los operarios en su trabajo.
- Cuando se efectúen trabajos en instalaciones de Baja Tensión, no podrá considerarse la misma sin tensión si no se ha verificado la ausencia de la misma.

4.3.2. Normas específicas antes de la operación

- A nivel del suelo ubicarse sobre los elementos aislantes correspondientes (alfombra o manta aislante o banqueta aislante).
- Utilizar casco (el cabello debe estar contenido dentro del mismo y asegurado si fuese necesario), calzado de seguridad dieléctrico, guantes aislantes para BT y anteojos de seguridad.
- Utilizar herramientas o equipos aislantes. Revisar antes de su uso el perfecto estado de conservación y aislamiento de los mismos, tomas de corriente y conductores de conexión.

- Desprenderse de todo objeto metálico de uso personal que pudiera proyectarse o hacer contacto con la instalación. Quitarse anillos, relojes o cualquier elemento que pudiera dañar los guantes.
- Utilizar máscaras de protección facial y/o protectores de brazos para proteger las partes del cuerpo.
- Aislar los conductores o partes desnudas que estén con tensión, próximos al lugar de trabajo.
- La ropa no debe tener partes conductoras y cubrirá totalmente los brazos, las piernas y pecho.
- Utilizar ropas secas, en caso de lluvia usar la indumentaria impermeable.
- En caso de lluvia extremar las precauciones.

4.3.3. Normas específicas durante la operación

- Abrir los circuitos con el fin de aislar todas las fuentes de tensión que pueden alimentar la instalación en la que se va a trabajar. Esta apertura debe realizarse en cada uno de los conductores que alimentan la instalación, exceptuando el neutro.
- Bloquear todos los equipos de corte en posición de apertura. Colocar en el mando o en el mismo dispositivo la señalización de prohibido de maniobra.
- Verificar la ausencia de tensión. Comprobar si el detector funciona antes y después de realizado el trabajo.
- Puesta a tierra y la puesta en cortocircuito de cada uno de los conductores sin tensión incluyendo el neutro.
- Delimitar la zona de trabajo señalizándola adecuadamente.

4.3.4. Normas específicas posteriores a la operación

- Reunir a todas las personas que participaron en el trabajo para notificar la reposición de la tensión.

- Verificar visualmente que no hayan quedado en el sitio de trabajo herramientas u otros elementos.
- Se retirará la señalización y luego el bloqueo.
- Se cerrarán los circuitos.

4.3.5. Normas específicas para el empleo y conservación del material de seguridad

Casco de seguridad: Es obligatorio para toda persona que realice trabajos en instalaciones eléctricas de cualquier tipo.

Anteojos de protección o máscara protectora facial: El uso es obligatorio para toda persona que realice un trabajo que encierre un riesgo de accidente ocular tal como arco eléctrico, proyección de gases partículas, etc.

Guantes dieléctricos: Los guantes deben ser para trabajos a BT. Deben verificarse frecuentemente, asegurarse que están en buen estado y no presenta huellas de roturas, desgarros ni agujeros. Todo guante que presente algún defecto debe ser descartado. Deben ser protegidos del contacto con objetos cortantes o punzantes con guantes de protección mecánica. Conservarlos en estuches adecuados.

Cinturón de seguridad: El material de los cinturones será sintético. No deben ser de cuero. Debe llevar todos los accesorios necesarios para la ejecución del trabajo tales como cuerda de seguridad y soga auxiliar para izado de herramientas. Estos accesorios deben ser verificados antes de su uso, al igual que el cinturón, revisando particularmente el reborde de los agujeros previstos para la hebilla pasacinta de acción rápida. Verificar el estado del cinturón: ensambles sólidos, costuras, remaches, deformaciones de las hebillas, moquetones y anillos. Los cinturones deben ser mantenidos en perfecto estado de limpieza y guardados en lugares aptos para su uso posterior.

Banquetas aislantes y alfombra aislante: Es necesario situarse en el centro de la alfombra y evitar todo contacto con las masas metálicas.

Verificadores de ausencia de tensión: Se debe verificar antes de su empleo que el material está en buen estado. Se debe verificar antes y después de su uso que la cabeza detectora funcione correctamente. Para la utilización de estos aparatos es obligatorio el uso de los guantes dieléctricos de la tensión correspondiente.

Escaleras: Se prohíbe utilizar escaleras metálicas para trabajos en instalaciones eléctricas o en su proximidad inmediata, si tiene elementos metálicos accesibles.

Dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito: La puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores, aparatos o partes de instalaciones sobre las que se debe efectuar un trabajo, debe hacerse mediante un dispositivo especial diseñado a tal fin. Las operaciones se deben realizar en el siguiente orden:

- Asegurarse de que todas las piezas de contacto, así como los conductores del dispositivo, estén en buen estado.
- Siempre conectar en primer lugar el morseto de cable de tierra del dispositivo, utilizando guante de protección mecánica, ya sea en la tierra existente de las instalaciones o bien en una jabalina especialmente clavada en el suelo.
- Desenrollar completamente el conductor del dispositivo, para evitar los efectos electromagnéticos debido a un cortocircuito eventual.
- Fijar las pinzas de conexión de los conductores de tierra y cortocircuitos sobre cada uno de los conductores de la instalación utilizando guantes de protección dieléctrica y mecánica.
- Para quitar los dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito operar rigurosamente en el orden inverso, primero el dispositivo de los conductores y por último el de tierra.
- Señalizar el lugar donde se coloque la tierra, para individualizarla perfectamente.

Por lo anterior mencionado cuando se maneja energía eléctrica se debe tomar en cuenta varios factores que pueden llegar a ser perjudiciales en la parte física si no se la maneja con la responsabilidad debida un ejemplo de ello es la corriente eléctrica, que al

circular a través de cualquier objeto produce un aumento de temperatura que crece cuadráticamente con su magnitud, es decir, que cada vez que se duplica la corriente, se cuadruplica la energía producida, y esta corriente, dependiendo del material por el cual circule, puede causar desde un insignificante aumento en la temperatura de un alambre conductor hasta graves quemaduras en el cuerpo humano o un incendio en un bosque o en una edificación. Una misma corriente, dependiendo del sitio por el cual circule, puede causar mayor o menor daño. Por ejemplo, si una corriente continua de 20 miliamperios (0.02 amperios) nos circula entre dos dedos de una misma mano, probablemente no nos cause más que una ligera molestia, sin embargo, nos puede causar la muerte si nos circula por el pecho y atraviesa el corazón. Igualmente, una corriente de 1 amperio apenas alcanza a encender una bombilla de 100 vatios, pero puede causar un incendio si atraviesa una viga de madera o un material inflamable.

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular. Una persona se electriza cuando la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, cuando la persona forma parte del circuito eléctrico, pudiendo, al menos, distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente. La electrocución se produce cuando dicha persona fallece debido al paso de la corriente por su cuerpo.

La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual, deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento.

Por tetanización entendemos el movimiento incontrolado de los músculos como consecuencia del paso de la energía eléctrica. Dependiendo del recorrido de la corriente perderemos el control de las manos, brazos, músculos pectorales, etc.

La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio.

Otros factores fisiopatológicos tales como contracciones musculares, aumento de la presión sanguínea, dificultades de respiración, parada temporal del corazón, etc. pueden producirse sin fibrilación ventricular.

Tales efectos no son mortales, son, normalmente, reversibles y, a menudo, producen marcas por el paso de la corriente. Las quemaduras profundas pueden llegar a ser mortales. La gravedad de las lesiones producidas por la electricidad depende también de las circunstancias que envuelven al sujeto en el momento en que se presenta el accidente, y de como aquél entra en contacto con la fuente eléctrica.

4.4. Problemas detectados en el sistema

En la actualidad debido a que la apertura y cierre de las válvulas es de forma manual, los operadores encargados del tratamiento no cumplen a cabalidad con las indicaciones respectivas y los pasos a seguir en el proceso, obviando en varias ocasiones ciertas recomendaciones que influyen en el tratamiento, lo que puede llegar a ocasionar el quebrantamiento de las normas ambientales requeridas para el proceso, provocando un cierto grado de contaminación, que puede resultar perjudicial tanto para la vegetación como para los animales que se posan en el Río San Pedro.

Por otro lado y en vista de que el proceso se realiza aproximadamente dos veces por día en condiciones climáticas normales, con un tiempo de más o menos seis horas, en las cuales el operario realiza actividades como apertura de válvulas, mezcla de químicos, limpieza de piscinas y retiro de sedimentos y todos estos procedimientos son repetitivos, esto puede provocar un malestar en el operador y el proceso al final del día terminará siendo deficiente.

En ocasiones debido al procedimiento de sedimentación y clarificación, existe una mayor cantidad de agua lista para el proceso de ozonificación y al no contar con un medidor de alto nivel en los contenedores para ozonificación, el agua desborda del tanque, cuando lo óptimo sería usar los dos tanques aprovechando al máximo la

cantidad de liquido que se obtiene, y de esta manera no desperdiciar los químicos que fueron usados en el proceso anterior.

CAPITULO 5

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

5.1. Parámetros de Automatización

En este capítulo se procede a desarrollar una descripción sobre los materiales que se implementan en el sistema, sus características y el por qué de su elección.

Electroválvulas: En el mercado se cuenta con una amplia variedad de electroválvulas, sean estas con actuador, de diafragma o neumáticas, para la realización del proyecto se escogió válvulas con diafragma de accionamiento eléctrico, ya que no se necesita de un caudal proporcional sino de un flujo constante, es decir, apertura y cierre. De acuerdo a este requerimiento, la electroválvula tipo diafragma es la más adecuada no solamente por cumplir con lo que se necesita, sino por tener el precio más bajo del mercado, ya que una electroválvula con actuador cuesta aproximadamente mil (1000) dólares, en tanto que estas electroválvulas tienen un precio de doscientos cincuenta (250) dólares aproximadamente (ver figura 2.5).

Material	Plástico
Accionamiento	Eléctrico
Caudal	1 a 30 gpm (0,23 a 6,81 m ³ /hr; 3.8 a 113,6 l/min)
Presión	20 a 150 psi (1,4 a 10,3 bares; 138 a 1034 kPa)
Solenoides	24VAC - 60Hz - 280mA

Tabla 5.1. Datos Técnicos Electroválvula de diafragma.

Bombas de ½ HP: Bombas de bajos requerimientos técnicos, usadas para poder enviar los químicos que ayudan al tratamiento de aguas al tanque de sedimentación. El voltaje necesario de estas para poder funcionar es de 110 Voltios.



Figura 5.1. Bombas de 1 ½ HP.

Marca	Pedrollo
Modelo	PKM60
Voltaje de trabajo	110 VAC
Diámetro	1" x 1"
Corriente Nominal	2.4 A

Tabla 5.2. Datos Técnicos Bomba de 1 ½ HP.

Bombas de 2 HP: Estas bombas se necesitan por consecuencia de las electroválvulas tipo diafragma, ya que estas se abren con un mínimo de presión de 0.8 PSI, y de acuerdo al diseño original de funcionamiento, este solo abastecía para la apertura de un número determinado de electroválvulas, por lo cual fue necesario la implementación de dos de estas bombas, una para el llenado de los Lechos, y la segunda para la Recirculación en el tanque de Ozonificación número dos.



Figura 5.2. Bombas de 2 HP.

Marca	Monoblock
Modelo	BBA.CENT.CMB 200-M
Voltaje de trabajo	220 VAC
Diámetro	2" x 2"
Corriente Nominal	4.5 A

Tabla 5.3. Datos Técnicos Bomba de 2 HP.

Sensores de Nivel Hermético con Histéresis: Para los tanques de ozonificación se necesitan sensores de nivel, con el fin de controlar que el tanque no rebose por algún descuido del operador, o en su defecto que cuando se esté realizando una descarga al río, la bomba no llegue a absorber aire por que el tanque se quedó sin agua (ver figura 2.7; tabla 2.1).

Controles de Nivel en Base Octal: Son sensores de nivel igualmente para fluidos pero con las diferencias de que estos son construidos en acero inoxidable, por lo cual son aptos para cualquier tipo de inmersión de fluidos que pueden ser hasta corrosivos, pero por otro lado no cuentan con un sistema de histéresis, simplemente dan una señal de alarma cuando un tanque esta vacio (ver figura 2.8; ver tabla 2.2).

Transformador de 220 VAC – 24 VAC: Es necesario para la alimentación de las electroválvulas contar con una alimentación de 24 VAC, de acuerdo al sistema inicial se tiene una alimentación en la planta de 220 VAC, de aquí que se ha implementado un transformador que cumpla con dichas características.



Figura 5.3. Transformador 220 - 24 VAC.

Marca	General Electric
Modelo	IPu290
Voltaje de entrada	220 VAC
Voltaje de salida	24 VAC
Presentacion	Patas metalicas
Potencia	160W
Temperatura	90°C

Tabla 5.4. Datos Técnicos Transformador 220 - 24 VAC.

Fusibles tipo cartucho de 4A y 2A con sus Portafusibles: Los fusibles de 4 Amperios sirven para la alimentación de 220 VAC, en tanto que los fusibles de 2 Amperios para la alimentación de 110 VAC y 24 VAC, se escogió de acuerdo a la sumatoria de corrientes que influyen en cada uno de los procesos



Figura 5.4. Fusibles tipo cartucho.

PLC TWIDO: Es un dispositivo de alta fiabilidad a pesar de su bajo costo posee características de muy altas prestaciones haciéndolo muy eficiente en las labores para las que se utiliza de acuerdo a las características (ver tabla 2.3).



Figura 5.5. PLC Twido 40 DRF.

Módulos de Expansión TWIDO: De acuerdo al diseño implementado, las salidas con las que cuenta el PLC no son suficientes, por lo cual se vuelve indispensable el uso de módulos de expansión, que en este caso son dos, uno de dieciséis (16) y otro de ocho (8) salidas. Con la implementación de estos módulos de expansión se optimiza el control de la planta, logrando además que el proyecto tenga flexibilidad para futuros cambios o mejoras (ver tablas 2.4 y 2.5).



Figura 5.6. Módulo de expansión para PLC Twido.

Relés de 24 VAC con sus Porta relés: Se escogió este tipo de relés, principalmente por la activación de las electroválvulas, pero también sirven para la activación de las bombas, ya que es el contacto de cada relé el que se alimenta a 110 VAC alimentando de esta forma los Contactores, para que estos a su vez activen las bombas. No sería correcto usar otro tipo de relés, para la activación de las bombas, ya que un Comm del PLC abarca varias salidas, por lo cual mientras los relés sean iguales en características de activación es mucho mejor.

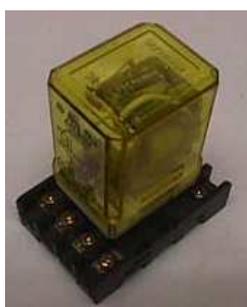


Figura 5.7. Relés de 24 VAC.

Voltaje de trabajo	24 VAC
Corriente a soportar	40A
Diámetro	5 x 6.3 mm
Contactos NA	2
Contactos NC	2

Tabla 5.5. Datos Técnicos Relés de 24 VAC.

Relé Tripolar Térmico: Las protecciones térmicas se escogieron, con el fin de proteger al Contactor de una Sobre Corriente. El contacto normalmente cerrado de esta Protección se conecta con la bobina del Contactor, de este modo al momento que haya una sobrecarga, el contacto cambiará de estado, con lo cual el Contactor queda protegido de acuerdo a la corriente calibrada o a la temperatura en los contactos del mismo.



Figura 5.8. Relé Tripolar Térmico.

Marca	Telemecanique
Voltaje de trabajo	220 VAC
Polos	3
Contactos NA	1
Contactos NC	1
Corriente	Regulable
Potencia	5.5 KW
Tipo de montaje	Sobre riel din

Tabla 5.6. Datos Técnicos Relés Tripolar Térmico.

Contactor: Este es el equipo encargado de realizar la etapa de potencia, es decir la activación de las bombas, cualquiera de las dos mencionadas anteriormente. Vale recalcar que la alimentación para que se activen los contactores es de 220 Voltios, sin embargo no necesariamente esta será la alimentación



Figura 5.9. Contactor MEC.

Marca	LG MEC
Voltaje de activación de bobina	220 VAC
Polos	3
Contactos NA	1
Contactos NC	1
Corriente	12 A
Potencia	5.5 KW
Tipo de montaje	Sobre contactor

Tabla 5.7. Datos Técnicos Contactor MEC.



Figura 5.10. Contactor Telemecanique.

Marca	Telemecanique.
Voltaje de activación de bobina	220 VAC
Polos	3
Contactos NA	1
Contactos NC	1
Corriente	20 A
Potencia	8 KW
Tipo de montaje	Sobre riel din

Tabla 5.8. Datos Técnicos Contactador Telemecanique.

Terminales tipo Puntera y tipo U: Estos terminales se usan para colocar de una manera estética el cable en la entrada o salida de los equipos mencionados anteriormente. Estos terminales son de diferentes tamaños, y para este caso son de: cable dieciocho (18), dieciséis (16), y doce (12).



Figura 5.11. Terminal tipo puntera.



Figura 5.12. Terminal tipo U.

Cable de Control: El cable usado para la parte de control es el número dieciocho (18), sirve para conectar las salidas del PLC a los relés, las entradas de los sensores al PLC, de la salida del relé a la Protección Térmica (de ser el caso).

Cable de Potencia: Este cable es utilizado en todo lo referente a activaciones, sean estas de bombas o de electroválvulas, el número de cable utilizado es de acuerdo a la corriente de activación para cada uno de los elementos actuadores, en el caso de electroválvulas se utilizó cable número dieciséis (16), en cambio para la activación de las bombas se ha utilizado el cable número (12).

Borneras para Cable: Utilizadas para realizar la conexión entre la entrada / salida de un aparato, sea este un sensor, electroválvula o una bomba y los relés o el PLC (para las entradas de los sensores)

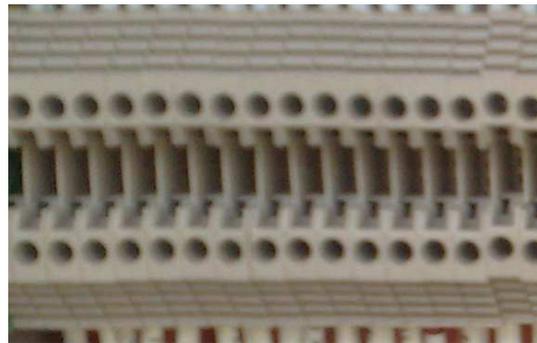


Figura 5.13. Borneras para cable.

Borneras para conexión a tierra: Borneras usadas para realizar el cableado a tierra general del sistema, esto para evitar posibles sobrecargas, las cuales podría dañar a los equipos.



Figura 5.14. Borneras para conexión a tierra.

Riel DIN: Utilizada para montar sobre ella todos los elementos internos que componen el tablero, brinda un soporte ideal y ayuda a la distribución de los elementos.



Figura 5.15. Riel DIN.

Canaleta con tapa: Es la encargada de llevar todo el cableado en su interior de manera que no se encuentre visible, aumentando así la estética del tablero.

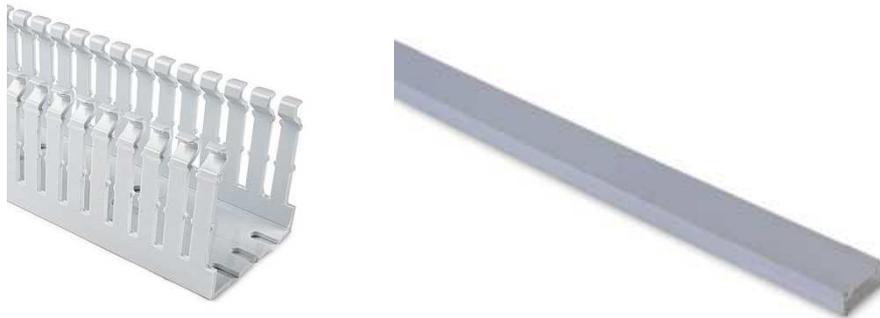


Figura 5.16. Canaleta.

Tablero de Distribución: Es el que contiene en su interior los elementos y el cableado correspondiente, y por fuera la parte visual de control, es decir, los pulsadores, selectores, luces piloto.

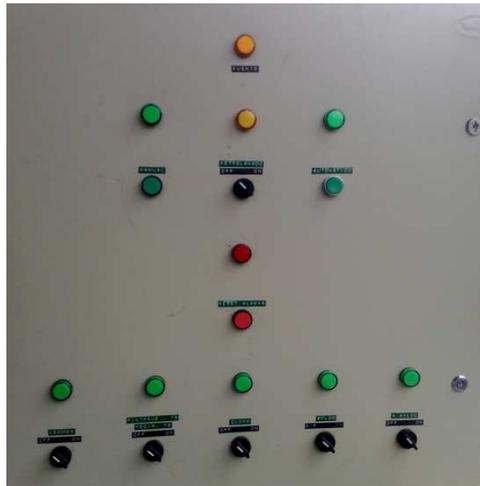


Figura 5.17. Tablero de distribución.

5.1.1. Descripción del sistema

Componentes del Sistema

En base a lo anteriormente mencionado se va a proceder a realizar una lista de todos los componentes que se encuentran presentes en el sistema.

- Electroválvulas de 1 ½ y 2 pulgadas.
- Bombas de ½ HP.
- Bombas de 2 HP.
- Sensores de Nivel Hermético con Histéresis.
- Controles de Nivel en Base Octal.
- Transformador de 220 VAC – 24 VAC.
- Fusibles de 4A y 2A con sus Portafusibles.
- PLC TWIDO.
- Módulos de Expansión TWIDO.
- Relés de 24 VAC con sus Porta relés.
- Relé Tripolar Térmico.

- Contactor.
- Terminales tipo Puntera y tipo U.
- Cable de Control.
- Cable de Potencia.
- Borneras para Cable.
- Borneras de Tierra.
- Riel DIN.
- Canaleta con tapa.
- Tablero de Distribución.

5.1.1.1 Arquitectura del Sistema

En la definición de una arquitectura o modelo de referencia se puede mencionar que la automatización realizada tiene un objetivo de supervisión, mantenimiento y control de planta de forma que sea lo más eficiente posible y aplicable al mayor número de eventos mencionados anteriormente.

Arquitectura de componentes: A continuación se muestra el esquema general de la arquitectura del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

Como componentes de la planta se puede mencionar los siguientes:

- a. Gestor de elementos de planta**
 - PLC
- b. Controlador general del sistema**
 - Tablero de distribución
 - Actuadores
 - Interfaz HMI
 - Monitoreo personal
- c. Correlador de eventos**
- d. Distribuidor de eventos**

a. Gestor de elementos de planta

Entre las funciones principales del Gestor elementos de planta se encuentran:

- Emitir acciones y eventos a través de sus salidas, enviar información de un evento estándar del sistema o monitorear aquellos en una forma visual.
- Programar eventos de mantenimiento. (Proceso de Retrolavado)
- Dar órdenes a los elementos del proceso.
- Acceso a programa y configuración a través de la red interna.

Una vez que el Gestor de elementos de planta identifica cuáles son las medidas significativas, se envían al Controlador general del sistema mediante un interfaz HMI, a través del Receptor de datos, permitiendo tener presente los eventos que se encuentra realizando el sistema e identificando los tiempos en los cuales se va a realizar el mismo.

b. Controlador general del sistema

El Controlador general del sistema se encargará de:

- Recibir a través de un interfaz HMI toda la información que proviene del Gestor de elementos de planta a través del Receptor de datos.
- Seleccionar el modo de funcionamiento de la planta sea este en forma manual o automática.
- En el modo manual manipular el sistema mediante órdenes emitidas desde el tablero, verificando que el proceso continúe con su funcionamiento.
- Supervisar el funcionamiento de la planta pudiendo tomar medidas en el caso que sea necesario.

c. Correlador de eventos

El correlador de eventos siguiendo las características del PLC se encargará mediante un lenguaje basado en reglas de:

- Controlar el proceso mediante comando de decisión para que siga con un proceso secuencial y lograr completar el ciclo de manera fiable.
- Generar alarmas a partir de las medidas y eventos básicos, comunicándose al operador mediante la interfaz HMI.

d. Distribuidor de eventos

El Distribuidor de eventos tendrá como función primordial la de exportar información a la red general de la empresa de forma que el proceso de mantenimiento y control sea lo más integral posible.

5.1.2. Flujo de Información

A continuación se detalla la información correspondiente a la planta de tratamiento de aguas residuales de la Central Termoeléctrica Guangopolo.

Al ser la planta de tratamiento operada anteriormente en modo manual se modifico su estructura física adaptando e instalando dispositivos que permitan la automatización del sistema y entre ellos como parte principal de su funcionamiento un PLC modular y un PC central en el cual se visualiza la interfaz HMI.

Por otro lado, el proceso en su funcionamiento involucra una gran cantidad de flujo de información, pues es aquí donde se conoce el estado de las válvulas, bombas, tipo de proceso y el trabajo que está desarrollando cada uno de los eventos en tiempo real. Entre las principales funciones que desarrolla la planta de tratamiento de aguas residuales, esta la información que intercambia con la sala de control

manteniendo informado de manera constante al operador, por lo que entre los eventos que realiza se puede mencionar los siguientes:

- Optimiza el proceso de tratamiento afianzando la parte ambiental como elemento importante del sistema.
- Permite explorar mejores alternativas para la implementación de nuevos procesos que ayuden a mejorar el desempeño de los mismos.
- Monitorea las operaciones de los proceso de trabajo.
- Establece y mantiene contacto con la sala de control y los operadores con el fin de generar, recolectar y administrar la información que de ellas proviene.
- Lleva un registro de alarmas que permite verificar las fallas del sistema para que la ubicación de los problemas sean detectados con mayor facilidad.
- Genera un proceso confiable ya que sigue una secuencia adecuada haciendo que este complete en su totalidad el ciclo de trabajo.

La planta recibe la siguiente información:

- Señales de eléctricas de detección de nivel para la disponibilidad y no disponibilidad para operar.
- El tipo de proceso que se encuentran realizando.
- El tipo de evento que se esta procesando.
- Los valores y estados de variables inmersas en el proceso.
- La ubicación y estado de las válvulas, bombas, sensores, y productos químicos inmersos en el tratamiento.
- Tiempo de trabajo en cada proceso.
- Cantidad de químico a colocar para el proceso de sedimentación.
- Señal de alarma para identificación de lechos sucios
- Señal de alarma para proceso de retrolavado.
- Selección de modo de funcionamiento.

En las organizaciones modernas, la información se convierte en un factor de producción decisivo. Para mejorar la flexibilidad de una empresa es necesario mejorar

la calidad de la información disponible, la cual deberá ser procesada además en mayores volúmenes y con mayor velocidad. Esto exige el tratamiento integrado de los datos técnicos y para ello es condición necesaria la existencia de un flujo continuo de información.

Una forma de analizar el proceso de fabricación, es investigar las rutas del flujo de información en el proceso, lo cual conduce al entendimiento de los problemas que pueden existir en dicho flujo, para poder resolverlos.

Este documento se divide en cuatro secciones principales:

- Lista de datos (candidatos).
- Definición de datos, atributos y relaciones.
- Relacionar e identificar datos con parámetros iniciales.
- Diagramar flujos y relaciones de datos.

Lista de Datos (candidatos)

DATO CANDIDATO	FUNCIÓN	MEDIOS
Tiempo de ejecución del Tratamiento del agua en cada sector	Mostrar el tiempo restante de la evolución del proceso en cada proceso para dar seguimiento del avance del mismo.	Con barras indicadoras de tiempo en la interfaz visual.
Posición exacta del agua	Visualizar en que proceso de purificación se encuentra el agua actualmente.	En la interfaz visual mediante la activación de Bombas y/o Electroválvulas.
Dosificación de Químicos	Mostrar cual es el químico que se está colocando.	Mediante la visualización de las Bombas correspondientes de cada Químico.

Indicador de funcionamiento manual/automático	Observar de qué manera se está realizando el Tratamiento de Aguas.	Con luces piloto en el Tablero de Distribución y con un visualizador en el Sistema SCADA.
Variación de tiempos en los diferentes procesos	Permitir la variación de los procesos dependiendo de las situaciones que se presenten	Mediante el ingreso de los tiempos en la interfaz visual.
Alarma sonora	Indicar errores que puedan atentar contra las personas o equipos para seguridad de los mismos.	Con parlantes ubicados en la Sala de Control.
Estado de las Bombas	Indicar encendido o apagado de las Bombas para conocimiento del operador.	Con luces piloto en el Tablero de Distribución.
Realización del Retrolavado	Monitorear y llevar a cabo el proceso de Retrolavado.	Mediante una luz piloto y un Selector.
Registro de Descarga de Lechos	Realizar el monitoreo de cuantas descargas se realizan al día y de los lechos que se encuentran disponibles para un funcionamiento en modo manual.	A través de la Interfaz visual.
Control de Nivel de los Químicos	Vigilar el nivel de los Químicos de modo que el Proceso se efectúe de una manera apropiada	Mediante la Interfaz visual, con la ayuda de los sensores individuales.
Protección de información	Negar el acceso al manejo y a la información de la producción a personas no autorizadas para evitar daños en el equipo, alteración del software y plagio de información.	Mediante claves en la interfaz de InTouch y bloqueo del sistema.

Tabla 5.9. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

5.2. Parámetros para configuración de la Interfaz

A continuación se indican los parámetros de configuración que deben tener cada uno de los elementos utilizados en la interfaz:

MODO DE FUNCIONAMIENTO	
Atributo	Tipo de dato
Modo Manual activado.	Discreto
Modo Automático activado.	Discreto
Alarmas de funcionamiento.	Discreto

Tabla 5.10. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

ESTADOS DEL SECTOR DE CLARIFICACIÓN	
Atributo	Tipo de dato
Nivel de la Piscina API.	Discreto
Estado de la Bomba del Clarificador.	Discreto
Nivel del Tanque de Clarificación.	Discreto

Tabla 5.11. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

ESTADOS DEL PROCESO DE FLOCULACIÓN	
Atributo	Tipo de dato
Nivel del Tanque de Cloro	Discreto
Nivel del Tanque del 6 FLOC	Discreto
Nivel del Tanque del 4A FLOC	Discreto
Estado del Agitador.	Discreto
Estado de la Bomba de Cloro.	Discreto
Estado de la Bomba del 6 FLOC.	Discreto
Estado de la Bomba del 4A FLOC.	Discreto

Tabla 5.12. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

ESTADOS DEL PROCESO DE DESCARGA DE SEDIMENTOS	
Atributo	Tipo de dato
Estado de la Bomba de Descarga a los Lechos.	Discreto
Estado de la electroválvula para el Lecho #1.	Discreto
Estado de la electroválvula para el Lecho #2.	Discreto
Estado de la electroválvula para el Lecho #3.	Discreto
Estado de la electroválvula para el Lecho #4.	Discreto
Estado de la electroválvula para el Lecho #5.	Discreto
Estado de los Lechos para la siguiente Descarga.	Discreto
Alarma de Lechos Sucios en Panel de Distribución.	Discreto
Botón de Reset de Alarma en Panel de Distribución.	Discreto
Botón en la Interfaz para selección de Lecho.	Discreto

Tabla 5.13. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

ESTADOS DEL PROCESO DE OZONIFICACIÓN	
Atributo	Tipo de dato
Nivel del Tanque #1 de Ozonificación.	Discreto
Nivel del Tanque #2 de Ozonificación.	Discreto
Estado de la Bomba de Llenado.	Discreto
Estado de la Bomba de Recirculación del Tanque #1.	Discreto
Estado de la Bomba de Recirculación del Tanque #2.	Discreto
Estado de la Bomba de Recirculación General.	Discreto
Estado del Ozonificador.	Discreto
Estado de la electroválvula de Llenado General.	Discreto
Estado de la electroválvula de Llenado Tanque #1.	Discreto
Estado de la electroválvula de Llenado Tanque #2.	Discreto
Estado de la electroválvula #1 de Recirc. Tanque #1.	Discreto
Estado de la electroválvula #2 de Recirc. Tanque #1.	Discreto
Estado de la electroválvula #1 de Recirc. Tanque #2.	Discreto
Estado de la electroválvula #2 de Recirc. Tanque #2.	Discreto

Tabla 5.14. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

ESTADOS DEL PROCESO DE DESCARGA DE AGUA	
Atributo	Tipo de dato
Nivel del Tanque #1 de Ozonificación.	Discreto
Nivel del Tanque #2 de Ozonificación.	Discreto
Estado de la Bomba de Recirculación del Tanque #1.	Discreto
Estado de la Bomba de Recirculación del Tanque #2.	Discreto
Estado de la electroválvula #2 de Recirc. Tanque #1.	Discreto
Estado de la electroválvula #2 de Recirc. Tanque #2.	Discreto
Estado de la electroválvula de Descarga Tanque #1.	Discreto
Estado de la electroválvula de Descarga Tanque #2.	Discreto
Estado de la electroválvula #1 de Descarga General.	Discreto
Estado de la electroválvula #2 de Descarga General.	Discreto

Tabla 5.15. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

ESTADOS DEL PROCESO DE RETROLAVADO	
Atributo	Tipo de dato
Nivel del Tanque #1 de Ozonificación.	Discreto
Nivel del Tanque #2 de Ozonificación.	Discreto
Estado de la Bomba de Recirculación del Tanque #1.	Discreto
Estado de la Bomba de Recirculación del Tanque #2.	Discreto
Estado de la electroválvula de Descarga Tanque #1.	Discreto
Estado de la electroválvula de Descarga Tanque #2.	Discreto
Estado de la electroválvula de Retrolavado.	Discreto
Botón de Accionamiento del Retrolavado.	Discreto

Tabla 5.16. Datos Técnicos Contactor Telemecanique.

Nota: Los parámetros indicados están incluidos en la pantalla de control.

A continuación se va a realizar una pequeña descripción de Software. Este software de la Sala de Control está organizado como un esquema de lógica progresiva.

Vale aclarar que el programa del PLC es secuencial, de forma que una red lógica progresiva es iniciada por su predecesora.

La Unidad de Procesamiento Central (CPU) del PLC opera en todas las direcciones, y ejecuta los comandos en el orden en que aparecen en la lista. Cuando el CPU llega al último comando, comienza todo nuevamente.

La ejecución de un comando se determina por la existencia o procesamiento de un conjunto de condiciones, programadas con anterioridad para el esquema lógico progresivo.

Tareas del PLC: Las tareas se derivan de las operaciones del sistema. Entre las principales están:

- Inicialización del Tratamiento
- Identificación del estado de los Tanques, mediante los sensores de nivel.
- Activación de las Electroválvulas dependiendo de las acciones correspondientes del programa.
- Activación de las Bombas dependiendo de las acciones correspondientes del programa.
- Manejo de la Dosificación Automática de Químicos.
- Inserción de Químicos en los respectivos Tanques para que el proceso pueda realizarse con normalidad.
- Manejo de la cantidad de Desechos que se envían a los Depósitos de Descarga.
- Control del Tiempo de Sedimentación y Ozonificación para un mejor Tratamiento.
- Operaciones de reajuste.
- Manipulación de errores y fallas.

Cada una de estas tareas principales se divide en sub-tareas de operación más pequeñas, hasta que se consigue el control total sobre una sola señal de entrada/salida del PLC.

5.3. Flujo de Materiales

5.3.1. Automatización de las Piscinas y Tanque de Sedimentación

Para realizar la Automatización de las Piscinas simplemente se cuenta con dos sensores de Nivel, uno en la Piscina final del API, y otro en el Tanque de Sedimentación y su funcionamiento es el siguiente:

- Del sensor de la Piscina final del API se toma el contacto normalmente abierto, cuando el sensor está en Bajo Nivel, de modo que este se cierre en cuanto el sensor llega a un Alto Nivel, con lo cual se evita que la Piscina desborde. Anteriormente este sensor se encontraba conectado con el sensor del Tanque de Sedimentación, pero ahora, como ya es obvio es una entrada del PLC.
- Del sensor del Tanque de Sedimentación se toma el contacto normalmente cerrado, cuando el sensor está en Bajo Nivel, de esta forma el contacto se abre al momento que el sensor llega a un Alto Nivel, con lo cual se logra una protección para que el Tanque de Sedimentación no desborde, en el caso de que exista algún descuido de los operadores. Ahora es una entrada al PLC.
- Selector ON – OFF de la Bomba del Clarificador. Este selector funciona única y exclusivamente en el Modo Manual. Inicialmente este sensor se encontraba conectado en serie con los dos sensores mencionados anteriormente para la activación de la Bomba del Clarificador.
- En la actualidad este selector funciona como una entrada al PLC, pero igualmente solo en el modo manual, ya que en la forma automática no es necesario.

5.3.2. Automatización de los Tanques de Dosificación

En la automatización de este proceso se han implementado tres (3) Tanques Plásticos de capacidad de cincuenta y cinco (55) galones, en los cuales se encuentran los

químicos correspondientes a dosificar para que se realice la floculación y sedimentación de los hidrocarburos presentes en el agua.

- El Agitador es el encargado de que el agua en el Tanque de Sedimentación se encuentre en movimiento en el momento que se está realizando la dosificación de los Químicos.
- Este se activa en el momento que se activa el nivel alto en el Tanque de Sedimentación, y se mantiene activo por un período de doscientos (200) segundos, tiempo en el cual se colocan todos los Químicos respectivos, e inclusive un poco más de tiempo para que se realice completamente la mezcla de los Químicos con el agua a tratar.
- El primer Tanque de Químicos es el de Cloro y se dosifica mediante programación por un período de seis (6) segundos justo después de que el sensor de nivel alto en el Tanque de Sedimentación se activa, ya que de acuerdo a las pruebas realizadas y con la bomba implementada, ese es el tiempo necesario para obtener un volumen de dos litros y medio de Cloro.
- El segundo Tanque de Químicos es el de Policloruro de Aluminio, lo que los operadores normalmente conocen como 6 FLOC. De acuerdo a las pruebas realizadas se ha determinado que después de la implementación del Cloro es óptimo esperar un tiempo de aproximadamente veinte (20) segundos para luego proceder a la activación del Policloruro de Aluminio por un tiempo de treinta (30) segundos. Cabe recalcar que este tiempo ha sido obtenido mediante análisis, de acuerdo al caudal necesario de dos litros y medio. En base a estos datos de tiempo y caudal se ha regulado la válvula final para la salida del Químico.
- El tercer Tanque de Químicos es el de Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico, lo que los operadores normalmente conocen como 4 AFLOC. De acuerdo a las pruebas realizadas se ha determinado que después de la implementación del Policloruro de Aluminio es óptimo esperar un tiempo de aproximadamente sesenta (60) segundos para luego proceder a la activación del Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico por un tiempo de cuarenta (40) segundos. Cabe recalcar que este tiempo ha sido obtenido mediante análisis, de

acuerdo al caudal necesario de diez (10) litros. En base a estos datos de tiempo y caudal se ha regulado la válvula final para la salida del Químico.

- Cada uno de los Tanques cuenta con un sensor de nivel (Control de Nivel en base Octal), el cual sirve para realizar el monitoreo del nivel de los Químicos, en la programación cumplen doble función, la primera es la de informar al operador de turno que un Tanque de Químicos en específico, dependiendo del Control que se haya activado se encuentra en nivel bajo, por lo cual se debe volver a llenar dicho Tanque. La segunda función que cumplen es la de detener por completo el proceso en caso de que se encuentre en nivel cualquiera de los Tanques, ya que como es obvio el proceso debe detenerse porque si alguna de las bombas funciona en vacío, el químico no se colocará, por lo cual no se realizará bien el proceso de floculación, en consecuencia el agua que se envíe al río no pasaría las pruebas mínimas que requiere el Ilustre Municipio de Quito.

5.3.3. Automatización de la descarga de Lodos

Después que el Agitador se desconecta, empieza una cuenta de sesenta (60) minutos mediante un temporizador, tiempo en el cual se va a producir la sedimentación de los flóculos que se forman gracias a los químicos usados anteriormente. Una vez que este tiempo se ha cumplido, se activa primeramente la electroválvula del Lecho respectivo, y a continuación la Bomba de Lechos, esto se hace con el fin de evitar que la tubería se llene de presión, ya que si se prende primero una bomba y a continuación la electroválvula se corre el riesgo mencionado arriba. A partir de la activación de la electroválvula y de la Bomba de Lechos se activa una cuenta que desactivará tanto la electroválvula como la Bomba de Lechos, en un tiempo de ciento cincuenta (150) segundos, tiempo en el cual se asegura que la descarga de los lodos hacia el lecho ha sido completada con éxito, es decir, que el lecho se encuentra ya lleno.

El sistema automatizado trabaja con cinco (5) lechos para el depósito de los lodos, y el sistema de automatización cuenta con una luz piloto de color rojo y un pulsador N/C de color rojo, el primero para indicar que se ha obtenido una alarma y el segundo

para el reseteo de dicha alarma, esto consiste en que cuando la descarga a los lechos se ha realizado ya en el tercer depósito, esta alarma se activa indicando que los lechos uno (1), dos (2) y tres (3) se encuentran sucios, en ese momento el operador de turno debe realizar la limpieza de dichos lechos y una vez terminada esta labor, debe dirigirse al tablero y pulsar el botón de reseteo, momento en el cual queda registrado que los lechos se encuentran ya limpios y listos para seguir con el proceso normal. Como se menciono anteriormente al contar con cinco (5) lechos, después de que se haya producido la descarga en el tercer lecho, la siguiente descarga se realizará en el cuarto y por último en el quinto, activándose nuevamente la señal de alarma de lechos. El operador debe hacer el mismo procedimiento descrito anteriormente, y en la próxima descarga, los sedimentos serán enviados ya al lecho uno (1).

5.3.4. Automatización del Proceso de Recirculación y Ozonificación

Justo en el momento en que la descarga de lechos se ha completado, se activan: la electroválvula de Llenado General, la electroválvula del Tanque de Ozonificación respectivo, es decir con el sensor de Alto Nivel desactivado, y la Bomba de Llenado, esta activación dura hasta el momento en que el sensor de Alto Nivel del Tanque de Ozonificación se activa. Cuando esto sucede, empieza el proceso de Recirculación y Ozonificación, el cual consiste en la apertura de dos electroválvulas solamente, las respectivas en cada Tanque de Ozonificación, para realizar el proceso necesario, a más de esto se activa la Bomba de Recirculación y Filtraje T1 en el caso que el Tanque uno (1) sea el que se encuentra lleno, y la Bomba de Recirculación y Filtraje T2 en caso que el Tanque dos (2) sea el que se encuentra lleno, adicionalmente se activa la Bomba de Recirculación General para cualquiera de los dos Tanques que se hayan llenado, ya que esta Bomba ayuda en el aumento de presión de la tubería de modo que el Ozonificador pueda trabajar de manera adecuada. Seguidamente a la activación de estas Bombas se debe activar el Ozonificador, el cual es el encargado de inyectar Ozono al agua que se está tratando con el fin de matar bacterias que se encuentran presentes.

Este proceso se lleva a cabo por un período de noventa (90) minutos, mediante el uso de un temporizador.

5.3.5. Automatización del Proceso de Descarga y Retrolavado

Una vez que se ha efectuado el proceso anterior por el tiempo necesario, se desactivan la Bomba de Recirculación General, el Ozonificador, y las electroválvulas que realizaron el proceso de Ozonificación y Recirculación del Tanque respectivo. A continuación se activa la electroválvula de envío al río del Tanque respectivo, y las electroválvulas generales de descarga, mientras permanece activa la Bomba de Recirculación del Tanque, esta Bomba se desactivará en el momento que el Sensor de Bajo Nivel del Tanque se active, con esto se protege que la Bomba no funcione en vacío produciendo problemas en las electroválvulas.

Con respecto al Retrolavado, este es un procedimiento creado con el fin de limpiar el Filtro final de envío al Río, ya que este no puede ser extraído para que se le realice una limpieza externa. Se realiza los días viernes solamente después de que se haya efectuado la Ozonificación, mediante un Fechador activado en el PLC, el cual no permite que se realice el proceso de envío al Río mientras no se haya realizado el Retrolavado. Para realizar este proceso se debe abrir la válvula manual que se encuentra cerca del Filtro y también abrir una válvula hacia el lecho que se quiere enviar el agua, después de esto se debe activar el Interruptor del Retrolavado que se encuentra en el Tablero, con lo cual se van a activar la electroválvula de envío al Río del Tanque y la Bomba de Recirculación respectiva. Mediante un proceso visual el operador podrá determinar en qué momento el Filtro se encuentra ya limpio y procederá a desactivar el Interruptor del Retrolavado. A continuación el Operador tiene un tiempo de sesenta (60) segundos (tiempo después del cual se activará el proceso de envío al río) para cerrar las válvulas abiertas anteriormente, con lo cual se asegura que el posterior envío al río se realizará de manera adecuada.

5.4. Programación del PLC, con la respectiva descripción de la lógica

En esta parte se va a realizar una explicación sobre la lógica de programación que se utilizó para la automatización de la Planta del Tratamiento de Aguas. Primero se

encuentran hojas por separado del programa el cual se encuentra realizado en ladder, y a continuación de estas una breve descripción.

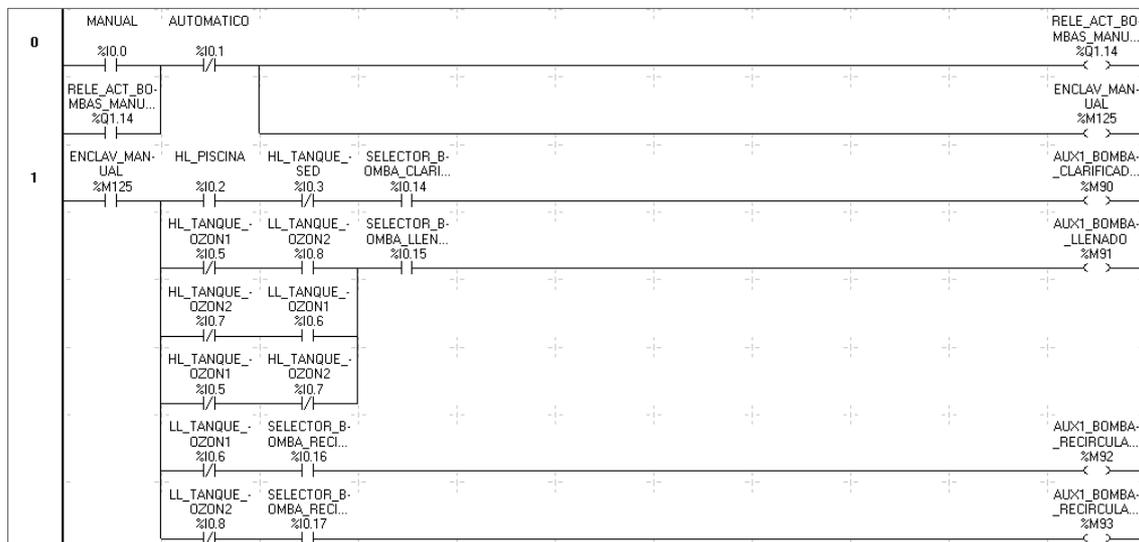


Figura 5.18. Programación del PLC.

En la primera hoja se puede observar dos escalones, en el escalón cero (0) se realiza la activación del funcionamiento de la planta en modo manual con su respectivo desenclavamiento (botón de funcionamiento en modo automático) y al mismo tiempo se produce la activación del Relé para las Bombas en Modo Manual.

En el escalón uno (1) mediante el uso de los sensores de nivel correspondientes y sus selectores se procede a la activación de unas bobinas auxiliares de las bombas del clarificador, llenado, recirculación del tanque 1 y recirculación del tanque 2. El proceso se realizó de esta manera ya que en el modo manual muchas de las veces los operadores pueden dejar prendidas estas bombas trabajando en vacío lo que va a ocasionar fallas en el sistema, o bien los tanques pueden desbordar.

La bomba del Clarificador se va a encender solamente cuando la piscina API se encuentre en nivel alto, el nivel alto del tanque de Sedimentación se encuentre desactivado y el Selector correspondiente haya sido activado.

La bomba de Llenado por su parte solamente estará encendida mientras los sensores de nivel alto del Tanque de Ozonificación uno (1) o dos (2) no se activen, o bien el Tanque uno (1) este lleno y el Tanque dos (2) este vacío y viceversa, y el Selector correspondiente haya sido activado.

Las Bombas de Recirculación estarán encendidas en cambio mientras el sensor de nivel bajo y el selector correspondiente a cada Tanque se encuentre activado, ya que si el sensor de nivel bajo llega a activarse es completamente necesario que se apague la Bomba.

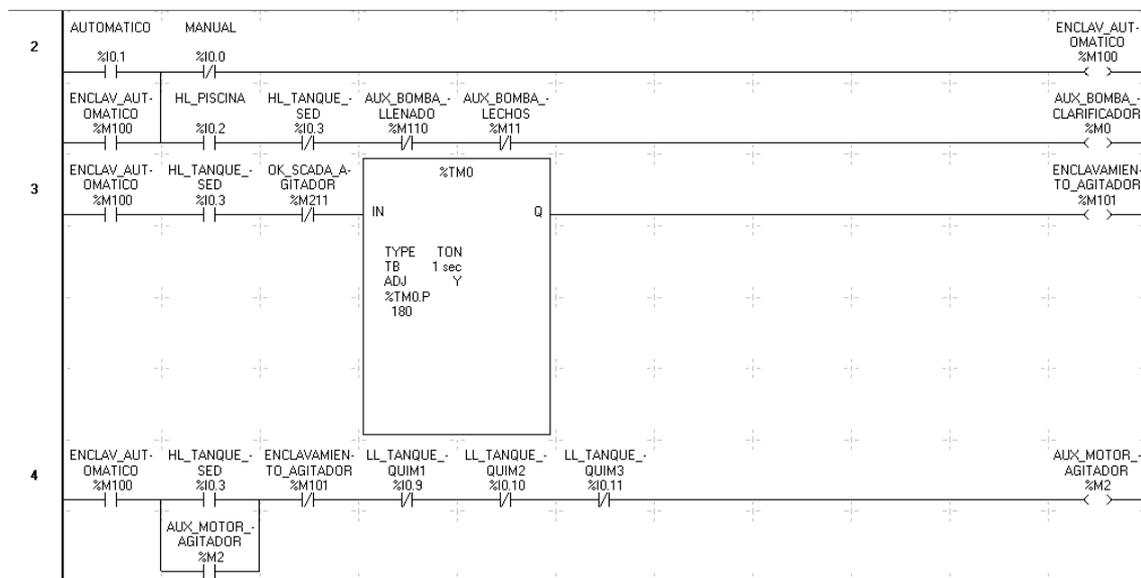


Figura 5.19. Programación del PLC.

En el escalón dos (2) se realiza la activación del modo automático con un desenclavamiento al momento de pulsar el botón Manual del Tablero. Aquí también es necesario realizar un condicionamiento para la activación de la Bomba del Clarificador, y en este caso será con los sensores de nivel como en el modo manual pero ahora incluyendo que esta Bomba no se prenda mientras estén encendidas o la Bomba de Llenado o la Bomba de Lechos, ya que mientras estas Bombas estén encendidas no debe prender ya que el agua clarificada se puede contaminar.

El escalón tres (3) cuenta con un temporizador para mantener activado el Agitador por un tiempo de ciento ochenta segundos (180) justo después de que se haya activado el sensor de alto nivel en el Tanque de Sedimentación.

En el escalón cuatro (4) se tiene la condición de que el Agitador solamente funcione mientras exista alto nivel en los tres Tanques de Químicos, ya que como es obvio si estos se encuentran sin Químico el proceso no puede realizarse.

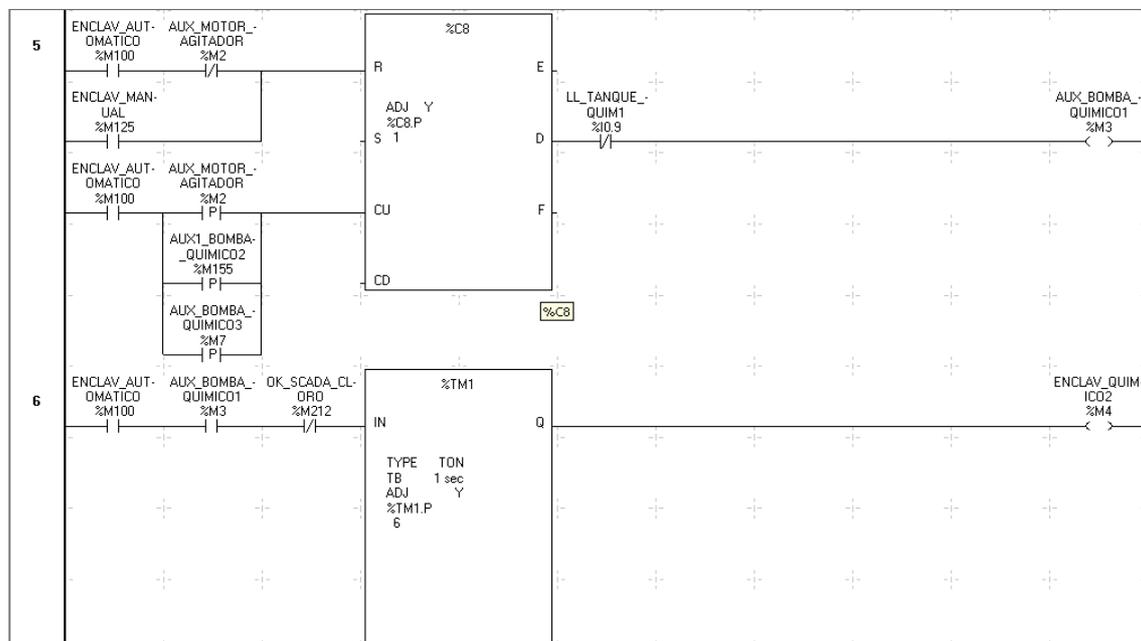


Figura 5.20. Programación del PLC.

En el escalón cinco (5) se cuenta con un Contador para que al mismo tiempo que se prende el Agitador se prenda también la Bomba del Cloro, este Contador se resetea cuando el Agitador se desactiva, con esto se logra que en el siguiente proceso la cuenta empiece nuevamente desde cero. Cuando se activan las Bombas del 6FLOC y del 4A-FLOC la cuenta también aumenta asegurando de esta manera que no se quede encendida la Bomba del Cloro.

El escalón seis (6) tiene un temporizador el cual sirve para que la Bomba de Cloro quede encendida solamente por seis (6) segundos.

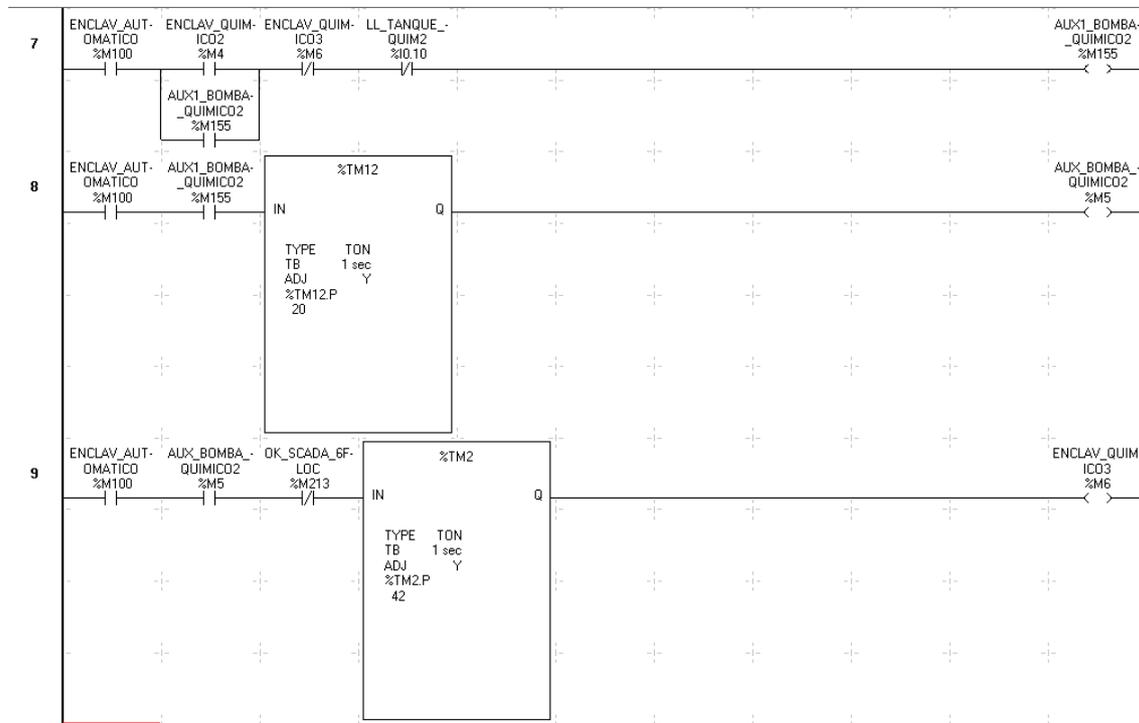


Figura 5.21. Programación del PLC.

El escalón siete (7) sirve para que después que la dosificación del Cloro se haya realizado por completo, se active un temporizador para seguidamente activar la Bomba de 6 FLOC.

En el escalón ocho (8) se realiza la espera de veinte (20) segundos, mediante el uso del Temporizador TM12, esto con el fin de que los químicos que se dosifican no se pongan en forma continua sino después de un pequeño tiempo logrando con esto una mejor dosificación de químicos.

Una vez que se ha cumplido el tiempo de espera se activa el temporizador que se encuentra en el escalón nueve (9), el cual sirve para encender la Bomba del 6FLOC por un tiempo de cuarenta y dos (42) segundos.

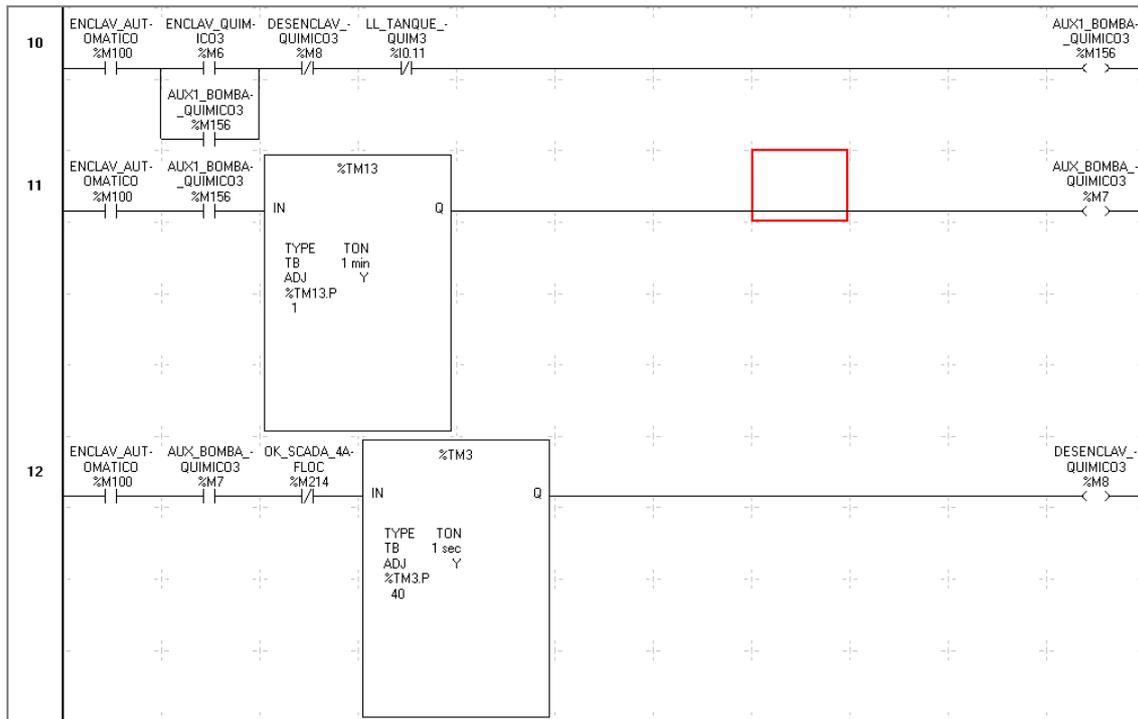


Figura 5.22. Programación del PLC.

De la misma forma que en el 6FLOC el escalón diez (10) sirve para que se active un temporizador de espera hasta la dosificación del último químico.

En el escalón once (11) se activa el Temporizador TM13, el cual sirve para que después de un minuto se active la Bomba del 4A-FLOC.

El escalón doce (12) tiene el Temporizador que es el encargado de activar el 4A-FLOC por un tiempo de cuarenta (40) segundos, esto después del tiempo de espera colocado anteriormente.

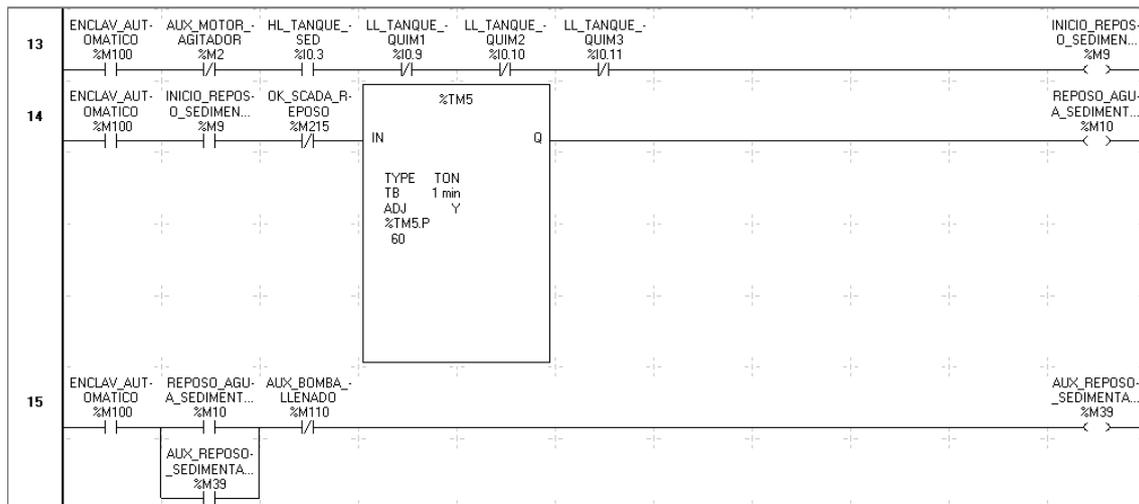


Figura 5.23. Programación del PLC.

Una vez que se ha completado la dosificación de los Químicos, el Agitador todavía se queda encendido por un momento más, con el fin de que dichos químicos se mezclen al 100% con el agua a tratar. Después de que el Agitador se desactive se puede observar que en el escalón trece (13) se activa una bobina auxiliar, la cual va iniciar el Temporizador que se encuentra más abajo.

En este escalón catorce (14) se encuentra el Temporizador encargado de mantener en reposo el agua que se encuentra en el Tanque de Sedimentación por un tiempo de sesenta (60) minutos, tiempo en el cual el agua se separa completamente de los hidrocarburos que se van al fondo del Tanque por ser más densos.

Una vez que este tiempo ha finalizado en el escalón quince (15) se activa una bobina auxiliar, la cual tiene que activar un Temporizador para el envío de los sedimentos al Lecho correspondiente, como se podrá observar más adelante.

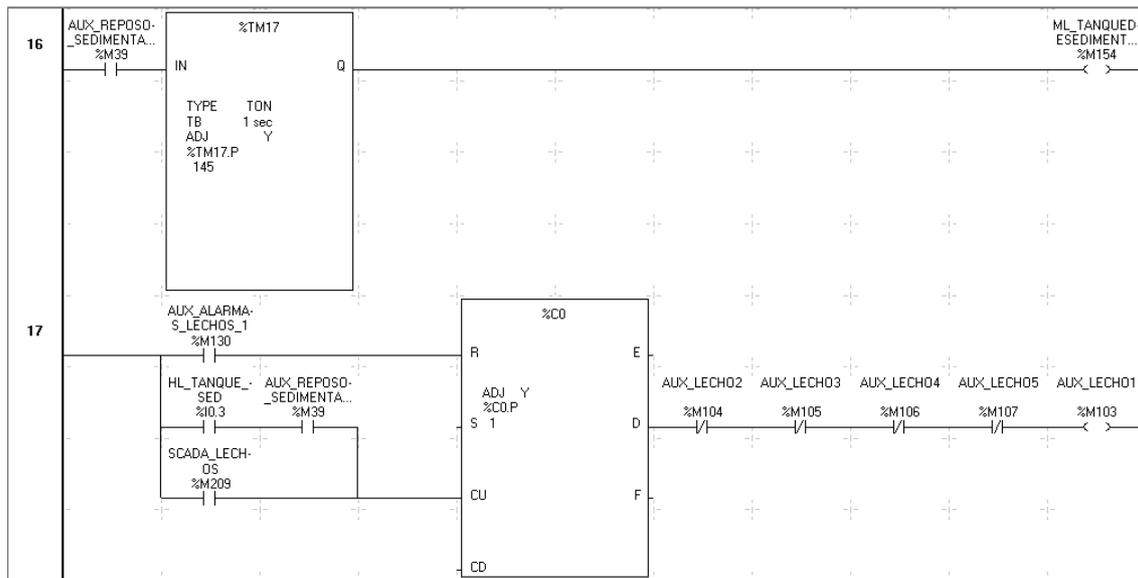


Figura 5.24. Programación del PLC.

El escalón dieciséis (16) tiene un Temporizador, el cual sirve para realizar el envío de los Sedimentos a un Lecho, por un tiempo de ciento cuarenta y cinco (145) segundos, tiempo en el cual y de acuerdo a pruebas visuales realizadas el Lecho se llena de manera óptima.

El escalón diecisiete (17) cuenta con un Contador, en el cual cuando la cuenta es igual a uno se activa el primer Lecho de lodos, cabe recalcar que se ha realizado en la programación un sistema de seguridad para que nunca estén dos Electroválvulas de Lechos abiertas al mismo tiempo.

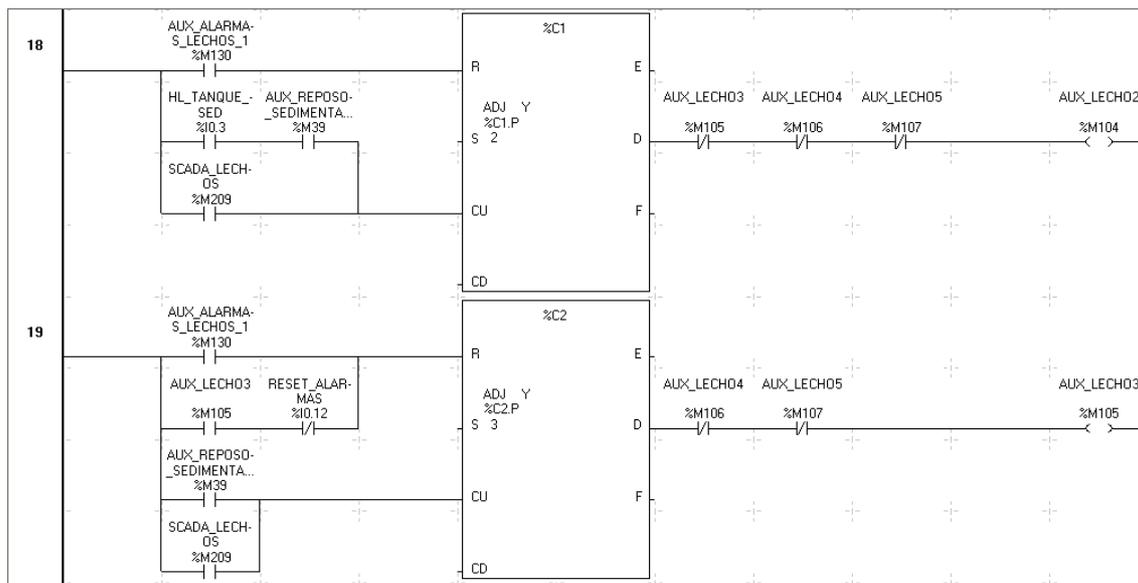


Figura 5.25. Programación del PLC.

En el escalón dieciocho (18) se tiene un Contador, de manera que cuando el proceso se realice por segunda vez se active el Lecho de lodos número dos.

El escalón diecinueve (19) también cuenta con un Contador y de manera igual que en el anterior escalón cuando la cuenta llegue al número tres se activará el Lecho de lodos número tres. La diferencia con los dos Contadores anteriores es que en este se produce ya una alarma en el Sistema SCADA informando a los operadores que los tres primeros Lechos se encuentran sucios y es necesario limpiarlos. Solamente este Contador se resetea cuando la descarga se ha producido en el Lecho 3 y se pulsa el Botón de Reset de las Alarmas.

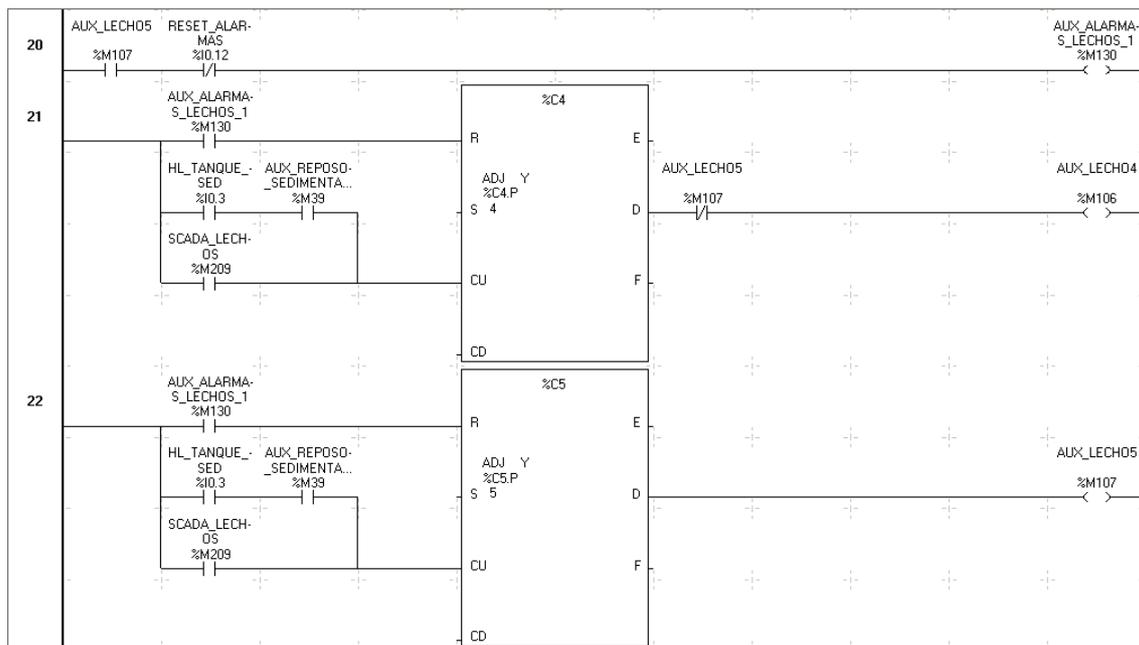


Figura 5.26. Programación del PLC.

El escalón veinte (20) sirve para el reseteo General de todos los lechos, y se puede activar solamente cuando el Lecho cinco (5) haya tenido una descarga y se haya pulsado el Botón de Alarmas.

El escalón veintiuno (21) tiene un Contador, el cual permite la activación del Lecho cuatro (4) solamente cuando el proceso se realice por cuarta vez.

En el escalón veintidós (22) se tiene el Contador para la activación del Lecho cinco (5), una vez que el lecho cinco haya sido activado se volverá a producir en el Sistema SCADA una alarma informando que los lechos se encuentran sucios, momento en el cual los operadores deben ir a limpiarlos y aplastar el Botón de RESET.

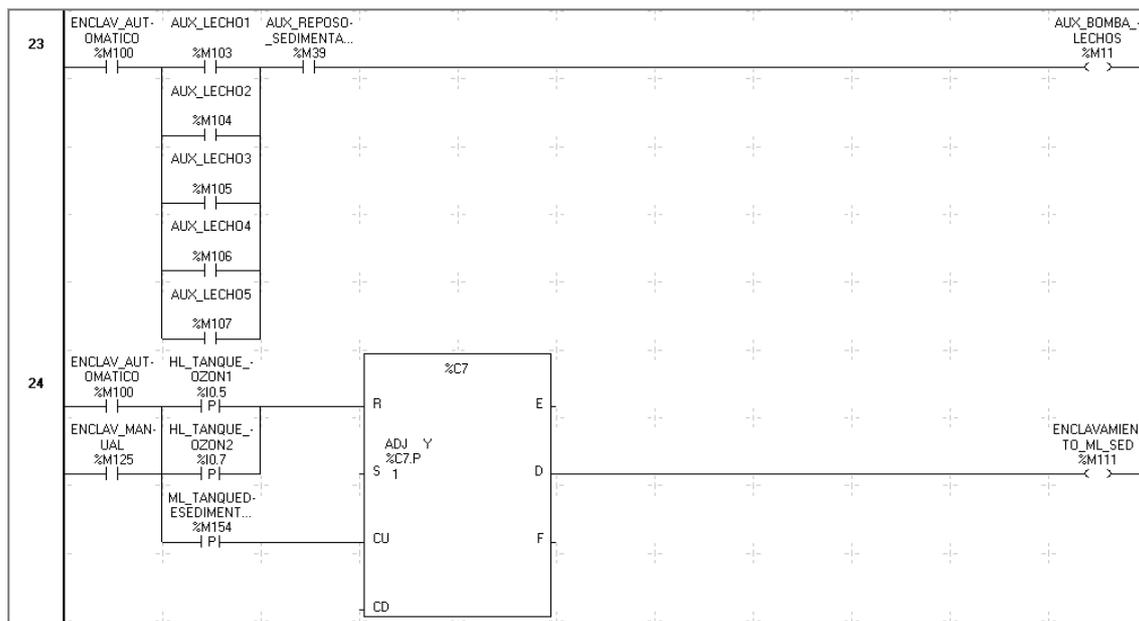


Figura 5.27. Programación del PLC.

El escalón veintitrés (23) sirve para que en el momento en el cual se active la señal de cualquiera de los Lechos del uno (1) al cinco (5) se prenda también la Bomba de los Lechos.

Cuando se haya terminado el tiempo de descarga se producirá una cuenta en el Contador del escalón veinticuatro (24), que activa una bobina auxiliar, que desactiva las Electroválvulas de los Lechos y por ende de la Bomba de Lechos y activar los elementos necesarios para el siguiente proceso que se detalla en los siguientes escalones. Este Contador se resetea cuando alguno de los dos Tanques de Ozonificación hayan llegado al Nivel Alto.

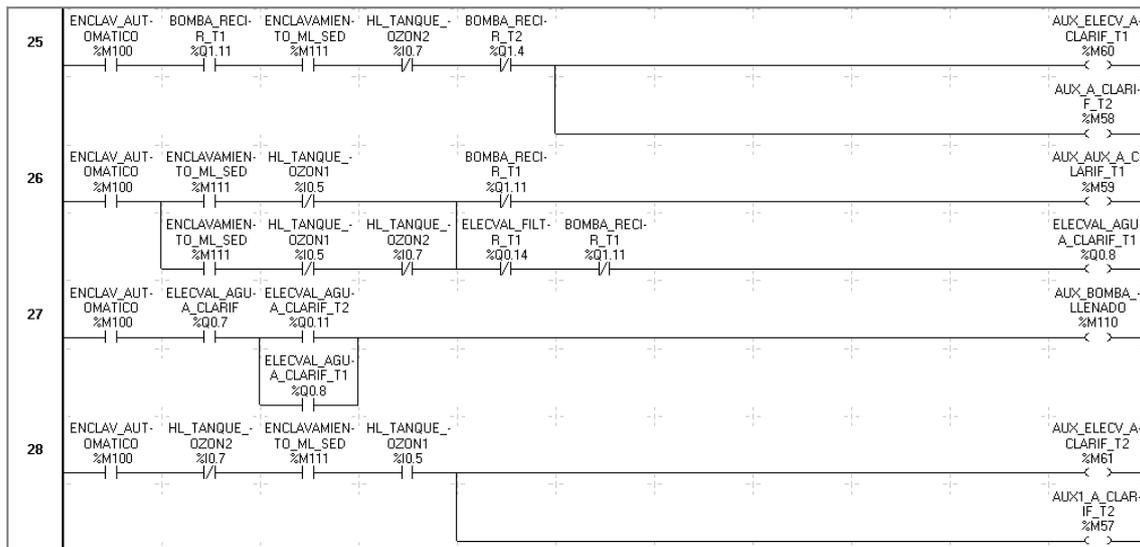


Figura 5.28. Programación del PLC.

En el escalón veinticinco (25) se produce la activación de la Electroválvula de Llenado General y la del Tanque dos (2), mediante la condición de que el Tanque uno (1) se encuentre haciendo la Recirculación o se esté enviando el Agua ya al Río, y el Tanque dos (2) se encuentre vacío.

En el escalón veintiséis (26) se produce la activación de la Electroválvula de Llenado General y la del Tanque uno (1), siempre que solamente el Tanque uno (1) o conjuntamente con el Tanque dos (2) sus sensores de Alto Nivel se encuentren desactivados, y no se esté enviando al Río, esta aclaración es necesaria en la programación ya que por motivos de envío al Río, el Nivel Alto de los Tanques se desactiva, motivo por el cual se puede volver a llenar el Tanque mientras se está realizando la descarga al Río, lo cual no sería un funcionamiento óptimo del sistema.

En el escalón veintisiete (27) se produce la activación de la Bomba de Llenado siempre que estén activas la Electroválvula de Llenado General y cualquiera de las Electroválvulas de Llenado de cada uno de los Tanques.

En el escalón veintiocho (28) se activa la Electroválvula de Llenado del Tanque dos (2) y la Electroválvula de Llenado General, en caso de que el Tanque uno (1) se encuentre lleno.

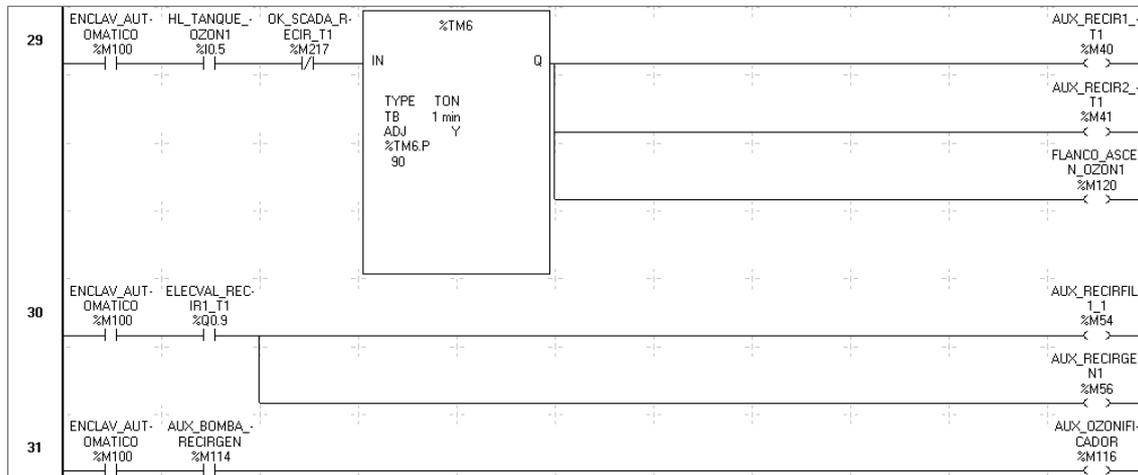


Figura 5.29. Programación del PLC.

Una vez que el Tanque uno (1) se haya llenado se activa inmediatamente un Temporizador ubicado en el escalón veintinueve (29) por el lapso de noventa minutos (90), tiempo en el cual se activarán bobinas auxiliares cuya función es permitir que se realice la Recirculación en dicho Tanque.

Cuando se han activado las Electroválvulas de Recirculación en el Tanque uno (1), se puede observar en el escalón treinta (30) la activación de dos bobinas auxiliares, que son las encargadas de activar la Bomba de Recirculación del Tanque uno (1) y la Bomba de Recirculación General.

En el escalón treinta y uno (31), en cambio se produce la activación del Ozonificador, solamente después que se hayan activado las Bombas de Recirculación del Tanque uno (1) y la General.

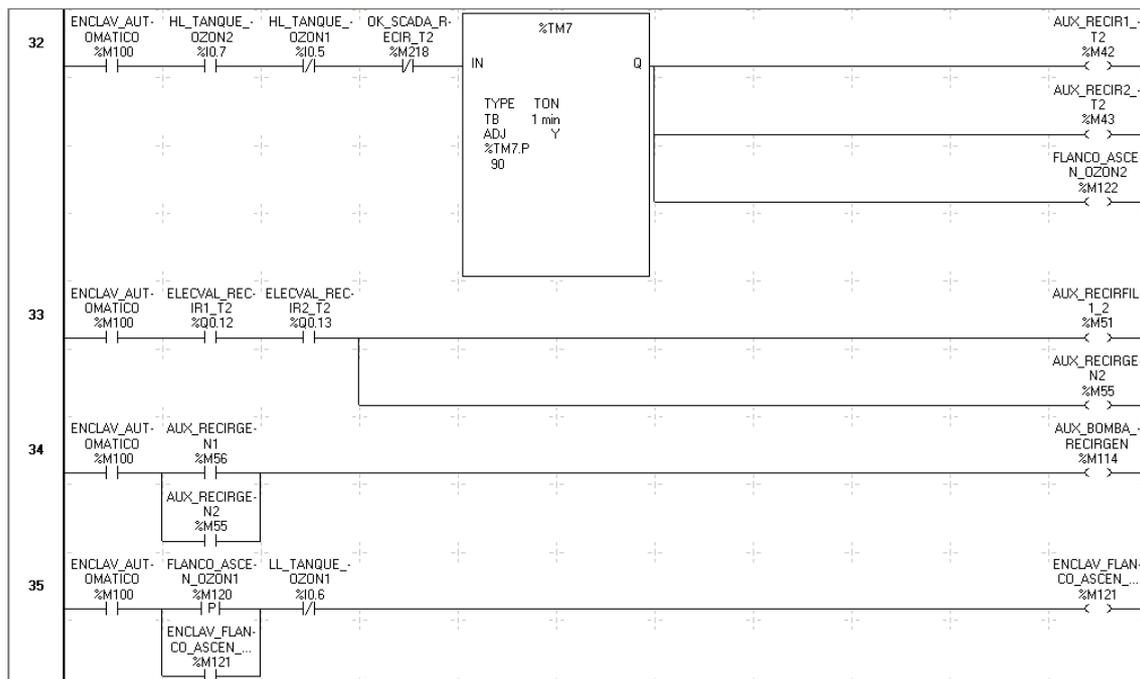


Figura 5.30. Programación del PLC.

En el escalón treinta y dos (32) se tiene el Temporizador para la Recirculación en el Tanque dos (2), y de igual manera que en el otro Tanque se realizará por un período de noventa (90) minutos. Se Activa el Temporizador siempre y cuando se haya alcanzado el Nivel Alto en el Tanque dos (2) y el Tanque uno se encuentre vacío.

El escalón treinta y tres (33) sirve para que se activen tanto la Bombas de Recirculación del Tanque dos (2) como la de Recirculación General, solamente si se han activado previamente las Electroválvulas de Recirculación en el Tanque dos (2).

En el escalón treinta y cuatro (34) se realiza la activación de la Bomba de Recirculación General cuando las bobinas auxiliares del Tanque uno (1) o el Tanque dos (2) han sido activadas.

El escalón treinta y cinco (35) sirve para que se active una bobina auxiliar en el momento exacto en que ha terminado la Ozonificación en el Tanque uno (1), esta bobina es la encargada de Activar un Temporizador de espera detallado abajo.

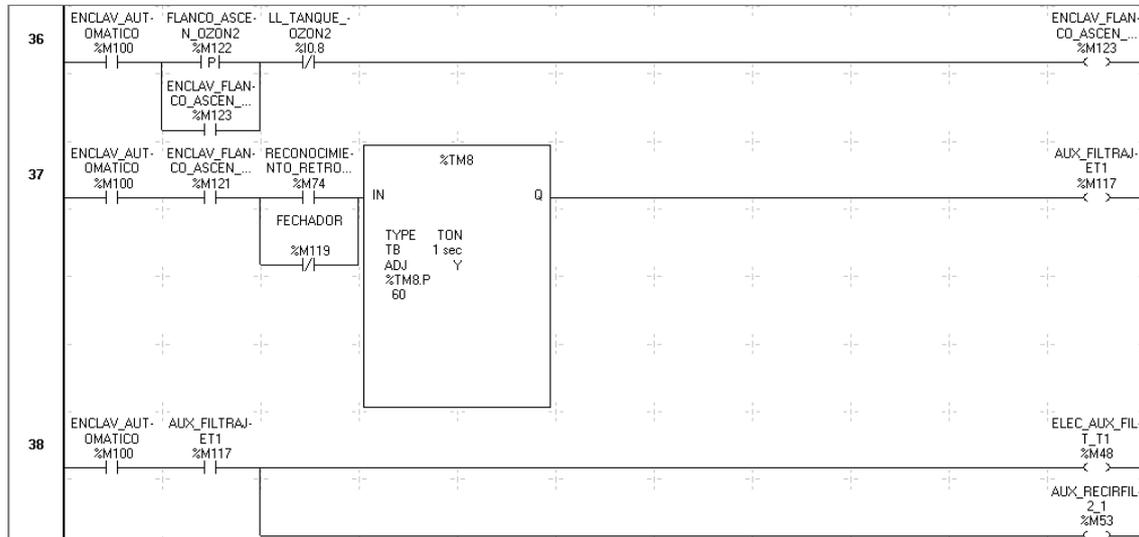


Figura 5.31. Programación del PLC.

El escalón treinta y seis (36) de igual manera que el anterior sirve para activar una bobina auxiliar cuando ha terminado la Ozonificación en el Tanque dos (2), la cual activa un Temporizador de espera.

El escalón treinta y siete (37) cuenta con un Temporizador el cual cumple con la misión de esperar por sesenta (60) segundos después de que se haya realizado la Ozonificación para empezar a enviar el Agua al Río. Los días viernes un Fechador permite que se realice el proceso de Retro lavado, el que será explicado más adelante.

Después de que han pasado los sesenta (60) segundos se produce la activación de las Electroválvulas Generales de envío al Río, la Electroválvula de envío al Río del Tanque uno (1) y la Bomba de Recirculación del Tanque uno (1), lo cual se puede apreciar en el escalón treinta y ocho (38).

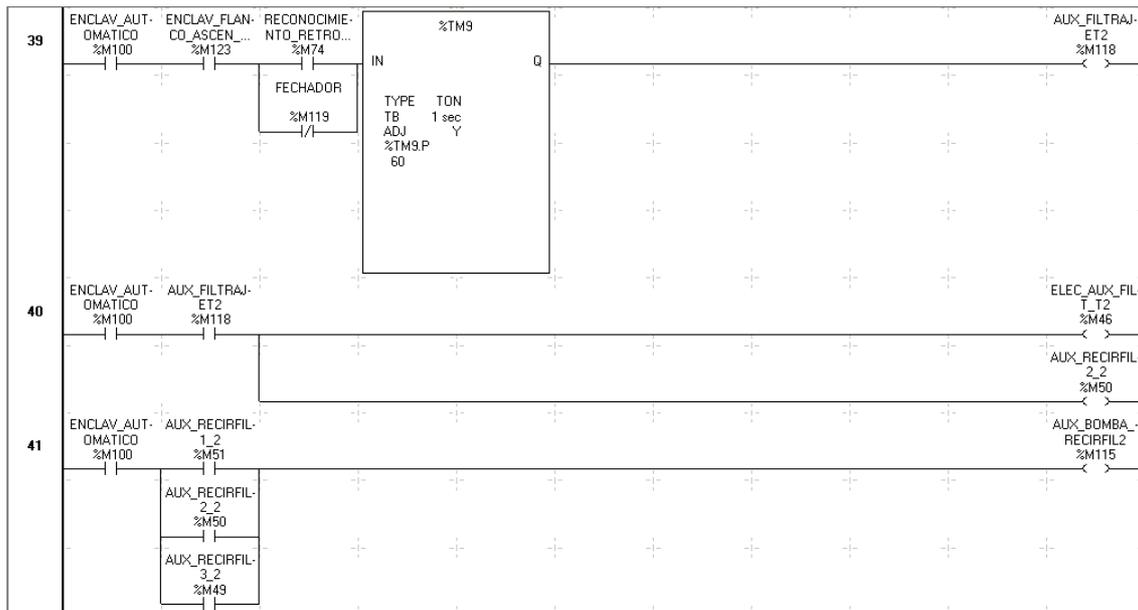


Figura 5.32. Programación del PLC.

En el escalón treinta y nueve (39) se tiene por otro lado el Temporizador de sesenta (60) segundos para el envío al Río del Tanque dos (2). Este Temporizador es igualmente controlado por el Fechador para la realización del Retro lavado los días viernes.

En el escalón cuarenta (40) en cambio se realiza la activación de la Electroválvula de envío al Río y de la Bomba de Recirculación del Tanque dos (2), posteriormente a la activación de las Electroválvulas Generales de envío al Río.

El escalón cuarenta y uno (41) recopila las bobinas auxiliares que permiten la activación de la Bomba de Recirculación del Tanque dos (2).

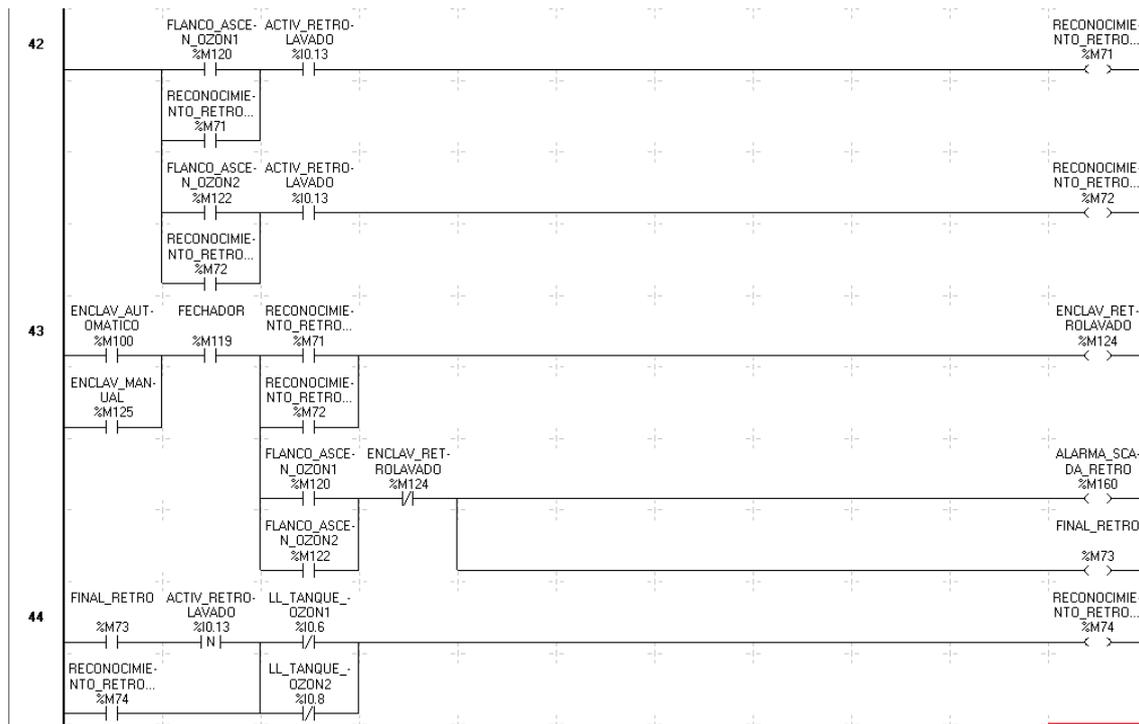


Figura 5.33. Programación del PLC.

El escalón cuarenta y dos (42) sirve para realizar una activación de bobinas auxiliares, los días viernes después que se ha realizado la Ozonificación respectivamente, y que se activa el Interruptor de Retro lavado ubicado en el Tablero.

En el escalón cuarenta y tres (43), se observa que ya sea en modo manual o automático se puede realizar el Retro lavado de la misma manera, siempre que el Fechador haya sido activado y se produce un enclavamiento en una bobina auxiliar, la cual sirve para desactivar la alarma que se produce en el sistema SCADA por motivo del Retro lavado.

El escalón cuarenta y cuatro (44) mantiene activo un enclavamiento mientras no se activen los sensores de Bajo Nivel de cualquiera de los dos Tanques, ya que como es obvio, no se puede realizar el proceso de Retro lavado sin agua.

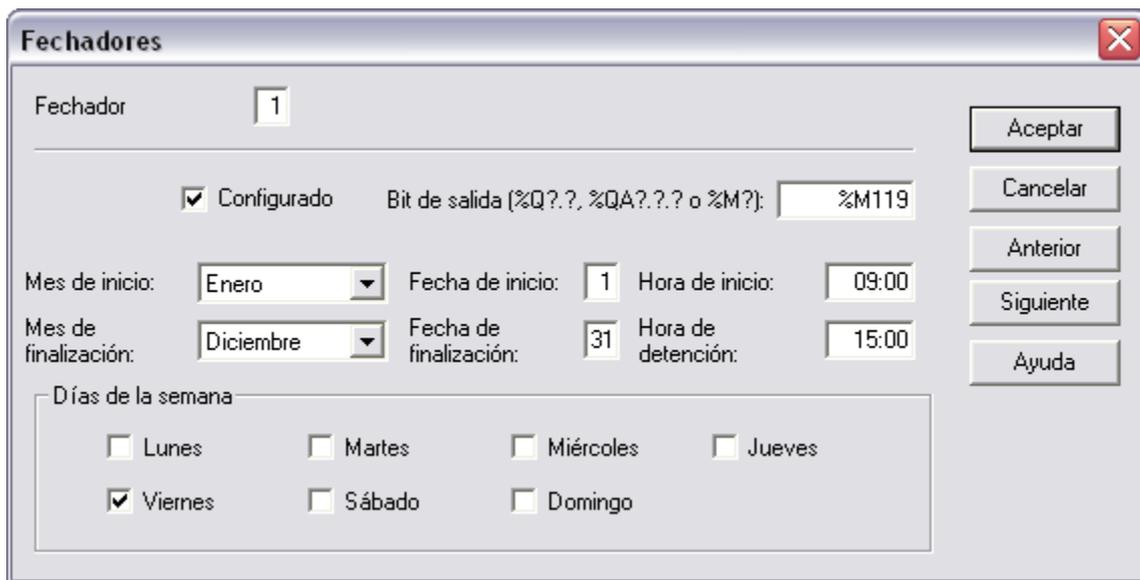


Figura 5.34. Programación del PLC.

El gráfico mostrado consiste en la ventana de programación del Fechador, donde se ha colocado la activación de una bobina auxiliar solamente los días Viernes desde las nueve (9) de la mañana hasta las tres (3) de la tarde, desde el mes de Enero hasta el mes de Diciembre.

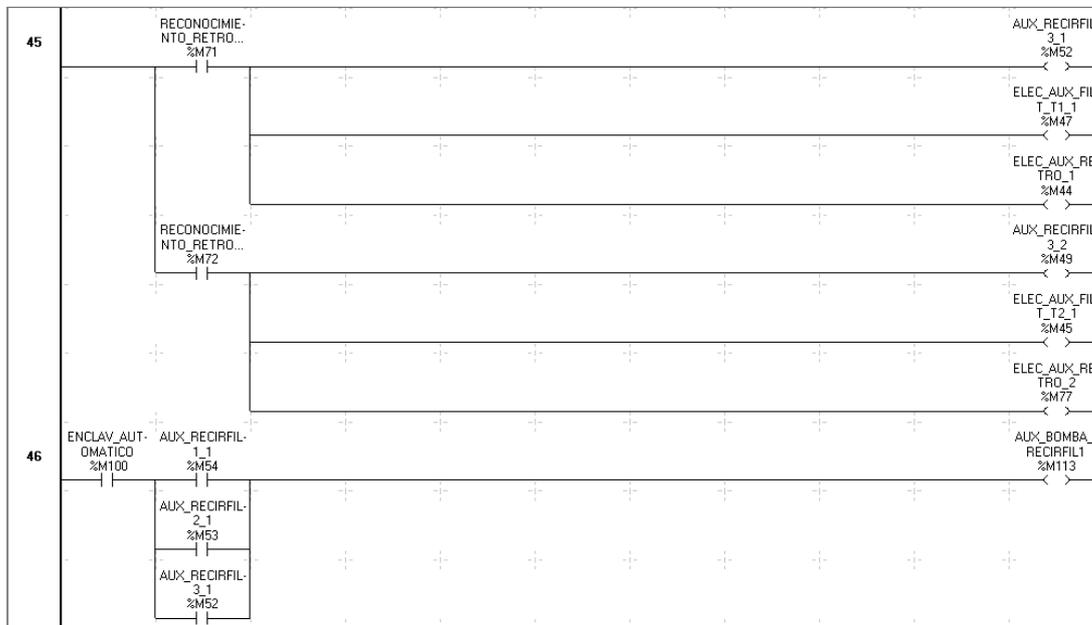


Figura 5.35. Programación del PLC.

Una vez que se realizó el reconocimiento del Retro lavado en los escalones anteriores, se procede a la activación de la Electroválvula de Retro lavado, la Electroválvula de envío al Río y la Bomba de Recirculación del respectivo Tanque en el escalón cuarenta y cinco (45). El Retro lavado se realizará de forma visual hasta que el operador interprete que el Filtro se encuentra ya completamente limpio, momento en el cual procede a apagar el Interruptor del Retro lavado, volviendo a activarse de manera normal el proceso de espera de sesenta (60) segundos antes de hacerse el envío al Río.

El escalón cuarenta y seis (46) recopila las bobinas auxiliares que permiten la activación de la Bomba de Recirculación del Tanque dos (1).



Figura 5.36. Programación del PLC.

En el escalón cuarenta y siete (47) se activan ya las salidas físicas de las Bombas a través de las bobinas auxiliares usadas a lo largo del programa.

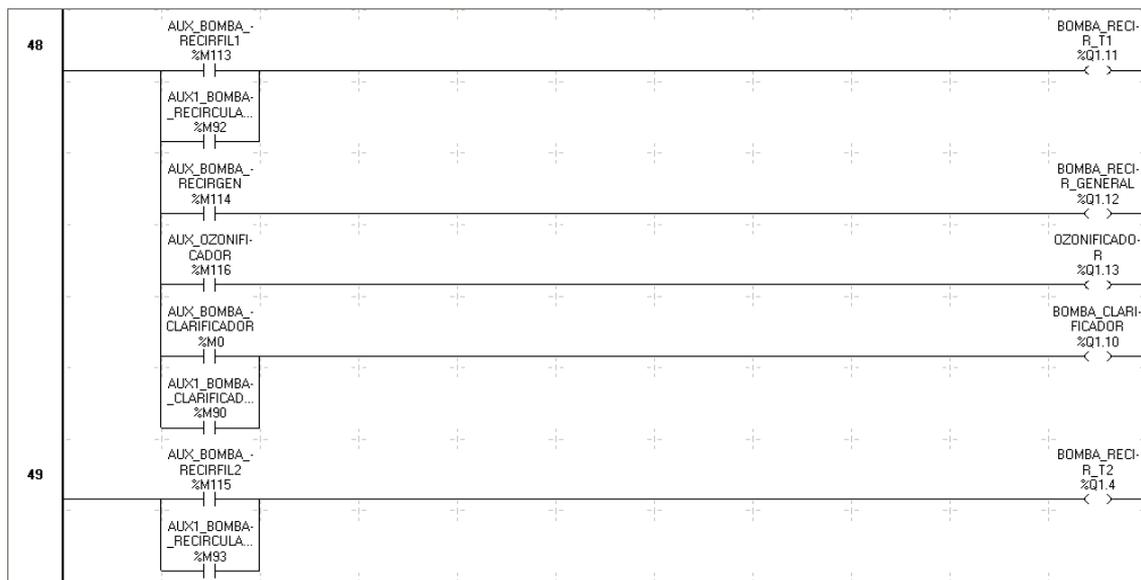


Figura 5.37. Programación del PLC.

En los escalones cuarenta y ocho (48) y cuarenta y nueve (49) se transforman todas las bobinas auxiliares en salidas ya al relé de las Bombas.



Figura 5.38. Programación del PLC.

El escalón cincuenta (50) une las bobinas auxiliares de los Lechos en las salidas físicas del PLC para la activación de los respectivos relés.

El escalón cincuenta y uno (51) recopila las bobinas auxiliares para la activación de la Electroválvula General de Agua Clarificada.

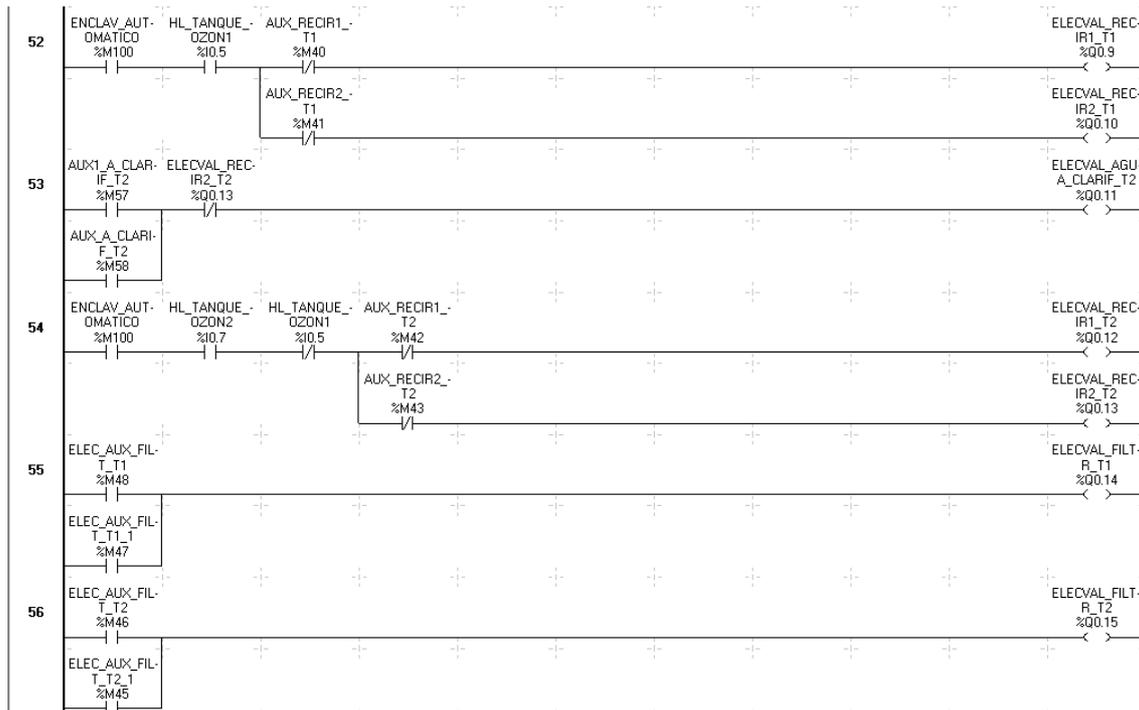


Figura 5.39. Programación del PLC.

El escalón cincuenta y dos (52) sirve para la activación física de las Electroválvulas de Recirculación en el Tanque uno (1).

El escalón cincuenta y tres (53) realiza la activación física de la Electroválvula de Llenado del Tanque dos (2).

El escalón cincuenta y cuatro (54) sirve para la activación física de las Electroválvulas de Recirculación en el Tanque dos (2).

En el escalón cincuenta y cinco (55) se realiza la activación física del PLC de la Electroválvula de envío al Río del Tanque uno (1), y en el escalón cincuenta y seis (56) la Electroválvula de envío al Río del Tanque dos (2).



Figura 5.40. Programación del PLC.

El escalón cincuenta y siete (57) realiza la activación de las Electroválvulas de Filtraje y envío al Río, estas dos se colocan en el mismo escalón ya que no importa el momento ambas siempre deben encenderse al mismo tiempo.

En el escalón cincuenta y ocho (58) se activa la Electroválvula de Retro lavado, en tanto que en el escalón cincuenta y nueve (59) se realizó la programación de la alarma al sistema SCADA cuando alguno de los sensores de los Químicos se encuentren en nivel bajo.

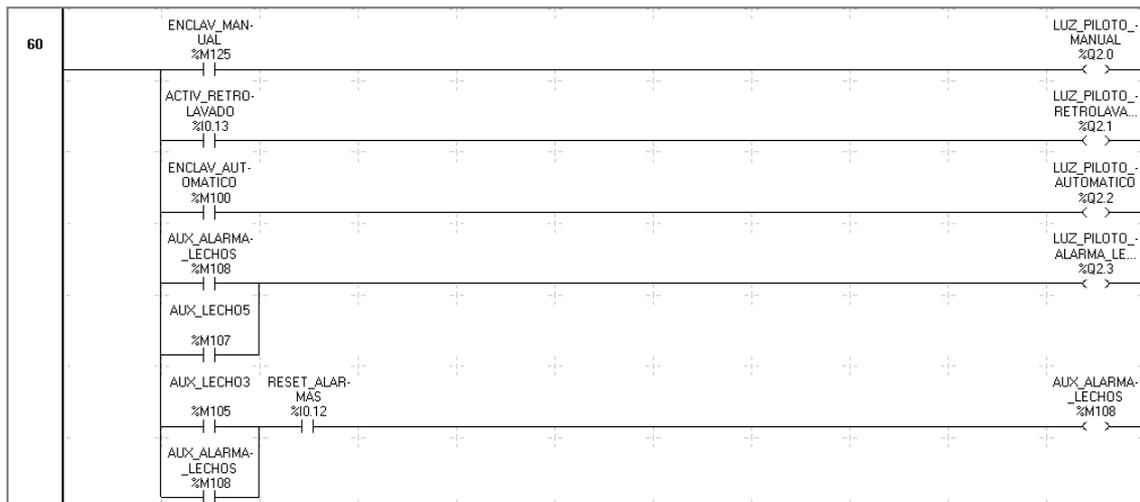


Figura 5.41. Programación del PLC.

El escalón sesenta (60) se realiza la activación física de las luces piloto que se encuentran en el segundo módulo de expansión, tales como la del modo Manual, la del Retro lavado, modo Automático y la Alarma de los Lechos.

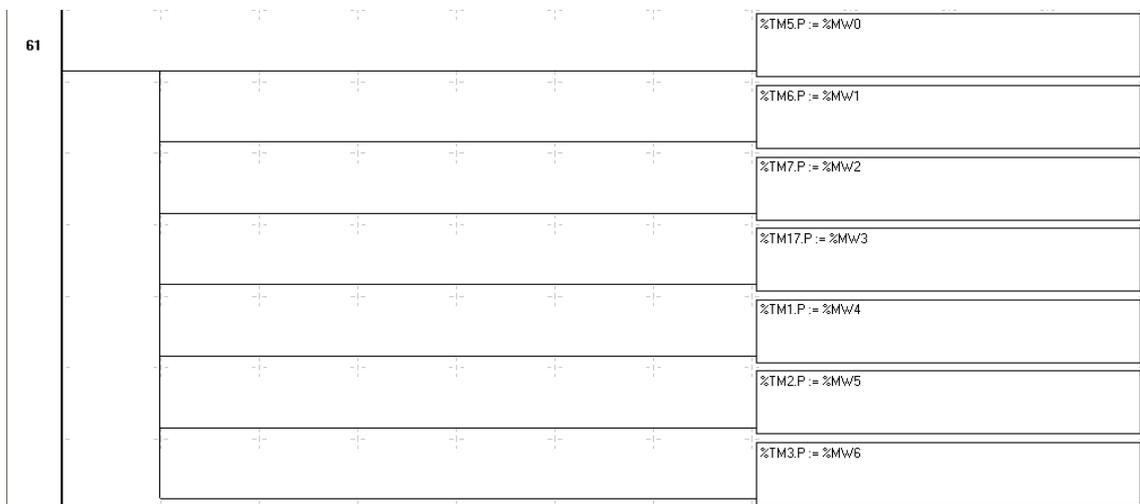


Figura 5.42. Programación del PLC.

En el escalón sesenta y uno (61) se realizó una lista de Registros en los cuales se guardan los valores de tiempo de funcionamiento de: el Agitador, las Bombas de los Químicos, el tiempo de Sedimentación, el tiempo de descarga a los Lechos y el tiempo de Recirculación y Ozonificación de los Tanques. Todo esto se realiza con el fin de poder controlar dichos tiempos en el sistema SCADA, ya que a veces a causa del clima por el invierno y las fuertes lluvias, aumenta el nivel de agua más rápidamente en las piscinas API, por lo cual los valores de tiempos como por ejemplo la Sedimentación son reducidos de sesenta (60) minutos a cuarenta y cinco (45) minutos por ejemplo.

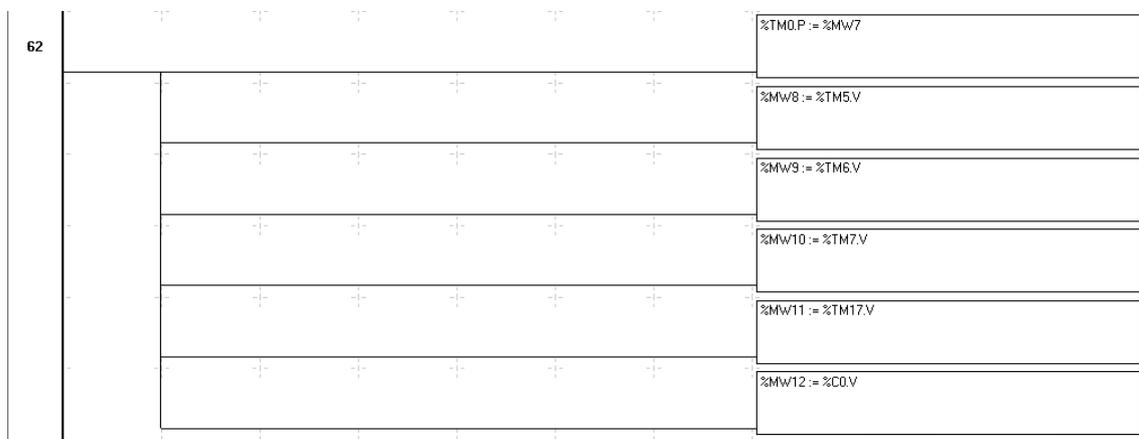


Figura 5.43. Programación del PLC.

En el escalón sesenta y dos (62) en cambio se realizó una lectura de los valores de sedimentación, ozonificación y recirculación, esto con el fin de poder realizar una visualización en el sistema SCADA del tiempo que resta hasta que dicha acción concluya, con esto los Operadores se encuentran en capacidad de lograr un control visual para poder realizar algún tipo de acción dependiendo de los requerimientos que se puedan dar, como por ejemplo una revisión del envío de agua clarificada al tanque de Ozonificación al momento de que la cuenta regresiva implementada en el sistema SCADA llegue a cero (0).

63	BOMBA_CLARIFICADOR %Q1.10	SCADA_CLARIFICADOR %M180
	BOMBA_LLENADO %Q1.8	SCADA_LLENADO %M181
	BOMBA_RECIR-T1 %Q1.11	SCADA_RECIR-T1 %M182
	BOMBA_RECIR-T2 %Q1.4	SCADA_RECIR-T2 %M183
	ELECVAL_LEC-H01 %Q0.2	SCADA_LECH-D1 %M184
	ELECVAL_LEC-H02 %Q0.3	SCADA_LECH-D2 %M185
	ELECVAL_LEC-H03 %Q0.4	SCADA_LECH-D3 %M186

Figura 5.44. Programación del PLC.

64	ELECVAL_LEC-H04 %Q0.5	SCADA_LECH-D4 %M187
	ELECVAL_LEC-H05 %Q0.6	SCADA_LECH-D5 %M188
	ELECVAL_AGUA_CLARIF %Q0.7	SCADA_CLARIF_GENERAL %M189
	ELECVAL_AGUA_CLARIF-T1 %Q0.8	SCADA_CLARIF-T1 %M190
	ELECVAL_AGUA_CLARIF-T2 %Q0.11	SCADA_CLARIF-T2 %M191
	ELECVAL_REC-IR1_T1 %Q0.9	SCADA_RECIR-1_T1 %M192
	ELECVAL_REC-IR2_T1 %Q0.10	SCADA_RECIR-2_T1 %M193

Figura 5.45. Programación del PLC.

65	ELECVAL_REC- IR1_T2 %Q0.12	SCADA_RECIR- 1_T2 %M194
	ELECVAL_REC- IR2_T2 %Q0.13	SCADA_RECIR- 2_T2 %M195
	ELECVAL_FILT- R_T1 %Q0.14	SCADA_FILTR- O_T1 %M196
	ELECVAL_FILT- R_T2 %Q0.15	SCADA_FILTR- O_T2 %M197
	ELECVAL_FILT- R01 %Q1.0	SCADA_FILTR- O_GEN %M198
	ELECVAL_RET- ROLAVADO %Q1.2	SCADA_RETR- O_ELECTRO %M199
	HL_PISCINA %I0.2	SCADA_HL.PI- SCINA %M200

Figura 5.46. Programación del PLC.

66	HL_TANQUE_- SED %I0.3	SCADA_HL.SE- DIMENTACION %M201
	LL_TANQUE_- QUIM1 %I0.9	SCADA_LL.CL- ORO %M202
	LL_TANQUE_- QUIM2 %I0.10	SCADA_LL.6F- LOC %M203
	LL_TANQUE_- QUIM3 %I0.11	SCADA_LL.4A- FLOC %M204
	HL_TANQUE_- OZON1 %I0.5	SCADA_HL_T1 %M205
	LL_TANQUE_- OZON1 %I0.6	SCADA_LL_T1 %M206
67	HL_TANQUE_- OZON2 %I0.7	SCADA_HL_T2 %M207
	LL_TANQUE_- OZON2 %I0.8	SCADA_LL_T2 %M208
	RESET_ALAR- MÁS %I0.12	SCADA_RESET %M210
RUNG 68 FIN DEL PROGRAMA		

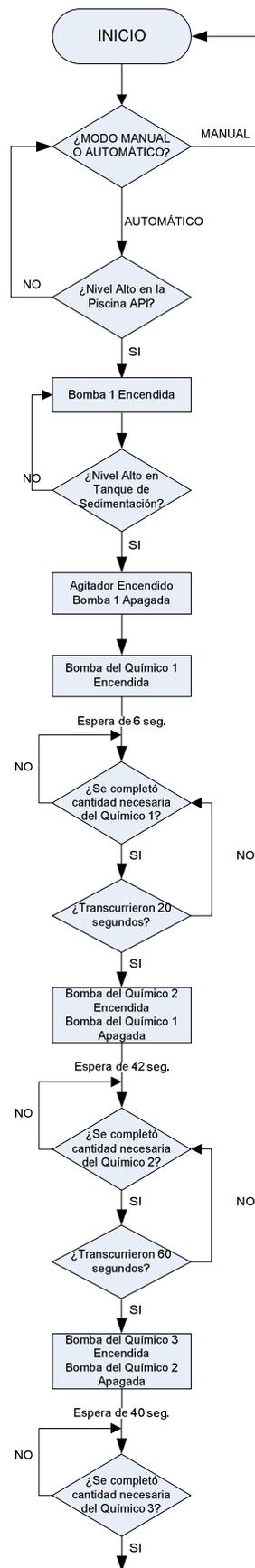
Figura 5.47. Programación del PLC.

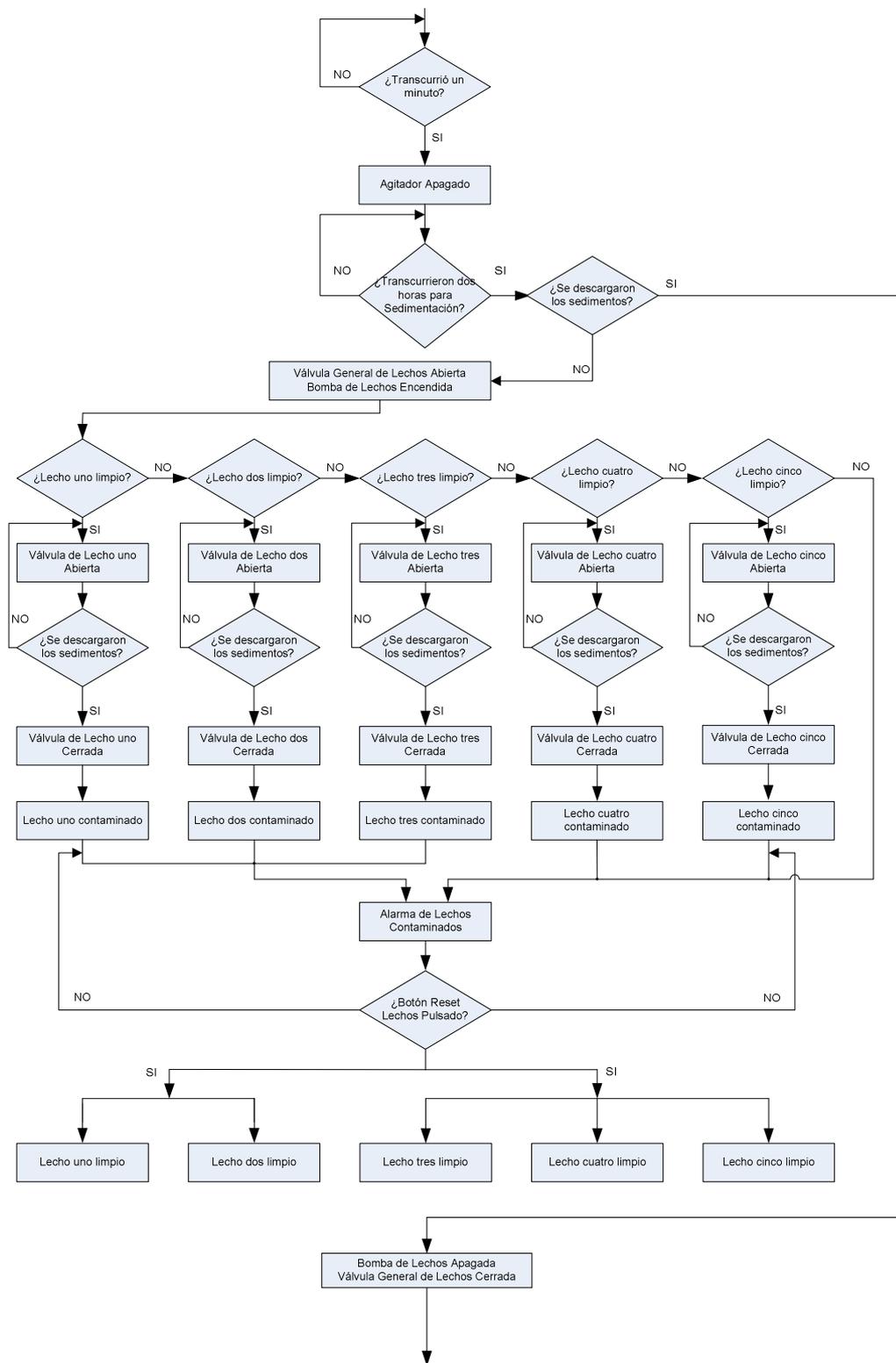
En los escalones sesenta y tres (63), sesenta y cuatro (64), sesenta y cinco (65), sesenta y seis (66) y sesenta y siete (67) se asignan todas las variables físicas determinadas antes a variables auxiliares, las cuales se van a usar para el sistema SCADA, en el monitoreo y control de la planta.

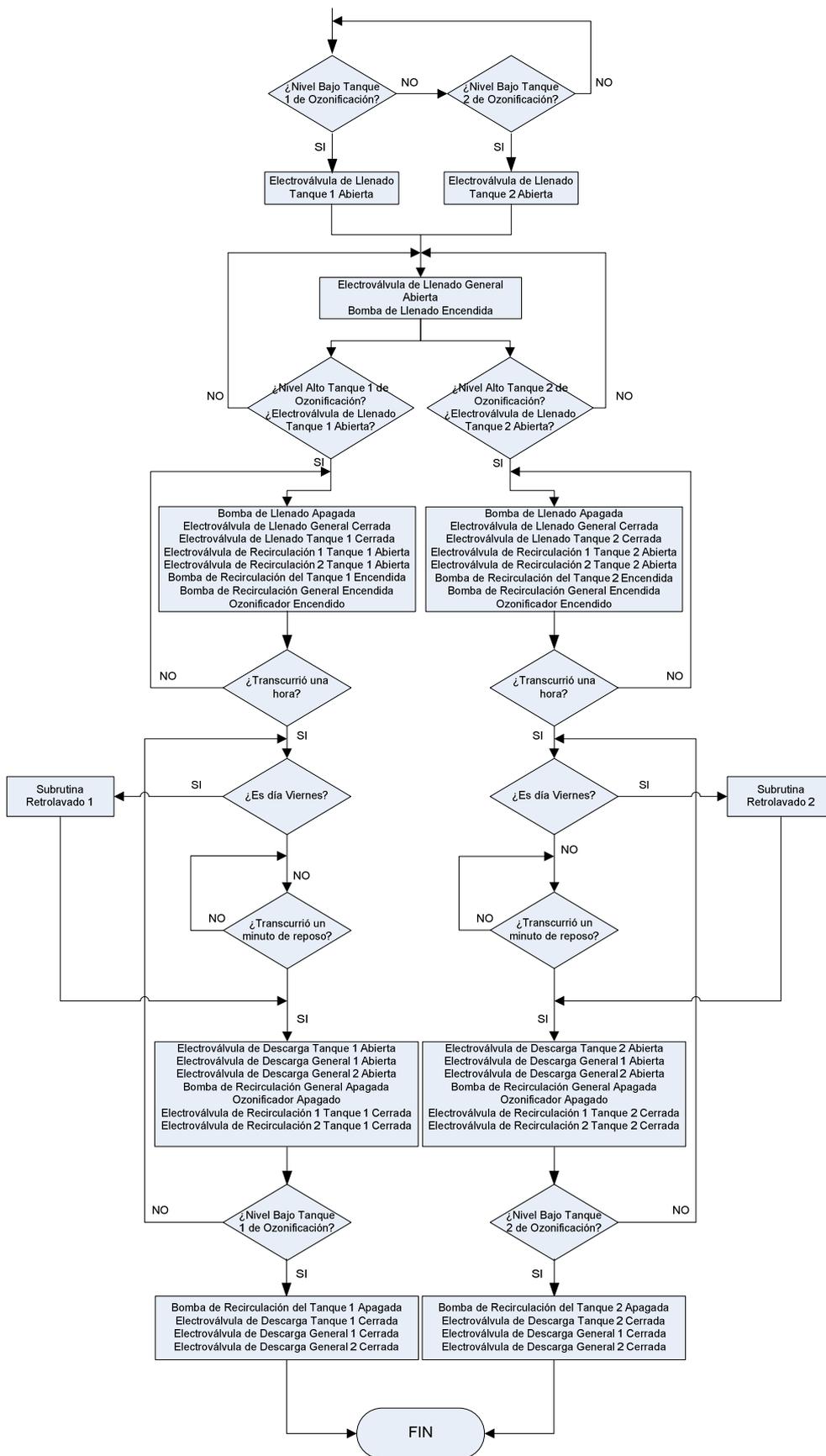
5.4.1. Diagramas de Flujo

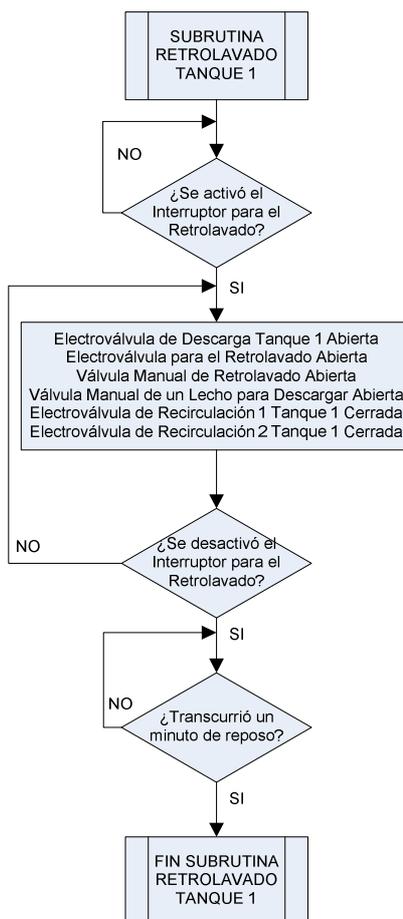
A continuación se presenta el Diagrama de Flujo específico para el Sistema Automático de Control.

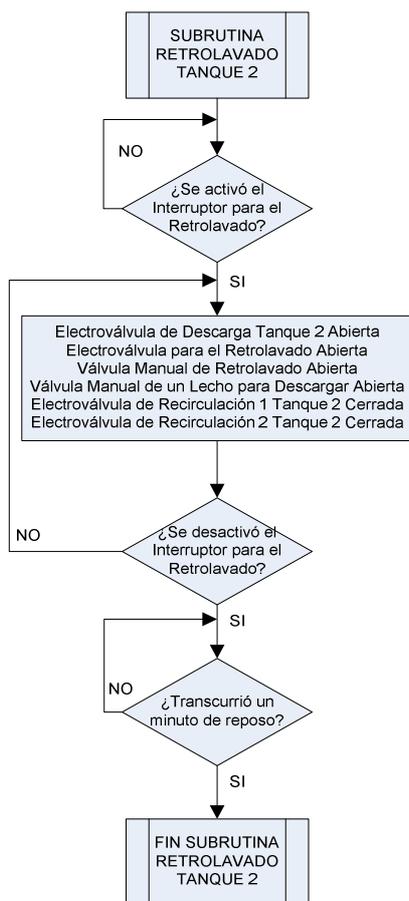
Este Diagrama de Flujo es esencial para la realización del proyecto, ya que en base a este se plantean las ideas, los futuros errores, las posibles soluciones y lo más importante es que el Diagrama ayuda a la realización del programa de Automatización para el PLC, ya que en base a este se toman en cuenta los posibles estados de error, estados que a simple vista no son completamente visibles.











5.4.2. Asignación de Variables

VARIABLES DE ENTRADAS FÍSICAS	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
MANUAL	%I0.0	ACTIVACIÓN SELECTOR MANUAL
AUTOMATICO	%I0.1	ACTIVACIÓN SELECTOR AUTOMÁTICO
HL_PISCINA	%I0.2	SENSOR NIVEL ALTO DE LA PISCINA
HL_TANQUE_SED	%I0.3	SENSOR NIVEL ALTO TANQUE SEDIMENTACION
ML_TANQUE_SED	%I0.4	SENSOR NIVEL MEDIO TANQUE SEDIMENTACION
HL_TANQUE_OZON1	%I0.5	SENSOR NIVEL ALTO TANQUE OZONIFICACION 1
LL_TANQUE_OZON1	%I0.6	SENSOR NIVEL BAJO TANQUE OZONIFICACION 1
HL_TANQUE_OZON2	%I0.7	SENSOR NIVEL ALTO TANQUE OZONIFICACION 2
LL_TANQUE_OZON2	%I0.8	SENSOR NIVEL BAJO TANQUE OZONIFICACION 2
LL_TANQUE_QUIM1	%I0.9	SENSOR NIVEL BAJO TANQUE QUIMICO 1
LL_TANQUE_QUIM2	%I0.10	SENSOR NIVEL BAJO TANQUE QUIMICO 2
LL_TANQUE_QUIM3	%I0.11	SENSOR NIVEL BAJO TANQUE QUIMICO 3
RESET_ALARMAS	%I0.12	BOTON RESETEO ALARMAS
ACTIV_RETROLAVADO	%I0.13	BOTON ACTIVACION RETROLAVADO
SELECTOR_BOMBA_CLARIFICADOR	%I0.14	SELECTOR BOMBA DEL CLARIFICADOR
SELECTOR_BOMBA_LLENADO	%I0.15	SELECTOR BOMBA DE LLENADO
SELECTOR_BOMBA_RECIR_T1	%I0.16	SELECTOR BOMBA RECIRCULACION TANQUE 1
SELECTOR_BOMBA_RECIR_T2	%I0.17	SELECTOR BOMBA RECIRCULACION TANQUE 2

Tabla 5.16. Tabla de Entradas Físicas.

VARIABLES AUX. DE MEMORIA	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
AUX_BOMBA_CLARIFICADOR	%M0	AUXILIAR BOMBA CLARIFICADOR
REPOSO_AGUA_SEDIMENTADA	%M10	VISUAL TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN
ENCLAV_AUTOMATICO	%M100	ENCLAVAMIENTO MODO AUTOMATICO
ENCLAVAMIENTO_AGITADOR	%M101	ENCLAVAMIENTO PARA EL ENCENDIDO DEL AGITADOR
AUX_LECHO1	%M103	ACTIVACIÓN BOMBA DE LECHOS Y ELECTROVÁLVULA LECHO 1
AUX_LECHO2	%M104	ACTIVACIÓN BOMBA DE LECHOS Y ELECTROVÁLVULA LECHO 2
AUX_LECHO3	%M105	ACTIVACIÓN BOMBA DE LECHOS Y ELECTROVÁLVULA LECHO 3
AUX_LECHO4	%M106	ACTIVACIÓN BOMBA DE LECHOS Y ELECTROVÁLVULA LECHO 4
AUX_LECHO5	%M107	ACTIVACIÓN BOMBA DE LECHOS Y ELECTROVÁLVULA LECHO 5
AUX_ALARMA_LECHOS	%M108	AUXILIAR DE ALARMA DE LECHOS SUCIOS
AUX_BOMBA_LECHOS	%M11	AUXILIAR BOMBA LECHOS
AUX_BOMBA_LLENADO	%M110	AUXILIAR BOMBA LLENADO
ENCLAVAMIENTO_ML_SED	%M111	ENCLAVAMIENTO PARA EL NIVEL MEDIO DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN
AUX_TEMPOR_OZON	%M112	AUXILIAR TEMPORIZADOR DEL OZONIFICADOR
AUX_BOMBA_RECIRFIL1	%M113	AUXILIAR BOMBA DE RECIRCULACION Y FILTRAJE EN EL TANQUE 1
AUX_BOMBA_RECIRGEN	%M114	AUXILIAR BOMBA DE RECIRCULACION GENERAL
AUX_BOMBA_RECIRFIL2	%M115	AUXILIAR BOMBA DE RECIRCULACION Y FILTRAJE EN EL TANQUE 2
AUX_OZONIFICADOR	%M116	AUXILIAR OZONIFICADOR
AUX_FILTRAJET1	%M117	AUXILIAR PARA LA DESCARGA AL RÍO DEL TANQUE 1
AUX_FILTRAJET2	%M118	AUXILIAR PARA LA DESCARGA AL RÍO DEL TANQUE 2
FECHADOR	%M119	ACTIVACION EN UNA FECHA DETERMINADA PARA EL RETROLAVADO
FLANCO_ASCEN_OZON1	%M120	BANDERA PARA EL INICIO DE OZONIFICACION EN EL TANQUE 1
ENCLAV_FLANCO_ASCEN_OZON1	%M121	ENCLAVAMIENTO PARA LA OZONIFICACIÓN EN EL TANQUE 1
FLANCO_ASCEN_OZON2	%M122	BANDERA PARA EL INICIO DE OZONIFICACION EN EL TANQUE 2

Tabla 5.17. Tabla de Variables Auxiliares.

VARIABLES AUX. DE MEMORIA	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
ENCLAV_FLANCO_ASCEN_OZON2	%M123	ENCLAVAMIENTO PARA LA OZONIFICACIÓN EN EL TANQUE 2
ENCLAV_MANUAL	%M125	ENCLAVAMIENTO MODO MANUAL
AUX_ALARMAS_LECHOS_1	%M130	AUXILIAR 1 DE ALARMA DE LECHOS SUCIOS
ML_TANQUEDESEDIMENTACION	%M154	SENSOR NIVEL MEDIO EN TANQUE DE SEDIMENTACIÓN
AUX1_BOMBA_QUIMICO2	%M155	AUXILIAR 1 BOMBA 6 FLOC
AUX1_BOMBA_QUIMICO3	%M156	AUXILIAR 1 BOMBA 4A FLOC
ALARMA_SCADA_RETRO	%M160	ALARMA DE RETROLAVADO AL SCADA
SCADA_CLARIFICADOR	%M180	VISUAL BOMBA DEL CLARIFICADOR
SCADA_LLENADO	%M181	VISUAL BOMBA DE LLENADO
SCADA_RECIR_T1	%M182	VISUAL BOMBA RECIRCULACION TANQUE 1 EN SCADA
SCADA_RECIR_T2	%M183	VISUAL BOMBA RECIRCULACION TANQUE 2 EN SCADA
SCADA_LECHO1	%M184	VISUAL ELECTROVÁLVULA DEL LECHO 1
SCADA_LECHO2	%M185	VISUAL ELECTROVÁLVULA DEL LECHO 2
SCADA_LECHO3	%M186	VISUAL ELECTROVÁLVULA DEL LECHO 3
SCADA_LECHO4	%M187	VISUAL ELECTROVÁLVULA DEL LECHO 4
SCADA_LECHO5	%M188	VISUAL ELECTROVÁLVULA DEL LECHO 5
SCADA_CLARIF_GENERAL	%M189	VISUAL ELECTROVÁLVULA LLENADO GENERAL
SCADA_CLARIF_T1	%M190	VISUAL ELECTROVÁLVULA LLENADO TANQUE 1
SCADA_CLARIF_T2	%M191	VISUAL ELECTROVÁLVULA LLENADO TANQUE 2
SCADA_RECIR1_T1	%M192	VISUAL ELECTROVALVULA 1 TANQUE 1 EN SCADA
SCADA_RECIR2_T1	%M193	VISUAL ELECTROVALVULA 2 TANQUE 1 EN SCADA
SCADA_RECIR1_T2	%M194	VISUAL ELECTROVALVULA 1 TANQUE 2 EN SCADA
SCADA_RECIR2_T2	%M195	VISUAL ELECTROVALVULA 2 TANQUE 2 EN SCADA
SCADA_FILTRO_T1	%M196	VISUAL ELECTROVÁLVULA DESCARGA AL RIO EN EL TANQUE 1

Tabla 5.18. Tabla de Variables Auxiliares

VARIABLES AUX. DE MEMORIA	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
SCADA_FILTRO_T2	%M197	VISUAL ELECTROVÁLVULA DESCARGA AL RIO EN EL TANQUE 2
SCADA_FILTRO_GEN	%M198	VISUAL ELECTROVÁLVULA DESCARGA AL RIO GENERAL
SCADA_RETRO_ELECTRO	%M199	VISUALIZACION RETROLAVADO EN EL SCADA
AUX_MOTOR_AGITADOR	%M2	AUXILIAR MOTOR AGITADOR
SCADA_HL_PISCINA	%M200	VISUAL ALTO NIVEL EN LA PISCINA API
SCADA_HL_SEDIMENTACION	%M201	VISUAL ALTO NIVEL EN EL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN
SCADA_LL_CLORO	%M202	VISUAL BAJO NIVEL EN EL TANQUE DE CLORO
SCADA_LL_6FLOC	%M203	VISUAL BAJO NIVEL EN EL TANQUE DE 6 FLOC
SCADA_LL_4AFLOC	%M204	VISUAL BAJO NIVEL EN EL TANQUE DE 4A FLOC
SCADA_HL_T1	%M205	VISUAL ALTO NIVEL EN EL TANQUE 1
SCADA_LL_T1	%M206	VISUAL BAJO NIVEL EN EL TANQUE 1
SCADA_HL_T2	%M207	VISUAL ALTO NIVEL EN EL TANQUE 2
SCADA_LL_T2	%M208	VISUAL BAJO NIVEL EN EL TANQUE 2
SCADA_LECHOS	%M209	VISUAL BOMBA DE LECHOS
SCADA_RESET	%M210	VISUAL Y CONTROL RESET VIA SCADA
OK_SCADA_AGITADOR	%M211	CAMBIO DE TIEMPO EN EL AGITADOR SCADA
OK_SCADA_CLORO	%M212	CAMBIO DE TIEMPO DOSIFICACION DEL CLORO SCADA
OK_SCADA_6FLOC	%M213	CAMBIO DE TIEMPO DOSIFICACION DEL 6 FLOC SCADA
OK_SCADA_4AFLOC	%M214	CAMBIO DE TIEMPO DOSIFICACION DEL 4A FLOC SCADA
OK_SCADA_REPOSO	%M215	CAMBIO DE TIEMPO SEDIMENTACION SCADA
OK_SCADA_RECIR_T1	%M217	CAMBIO DE TIEMPO RECIRCULACION EN EL TANQUE 1 SCADA
OK_SCADA_RECIR_T2	%M218	CAMBIO DE TIEMPO RECIRCULACION EN EL TANQUE 2 SCADA
RESET_LECHOS_SCADA	%M219	VISUAL RESETEO ALARMA DE LECHOS
AUX_BOMBA_QUIMICO1	%M3	AUXILIAR BOMBA QUIMICO 1

Tabla 5.19. Tabla de Variables Auxiliares

VARIABLES AUX. DE MEMORIA	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
ALARMA_SCADA_QUIMICOS	%M38	ALARMA DE BAJO NIVEL QUÍMICOS AL SCADA
AUX_REPOSO_SEDIMENTACION	%M39	ACTIVACIÓN DE LA DESCARGA DE SEDIMENTOS A LOS LECHOS
ENCLAV_QUIMICO2	%M4	ENCLAVAMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DEL QUÍMICO 6 FLOC
AUX_RECIR1_T1	%M40	AUXILIAR 1 DE RECIRCULACIÓN EN EL TANQUE 1
AUX_RECIR2_T1	%M41	AUXILIAR 2 DE RECIRCULACIÓN EN EL TANQUE 1
AUX_RECIR1_T2	%M42	AUXILIAR 1 DE RECIRCULACIÓN EN EL TANQUE 2
AUX_RECIR2_T2	%M43	AUXILIAR 2 DE RECIRCULACIÓN EN EL TANQUE 2
ELEC_AUX_RETRO_1	%M44	AUXILIAR ELECTROVALVULA 1 DEL RETROLAVADO
ELEC_AUX_FILT_T2_1	%M45	AUXILIAR DE ELECTROVÁLVULA DE FILTRAJE DEL TANQUE 2
ELEC_AUX_FILT_T2	%M46	AUXILIAR DE ELECTROVÁLVULA DE FILTRAJE DEL TANQUE 2
ELEC_AUX_FILT_T1_1	%M47	AUXILIAR DE ELECTROVÁLVULA DE FILTRAJE DEL TANQUE 1
ELEC_AUX_FILT_T1	%M48	AUXILIAR DE ELECTROVÁLVULA DE FILTRAJE DEL TANQUE 1
AUX_RECIRFIL3_2	%M49	AUXILIAR 3 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN 2
AUX_BOMBA_QUIMICO2	%M5	AUXILIAR BOMBA QUIMICO 2
AUX_RECIRFIL2_2	%M50	AUXILIAR 2 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN 2
AUX_RECIRFIL1_2	%M51	AUXILIAR 1 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN 2
AUX_RECIRFIL3_1	%M52	AUXILIAR 3 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN 1
AUX_RECIRFIL2_1	%M53	AUXILIAR 2 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN 1
AUX_RECIRFIL1_1	%M54	AUXILIAR 1 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN 1
AUX_RECIRGEN2	%M55	AUXILIAR 2 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN GENERAL
AUX_RECIRGEN1	%M56	AUXILIAR 1 DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN GENERAL
AUX1_A_CLARIF_T2	%M57	AUXILIAR 1 PARA EL LLENADO DE AGUA EN EL TANQUE 2
AUX_A_CLARIF_T2	%M58	AUXILIAR PARA EL LLENADO DE AGUA EN EL TANQUE 2
AUX_AUX_A_CLARIF_T1	%M59	AUXILIAR PARA EL LLENADO DE AGUA EN EL TANQUE 1

Tabla 5.20. Tabla de Variables Auxiliares

VARIABLES AUX. DE MEMORIA	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
ENCLAV_QUIMICO3	%M6	ENCLAVAMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DEL QUÍMICO 4A FLOC
AUX_ELECV_ACLARIF_T1	%M60	AUXILIAR DE ELECTROVÁLVULA AGUA CLARIFICADA DEL TANQUE 1
AUX_ELECV_ACLARIF_T2	%M61	AUXILIAR DE ELECTROVÁLVULA AGUA CLARIFICADA DEL TANQUE 2
AUX_BOMBA_QUIMICO3	%M7	AUXILIAR BOMBA QUIMICO 3
RECONOCIMIENTO_RETRO_T1	%M71	AUXILIAR ENCLAVAMIENTO RETROLAVADO TANQUE 2
RECONOCIMIENTO_RETRO_T2	%M72	AUXILIAR ENCLAVAMIENTO RETROLAVADO TANQUE 1
FINAL_RETRO	%M73	AUXILIAR DE RETROLAVADO
RECONOCIMIENTO_RETROLAVADO	%M74	RECONOCIMIENTO DE ACTIVACIÓN RETROLAVADO
ELEC_AUX_RETRO_2	%M77	AUXILIAR ELECTROVALVULA 2 DEL RETROLAVADO
DESENCLAV_QUIMICO3	%M8	APAGADO DE LA DOSIFICACIÓN DEL 4A FLOC
DESENCLAV_QUIMICO1	%M80	APAGADO DE LA DOSIFICACIÓN DEL CLORO
DESENCLAV_AGITADOR	%M81	DESACTIVACIÓN DEL AGITADOR
INICIO_REPOSO_SEDIMENTOS	%M9	AUXILIAR PARA INICIO DEL TIEMPO DE REPOSO DE SEDIMENTOS
AUX1_BOMBA_CLARIFICADOR	%M90	AUXILIAR 1 BOMBA CLARIFICADOR
AUX1_BOMBA_LLENADO	%M91	AUXILIAR 1 BOMBA LLENADO
AUX1_BOMBA_RECIRCULACION_T1	%M92	AUXILIAR 1 BOMBA RECIRCULACIÓN TANQUE 1
AUX1_BOMBA_RECIRCULACION_T2	%M93	AUXILIAR 1 BOMBA RECIRCULACIÓN TANQUE 2

Tabla 5.21. Tabla de Variables Auxiliares

VARIABLES DE SALIDAS DEL PLC	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
ELECVAL_LECHO1	%Q0.2	RELE ELECTROVALVULA LECHO 1
ELECVAL_LECHO2	%Q0.3	RELE ELECTROVALVULA LECHO 2
ELECVAL_LECHO3	%Q0.4	RELE ELECTROVALVULA LECHO 3
ELECVAL_LECHO4	%Q0.5	RELE ELECTROVALVULA LECHO 4
ELECVAL_LECHO5	%Q0.6	RELE ELECTROVALVULA LECHO 5
ELECVAL_AGUA_CLARIF	%Q0.7	RELE ELECTROVALVULA AGUA CLARIFICADA
ELECVAL_AGUA_CLARIF_T1	%Q0.8	RELE ELECTROVALVULA AGUA CLARIFICADA TANQUE 1
ELECVAL_RECIR1_T1	%Q0.9	RELE ELECTROVALVULA RECIRCULACION 1 TANQUE 1
ELECVAL_RECIR2_T1	%Q0.10	RELE ELECTROVALVULA RECIRCULACION 2 TANQUE 1
ELECVAL_AGUA_CLARIF_T2	%Q0.11	RELE ELECTROVALVULA AGUA CLARIFICADA TANQUE 2
ELECVAL_RECIR1_T2	%Q0.12	RELE ELECTROVALVULA RECIRCULACION 1 TANQUE 2
ELECVAL_RECIR2_T2	%Q0.13	RELE ELECTROVALVULA RECIRCULACION 2 TANQUE 2
ELECVAL_FILTR_T1	%Q0.14	RELE ELECTROVALVULA ENVIO AL FILTRAJE TANQUE 1
ELECVAL_FILTR_T2	%Q0.15	RELE ELECTROVALVULA ENVIO AL FILTRAJE TANQUE 2

Tabla 5.22. Tabla de Variables de Salida

VARIABLES DE SALIDAS DEL PRIMER MÓDULO DE EXPANSIÓN DEL PLC
DIRECCIÓN DESCRIPCIÓN

ELECVAL_FILTRO2	%Q1.1	RELE ELECTROVALVULA FILTRO 2
ELECVAL_RETROLAVADO	%Q1.2	RELE ELECTROVALVULA RETROLAVADO
BOMBA_LECHOS	%Q1.3	RELE BOMBA DE LECHOS
BOMBA_RECIR_T2	%Q1.4	RELE BOMBA RECIRCULACION Y ENVIO AL FILTRO TANQUE 2
BOMBA_QUIMICO1	%Q1.5	RELE BOMBA QUIMICO 1
BOMBA_QUIMICO2	%Q1.6	RELE BOMBA QUIMICO 2
BOMBA_QUIMICO3	%Q1.7	RELE BOMBA QUIMICO 3
BOMBA_LLENADO	%Q1.8	RELE BOMBA LLENADO
MOTOR_AGITADOR	%Q1.9	VISUAL DEL AGITADOR ENCENDIDO
BOMBA_CLARIFICADOR	%Q1.10	RELE BOMBA CLARIFICADOR
BOMBA_RECIR_T1	%Q1.11	RELE BOMBA RECIRCULACION Y ENVIO AL FILTRO TANQUE 1
BOMBA_RECIR_GENERAL	%Q1.12	RELE BOMBA DE AYUDA A RECIRCULACION
OZONIFICADOR	%Q1.13	RELE PARA EL OZONIFICADOR DELL
RELE_ACT_BOMBAS_MANUAL	%Q1.14	RELE ACTIVACION TRABAJO BOMBAS EN FORMA MANUAL

Tabla 5.23. Tabla de Variables de Salida

VARIABLES DE SALIDAS DEL SEGUNDO MÓDULO DE EXPANSIÓN DEL PLC
DIRECCIÓN DESCRIPCIÓN

LUZ_PILOTO_RETROLAVADO	%Q2.1	LUZ PILOTO DEL RETROLAVADO EN PROCESO
LUZ_PILOTO_AUTOMATICO	%Q2.2	LUZ PILOTO DEL MODO AUTOMÁTICO ACTIVADO
LUZ_PILOTO_ALARMA_LECHOS	%Q2.3	LUZ PILOTO DE ALARMA DE LECHOS SUCIOS

Tabla 5.24. Tabla de Variables de Salida

5.5. Diseño de la HMI

5.5.1. Descripción de la interfaz HMI

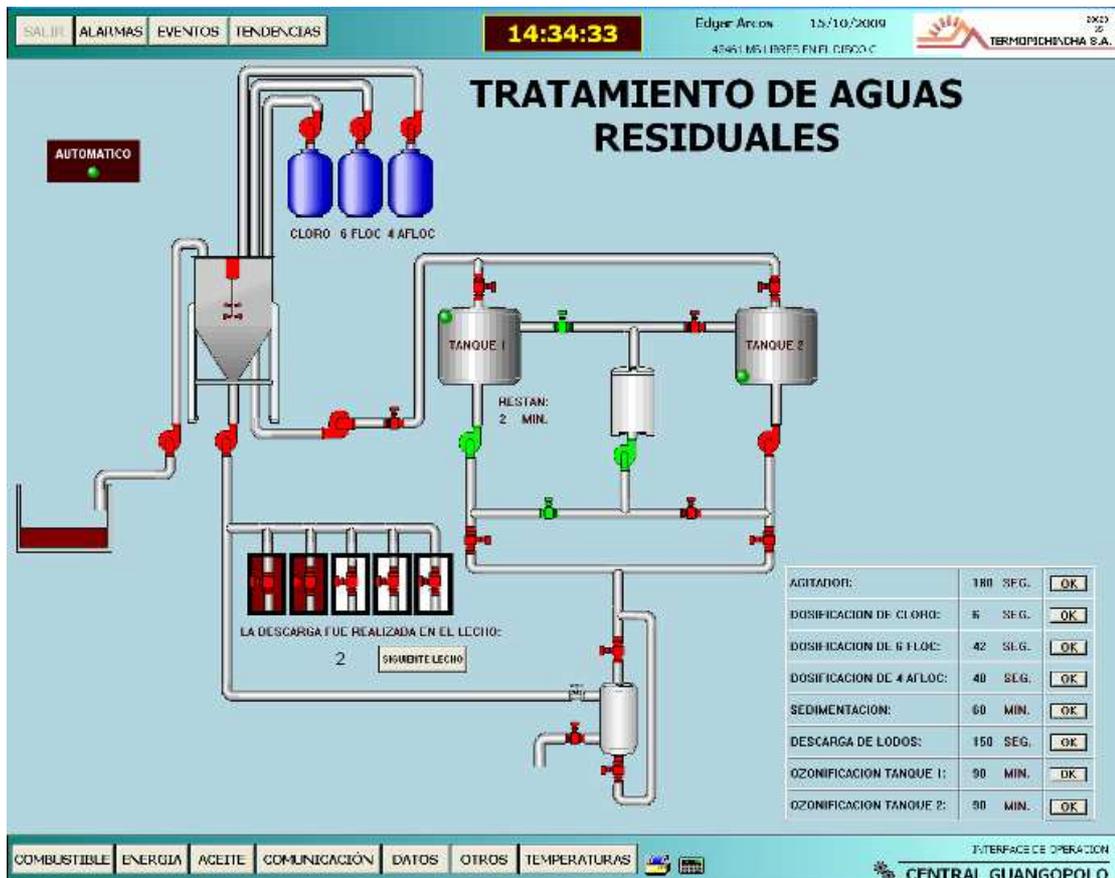


Figura 5.48. Pantalla interfaz HMI.

El siguiente sistema de interfaz es de gran importancia ya que, a través de este es posible realizar la comunicación de modo interactivo entre el operador y el proceso. Es por esta razón que se vuelve indispensable la comprensión en su totalidad del proceso, así como también la determinación del software que permita cumplir con los parámetros de funcionamiento requeridos.

CARACTERÍSTICAS

La interfaz que se va a desarrollar debe cumplir con los siguientes aspectos básicos de funcionamiento:

- Debe ser capaz de comunicar con gran facilidad y de manera eficiente al operador encargado sobre cómo se está llevando a cabo el proceso de tratamiento.
- Permitir la gestión y archivo de datos, la cual se encarga del almacenamiento y procesamiento ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo como por ejemplo la hoja de cálculos “EXCEL” pueda tener acceso a ellos.
- Implementación de paneles de alarma, los cuales deben ofrecer confiabilidad al operador, protegiendo de las mínimas acciones que estén fuera del funcionamiento normal, garantizando a su vez la seguridad tanto del operador como de los equipos.

DISEÑO

Se ha considerado la creación de una sola pantalla, ya que al tener un sistema ya implementado sobre el resto de la planta, no es necesaria la creación de una ventana de alarmas, lo que a fin de cuentas sirve para mostrar el proceso al operador de forma dinámica, útil y fácil, permitiendo realizar un monitoreo menos complejo y por ende más rápido.

A continuación se va a describir paso a paso cada uno de los segmentos que conforman al sistema SCADA del Tratamiento de Aguas Residuales.

- **Menú Superior**



Figura 5.49. Menú Superior HMI.

En este menú se aprecia la existencia de cuatro (4) botones que se van a detallar de manera rápida ya que no son parte de la tesis.

El primer botón es el de SALIR, y se encuentra bloqueado para los operadores de la planta, ya que estos al no tener privilegios suficientes no pueden salir de esa pantalla, sin embargo cuando el Supervisor SCADA ingresa una contraseña este botón se habilita para poder visualizar el Windows.

El segundo botón presente es el de Alarmas, en el cual se hace presente una ventana en la cual se indica un registro de todas las alarmas que se pueden generar en la planta como un nivel bajo, una alta temperatura, una presión fuera de rango, etc.

En el tercer botón se tienen los Eventos, que indican cuando un tanque ha llegado a su capacidad máxima de almacenamiento.

Por último en el botón de Tendencias se puede observar mediante un gráfico de históricos la evolución de una determinada señal en un tiempo preciso.

- **Menú Inferior**



Figura 5.50. Menú Inferior HMI.

En este menú se cuenta con siete (7) botones que sirven para abrir otras ventanas de visualización y control de la Central Térmica Guangopolo.

El primer botón es de Combustible, y sirve para realizar la visualización de los niveles de Combustible presentes en los diferentes tanques de la Central ya sea de Diesel o de Combustible Pesado (Bunker).

El botón de Energía indica la Energía Activa y Reactiva que se entrega al Sistema Nacional Interconectado y poder realizar reportes de Generación.

El botón de Aceite controla el nivel de Aceite Lubricante que se encuentra disponible.

En Comunicación se tiene la visualización con los diferentes PLC's que controlan los procesos diversos presentes, si alguna comunicación falla una alarma se encuentra visible en esta ventana.

En el botón de Datos se ejecuta una operación de apertura de una hoja de Excel con un formato predeterminado para el envío de datos al CENACE.

En otros se encuentran ventanas que son parte del proceso pero no tienen relación directa como energía o combustible, como por ejemplo el Tratamiento de Aguas.

En Temperaturas se puede visualizar las temperaturas diferentes de los Cabezotes de la Máquina para realizar un monitoreo en primera instancia, y control en caso de que una de estas temperaturas salga del rango definido.

- **Indicador Manual – Automático**



Figura 5.51. Botón Modo Automático.

Este indicador sirve para observar si el funcionamiento del tratamiento de Aguas Residuales se encuentra funcionando de manera automática o manual.

- **Piscina API con Bomba.**

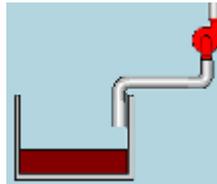


Figura 5.52. Piscina API.

En esta parte se puede observar la Piscina API final con su respectiva Bomba. Cuando el sensor de Nivel está desactivado, la Piscina se encuentra en un Nivel Bajo, lo cual se puede visualizar en el SCADA, de igual manera la Bomba está pintada de color rojo lo que significa que está apagada. Por otro lado cuando el sensor se activa, en la visualización de la Piscina API se aprecia como sube el nivel del agua residual, y de acuerdo a la condición de programación la Bomba se pinta de color verde, es decir se activa, cuando la Piscina API está lleno y el Tanque Clarificador vacío.

- **Tanque Clarificador y Tanques de Dosificación de Químicos.**

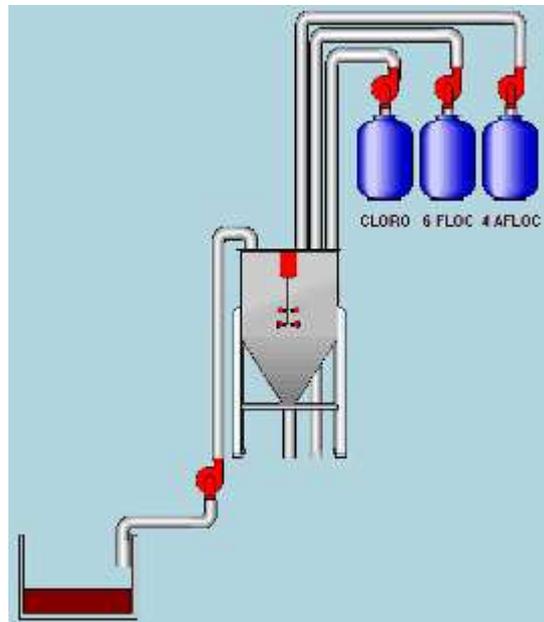


Figura 5.53. Dosificación Químicos.

El Tanque Clarificador contiene por dentro un Motor – Agitador, cuando este Tanque ya se encuentra lleno, el Agitador se pinta de color verde en señal de activación, seguidamente a esto se pinta de color verde (activa) la Bomba de Cloro por el tiempo determinado en la Programación, después la Bomba del 6 FLOC y por último la Bomba del 4 AFLOC. Después de que la última Bomba de Dosificación se haya desactivado se desactivará el Agitador, esto con el fin de asegurar que los Químicos se mezclen completamente en el agua a ser tratada.

- **Descarga de Lechos a los Depósitos**

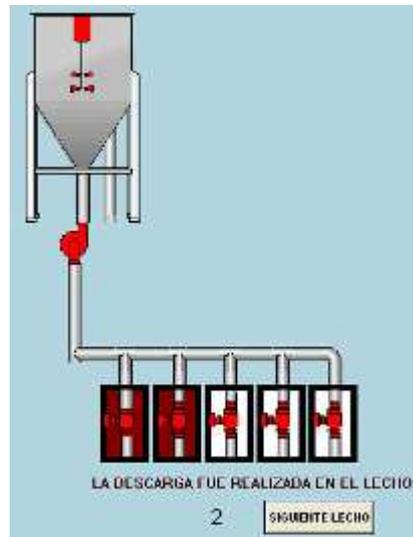


Figura 5.54. Descarga lodos.

Una vez que se completó el proceso de Dosificación de Químicos, el Agua entra en un proceso de Reposo por el lapso de una hora, después de este tiempo y de acuerdo a la programación del PLC se elegirá automáticamente el lecho al cual se deba mandar el Lodo. En la Pantalla del SCADA la Bomba de descarga a los Lechos se pinta de verde, y como se puede observar la última descarga realizada hasta el momento fue en el Lecho número dos (2), es por esa razón que hasta ese lecho está pintado de color café. Se puede observar también que en cada lecho existe una electroválvula, esta se activa en el momento de la descarga a su respectivo lecho. En caso de que se quiera hacer algún tipo de control desde la computadora al momento que se pulse el botón que dice “SIGUIENTE LECHO”, en la siguiente descarga de lodos esta se realizará al lecho que haya sido marcado en la pantalla de Visualización.

- **Transferencia de Agua Clarificada a los Tanques de Ozonificación.**

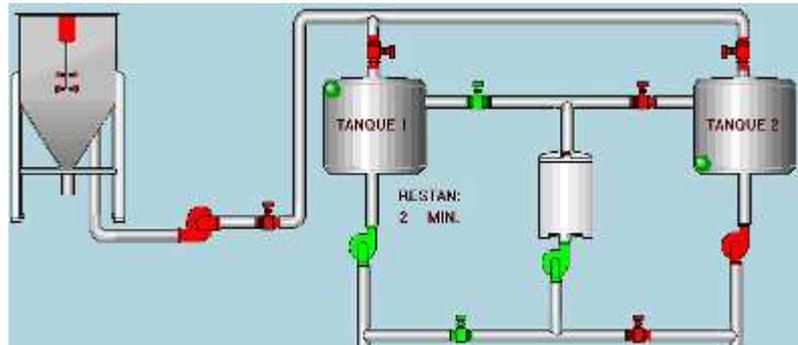


Figura 5.55. Ozonificación.

Una vez que se terminó de hacer la descarga de los desechos se transfiere el agua al Tanque de Ozonificación que se encuentre libre. En este caso el agua se encuentra en el Tanque de Ozonificación uno (1). Se puede observar que se encuentra en nivel alto ya que está encendida una luz de color verde en la parte superior, en cambio el Tanque dos (2) se encuentra en nivel bajo.

A la entrada del Tanque uno (1) y dos (2) se encuentran una Bomba y tres (3) electroválvulas, cuando se llena alguno de los Tanques se enciende esta Bomba, la electroválvula que está a continuación y la electroválvula correspondiente a cada Tanque. Se está llevando a cabo el proceso de Recirculación y Ozonificación en el Tanque uno (1), lo cual se puede confirmar ya que la Bomba de Recirculación respectiva se encuentra encendida, sus dos electroválvulas y la Bomba que ayuda a aumentar la presión para que el Ozonificador funcione de manera adecuada. Además se tiene un visualizador de tiempo en el cual se puede monitorear el tiempo restante hasta que se termine el proceso de Recirculación y Ozonificación. En el Tanque número dos (2) por el contrario su Bomba de Recirculación está apagada, al igual que sus electroválvulas.

- **Envío del Agua Clarificada al Río**

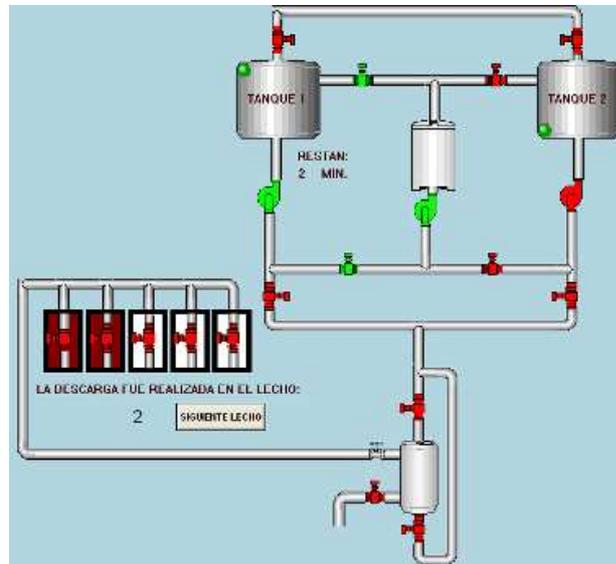


Figura 5.56. Descarga de agua al río.

Una vez concluida la Ozonificación el agua se envía al Río mediante un Filtro el cual contiene tres (3) electroválvulas que se pueden apreciar. La superior y la lateral se activan para realizar la descarga de agua, en tanto que la otra electroválvula que se encuentra en la parte inferior del filtro se usa para realizar el Retrolavado programado para los días viernes.

- **Ingreso de Valores para la modificación del Proceso debido a circunstancias externas**

AGITADOR:	180	SEG.	OK
DOSIFICACION DE CLORO:	6	SEG.	OK
DOSIFICACION DE G FLOC:	42	SEG.	OK
DOSIFICACION DE A FLOC:	40	SEG.	OK
SEDIMENTACION:	60	MIN.	OK
DESCARGA DE LODOS:	150	SEG.	OK
OZONIFICACION TANQUE 1:	90	MIN.	OK
OZONIFICACION TANQUE 2:	90	MIN.	OK

Figura 5.57. Modificación de valores para el sistema.

En algunas ocasiones debido a circunstancias ajenas al proceso, como por ejemplo mayor descarga de Bunker a las piscinas API, o una excesiva lluvia, para este caso, razones que aumentan excesivamente rápido el nivel de la piscina, se vuelve indispensable el cambio de los valores de tiempo pre programados en el PLC, como son el del Agitador, los Químicos, la Sedimentación, el tiempo que se desea descargar los Lodos en los lechos, y el tiempo de Ozonificación. Otro motivo para que se cambien estos valores, puede ser por ejemplo la concentración que se va a colocar en los Químicos, por lo cual los tiempos de Dosificación de estos pueden variar, y se vuelve necesario que se tenga a la mano una herramienta para que se pueda realizar esta actividad sin ningún tipo de problema.

Los valores que se observan en la figura son los valores programados en el PLC siguiendo los parámetros indicados por los Operadores. Cada uno tiene su botón de OK, el cual es el encargado de enviar la señal hacia el PLC, de modo que los Temporizadores internos adquieran ese nuevo valor, si solamente se cambia el valor sin aplastar el OK, el valor pre programado se mantiene sin ningún tipo de alteración. Cada uno de estos tiempos están programados en segundos o minutos dependiendo de la necesidad que se tiene, y debe entenderse que existen tiempos mínimos en los cuales se puede trabajar, de ahí que se realizaron restricciones en la declaración de variables.

CAPITULO 6

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1. Pruebas

En esta sección se van a detallar las diferentes pruebas que se realizaron en el proceso de implementación de la automatización del tratamiento de aguas residuales.

La primera prueba que se realizó fue la prueba de jarras para la dosificación de químicos en el proceso de sedimentación, para esta prueba fue necesaria la ayuda del departamento químico la misma que se realizó de la siguiente manera:

La prueba consiste en tomar muestra del agua a tratar en diferentes recipientes del mismo volumen para proceder a aplicar los volúmenes adecuados de químicos y ver su reacción para de esta forma realizar el cálculo respectivo y poder aplicar los químicos a su equivalente en el tanque de sedimentación.

Por otro lado en vista de que se instalaron bombas para la dosificación de químicos se determinó que la colocación de estas para que el proceso de sedimentación sea efectivo es de la siguiente manera:

1. Cloro
2. Policloruro de Aluminio (6FLOC).
3. Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico (4AFLOC).

Una vez determinado lo anterior se decidió que la colocación de cloro debe ser de 3.5 litros en 6 segundos luego se procedió a calibrar las válvulas de 6FLOC y 4AFLOC para lo cual se colocó un recipiente en la salida de la tubería y con cronometro se determino que la aplicación de 6FLOC para que surta su efecto en la mezcla debe ser de 4 litros de químico colocado en 30 segundos mientras se agita la mezcla, se debe dejar un reposo de 20 segundos mientras se sigue agitando luego 8 litros de con una mezcla de 2 a 1 de 4AFLOC en un tiempo de 40 segundos.

La medición se realizó en vista de que el cumplimiento de estos parámetros garantiza la obtención de mejores resultados en el pH final de descarga.

Por otro lado se cronometro el tiempo de descarga de lodos hacia los lechos, medida que sirve para la digitación de este tiempo en el sistema Scada, el mismo que de no ser establecido correctamente puede causar el desbordamiento en los lechos.

Las pruebas eléctricas fueron fundamentales y estas consisten revisar las instalaciones realizadas, medir corrientes y voltajes de trabajo de cada uno de los elementos, monitorear estos al iniciar su trabajo midiendo las protecciones y revisando su comportamiento cuando estas se encuentran por debajo de sus límites.

El monitoreo de la emisión de señales de alarma se define como una de las pruebas más importante en el funcionamiento del sistema ya que gracias a este se puede determinar cuál fue la razón por la que el sistema se detuvo para determinar esto, se realizo simulaciones desde el PLC en los tanques de químicos emitiendo señales de bajo nivel en cada uno de los tanques.

De igual manera se realizo las mismas pruebas de alto y bajo nivel en el tanque de sedimentación, tanques de ozonificación y lechos, para garantizar que no haya ni desbordamientos y ni que la bomba se quede trabajando en vacio.

Se realizo prueba en determinados días para el proceso de retrolavado, en el cual debido a la programación del PLC se define la fecha y hora de activación de una bobina la misma que en este caso sirve para que el proceso de retrolavado inicie.

Se realizo el monitoreo mediante un cronómetro para determinar cuanto tiempo se demora el proceso en cada paso.

La prueba final se realizo midiendo la calidad de agua que se envía al rio, para lo cual con la ayuda del departamento químico se tomo 5 muestras en diferentes días para determinar si el pH es el permitido por las normas ambientales.

6.2. Resultados.

En la prueba de jarras se tiene como resultado que la colocación de los químicos es de la siguiente manera:

1. Cloro
2. Policloruro de Aluminio (6FLOC)
3. Copolímero Amida Acrílico de Ácido Sódico (4AFLOC).

Los químicos descritos anteriormente se deben dejar en reposo en un tiempo mínimo de 60 minutos, en el cual se observa ya la sedimentación en el fondo del tanque y se puede realizar la descarga de lodos hacia los lechos, es recomendable dejar un mayor tiempo de reposo, encontrando como el tiempo óptimo el de 90 minutos.

Para el tiempo de descarga de lodos hacia los lechos se determino que esta debe ser de 150 segundos tiempo el cual debe ser respetado ya que si este es cambiado no se obtiene un resultado óptimo en el proceso de clarificación de agua.

El resultado de las pruebas eléctricas permitió determinar los valores de protecciones tanto en las bombas como en los fusibles que cuidan el sistema de control.

En el monitoreo de señales de alarma se pudo comprobar que este sistema es fundamental para que los operadores puedan tomara las acciones respectivas y permitan el desempeño normal del sistema.

Las pruebas de alto y bajo nivel permiten optimizar recursos ya que por un lado no se desperdicia químico y por otro lado evita el derrame de agua entre cada proceso, de igual manera sirve para evitar que las bombas trabajen en vacío.

Los resultados de las pruebas de retrolavado son los siguientes: el retrolavado se realizará los días viernes una vez que se haya realizado el proceso de ozonificación antes de que se haga la descarga al río.

Todo el proceso tiene un tiempo de duración de 6 horas 20 minutos si las piscinas API se encuentran llenas y el proceso tiene un normal funcionamiento.

El pH final de descarga que se obtuvo en las pruebas es de 7.3 cumpliendo este con las normas ambientales y determinando que el proyecto alcanzo su objetivo principal.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- 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.
- Se completó a satisfacción el análisis sobre las condiciones actuales del Tratamiento de Aguas.
- 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.
- La utilización de electroválvulas de diafragma reducen costos a nivel industrial y cumplen con las características para adaptarse a diferentes procesos.
- De acuerdo al análisis del proceso se determinó que el mejor sistema de control es el de tipo concurrente ya que permite ejecutar los planes de acción e incluye la dirección, vigilancia y sincronización de las actividades según ocurran.

- Se logro determinar que un buen monitoreo y un sistema de alarmas ayuda a la operación del tratamiento, permitiendo optimizar su tiempo.
- 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.
- Realizando un buen proceso de tratamiento primario en la sedimentación de aguas negras, se garantiza un buen sistema de aguas residuales, ya que es el inicio de la separación de agua no tratada hacia el agua clarificada.
- El proceso de ozonificación es de mejor resultado que el de clorificación ya que elimina una mayor cantidad de bacterias.
- Es indispensable la utilización de material plástico en el sistema debido a la acumulación de químicos ya que este no se deteriora con facilidad y es resistente a los mismos.
- La correcta señalización tanto en el tablero de control como en los elementos usados en el proceso de automatización ayudan con el fácil manejo del sistema.
- El sistema de numeración de cables permite a las personas que realizan el mantenimiento la identificación y el posicionamiento del mismo en el tablero.
- El PLC Twido 40DRF cuenta con el número necesario de entradas y salidas para realizar el sistema de Automatización de la Planta de Aguas Residuales.

7.2. RECOMENDACIONES

- Para que un proceso funcione de la mejor manera es necesario que los componentes sean de la mejor calidad posible, en este caso las Electroválvulas deben ser de una buena marca como por ejemplo HUNTER o Bürkert Werke GmbH, al igual que el PLC y el resto de los elementos, ya que solamente así se puede asegurar que el proceso funcione al 100% de su capacidad.
- Siempre tener en cuenta que se debe realizar el mantenimiento preventivo y correctivo sobre las Electroválvulas, Sensores, Bombas y Filtros, ya que al trabajar con hidrocarburos, implica la acumulación de residuos, pudiendo tapan las Electroválvulas y los Filtros o a su vez dañar los sensores de nivel, provocando deterioro en los mismos.
- Aunque el Sistema se encuentre automatizado, siempre es necesaria la Supervisión humana para confirmar que el proceso se esté realizando de una manera correcta, ya que por alguna falla en el Sensor, o el Taponamiento de una Electroválvula pueden originar problemas.
- Se recomienda que para la Supervisión y/o Mantenimiento se lo haga con personal completamente capacitado, ya que al manipular un equipo una persona cuyo conocimiento en el tema es reducido, pueden producirse daños en los equipos.
- Sería interesante la implementación de un sistema de control de pH para el monitoreo y registro del porcentaje de purificación del agua tratada.
- Es de mucha importancia la colocación de otra bomba desde las piscinas API hacia el tanque de sedimentación, ya que de esta manera se podrá reducir el tiempo de descarga hacia dicho tanque.

- Para un óptimo desempeño del tratamiento se recomienda agrandar la piscina API para de esta manera descartar de mejor forma los hidrocarburos en el sistema.
- Se debe tener demasiado cuidado con la manipulación directa de los químicos debido a su alto nivel de toxicidad.
- Es altamente recomendable usar el PLC Twido 40DRF para sistemas de Automatización como Tratamientos de Aguas.

ANEXOS

ANEXO 1



MANUAL DE USUARIO

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”

ELABORADO: Julio Montesdeoca
Carlos Villacís

REVISADO: Ing. Milton Santander
Dr. Galo Guerrero

APROBADO: Ing. Milton Santander
Dr. Galo Guerrero

FECHA: Quito, 08 de Septiembre del 2009

1. Para su seguridad

Lea estas sencillas normas. El incumplimiento de ellas puede ser peligroso. Lea el manual de usuario completo para tener mayor información.

	Verifique que la luz fuente este encendida, esto indicará que el proceso está en marcha.
	La seguridad industrial ante todo. Obedezca todas las normas de seguridad industrial para precautelar su integridad.
	Riesgo eléctrico. Al manipular el tablero tenga cuidado con los voltajes de funcionamiento.
	Materias Tóxicas. Tenga cuidado con la manipulación de las sustancias químicas.
	Servicio técnico calificado. Solo el personal técnico respectivo revisará, reparará o manipulará la planta

2. Acerca de la Planta de tratamiento de aguas residuales Guangopolo

La planta de tratamiento de aguas residuales fue diseñada con el objetivo de descontaminar los desechos líquidos producidos por la Central Térmica de Guangopolo para ser enviados al Río San Pedro.

La planta posee dos tipos de funcionamiento, modo manual y modo automático, el modo manual será manipulado por los operadores de turno del área de tratamiento de aguas,

en la parte automática el proceso será controlado por un PLC y podrá ser visualizado desde la sala de control por el operador de turno.

3. Antes de comenzar

3.1. Lista de Partes



Piscinas almacenamiento de agua residual cruda



Tanque de sedimentación



Deposito de lodos



Tanques de recirculación y ozonificación



Bomba químicos



Tanques químicos



Bomba de agua



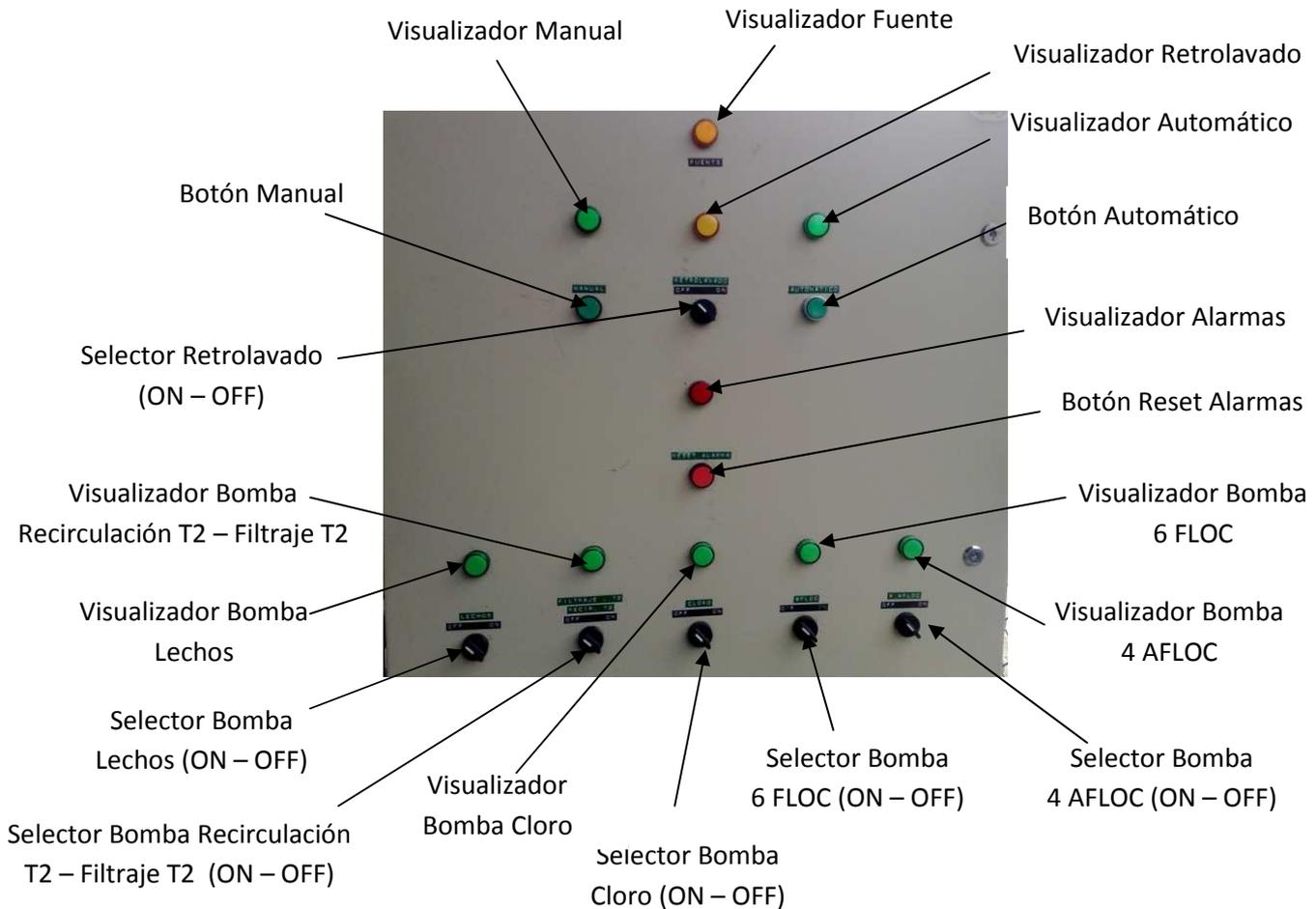
Filtro



Electroválvulas



3.2. Formato de los tableros de control



Visualizador Fuente: Indica que los tableros están listos para ser manipulados.

Visualizador Manual: Indica que el proceso se encuentra funcionando en modo manual.

Visualizador Automático: Indica que el proceso se encuentra funcionando en modo automático.

Visualizador Retrolavado: Indica que el proceso de Retrolavado se está realizando en el sistema.

Visualizador Alarmas: Indica que ha ocurrido una alarma en el proceso.

Visualizador Bomba Lechos: Indica que la Bomba de Lechos está encendida.

Visualizador Bomba Recirculación T2 – Filtraje T2: Indica que la Bomba de Recirculación T2 – Filtraje T2 está encendida.

Visualizador Bomba Cloro: Indica que la Bomba de Cloro está encendida.

Visualizador Bomba 6 FLOC: Indica que la Bomba del Químico 6 FLOC está encendida.

Visualizador Bomba 4 AFLOC: Indica que la Bomba del Químico 4 AFLOC está encendida.

Botón Manual: Pone en marcha el proceso en modo manual.

Botón Automático: Pone en marcha el proceso en modo automático.

Selector Retrolavado: Enciende o apaga el proceso de retrolavado.

Botón Reset Alarmas: Resetea las alarmas del sistema.

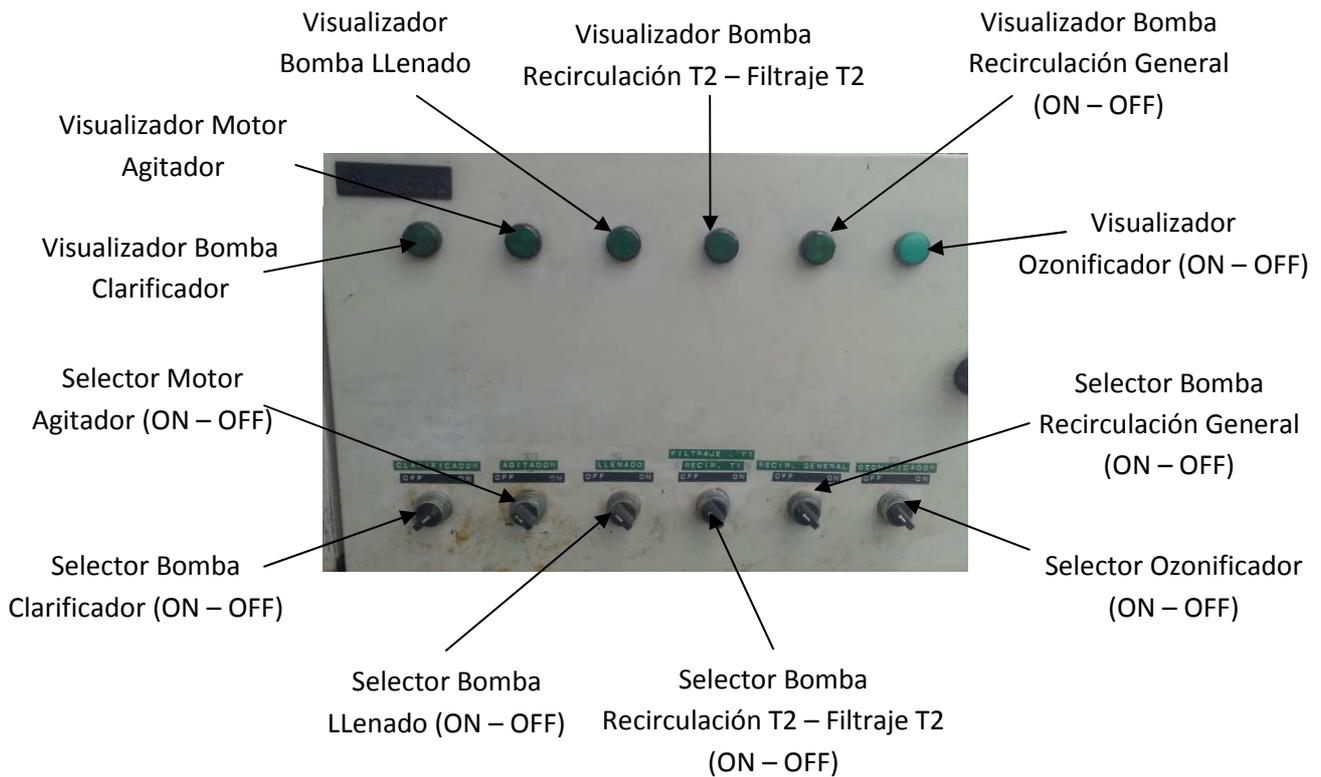
Selector Bomba Lechos: Enciende o apaga la Bomba de Lechos.

Selector Bomba Recirculación T2 – Filtraje T2: Enciende o apaga la Bomba de Recirculación T2 – Filtraje T2.

Selector Bomba Cloro: Enciende o apaga la Bomba de Cloro.

Selector Bomba 6 FLOC: Enciende o apaga la Bomba del Químico 6 FLOC.

Selector Bomba 4 AFLOC: Enciende o apaga la Bomba del Químico 4 AFLOC.



Visualizador Bomba Clarificador: Indica que la Bomba del Clarificador está encendida.

Visualizador Motor Agitador: Indica que el Motor Agitador está encendido.

Visualizador Bomba Llenado: Indica que la Bomba de Llenado está encendida.

Visualizador Bomba Recirculación T2 – Filtraje T2: Indica que la Bomba de Recirculación T2 – Filtraje T2 está encendida.

Visualizador Bomba Recirculación General: Indica que la Bomba de Recirculación general está encendida.

Visualizador Ozonificador: Indica que el Ozonificador está encendido.

Selector Bomba Clarificador: Enciende o apaga la Bomba del Clarificador.

Selector Motor Agitador: Enciende o apaga el Motor Agitador.

Selector Bomba Llenado: Enciende o apaga la Bomba de Llenado.

Selector Bomba Recirculación T2 – Filtraje T2: Enciende o apaga la Bomba de Recirculación T2 – Filtraje T2.

Selector Bomba Recirculación General: Enciende o apaga la Bomba de Recirculación General.

Selector Ozonificador: Enciende o apaga el Ozonificador.

4. Funcionamiento del Modo Manual

- Verificar que el visualizador fuente se encuentre encendido.
- Verificar que los tanques de químicos no se encuentren en bajo nivel.
- Dirigirse hacia los tableros de control y presionar el botón manual.

4.1. Proceso de sedimentación

- Colocar en ON el selector de la Bomba del Clarificador y esperar que el tanque de sedimentación llegue a su alto nivel.
- Colocar en OFF el selector de la Bomba del Clarificador.
- Colocar en ON el selector del Motor Agitador.
- Colocar en ON el selector de la Bomba de Cloro por seis (6) segundos.
- Una vez que pase este tiempo colocar en OFF el selector de la Bomba de Cloro
- Esperar treinta (30) segundos.
- Colocar en ON el selector de la Bomba del Químico 6 FLOC por treinta (30) segundos.
- Una vez que pase este tiempo colocar en OFF el selector de la Bomba del Químico 6 FLOC.
- Esperar cuarenta (40) segundos.
- Colocar en ON el selector de la Bomba del Químico 4 AFLOC por cuarenta (40) segundos.
- Una vez que pase este tiempo colocar en OFF el selector de la Bomba del Químico 4 AFLOC.

- Colocar en OFF el selector del Motor Agitador.
- Dejar una (1) hora en reposo para que se realice la sedimentación.
- Seleccionar un lecho para evacuar los lodos.
- Colocar la perilla de la electroválvula del lecho correspondiente en modo MAN (posición abierta en modo manual).
- Colocar en ON el selector de la Bomba de Lechos hasta que el lecho respectivo llegue a su alto nivel.
- Colocar en OFF el selector de la Bomba de Lechos.
- Colocar la perilla de la electroválvula usada anteriormente en AUTO (posición cerrada en modo manual).

4.2. Proceso de ozonificación y recirculación

- Seleccionar uno de los tanques de Recirculación y Ozonificación.

SI HA ESCOGIDO EL TANQUE DE RECIRCULACIÓN Y OZONIFICACIÓN NUMERO 1

- Colocar la perilla de las electroválvulas 6 y 7 en modo MAN (posición abierta en modo manual).
- Colocar en ON el selector de la Bomba de Llenado hasta que la misma se apague cuando el tanque 1 de Recirculación y Ozonificación haya llegando a su máximo nivel.
- Colocar en OFF el selector de la Bomba de Llenado.
- Colocar la perilla de las electroválvulas 6 y 7 en modo AUTO (posición cerrada en modo manual).
- Colocar la perilla de las electroválvulas 9 y 10 en modo MAN (posición abierta en modo manual).
- Colocar en ON el selector de la Bomba de Recirculación – Filtraje T1.
- Colocar en ON el selector de la Bomba de Recirculación General.
- Colocar en ON el selector del Ozonificador.
- Verificar que la inyección de ozono se encuentre en un rango de 15 a 20.

- Dejar que la recirculación y ozonificación se realice por un tiempo de dos (2) horas.
- Colocar en OFF el selector del Ozonificador.
- Colocar en OFF el selector de la Bomba de Recirculación General.
- Colocar en OFF el selector de la bomba de Recirculación – Filtraje T1.
- Colocar la perilla de las electroválvulas 9 y 10 en modo AUTO (posición cerrada en modo manual).

4.3. Proceso de filtraje y envío al río utilizando el tanque 1

- Colocar la perilla de las electroválvulas 11, 15 y 16 en modo MAN (posición abierta en modo manual).
- Colocar en ON el selector de la bomba de Recirculación – Filtraje T1 hasta que la misma se apague cuando el Tanque 1 de Recirculación y Ozonificación haya llegado a su mínimo nivel.
- Colocar en OFF el selector de la Bomba de Recirculación – Filtraje T1.
- Colocar la perilla de las electroválvulas 11, 15 y 16 en modo AUTO (posición cerrada en modo manual).

SI HA ESCOGIDO EL TANQUE DE RECIRCULACIÓN Y OZONIFICACIÓN NUMERO 2

- Colocar la perilla de las electroválvulas 6 y 8 en modo MAN (posición abierta en modo manual).
- Colocar en ON el selector de la Bomba de Llenado hasta que la misma se apague cuando el tanque 2 de Recirculación y Ozonificación haya llegado a su máximo nivel.
- Colocar en OFF el selector de la Bomba de Llenado.
- Colocar la perilla de las electroválvulas 6 y 8 en modo AUTO (posición cerrada en modo manual).
- Colocar la perilla de las electroválvulas 12 y 13 en modo MAN (posición abierta en modo manual).
- Colocar en ON el selector de la Bomba de Recirculación – Filtraje T2.

- Colocar en ON el selector de la Bomba de Recirculación General.
- Colocar en ON el selector del Ozonificador.
- Verificar que la inyección de ozono se encuentre en un rango de 15 a 20.
- Dejar que la recirculación y ozonificación se realice por un tiempo de dos (2) horas.
- Colocar en OFF el selector del Ozonificador.
- Colocar en OFF el selector de la bomba de Recirculación General.
- Colocar en OFF el selector de la bomba de Recirculación – Filtraje T2.
- Colocar la perilla de las electroválvulas 12 y 13 en modo AUTO (posición cerrada en modo manual).

4.4. Proceso de filtraje y envío al río utilizando el tanque 2

- Colocar la perilla de las electroválvulas 14, 15 y 16 en modo MAN (posición abierta en modo manual).
- Colocar en ON el selector de la bomba de Recirculación – Filtraje T2 hasta que la misma se apague cuando el tanque 2 de recirculación y ozonificación haya llegado a su mínimo nivel.
- Colocar en OFF el selector de la Bomba de Recirculación – Filtraje T2.
- Colocar la perilla de las electroválvulas 14, 15 y 16 en modo AUTO (posición cerrada en modo manual).

4.5. RETROLAVADO EN MODO MANUAL

El proceso de retrolavado se realizara los días viernes, una vez que se haya acabado el proceso de ozonificación y el agua esté lista para ser enviada al río por lo que se detallará el procedimiento a continuación.

- Verificar en que tanque se realizó la ozonificación.
- Abrir la válvula 1 y la válvula del lecho manual respectivo.
- Colocar en ON el selector de retrolavado.

- Verificar que el agua sea enviada al lecho hasta que la misma tenga una coloración clara lo que indicara que el filtro está limpio.
- Colocar en OFF el selector de retrolavado.
- Cerrar la válvula 1 y la válvula del lecho manual respectivo.

5. Funcionamiento del Modo Automático.

- Verificar que el visualizador fuente se encuentre encendido.
- Verificar que los tanques de químicos no se encuentren en bajo nivel.
- Verificar que todas las electroválvulas se encuentren en la posición AUTO.
- Dirigirse hacia los tableros de control y presionar el botón automático.
- Monitorear el proceso para verificar que este cumpla con el objetivo deseado.

5.1. Retrolavado en Modo Automático

El proceso de retrolavado en modo automático se realizará los días viernes, una vez que se haya acabado el proceso de ozonificación y el agua esté lista para ser enviada al río por lo que se detallará el procedimiento a continuación. Para esto se emitirá una alarma en la sala de control la cual será notificada por medio de los altoparlantes al operador de tratamiento de aguas. Una vez que haya recibido el operador la notificación deberá realizar lo siguiente:

- Verificar en que tanque se realizó la ozonificación.
- Abrir la válvula 1 y la válvula del lecho manual respectivo.
- Colocar en ON el selector de retrolavado.
- Verificar que el agua sea enviada al lecho hasta que la misma tenga una coloración clara lo que indicara que el filtro está limpio.
- Colocar en OFF el selector de retrolavado.
- Cerrar la válvula 1 y la válvula del lecho manual respectivo.

6. Cambio de Funcionamiento del Modo Manual a Modo Automático.

Si el proceso ha estado funcionando en modo manual y desea cambiar a modo automático tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Verificar que todo el proceso se haya realizado en modo manual, de esta manera se garantizará que el mismo no tenga ninguna reiteración de pasos ya realizados como por ejemplo colocación de químicos o proceso de recirculación.
- Verificar que todos los lechos se encuentren limpios.
- Realizar todos los pasos del funcionamiento en modo automático

7. Cambio de Funcionamiento del Modo Automático a Modo Manual.

Si el proceso ha estado funcionando en modo automático y desea cambiar a modo manual tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Realizar todos los pasos del funcionamiento en modo manual.
- Una vez que haya presionado el botón manual este desactivará por completo el funcionamiento del modo automático.
- Comunique al supervisor de turno las razones que tuvo para cambiar de modo automático a modo manual.

8. Alarmas.

Las alarmas del proceso serán emitidas mediante la interfaz grafica que se encuentra en la sala de control.

- Se emitirá una señal de alarma cuando uno o varios químicos se encuentren en bajo nivel.
- Se emitirá una señal de alarma cuando los tres primeros lechos estén utilizados.
- Se emitirá una señal de alarma cuando los lechos 4 y 5 estén utilizados.

Las acciones que se deben tomar para los procesos de alarmas son los siguientes:

Si la alarma fue emitida por bajo nivel de los químicos la misma se desactivará una vez que se haya colocado el químico correspondiente en el tanque.

Si la alarma fue emitida por lechos una vez que se haya limpiado los lechos correspondientes se debe resetear la alarma presionando el botón reset alarma.

Con estas precauciones y siguiendo los pasos respectivos se garantizará que el proceso trabaje con normalidad.

ANEXO 2



MANUAL DE DETECCIÓN DE FALLAS

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”

ELABORADO: Julio Montesdeoca
Carlos Villacís

REVISADO: Ing. Milton Santander

APROBADO: Ing. Milton Santander

FECHA: Quito, 08 de Septiembre del 2009

1. Detección de fallas y posibles reparaciones

Averías	Causas	Soluciones
1. No se enciende visualizador fuente del tablero	Falla Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar fusibles y reemplazar el que se encuentre sin continuidad.
2. No cambia de modo manual a automático y viceversa	Programación Botón en mal estado Falla Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar programa o volverlo a cargar en el PLC verificando que éste se encuentre en RUN. • Reemplazar el botón que se encuentre en mal funcionamiento. • Ver anexo planos eléctricos
3. Bomba Trabajando en vacío	No se encuentra totalmente sellada la tubería de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Cebear la bomba para que el impeler no trabaje en vacío. • Verificar sonido para constatar su funcionamiento.
4. Bomba químicos remordida	Oxidación interna de las bombas de químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar la bomba. • Limpiar la parte interna que se encuentre deteriorada. • Verificar giro de eje y volver a instalarla.
5. Bomba no enciende.	Falla eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar alimentaciones de los tableros. • Revisar salida de PLC respectiva • Revisar relé de activación • Revisar contactor. • Ver anexo planos eléctricos.
6. Bomba no enciende en modo manual	Selector en mal estado	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar selector de acuerdo a características de conexión.
7. Sensor de nivel tipo flotador trabado	Remordimiento de cable de sensor.	<ul style="list-style-type: none"> • Sacar sensor de nivel del lugar instalado. • Volver a colocar en su sitio.
8. Sensor de nivel no emite señal	Deterioro de sensor	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar continuidad y observar los estados del sensor. • Reemplazar sensor.
9. Sensor de nivel Madison no emite señal	Deterioro de sensor	<ul style="list-style-type: none"> • Sacar sensor de nivel • Verificar que el mismo no se encuentre sulfatado • Revisar continuidad y observar los estados del sensor.

		<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar sensor si es necesario.
10. No fluye agua por electroválvula de diafragma	Diafragma de electroválvula con aire	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar la electroválvula en modo manual. • Cebear electroválvula retirando la bobina con precaución.
11. Bobina de electroválvula no responde	Deterioro de bobina	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar bobina revisando características
12. No se activa la electroválvula	Falla eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar alimentaciones de los tableros. • Revisar salida de PLC respectiva • Revisar relé de activación. • Revisar conexión de electroválvula. • Ver anexo 3 planos eléctricos.
13. No cierra completamente la electroválvula	Deterioro o pérdida total de resorte de electroválvula	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar resorte de acuerdo a características.
14. No realiza el proceso dosificación en modo automático	Programación	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar que los tanques de químicos no se encuentren en bajo nivel. • Verificar alimentaciones de los tableros.
15. Visualizadores no se encienden	Falla eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar alimentaciones de los tableros. • Verificar conexiones de visualizadores. • Ver anexo planos eléctricos.
16. Visualizadores no se encienden	Deterioro de visualizadores	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar luces piloto de acuerdo a características de conexión.
17. Fugas en tuberías	Deterioro de tuberías	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar tubería o accesorio que se encuentre en mal estado
18. No ozonifica correctamente	Filtro en mal estado	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar filtro de ozonificador
19. Desbordamiento de lechos	Lechos sucios	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar correctamente los lechos

2. Mantenimiento de los componentes del sistema

Existen diferentes tipos de mantenimiento los cuales son importantes para que el sistema funcione correctamente y los siguientes se detallan a continuación:

- **Mantenimiento Preventivo:**

Se lo realiza con el fin de garantizar un correcto funcionamiento del sistema tanto en tiempo presente como en circunstancias posteriores teniendo en cuenta las recomendaciones de cada uno de los componentes. Para la ejecución del mantenimiento preventivo se fijarán periodos de tiempo de acuerdo a las necesidades de los equipos.

EQUIPO	TIEMPO	DETALLE DEL MANTENIMIENTO
Bomba	3 meses	<ul style="list-style-type: none">• Revisión de voltaje.• Revisión de corriente• Revisión de temperatura.• Visualización de estado de rodamientos.
Motor Agitador	3 meses	<ul style="list-style-type: none">• Revisión de voltaje.• Revisión de corriente• Revisión de temperatura.• Visualización de estado de rodamientos.
Relés	3 meses	<ul style="list-style-type: none">• Revisión de voltaje.• Revisión de corriente• Revisión de temperatura.
Contactores	3 meses	<ul style="list-style-type: none">• Revisión de voltaje.• Revisión de corriente.• Revisión de temperatura.

- **Overhaul Mayor:**

Es considerado como un mantenimiento mayor y se lo realiza cada año de acuerdo a la planificación de cada grupo y área de trabajo, a diferencia de un mantenimiento normal este implica un trabajo más completo.

EQUIPO	TIEMPO	DETALLE DEL MANTENIMIENTO
Bomba	1 año	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento Preventivo. • Prueba de Meger. • Revisión visual de los bobinados.
Motor Agitador	1 año	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento Preventivo. • Prueba de Meger. • Revisión visual de los bobinados.
Relés	1 año	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento Preventivo. • Revisión de contactos. • Revisión de bobina.
Contactores	1 año	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento Preventivo. • Revisión de contactos. • Revisión de bobina.

- **Mantenimiento Correctivo:**

Se lo realiza con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo. Se clasifica en:

- **No planificado:**

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer.

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad pues las fallas deben ser corregidas de inmediato.

- **Planificado:**

Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción. En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se va acumulando tareas a realizar sobre el mismo y se programa su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento.

Lógicamente, se aprovechara las paradas, horas en contra turno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

ANEXO 3



MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA SCADA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”

ELABORADO: Julio Montesdeoca
Carlos Villacís

REVISADO: Ing. Milton Santander

APROBADO: Ing. Milton Santander

FECHA: Quito, 08 de Septiembre del 2009

1. Para su seguridad

Lea estas sencillas normas. El incumplimiento de ellas puede ser peligroso. Lea el manual de usuario completo para tener mayor información.

	Verifique que la luz fuente este encendida, esto indicará que el proceso está en marcha.
	La seguridad industrial ante todo. Obedezca todas las normas de seguridad industrial para precautelar su integridad.
	Riesgo eléctrico. Al manipular el tablero tenga cuidado con los voltajes de funcionamiento.
	Materias Tóxicas. Tenga cuidado con la manipulación de las sustancias químicas.
	Servicio técnico calificado. Solo el personal técnico respectivo revisará, reparará o manipulará la planta

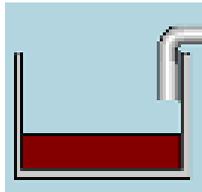
2. Acerca de la Planta de tratamiento de aguas residuales Guangopolo

La planta de tratamiento de aguas residuales fue diseñada con el objetivo de descontaminar los desechos líquidos producidos por la Central Térmica de Guangopolo para ser enviados al Río San Pedro.

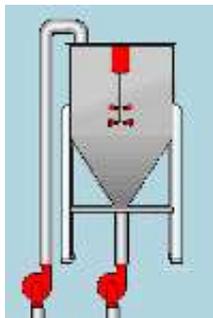
La planta posee dos tipos de funcionamiento, modo manual y modo automático, el modo manual será manipulado por los operadores de turno del área de tratamiento de aguas, en la parte automática el proceso será controlado por un PLC y podrá ser visualizado desde la sala de control por el operador de turno.

3. Antes de comenzar

3.1 Lista de secciones de Control y Monitoreo



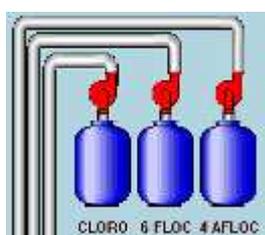
Tanque API de Residuos



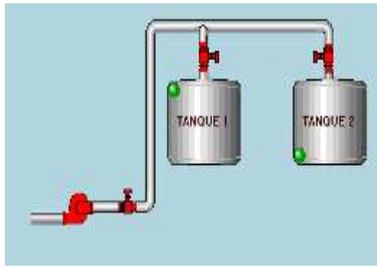
Tanque de sedimentación,
Bomba del Clarificador, Bomba
de Descarga de Lechos y
Agitador.



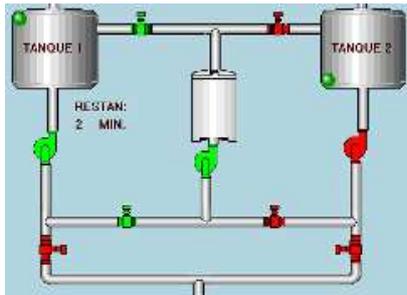
Depósitos de Lodos, sus
electroválvulas y la visualización
para el control de los lechos
sucios.



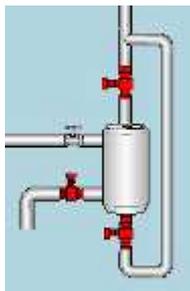
Tanques de Químicos,
Sensores de Nivel y sus
Bombas Dosificadoras.



Tanques de Ozonificación, Bomba de Llenado, Electroválvulas de Llenado y Sensores de Nivel.



Ozonificador, Bombas de Recirculación y Descarga, con sus Electroválvulas respectivamente.

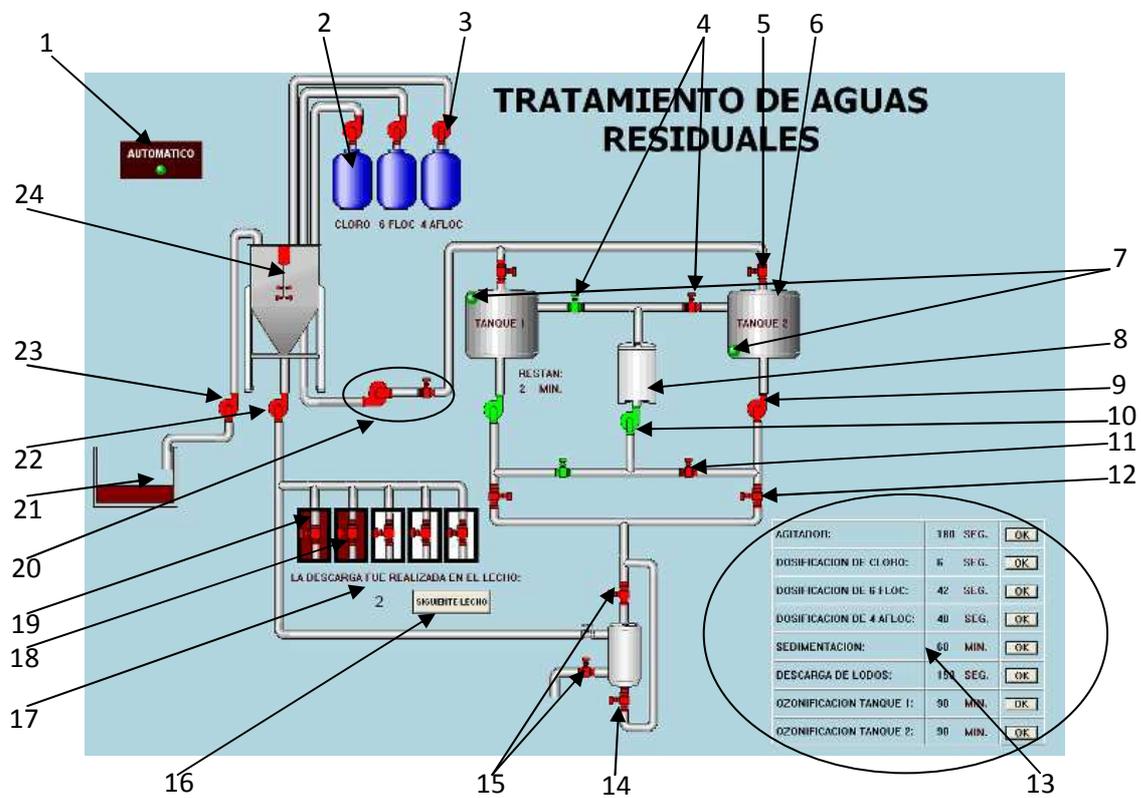


Proceso de Descarga de Agua mediante un Filtro y un juego de Electroválvulas.

AGITADOR:	180 SEG.	<input type="button" value="OK"/>
DOSEIFICACION DE Cl OHC:	5 SEG.	<input type="button" value="OK"/>
DOSEIFICACION DE 6 FLOC:	42 SEG.	<input type="button" value="OK"/>
DOSEIFICACION DE 4 AFLOC:	40 SEG.	<input type="button" value="OK"/>
SEDIMENTACION:	60 MIN.	<input type="button" value="OK"/>
DESCARGA DE LODOS:	150 SEG.	<input type="button" value="OK"/>
OZONIFICACION TANQUE 1:	90 MIN.	<input type="button" value="OK"/>
OZONIFICACION TANQUE 2:	90 MIN.	<input type="button" value="OK"/>

Cuadro de Control sobre Temporizaciones en el Proceso.

3.2 Formato de la ventana de Control



- 1. Visualizador Manual / Automático:** Cuadro que sirve solamente para realizar el monitoreo del modo de funcionamiento del Proceso.
- 2. Tanques de Químicos:** Sirven para realizar el monitoreo y avisar a la parte de Operación cuando el nivel se encuentra bajo en alguno de ellos. Cuando esto sucede se activará una luz parpadeante amarillo – rojo en el respectivo tanque. El Tablerista de turno deberá estar siempre pendiente del sonido de la alarma, ya que si el nivel se encuentra bajo el proceso se detiene en ese punto.

3. **Bombas Dosificadoras de Químicos:** Con estas Bombas se puede realizar el monitoreo del Químico que se está dosificando en el Tanque Clarificador.
4. **Electroválvula de Recirculación Superior:** Sirve para visualizar si la electroválvula se encuentra encendida o apagada. Existen dos electroválvulas de este tipo, una para cada Tanque de Ozonificación.
5. **Electroválvula de Llenado:** Ayuda a observar en que Tanque de Ozonificación se está produciendo la carga de agua para su tratamiento. Existen dos electroválvulas de este tipo, una para cada Tanque de Ozonificación.
6. **Tanque de Ozonificación:** Visualización de los Tanques de Ozonificación.
7. **Sensores de Nivel:** Ayudan a realizar el monitoreo de Nivel de los Tanques de Ozonificación, se puede visualizar cuando el tanque está lleno o cuando esta vacío.
8. **Ozonificador:** Visualizador de que el Ozonificador está funcionando.
9. **Bomba de Ozonificación, Recirculación y Descarga al Río:** Indica cuando la Bomba se encuentra prendida o apagada. Se puede observar de acuerdo a la apertura o cierre de las Electroválvulas cual es el proceso que se está realizando en ese momento, si bien se está realizando la Ozonificación o en su defecto se está enviando agua al Río. Existen dos Bombas de este tipo, una para cada Tanque de Ozonificación.
10. **Electroválvula General de Recirculación y Ozonificación:** Indica si la Electroválvula está encendida o apagada, sirve para cualquiera de los dos Tanques de forma independiente.
11. **Electroválvula de Recirculación Inferior:** Sirve para visualizar si la electroválvula se encuentra encendida o apagada. Existen dos electroválvulas de este tipo, una para cada Tanque de Ozonificación.

12. **Electroválvula de Descarga al Río:** Sirve para visualizar el momento en el cual ya se está enviando el agua limpia al Río.
13. **Cuadro de Control sobre Temporizaciones en el Proceso:** Este es uno de las dos partes del Sistema donde se puede realizar un control sobre el proceso, es decir, aquí se tiene la posibilidad de aumentar el tiempo de Agitación, la Cantidad de Químicos que se inyecta al agua, el tiempo de Sedimentación y el de Ozonificación, que puede variar dependiendo de las situaciones climáticas, cuanta cantidad de desechos se desea enviar a los depósitos. Un segmento muy importante para el buen funcionamiento de la Planta.
14. **Electroválvula para realizar el Retrolavado:** Indica cuando se está realizando el proceso del Retrolavado, lo cual es importante para mantener el Filtro de Descarga limpio.
15. **Electroválvulas de Descarga al Río:** Existen dos de este tipo, una antes del Filtro que ingresa por la parte superior, y la otra que está después a la salida del Filtro por la parte inferior, estas se encienden solamente cuando se está ya realizando la descarga del agua tratada al Río.
16. **Botón de Control sobre Lechos:** En este botón se puede realizar el control referente al lecho en el cual se va a realizar la siguiente descarga de sedimentos. Este botón está diseñado pensando en el hecho de que puede haber un depósito al cual se le deba hacer mantenimiento por cualquier razón, en cuyo caso queda inhabilitado para su uso.
17. **Indicador sobre Lechos:** En esta parte se puede realizar un monitoreo sobre cuál fue el último lecho en el cual se realizó la descarga, esto con el fin de que se informe debidamente al Operador encargado para que este proceda a realizar la maniobra correspondiente.
18. **Electroválvula de Lechos:** Sirve para realizar el monitoreo sobre cuál es el lecho en el que se están descargando los sedimentos. Existen cinco electroválvulas de este tipo, una para cada Lecho.

19. **Lechos:** Indica mediante una visualización de color café cuál o cuáles son los lechos que se encuentran ya utilizados. Si el lecho está limpio su color es blanco. En caso de que el lecho está sucio se puede resetear su señal cuando se ha realizado su respectiva limpieza y se ha presionado el botón de RESET desde el panel de Control ubicado en la Planta.
20. **Bomba y Electroválvula de Llenado General:** Ambas se encienden siempre al mismo tiempo e indican cuando se está enviando el agua del Tanque de Sedimentación a cualquiera de los dos Tanques de Ozonificación.
21. **Tanque API de Residuos:** Visualizador de la Piscina API, desde la cual se envía el agua con hidrocarburos hacia el Tanque Clarificador. Se puede visualizar cuando el Tanque se encuentra lleno, ya que el sensor que ahí se encuentra envía la señal y el Tanque se pinta a un nivel mayor.
22. **Bomba de Descarga a los Lechos:** Indicador que se activa en el momento justo que se acaba el proceso de Sedimentación, y se empiezan a enviar los Sedimentos al Lecho respectivo.
23. **Bomba del Clarificador:** Bomba que se activa cuando el Tanque API se encuentra lleno y el Tanque del Clarificador este vacío.
24. **Agitador:** Señal de Monitoreo que Indica que el Agitador se encuentra encendido.

NOTA: Tanto en las Bombas como en las Electroválvulas se puede observar que al cambiar su estado, cambia su color, el rojo significa desenergizado y el verde energizado.

4. Funcionamiento del Modo Manual

Como se trata de un proceso Automatizado para el sistema SCADA no se puede realizar ninguna acción cuando se encuentre en modo Manual, sin embargo mediante el monitoreo se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Verificar que el Visualizador Manual / Automático se encuentre con el modo Manual Activo.
- Verificar que los tanques de químicos no se encuentren en bajo nivel.
- Monitorear que no estén llenos los dos Tanques de Ozonificación, el Tanque de Clarificación y la Piscina API, ya que esto ocasionaría desbordamientos en la Piscina.
- Monitorear que no se encuentren más de tres (3) Lechos sucios.
- Revisar que la Piscina API no se encuentre en alto nivel por un período mayor a tres (3) horas, ya que puede desbordar.

5. Funcionamiento del Modo Automático

- Verificar que en el Visualizador Manual / Automático se encuentre el modo Automático Activo.
- Verificar que los tanques de químicos no se encuentren en bajo nivel.
- Controlar que los tiempos establecidos para el Agitador, Dosificación de Químicos, Sedimentación, Descarga de Sedimentos y Ozonificación se encuentren o bien en los parámetros ya seteados o dentro de los siguientes límites:

DESCRIPCION	RANGO PERMITIDO
AGITADOR	Mín. 100; Máx. 300 sec.
SEDIMENTACION	Mín. 30; Máx. 150 min.
DESCARGA LECHOS	Mín. 100; Máx. 175 sec.
OZONIFICACION	Mín. 45; Máx. 100 min.
DOSIFICACIÓN CLORO	Mín. 5; Máx. 12 sec.
DOSIFICACIÓN 6 FLOC	Mín. 30; Máx. 47 sec.
DOSIFICACIÓN 4A-FLOC	Mín. 34; Máx. 49 sec.

Aunque se han incluido los tiempos de Dosificación de los Químicos, estos valores son los rangos establecidos mediante pruebas de Sedimentación con los Químicos actuales. Al existir el cambio de Químico o de proveedor se deberá tener en cuenta los nuevos parámetros dependiendo de los resultados que arrojen las pruebas.

- Monitorear que no se encuentren más de tres (3) Lechos sucios.
- Revisar que la Piscina API no se encuentre en alto nivel por un período mayor a tres (3) horas, ya que puede desbordar. De ser este el caso se deben aminorar los tiempos de Sedimentación u Ozonificación, con el informe respectivo al Operador de Turno.
- El tiempo de Descarga de Agua al Río toma aproximadamente una (1) hora, si se observa que la descarga se sigue realizando después de este tiempo se debe informar inmediatamente ya que esto puede significar que la electroválvula se tapo o su conexión eléctrica fue alterada, para que así el Operador tome las acciones correspondientes.
- Monitorear el proceso para verificar que este cumpla con el objetivo deseado.

5.1 Monitoreo del Llenado del Tanque de Clarificación

En este punto se debe observar simplemente que no esté llena la piscina API por mucho tiempo (aprox. 3 horas) ya que esto puede ocasionar desbordamientos, lo cual no sucede con el Tanque de Clarificación ya que al tener un sensor de alto nivel, en el momento que este se activa, la Bomba del Clarificador se detiene y empieza el proceso de Dosificación de Químicos.

5.2 Monitoreo y Control del Proceso de Clarificación del Agua

Los aspectos principales que se deben observar en este punto son:

- Verificar que los tanques de químicos no se encuentren en bajo nivel.

- Monitorear que los tiempos de Dosificación de Químico y del funcionamiento del Agitador sean los correctos en el rango indicado anteriormente.
- El Tablerista debe estar atento al tiempo que ha transcurrido de Sedimentación y observarlo en el Sistema SCADA, y en caso de que ocurriese alguna anomalía informar inmediatamente al Operador.

5.3 Monitoreo y Control del Proceso de la Descarga de Sedimentos

En este punto se debe coordinar previamente con el Operador en que lecho se va a realizar la descarga por razones de mantenimiento para cambiarlo con anterioridad en el SCADA o dejar que se realice normalmente en el lecho que toca. La Bomba de Descarga también se enciende por lo que se debe observar que se encuentre en activación correcta. Se debe observar también que la electroválvula del Lecho al cual se esté enviando los Sedimentos se encienda correctamente.

5.4 Monitoreo del Proceso de traspaso de Agua del Tanque de Clarificación a los Tanques de Ozonificación

La realización de este proceso consiste en verificar que el traspaso de agua desde el tanque de clarificación hacia los tanques de ozonificación se lo realice, para esto se deberá observar que en el sistema SCADA permanezca encendida la bomba designada, para este caso si dicha bomba está encendida esta se colocará de color verde por otro lado si el proceso termino la bomba tendrá una tonalidad roja lo que significa que la bomba esta apagada.

5.5 Monitoreo y Control del Proceso de Ozonificación y Recirculación en los Tanques de Ozonificación

El monitoreo del proceso de ozonificación y recirculación se visualiza mediante el computador principal en el cual se muestra el tiempo que transcurre mientras se realiza la

acción teniendo como principales detalles el cambio de color de válvulas y bombas, permitiendo identificar si estas están encendidas o apagadas.

5.6 Monitoreo del Envío del Agua Clarificada al Río

El proceso de retrolavado en modo automático se realizará los días viernes, una vez que se haya acabado el proceso de ozonificación y el agua esté lista para ser enviada al río por lo que se detallará el procedimiento a continuación. Para esto se emitirá una alarma en la sala de control la cual será notificada por medio de los altoparlantes al operador de tratamiento de aguas. Una vez que haya recibido el operador la notificación deberá realizar lo siguiente:

- Verificar en que tanque se realizó la ozonificación.
- Abrir la válvula 1 y la válvula del lecho manual respectivo.
- Colocar en ON el selector de retrolavado.
- Verificar que el agua sea enviada al lecho hasta que la misma tenga una coloración clara lo que indicara que el filtro está limpio.
- Colocar en OFF el selector de retrolavado.
- Cerrar la válvula 1 y la válvula del lecho manual respectivo.

6. Cambio de Funcionamiento del Modo Manual a Modo Automático

Si el proceso ha estado funcionando en modo manual y desea cambiar a modo automático tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Verificar que todo el proceso se haya realizado en modo manual, de esta manera se garantizará que el mismo no tenga ninguna reiteración de pasos ya realizados como por ejemplo colocación de químicos o proceso de recirculación.
- Verificar que todos los lechos se encuentren limpios.
- Realizar todos los pasos del funcionamiento en modo automático

7. Cambio de Funcionamiento del Modo Automático a Modo Manual

Si el proceso ha estado funcionando en modo automático y desea cambiar a modo manual tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Realizar todos los pasos del funcionamiento en modo manual.
- Una vez que haya presionado el botón manual este desactivará por completo el funcionamiento del modo automático.
- Comunique al supervisor de turno las razones que tuvo para cambiar de modo automático a modo manual.

8. Alarmas

Las alarmas del proceso serán emitidas mediante la interfaz grafica que se encuentra en la sala de control.

- Se emitirá una señal de alarma cuando uno o varios químicos se encuentren en bajo nivel.
- Se emitirá una señal de alarma cuando los tres primeros lechos estén utilizados.
- Se emitirá una señal de alarma cuando los lechos 4 y 5 estén utilizados.

Las acciones que se deben tomar para los procesos de alarmas son los siguientes:

Si la alarma fue emitida por bajo nivel de los químicos la misma se desactivará una vez que se haya colocado el químico correspondiente en el tanque.

Si la alarma fue emitida por lechos una vez que se haya limpiado los lechos correspondientes se debe resetear la alarma presionando el botón reset alarma.

Con estas precauciones y siguiendo los pasos respectivos se garantizará que el proceso trabaje con normalidad.

9. Detección de fallas y posibles errores.

Avería	Causa	Soluciones
1. No se enciende ninguna señal	Falla de Comunicación con el PLC	<ul style="list-style-type: none">• Revisar que el cable de red se encuentre conectado• Verificar que este habilitada la red interna de la empresa.• Comunicar a la parte SCADA para revisión de conectividad.
2. No se repone una señal de alarma después de haber corregido el error.	Falla de Sensores, o de Comunicación.	<ul style="list-style-type: none">• Comunicar a la parte técnica responsable.
3. No se puede cambiar de lecho, ni los tiempos de ejecución de actividades	Falla en el Programa.	<ul style="list-style-type: none">• Contactar con la parte de SCADA para realizar revisión de programación.
4. Visualización de sensores de alto o bajo nivel no se activan o desactivan adecuadamente	Daño en los sensores de nivel implementados	<ul style="list-style-type: none">• Comunicar a la parte técnica para que realice el respectivo mantenimiento o el cambio de sensores en caso de ser necesario.
5. No se puede alternar entre el modo manual y el automático.	Falla en el Programa.	<ul style="list-style-type: none">• Contactar con la parte de SCADA para realizar revisión de programación.

Soporte es proporcionado por:

- Julio Eduardo Montesdeoca Escobar:
chesterj16@hotmail.com julio.montesdeoca@termopichincha.com.ec
094183697 - 084800261 - 096001597
- Carlos Iván Villacís Moya:
civillacis@hotmail.com carlos.villacis@termopichincha.com.ec
087051042 - 096001604

ANEXO 4



DIAGRAMAS DE INGENIERIA Y DETALLE PLANTA DE PROCESAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO”

ELABORADO: Julio Montesdeoca
Carlos Villacís

REVISADO: Ing. Milton Santander

APROBADO: Ing. Milton Santander

FECHA: Quito, 08 de Septiembre del 2009

GLOSARIO

API

API es la abreviatura de “American Petroleum Institute”. Para el caso de Tratamientos de agua, se refiere a la relación correspondiente de peso específico y de fluidez de los crudos con respecto al agua.

HMI

HMI son las siglas de “Human Machine Interface”, se refiere a la relación que se crea entre el entendimiento humano y un proceso determinado visualizado en un computador.

PLC

Siglas que provienen de “Programmable Logic Controller”. Es un equipo electrónico, diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

RS-232

Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de Datos, Data Terminal Equipment) y un DCE (Equipo de Comunicación de Datos, Data Communication Equipment).

RS-485

Es un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos.

RS-422

Estándar aprobado por la EIA para conectar dispositivos en forma serial. Junto con el RS-423, son los reemplazantes del estándar RS-232, pues soportan mayores velocidades de transferencia.

ETHERNET

Estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

MODBUS

Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

BUS CAN

Viene de las siglas “Controller Area Network”, protocolo de comunicaciones, está basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos, además ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples CPUs.

PROFIBUS

Estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva de las palabras PROcess Field BUS.

DEVICENET

Es uno de los buses de campo más utilizado para el control en tiempo real de dispositivos en los primeros niveles de automatización, es una red de aplicación internacional, y por supuesto europea: que cumple con el Estándar Europeo Oficial EN 50323-2, que asegura la interconectividad con una gran variedad de equipos de otros fabricantes.

CONTROLNET

Es un protocolo de red abierto para aplicaciones de automatismos industriales, también es conocido como bus de campo, que administra actualmente todos los protocolos de la familia Common Industrial Protocol.

LENGUAJE LADDER

Es también denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)

Viene de las siglas “Distributed Control System” y ha sido desarrollado para resolver la adquisición de grandes volúmenes de información, su tratamiento en centros de revisión y mando, y la actuación en tiempo real sobre el proceso a controlar.

SCADA

Viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", Adquisición de datos y control de supervisión, es una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.

IEC 61131-3

Norma internacional considera un estándar mundial y orientada al futuro en el área de controladores programables.

PROFIBUS

Sistema de bus, potente, abierto y robusto, para la comunicación de proceso y de campo en redes de célula con pocas estaciones y para la comunicación de datos según IEC 61158/EN 50170.

Los dispositivos de automatización tales como PLC, PC, HMI, sensores u actuadores pueden comunicarse a través de este sistema de bus.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Tratamiento avanzados de aguas residuales industriales, www.madrimasd.org/.../VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf, 2009-04-23
- Política ambiental Termopichincha, <http://www.termopichincha.com.ec/contenidos.php?menu=31&submenu1=51&submenu2=30&idiom=1>, 2009-04-23
- Valvulas de solenoide, profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/CARVALLOVARGASc.pdf, 2009-06-17
- La seguridad Electrica, www.ri-ol.com/index.php/.../127-la-seguridad-electrica, 2009-07-16
- Normas para la seguridad eléctrica, www.pilz.com/knowhow/.../electrical.../index.es.jsp, 2009-07-16
- Sensores de nivel, www.mitecnologico.com/Main/SensoresDeNivel, 2009-07-20
- Telemechanic twido, http://www.us.telemecanique.com/products/automation/programmable_controllers/Twido/index.html, 2009-08-01

Fecha de entrega:

Sr. Julio Eduardo Montesdeoca Escobar

Autor

Sr. Carlos Iván Villacís Moya

Autor

Ing. Víctor Proaño

Coordinador de Carrera