

Trabajo de Diploma

Autor: Ernesto Alejandro González
Marín

Tutor: MSc. Mónica Mulet Hing

Santiago de Cuba
2017

Trabajo de Diploma

Título: Propuesta de un sistema de supervisión y control del proceso de filtrado para la planta potabilizadora “Quintero 1”.

Autor: Ernesto Alejandro González Marín

Tutor(es): MSc. Mónica Mulet Hing

Cotutor(es): Ing. Alberto Rodríguez Martínez
Ing. René Bernal Solano

Santiago de Cuba
2017

DEDICATORIA

A mis padres por haberme dado siempre amor, cariño, apoyo y ser la mejor escuela que he tenido en la vida,

A mis abuelos que tanto se han esforzado para que alcanzara mis metas,

A mis amigos que mucho me han apoyado,

Y a los que de una forma u otra han tenido que ver en toda mi carrera.

Gracias y éxitos a todos

AGRADECIMIENTOS

*A toda mi familia en especial a mi tío Leonardo, por estar siempre presente,
A mis tutores Mónica Mulet y Alberto Rodríguez por guiarme siempre por
el camino correcto y aceptarme como su diplomante pese a las dificultades,
Al ingeniero René Bernal Solano por su ayuda incondicional para que este
trabajo de diploma pudiera realizarse,
Gracias a todos.*

PENSAMIENTO

La primera regla de cualquier tecnología que se utiliza en una empresa es que la automatización aplicada a una operación eficiente magnificará la eficiencia. La segunda es que la automatización aplicada a una operación ineficiente magnificará la ineficiencia.

Bill Gates

RESUMEN

En el presente trabajo de diploma se elabora una propuesta para implementar un sistema de supervisión y control para el proceso de filtrado rápido la planta potabilizadora Quintero 1. Se exponen algunas nociones sobre la potabilización del agua y sus especificidades para el sistema productivo bajo estudio.

Se establecen los requerimientos de diseño a partir de las variables que intervienen en el proceso y la instrumentación a emplear. Como resultado se propone un esquema funcional de automatización con una interfaz SCADA desarrollada con el Movicon.

ABSTRACT

In this work, a proposal is made to implement a monitoring and control system for the rapid filtration process of the “Quintero 1” water treatment plant. Some notions on water purification and its specificities are presented for the production system under study.

The design requirements are established based on the variables involved in the process and the instrumentation to be used. As a result, a functional automation scheme with a SCADA interface developed with Movicon is proposed.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.1 POTABILIZACIÓN DE AGUA.....	4
1.1.1 Entrada o captación del agua cruda.	5
1.1.2 Conducción.	5
1.1.3 Presedimentación.	6
1.1.4 Coagulación y mezcla rápida.	6
1.1.5 Floculación.....	7
1.1.6 Sedimentación.	8
1.1.7 Filtración.	8
1.1.8 Cloración o desinfección.....	9
1.1.9 Almacenamiento.	10
1.2 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.	11
1.2.1 Automatización industrial a nivel mundial.	12
1.2.2 Importancia de la automatización.	13
1.3 AUTÓMATAS PROGRAMABLES. DEFINICIÓN. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS.	13
1.3.1 Ventajas e Inconvenientes de los PLC.	15
1.3.2 Lenguajes de programación compatibles con la IEC 61131-3.....	16
1.4 SISTEMA DE SUPERVISIÓN SCADA.	17
1.4.1 Introducción a los SCADA.	18
1.4.2 Necesidad de un sistema SCADA.	18
1.4.3 Funciones Principales de un sistema SCADA.	19
1.5 LA HERRAMIENTA OPC.....	20
1.5.1 Ventajas y Desventajas de OPC.....	21
CONCLUSIONES PARCIALES.....	23
CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE AUTOMATIZACION.	24
2.1 PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA POTABILIZADORA QUINTERO 1.....	24
2.1.1 Proceso de filtración rápida.	25
2.2 AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FILTRADO EN LA POTABILIZADORA QUINTERO 1.	28
2.3 SISTEMA DE CONTROL PARA EL PROCESO DE FILTRADO EN QUINTERO 1.	29
2.3.1 Control de nivel en el filtro por presión diferencial.	30
2.3.2 Filosofía del Control de nivel en el filtro por presión diferencial.	30
2.3.3 Instrumentación para el control de nivel en el filtro por presión diferencial.	31
2.3.4 Control de nivel en el filtro colmatado.	31
2.3.5 Filosofía del control de nivel en filtro colmatado.	32
2.3.6 Instrumentación para el control de nivel en filtro colmatado.	32
2.3.7 Control de nivel en el tanque elevado.....	32
2.3.8 Filosofía del control de nivel en el tanque elevado.	33
2.3.9 Instrumentación para el control de nivel en el tanque elevado.	33

2.3.10	Control de caudal en el retrolavado.	34
2.3.11	Filosofía del control de caudal en el retrolavado.	34
2.3.12	Instrumentación para el control de caudal en el retrolavado.	34
2.4	DISEÑO DEL PROYECTO.	35
2.4.1	Señales de entrada y salida.	35
2.4.2	Diagramas en bloques de los programas.	39
2.5	SELECCIÓN DEL AUTÓMATA.	42
2.5.1	Características principales del Master-K120S.	44
2.5.2	Módulos de expansión.	46
2.6	CONFIGURACIÓN DEL PLC.	47
2.6.1	Crear el proyecto en KGL_WIN.	48
2.6.2	Configuración de parámetros del PLC.	50
2.7	SELECCIÓN DE SOFTWARE SCADA Y OPC.	53
2.8	SCADA MOVICON.	54
2.8.1	La herramienta Movicon 11.	55
2.8.2	Principales innovaciones de Movicon 11.	55
2.8.3	Área de Trabajo.	56
2.8.4	Editor Inteligente de Movicon™ 11. Características principales.	57
2.9	PRESENTACIÓN DEL PROYECTO SCADA EN MOVICON 11.2.	58
2.10	ESTRUCTURA O TOPOLOGÍA DE LA RED DEL PLC.	60
	VALORACIÓN ECONÓMICA.	63
	CONCLUSIONES PARCIALES.	64
	CONCLUSIONES.	65
	RECOMENDACIONES.	66
	BIBLIOGRAFÍA.	67
	ANEXOS.	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Diagrama de flujo para un proceso de potabilización convencional.	5
Figura 2. Sedimentador de agua cruda.	6
Figura 3. Proceso de Coagulación.	7
Figura 4. Floculación Mecánica e Hidráulica.	7
Figura 5. Proceso de Sedimentación.	8
Figura 6. Proceso de Filtrado.	9
Figura 7. Proceso de Cloración.	10
Figura 8. Controladores Lógicos Programables.	14
Figura 9. Problema y Solución OPC.	21
Figura 10. Flujo Productivo de la Planta Quintero 1.	25
Figura 11. Esquema del proceso de Filtración en la Potabilizadora Quintero1.	29
Figura 12. Lazo del control de nivel en el filtro por presión diferencial.	30
Figura 13. Lazo del control de nivel en el filtro colmatado.	31
Figura 14. Lazo del control de nivel en el tanque elevado.	33
Figura 15. Lazo del control de caudal en el retrolavado.	34
Figura 16. Secuencia a seguir en la programación del PLC.	35
Figura 17. Algoritmo de condiciones iniciales del proceso de Filtrado.	39
Figura 18. Algoritmo de subproceso Régimen de Filtrado.	40
Figura 19. Algoritmo de subproceso de Lavado Superficial del Filtro.	41
Figura 20. Algoritmo del subproceso Retrolavado del Filtro.	42
Figura 21. PLC empleado como maqueta MASTER-K120S K7M-DR20U.	43
Figura 22. Partes de un PLC K7M-DR20U.	45
Figura 23. PLC K7M-DR60U y los tres módulos de expansión permisibles.	47
Figura 24. Ventana inicial y de creación de nuevo proyecto.	48
Figura 25. Ventana de propiedades del proyecto.	49
Figura 26. Ventana principal de proyecto.	49
Figura 27. Ventana de configuración de parámetros.	50
Figura 28. Configuración de parámetros del auto-tuning.	51
Figura 29. Configuración de parámetros del PID.	52
Figura 30. Configuración PID para el lazo de control de caudal en el retrolavado.	53
Figura 31. Secciones de área de trabajo de Movicon™ 11.	56
Figura 32. Presentación del Panel SCADA del proyecto.	58
Figura 33. Alarma de filtro colmatado en panel SCADA.	59
Figura 34. Cableado de las interfaces serie con RS-485.	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del agua tratada según la norma cubana (NC 827: 2010).....	4
Tabla 2. Parámetros de los Filtros.	26
Tabla 3. Parámetros de los equipos de bombeo de llenado del tanque elevado.	27
Tabla 4. Parámetros de los equipos de bombeo para el lavado superficial.	27
Tabla 5. Funciones de las Válvulas.....	27
Tabla 6. Características de instrumentación propuesta.	31
Tabla 7. Características de instrumentación propuesta.	32
Tabla 8. Características de instrumentación propuesta.	33
Tabla 9. Características de instrumentación propuesta.	35
Tabla 10. Señales de Entrada.	36
Tabla 11. Señales de Entrada (Cont.).	37
Tabla 12. Señales de Salida.	38
Tabla 13. Señales internas(MARCAS).....	38
Tabla 14. Resumen de señales E/S para el PLC.	45
Tabla 15. Módulos Digitales entradas/salidas	47
Tabla 16. Módulos especiales.....	47
Tabla 17. Gasto Material.....	63

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la vida y en tal sentido las sociedades actuales necesitan la implementación de sistemas de potabilización que proporcionen un suministro de agua con características adecuadas para el consumo del hombre.

El agua es considerada potable cuando es incolora, insípida e inodora, su contenido de oxígeno y sales disueltas tiene una concentración adecuada y está libre de gérmenes patógenos y sustancias tóxicas que ponen en peligro la salud de la población.

En nuestro país existe la norma NC 827: 2010 que establece los requisitos sanitarios del agua potable y es aplicable a las aguas de consumo humano procedentes de sistemas de abastecimiento público o individual en todo el territorio nacional. En la misma se establecen los límites máximos admisibles para la cantidad de microorganismos presentes, presencia de metales, propiedades físicas y químicas tales como turbiedad, pH, color, y olor que permiten establecer criterios de calidad en el agua tratada. (1)

El objetivo de una planta potabilizadora es implementar procesos y operaciones de tratamiento de agua que permitan satisfacer los requerimientos de calidad del agua potable. Por lo tanto, se requiere la implementación de mecanismos de instrumentación y control que garanticen confiabilidad, flexibilidad, mínima operación y mantenimiento, del proceso productivo.

En el municipio de Santiago de Cuba se encuentra ubicada la planta potabilizadora Quintero¹ cuya puesta en marcha data del 17 de julio de 1963 con tecnología norteamericana de la C.O DORR OLIVER. Esta instalación contó en su diseño inicial con una capacidad de 1050l/s y después de un proceso de remodelación e inversión que empezó en el año 2008 su capacidad aumentó a 1500 l/s. (2)

La automatización de un proceso productivo de tratamiento de agua se hace necesaria ya que se desarrollan procesos que se encuentran distantes de poder ser ejecutados por una persona o conjunto de ellas, dada su complejidad. Además, los mismos pueden requerir el estricto control de una gran cantidad de parámetros, rápido procesamiento de información, la toma de decisiones y ejecución de una o varias acciones.

Se toma como *Problema de la Investigación* la no operatividad del sistema automatizado del proceso de filtrado en la planta potabilizadora “Quintero 1” que garantice la eficiencia en la obtención de los parámetros permisibles de la calidad del agua tratada.

De ahí que se tiene como *Objeto de la Investigación* los sistemas automatizados para plantas de tratamiento de agua.

El *Objetivo de la investigación* es diseñar e implementar un sistema de control y supervisión para el proceso de filtrado de la planta potabilizadora “Quintero 1” y para su desarrollo se establece como *Campo de acción* los sistemas automatizados para plantas potabilizadoras de agua utilizando Controladores Lógicos Programables (PLC).

Se plantea como *Hipótesis* que, si se desarrolla e implementa un sistema de control y supervisión compuesto por un SCADA, un autómatas programable (PLC) y la instrumentación de campo necesaria, traerá consigo un nivel elevado de eficiencia y calidad en el proceso de filtrado de la planta de tratamiento de agua “Quintero 1”.

Tareas de la investigación:

- Revisión bibliográfica acerca del funcionamiento y control de una planta de tratamiento de agua.
- Búsqueda de la información necesaria para la ejecución de un proyecto de automatización.
- Estudio y caracterización de la planta de tratamiento de agua “Quintero 1”.
- Diseño de un proyecto de automatización para el proceso de filtrado de la planta potabilizadora “Quintero 1”.
- Diseño del algoritmo de control y programación del PLC.
- Diseño y desarrollo de la aplicación SCADA para la supervisión y control de las variables que componen el sistema.

Técnicas y Métodos empleados:

- Análisis de fuentes documentales.
- Técnicas y métodos empíricos: Observación y Entrevistas.
- Método histórico-lógico.

- Método de análisis y síntesis.
- Métodos experimentales: Diseño y Simulación.

Aportes de la Investigación:

- 1) Diseño de la arquitectura de control de la propuesta presentada en este trabajo de diploma.
- 2) Diseño del algoritmo de control y programación del PLC.
- 3) Diseño y desarrollo de la aplicación SCADA para la supervisión y control del proceso.

Estructura del trabajo:

La tesis consta de una introducción general en la que se exponen los motivos que llevaron a la realización de la investigación científica y en la que se encuentra el diseño metodológico de la misma.

En el Capítulo 1 se hace una búsqueda de la información técnica relacionada con el tema en cuestión, que incluye: el funcionamiento básico de las plantas potabilizadoras de agua, etapas del proceso de potabilización de agua, bases teóricas para el diseño de un sistema automatizado, así como las características y fundamentos teóricos del objeto de estudio, quedando establecido el marco teórico que sustenta la investigación.

En el Capítulo 2 se caracteriza el proceso a automatizar teniendo en cuenta los sensores-actuadores y equipos auxiliares que se pueden utilizar. Se dará una breve panorámica sobre el software que se va a utilizar para realizar la programación del PLC y se desarrollará un SCADA con la propuesta del sistema de control y supervisión a implementar. Se culminará el capítulo con el análisis técnico-económico de la inversión para este trabajo.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones, además de anexarse la programación del PLC y otra documentación que pueda facilitar la comprensión del trabajo.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se define el marco teórico de esta investigación presentando el flujo tecnológico de una planta potabilizadora, donde se explica detalladamente la estructura y etapas del proceso. Se introducen además los autómatas programables y el uso de los mismos en la automatización de las plantas potabilizadoras de agua, destacando las grandes ventajas y facilidades que proporcionan en el control de procesos secuenciales. Así como los diferentes lenguajes de programación en los PLC y sus sistemas supervisores.

1.1 Potabilización de agua.

Según la norma cubana NC 827: 2010 se denomina agua potable al agua que no ofrezca peligro para la salud humana por sus características químicas, físicas, biológicas y radiológicas al ser usada como bebida, en la preparación de alimentos, aseo personal y otras actividades que impliquen el contacto directo del agua con los seres humanos. (1)

La Tabla 1. Características del agua tratada según la norma cubana (NC 827: 2010) muestra las características que debe tener el agua tratada por una planta de este tipo, según los parámetros que establece la Norma Cubana (2).

Tabla 1. Características del agua tratada según la norma cubana (NC 827: 2010)

Nº	Características	U/M	Concentración máxima Deseable		Admisible
1)	Turbiedad	NTU	5		10
2)	Color	escala Pt-co	5		15
3)	pH	mg/l	7 a 8		7,5 a 8,5
4)	Manganeso	mg/l	0,05		0,10
5)	Hierro	mg/l	0,10		0,30
6)	Cloruro	mg/l	200		250
7)	Sulfato	mg/l	200		400
8)	Nitrito	mg/l	0		0
9)	Nitrato	mg/l	0		45
10)	Aluminio	mg/l	0,05		0,20
11)	Coliformes fecales	NMP/100 ml	0		0
12)	Dureza total	mg/l	100		400

El agua bruta o cruda que proviene de los mantos acuíferos, ríos, pozos y lagos no posee las características antes mencionadas por lo que es necesario realizar un tratamiento para convertirla en agua potable. A este proceso de tratamiento se denomina potabilización y se define como: conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y/o biológicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para su uso y consumo, es decir, libre de contaminantes.

La Figura 1 representa un flujograma de un proceso de potabilización convencional.

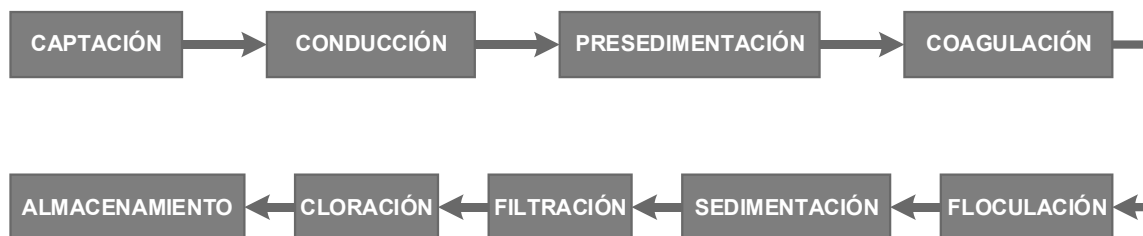


Figura 1. Diagrama de flujo para un proceso de potabilización convencional.

1.1.1 Entrada o captación del agua cruda.

Las aguas según su procedencia pueden ser clasificadas en superficiales y subterráneas. La captación de aguas superficiales se realiza mediante tomas de agua que se hacen en los ríos o diques. El agua proveniente de ríos está más expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos requiriendo un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año (en verano el agua de nuestros ríos es más turbia que en invierno). La captación de aguas subterráneas se efectúa por medio de pozos de bombeo o perforaciones.

1.1.2 Conducción.

El agua captada o tomada en la etapa anterior, es conducida hasta los presedimentadores por medio de acueductos o canales abiertos.

1.1.3 Presedimentación.

Esta etapa se realiza en piscinas preparadas para retener los sólidos sedimentables como la arena, los sólidos pesados caen al fondo. Se evita además que los elementos que flotan (ramas, plásticos y otros residuos) pasen al sistema. El agua pasa a la otra etapa por desborde o tomándola desde una cierta profundidad y evitar así todo lo que venga flotando.

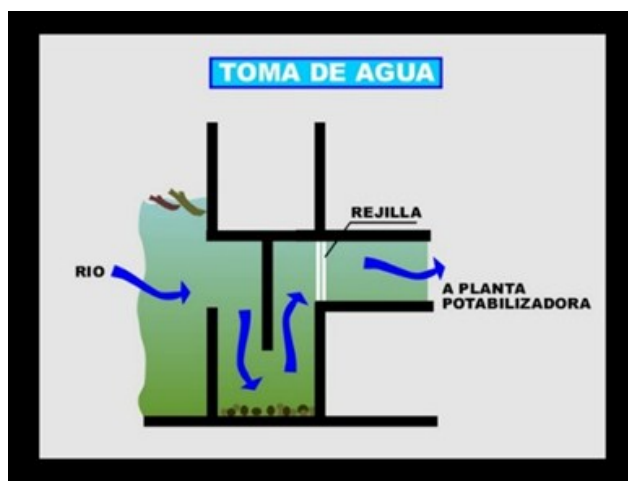


Figura 2. Sedimentador de agua cruda.

1.1.4 Coagulación y mezcla rápida.

En esta etapa se hace pasar el agua cruda a través de un canal donde se mezcla en fracciones de segundos con agentes coagulantes como lo son las sales de hierro y aluminio (sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, polímeros de alúmina, cloruro férrico, y sulfato férrico). Estos ingredientes químicos cumplen la función de provocar que las partículas de impurezas que se encuentran en suspensión en el agua se unan entre sí, formando otras de mayor tamaño y peso. El proceso se denomina coagulación porque su desarrollo considera la formación de coágulos o grumos (mezcla de sal coagulante con impurezas).

La mezcla rápida es la operación encargada de dispersar rápidamente y uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo del agua. La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos.

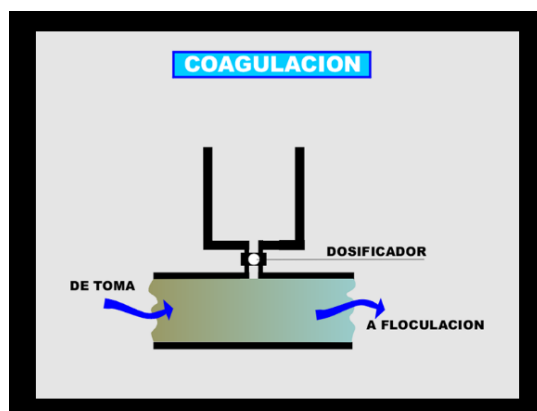


Figura 3. Proceso de Coagulación.

1.1.5 Floculación.

En esta etapa se somete el agua a una mezcla o movimiento lento, que ayuda a la unión de varias moléculas compuestas por los ingredientes químicos y las partículas de impureza del agua (grumos o coágulos) con otras de mayor tamaño y densidad, llamadas flóculos.

Los floculadores pueden ser mecánicos o hidráulicos. Los floculadores mecánicos son paletas rotativas de grandes dimensiones y velocidad de mezcla baja; los hidráulicos son canales en forma de serpentina en los cuales el agua pasa a través de placas divisorias, subiendo y bajando por presión hidráulica, lo cual reduce la velocidad de ingreso del agua produciendo la mezcla.

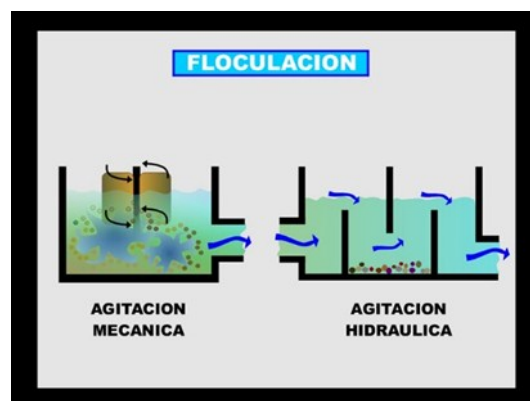


Figura 4. Floculación Mecánica e Hidráulica.

1.1.6 Sedimentación.

La sedimentación o decantación es la forma de tratamiento de aguas más antigua y de uso más extendido, emplea el asentamiento por gravedad para separar las partículas del agua (3). Esta operación después de la adición de coagulantes y de la floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico, como es el caso de la remoción de color y turbiedad o en el ablandamiento con cal.

El agua que contiene los flóculos fluye con lentitud a través de un tanque de sedimentación, y de esta manera se retiene el tiempo suficiente para que las partículas más densas se asienten en el fondo antes que el agua clarificada salga del estanque para la siguiente etapa. Las partículas que se han sedimentado en el fondo se extraen de forma manual o por medio de raspadores mecánicos para descargarse en una alcantarilla, devolverse a la fuente de agua si ello es permisible, o almacenarse para un posterior tratamiento (4).

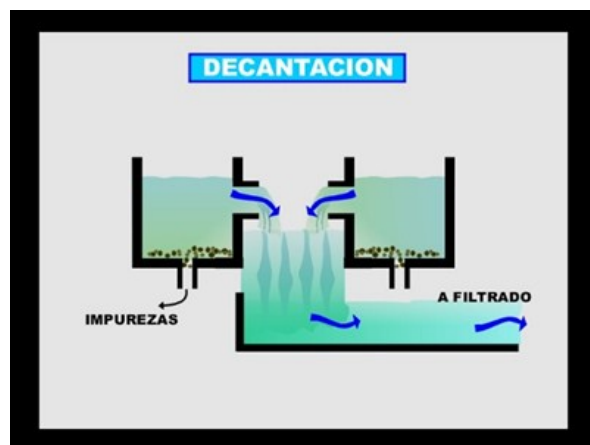


Figura 5. Proceso de Sedimentación.

1.1.7 Filtración.

En esta etapa el agua entra a un estanque para ser clarificada, dentro de dicho estanque hay capas internas de arena y piedras de distintos tamaños que actúan como filtros. Dentro de estas capas quedan retenidas la mayoría de partículas en suspensión que no

lograron ser eliminadas en etapas anteriores. El agua al llegar al fondo del estanque, esta cristalina, y de ahí es enviada a la siguiente etapa.

El propósito principal de la filtración es remover turbiedad e impedir la interferencia de la turbiedad con la desinfección; al proveer protección a los microorganismos de la acción del desinfectante. Cabe señalar que algunos microorganismos son extremadamente resistentes a la desinfección y sin embargo son removibles mediante filtración.

La operación de filtración supone 2 etapas: filtración y lavado. Una vez que el filtro colmató su capacidad de limpieza, se pasa al proceso de lavado el cual consiste en una inyección temporal de aire y/o agua en contracorriente, desde la parte inferior del filtro hacia arriba, esto hace que la suciedad retenida en la arena, se despreque de la misma. Este proceso también es conocido como retrolavado del filtro.

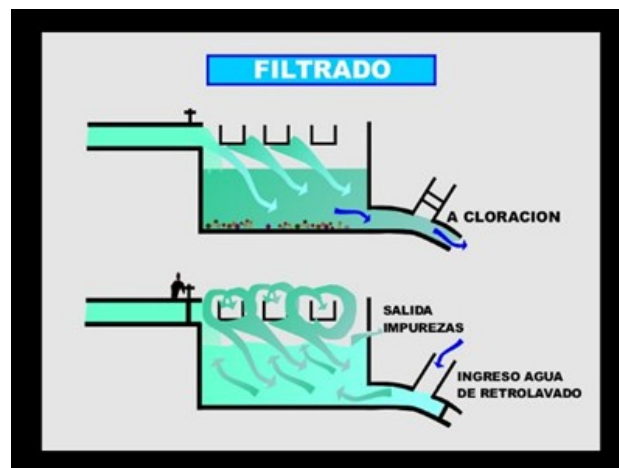


Figura 6. Proceso de Filtrado.

1.1.8 Cloración o desinfección.

La cloración es la etapa final en el proceso de tratamiento del agua, y su objetivo es eliminar los últimos microorganismos que aún podrían estar presentes. El cloro y los compuestos del cloro como hipoclorito de calcio y de sodio proporcionan una seguridad en el trayecto del agua potable a su destino final.

Las principales ventajas que tiene el cloro como desinfectante del agua son:

- Está disponible como gas, líquido o en forma granular.
- Es relativamente barato y fácil de aplicar.
- En concentraciones que son insaboras e inocuas para el consumo humano deja un residual en solución, el cual provee protección sanitaria en el sistema de distribución (5).
- Tiene una alta característica de toxicidad para los microorganismos causantes de enfermedades hídricas.
- Es un agente oxidante poderoso.

También posee las siguientes desventajas:

- Es un gas venenoso que requiere manejo cuidadoso.
- Es altamente corrosivo en solución.

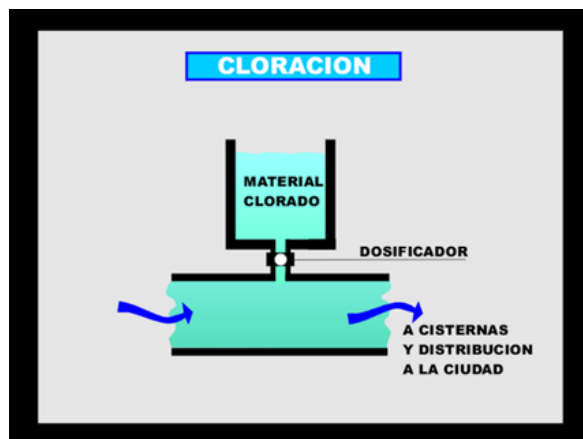


Figura 7. Proceso de Cloración.

1.1.9 Almacenamiento.

El agua tratada se acumula en cisternas y tanques elevados donde es distribuida por red a los domicilios. Una planta de tratamiento nunca satisface en directo la demanda, trabaja constantemente y almacena en caso de que las demandas futuras sean enormes, por tal razón el diseño de una planta de Tratamiento de Agua nunca debe ser igual a la demanda

actual, sino por el contrario se debe preparar para crecimientos futuros programados, ya sea de capacidad instalada mayor y/o modular (6).

1.2 Sistema de automatización.

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales (7):

La **Parte Operativa** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera, etc.

La **Parte de Mando** suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

Un sistema de automatización tiene como principales objetivos (7):

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

1.2.1 Automatización industrial a nivel mundial.

Los sistemas de automatización industrial comprenden el conjunto de métodos y medios de los cuales se auxilia el hombre para efectuar de manera segura el control de procesos, o sistemas en general de las diversas industrias sin la participación directa del mismo, para lo cual no solo se nutre de los avances tecnológicos, sino que ha desempeñado un papel protagónico en el desarrollo de la ciencia y la técnica alcanzado en nuestros días. Es parte importante e integral de los procesos de manufactura e industriales, ha permitido liberar a los operadores humanos de su control y operación manual.

En las plantas potabilizadoras al igual que en otras ramas son utilizados con la finalidad de elevar la eficiencia de las mismas al controlar una serie de parámetros que determinan su funcionamiento en condiciones óptimas.

Hoy en día, la tecnología de automatización está casi siempre ligada a las tecnologías de accionamiento, control y a la informática, debido al acelerado desarrollo de la tecnología de microcontroladores y ordenadores.

Las etapas de desarrollo de cualquier automatización moderna incluyen:

Proyección: Donde se requiere hacer el análisis y síntesis del sistema automatizado. Esto es solo posible con el uso del Modelado Formal de la planta industrial, sus especificaciones de seguridad y comportamiento como sistema controlado, al cual se le realiza la verificación de sus propiedades principales y validación del cumplimiento de las exigencias del cliente por medio de la simulación del funcionamiento de la planta con su control integrado.

Programación: Los modelos optimizados por medio de la verificación y validación del modelo formal deben ser programados en lenguajes normalizados de automatización con facilidades de simulación de su funcionamiento. Como los Autómatas programables son los dispositivos de mayor uso, entonces la IEC1131-3 es la norma más usada, así como sus ambientes de edición y simulación.

Implementación: En la automatización integrada actual se requieren crear estructuras jerárquicas en redes buscando eficiencia y facilidades de ampliación, modificación y

mantenimiento para reducir tiempo y costos en el proyecto y luego en el funcionamiento de la empresa.

1.2.2 Importancia de la automatización.

Los factores fundamentales económicos son los que causan la aparición del automatismo e impulsan a su desarrollo, apoyándose en la evolución de la tecnología ya que como se encuentra en un entorno altamente competitivo y siempre trata de conseguir (8):

- Alcanzar un nivel de calidad constante.
- Producir las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Mejorar la productividad y disminuir los costos.
- Adaptarse con facilidad y en breve tiempo a los cambios del mercado.

El nivel de automatización no ha dejado de elevarse, desde las primeras y elementales funciones de vigilancia o enlace en operaciones, generalmente son conducidos por el operador a nivel de maquinaria, pasando por el control total de una maquina compleja hasta llegar al completo control de un sistema productivo (9).

1.3 Autómatas Programables. Definición. Principales características.

Las nuevas tecnologías de tratamiento de la información y de las comunicaciones, ya aplicadas en la informática de usuario y en la empresarial, están teniendo una fuerte implantación en los sistemas de producción industrial. En este entorno, la dependencia de los desarrollos específicos de los distintos fabricantes es todavía muy fuerte. Sin embargo, empieza a notarse una fuerte tendencia a utilizar sistemas independientes de los antiguos estándares de los grandes fabricantes de equipos de control industrial. Los sistemas de supervisión SCADA y la utilización de PLC para todo tipo de control han venido mostrándose como los elementos que encabezan el desarrollo de la automática mundial.

Los Controladores Lógicos Programables son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial ya que no sólo controlan la lógica de funcionamiento de

máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también eliminan la lógica cableada y lo sustituye en favor del control por programa lo que implica que una vez instalado, el control puede ser alterado en el día a día para dar solución a cambios en los requerimientos del proceso sin tener que cablear nuevamente. Así mismo, poseen un amplio repertorio de funciones y recursos internos, permitiendo al especialista desarrollar un proyecto más preciso y con mayor calidad de manera mucho más rápida.

La definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”. (10)

Los Autómatas Programables, son creados específicamente para el control de procesos secuenciales, es decir procesos compuestos de varias etapas consecutivas, con el fin de lograr que una máquina o cualquier otro dispositivo funcione de forma automática. Por ello se pueden considerar como el cerebro que gestiona y controla automáticamente las instalaciones.



Figura 8. Controladores Lógicos Programables

A continuación, se resumen otras funcionalidades de los PLC (11):

Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación con otras partes del sistema de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas en tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse mensajes e intercambiar tablas de memoria compartida.

Sistemas de supervisión: También los Autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entradas y salidas analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

Entradas-Salidas distribuidas: Los módulos de entrada/salida no tienen por qué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

Buses de campo: Mediante un solo cable de comunicación o bus se pueden conectar al bus, captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

1.3.1 Ventajas e Inconvenientes de los PLC.

Los PLC tienen como ventajas principales poder comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido. Además, están bien adaptados para un amplio rango de tareas de automatización, cuentan con la robustez necesaria para instalarse en los lugares más disímiles y de manera muy sencilla.

Otra de las ventajas que ofrecen los autómatas, es que poseen un gran número de funciones internas que ayudan a identificar problemas, se trata de la capacidad de diagnósticos avanzados. Es el propio autómata el que, a través de su propia estructura y software interno, nos informa de su estado, lo que evita pérdidas de tiempo en búsquedas infructuosas o muy costosas.

En definitiva, al utilizar los PLC y software de programación del mismo se puede realizar un control total de cualquier instalación. Todo esto se realiza de una forma totalmente

automatizada, minimizando en lo posible la intervención del operario, aunque siempre ofreciendo la posibilidad de ajustar el funcionamiento de la instalación mediante los numerosos parámetros que se disponen, debidamente detallados y proporcionando toda la información necesaria para el seguimiento del proceso.

Su mayor desventaja es el costo inicial, pero el mismo se amortiza rápidamente producto a su fácil programación y calidad de servicio, aunque cabe resaltar que su precio ha ido disminuyendo con el uso extendido de este tipo de sistemas.

Otro inconveniente a señalar es que la tarea o proceso a automatizar depende total y enteramente del código de programación, por lo que se requiere de mano de obra especializada.

1.3.2 Lenguajes de programación compatibles con la IEC 61131-3.

La norma IEC_61131-3 es un conjunto de normas e informes técnicos publicados por la Comisión Electrotécnica Internacional con el objetivo de estandarizar los autómatas programables.

Los lenguajes de programación utilizados en los controladores programables han evolucionado a la par que estos se han desarrollado y expandido. Permiten que el usuario introduzca programas de control dentro de un controlador programable, utilizando una sintaxis establecida. Los lenguajes de hoy tienen instrucciones nuevas y versátiles, que llevan a cabo potentes funciones que les permiten manejar grandes cantidades de información fácilmente. Han sido considerados en la tercera parte del estándar IEC 61131, designado como IEC 61131-3. Se definieron los cinco lenguajes:

- IL (Lista de instrucciones)
- LD (Esquema de contactos)
- FBD (Diagrama de bloques funcionales)
- SFC (Carta de Funciones Secuenciales)
- ST (Texto Estructurado)

A continuación, ofrecemos una breve caracterización de los mismos:

- LD: Diagrama a contactos o de escalera (*Ladder Diagram*). Es una representación gráfica de expresiones booleanas, combinando contactos (condiciones) con bobinas (resultados) similar a un diagrama de contactos eléctricos.
- IL: Lista de Instrucciones (*Instruction List*). Su estructura principal es una lista de instrucciones, donde cada instrucción debe ocupar una nueva línea. Cada línea contiene un operador, que es completado por modificadores opcionales y uno o más operandos, si la operación específica lo requiere.
- FBD: Diagrama de Bloques Funcionales (*Function Block Diagram*). Consiste en una representación gráfica de diferentes tipos de ecuaciones. Los operadores son representados por cajas rectangulares de funciones y los operandos se conectan a su lado izquierdo (entradas) y derecho (salidas).
- ST: Texto Estructurado (*Structured Text*). Un programa en ST es una lista de sentencias ST. Cada sentencia termina en un separador “;” y se incluye dentro de uno de los tipos básicos de: asignación, selección, iteración, control o especiales. Los nombres usados en el código fuente (identificadores de variables, constantes, palabras reservadas del lenguaje) se desagrupan usando separadores inactivos o activos.
- SFC: Carta de Funciones Secuenciales (*Sequential Function Chart*). Es un conjunto gráfico de pasos y transiciones enlazados por conexiones orientadas. Cada transición es atada a una condición booleana. Las acciones de los pasos son detalladas usando otros lenguajes (ST, IL, LD, FBD).

1.4 Sistema de supervisión SCADA.

Los sistemas de SCADA han pasado en pocas décadas de ser simples sistemas que proporcionaban reportes periódicos de las variables de campo, a sistemas muy complejos, que permiten que su diseño pueda ser aplicado en las más variadas necesidades y requisitos de muchas organizaciones, con módulos de software disponibles para cualquier variante de supervisión y control. Es por ello que la utilización

de SCADA tanto en la industria como la domótica ha originado una tendencia creciente. (12)

1.4.1 Introducción a los SCADA.

SCADA viene de las siglas de "*Supervisory Control And Data Acquisition*", es decir: control supervisor y adquisición de datos (13). Estos sistemas han sido definidos por la ISA como "la tecnología que posibilita al usuario recoger datos de una o más instalaciones distantes y/o enviar instrucciones de control limitadas a estas instalaciones" (14).

Se trata de 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. En este tipo de sistemas usualmente se efectúan tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar procesos (13).

Las aplicaciones de supervisión y control pueden ser soluciones diseñadas a la medida utilizando un lenguaje estándar de programación o pueden ser soluciones creadas en un entorno de desarrollo SCADA. Este último, también conocido como software SCADA genérico o entorno de diseño SCADA, es una plataforma software que permite desarrollar aplicaciones SCADA específicas. Un "programa pensado en su utilización por parte de integradores y que adecuadamente personalizado y configurado por una ingeniería, permite ofrecer al cliente final una solución específica adecuada a sus necesidades" (13).

1.4.2 Necesidad de un sistema SCADA.

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características (15):

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta.
- Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad de la producción y de los niveles de seguridad.

Un SCADA debe cumplir determinados requisitos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

1.4.3 Funciones Principales de un sistema SCADA.

Dentro de las funciones básicas realizadas están las siguientes:

Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se pueden activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo, abrir válvulas, activar interruptores, encender motores, etc.), de manera automática y también manual; además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.

Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

1.5 La Herramienta OPC.

El OPC (*OLE for Process Control*) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft, que ofrece una interfaz común para comunicación que permite que componentes de software individuales interactúen y compartan datos. (16)

La comunicación OPC se realiza a través de una arquitectura Cliente-servidor. El servidor OPC es la fuente de datos (como un dispositivo hardware a nivel de planta) y cualquier aplicación basada en OPC puede acceder a dicho servidor para leer/escribir cualquier variable que ofrezca el servidor. Es una solución abierta y flexible al clásico problema de los drivers propietarios. Prácticamente todos los mayores fabricantes de sistemas de control, instrumentación y de procesos han incluido OPC en sus productos. (16)

OPC como estándar de comunicación basado en tecnología OLE/COM/DCOM ofrece una gran interoperabilidad entre aplicaciones de control/comando/supervisión, equipos industriales (PLC, sensores, actuadores) y aplicaciones de administración de oficina (17).

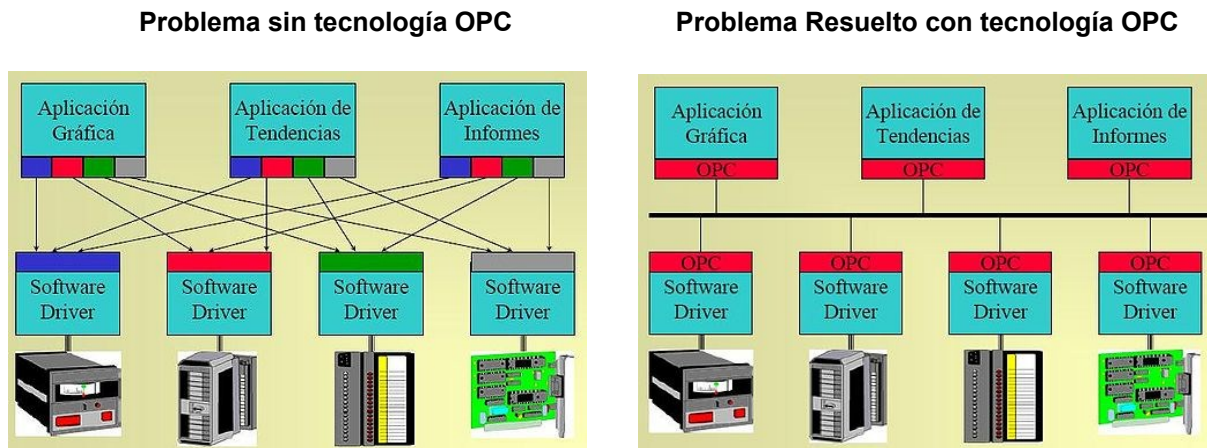


Figura 9. Problema y Solución OPC.

1.5.1 Ventajas y Desventajas de OPC.

A continuación, se enumeran algunas de las ventajas y desventajas a del uso de la tecnología OPC (18).

Ventajas:

- Apertura de comunicación de los SCADA's a los sistemas de automatización, generando una libertad casi total de elección en el hardware.
- Apertura de comunicación a plataformas no industriales, como MS Office, permitiendo de esta manera realizar soluciones costo - efectivas a procesos particulares.
- Migración gradual de sistemas antiguos: generalmente, lo primero que conviene "modernizar" en un sistema de automatización antiguo es el HMI o SCADA, dado que es lo que se encuentra tecnológicamente más obsoleto. Utilizar OPC permite integrar paquetes nuevos de software SCADA con los sistemas ya existentes, incluso de varias décadas de instalación, cuando se ha perdido o no se han desarrollados interfaces compatibles.
- Existe una gran variedad de servidores OPC para todas las marcas y estándares, permitiendo elegir el más adecuado para las necesidades o conocimientos de

cada uno. En la web se ofrecen una enorme variedad de alternativas, logrando incluso bajarlas como "demo" o de uso limitado.

Desventajas:

- Es una solución de software, con lo que el desempeño en términos de tiempo de respuesta y fiabilidad nunca son los mejores.
- El uso de un servidor OPC básico puede ser muy sencillo, pero generalmente son los que tienen menores prestaciones. Los OPC de calidad industrial (que pueden dar respuestas casi en tiempo real) demandan procedimientos de configuración más engorrosos.
- Muchas veces, utilizar OPC es más caro que adquirir un SCADA con los drivers apropiados integrados.

CONCLUSIONES PARCIALES

Después de conocer la importancia del proceso de potabilización del agua y haber caracterizado cada una de las operaciones que se realizan en el mismo, es evidente la necesidad de implementar mecanismos de instrumentación y control que garanticen la vitalidad y la continuidad de este proceso.

El uso entonces de autómatas programables y herramientas como el SCADA en este tipo de proceso productivo permitirían lograr la optimización en el uso de los recursos, la efectividad y la eficiencia tan anhelada en estos tiempos, además de tener un impacto significativo en la humanización y calidad del trabajo.

CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE AUTOMATIZACION.

En el capítulo anterior quedaron expuestos las etapas genéricas que conforman el flujo productivo de una planta potabilizadora convencional. En el presente capítulo se realizará una descripción breve y específica del flujo productivo de la Planta potabilizadora Quintero 1. Se analizará en detalles el proceso de filtrado como objeto de estudio del subsistema que se pretende automatizar y poder establecer los requerimientos de diseño del esquema de automatización a proponer. Además, se dará información técnica de la instrumentación a utilizar en el proyecto.

El sistema presentado en este trabajo combina varias tecnologías (PLC locales, sistemas SCADA y redes de comunicación) para alcanzar el objetivo de la gestión eficiente de los procesos distribuidos.(19)

Se incluyen las principales potencialidades y prestaciones del SCADA Movicon 11.2 y el OPC de LS, analizando los criterios para la selección de estos. Se expone una breve descripción de las funcionalidades de las pantallas de la aplicación SCADA.

1.1 Proceso productivo de la planta potabilizadora Quintero 1.

La Planta Potabilizadora Quintero 1 muestra una gran variabilidad en las calidades de agua a tratar ya que las mismas proceden de varios embalses. De acuerdo con las características de las fuentes de abasto, se diseñó una línea de tratamiento convencional completo, que permite el empleo de productos químicos de procedencia nacional (2).

En esta planta se realizan los siguientes procesos generales (2):

- Pre-cloración con Cloro gas.
- Medición de caudal, en canal tipo “Parshall”.
- Coagulación con la dosificación de Sulfato de Alúmina (Al_2SO_4), o utilizando Zeolita en polvo, como ayudante de floculación.
- Mezclado rápido, con agitadores de alta velocidad, de eje vertical. (3 Unidades).
- Floculación mecánica, en depósitos rectangulares, con mezclador lento de paletas, de eje giratorio horizontal. (3 Depósitos).

- Sedimentación simple de flujo horizontal, en depósitos rectangulares, con el empleo de Puentes Raspadores de Lodos. (3 Depósitos).
- Alcalinización con Hidrato de Cal, ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).
- Filtración rápida, en filtros abiertos convencionales, de Tasa y Nivel constantes, en lecho bicapa de arena-antracita, para la precipitación del hierro y el manganeso; así como para la remoción de la turbiedad remanente. (6 Celdas).
- Post-cloración final para asegurar la presencia de Cloro libre residual, en el agua tratada a la salida de la planta.

A continuación, se muestra un diagrama en bloques con el flujo productivo de la planta Quintero 1.

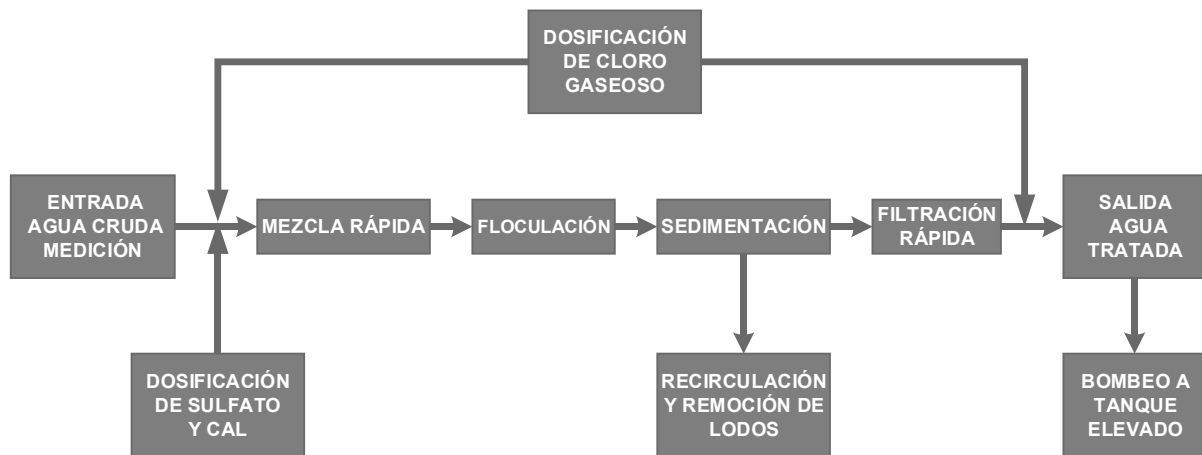


Figura 10. Flujo Productivo de la Planta Quintero 1.

1.1.1 Proceso de filtración rápida.

La filtración es el proceso de tratamiento final, de las unidades relacionadas con la remoción física de las partículas, entre las cuales las de mayor importancia sanitaria, son los microorganismos patógenos. Por este motivo, es esencial que los filtros, presenten altos niveles de eficiencia, en forma constante y permanente (2).

La Planta dispone de seis filtros rápidos por gravedad cuyos parámetros técnicos se muestran en la Tabla. 2. El medio filtrante es del tipo arena-antracita. Según el diseño

original previsto, el caudal y el nivel deben permanecer constantes mediante un sistema de control automático de la carrera de filtración.

Tabla 2. Parámetros de los Filtros.

Especificación	u/m	Valor
Cantidad de celdas	u	6
Caudal unitario por celda	l/s	250
Área filtrante efectiva por celda	m ²	108,00
Velocidad de filtrado	m/h	8,34
Caudal de retro lavado	l/s	600 a 975
Carrera filtración	h	24

La llegada del agua sedimentada a la batería de filtros, se realiza mediante un canal central, el cual tiene sección rectangular de 2,00 m de ancho. En la entrada del canal ,al edificio de los filtros, existen dos vertedores de reboso, en donde se ubica un sensor de nivel que emite una señal de alarma sonora cuando el agua llegue al nivel de reboso, indicando que se está perdiendo agua por remanso (2).

En los filtros se hace pasar gravitacionalmente el agua sedimentada, a través del medio filtrante, para que se retengan las partículas en suspensión, por lo cual se producen pérdidas hidráulicas. El efluente es colectado a través de un sistema de toberas, colocadas sobre un falso fondo, de losas planas de hormigón prefabricado (2).

Cada uno de los filtros dispone de sensores de nivel de tipo electrodo, que se utilizan como indicadores de que el filtro esta colmatado. Cuando esto ocurre, se activa una señal de alarma sonora para que el operador comience el proceso de lavado.

Para ejecutar el proceso de lavado se utiliza un flujo de agua ascendente (retro lavado) proveniente de un tanque elevado tipo “Hongo” con capacidad 756m³. La regulación del caudal de lavado se realiza mediante una válvula con actuador eléctrico de apertura lenta; además de tres diafragmas hidráulicos colocados en serie, sobre el tubo (DN 600) de salida del tanque, los cuales crean las pérdidas de agua necesarias (mediante un orificio reducido de 375 mm de diámetro) para garantizar solo el paso del caudal o flujo permitido. Para el retrolavado el sistema cuenta también con un flujómetro como dispositivo de control.

El llenado del tanque elevado se realiza por bombeo de agua procedente de la cisterna de aguas claras, en un tiempo aproximado de dos horas (2).

Cada filtro dispone además de un sistema de lavado superficial mediante una red de tuberías fijas, con agua a presión por bombeo, procedente de la cisterna de aguas claras.

Tabla 3. Parámetros de los equipos de bombeo de llenado del tanque elevado.

Especificación	u/m	Valor
Caudal	m ³ /h	180,00
Carga	m	32,00
Potencia nominal del motor	kW	30,00
Cantidad de equipos de bombeo	u	2

Tabla 4. Parámetros de los equipos de bombeo para el lavado superficial.

Especificación	u/m	Valor
Caudal	m ³ /h	126,00
Carga	m	40,00
Potencia nominal del motor	kW	22,00
Cantidad de equipos de bombeo	u	2

Cada filtro cuenta con válvulas de mariposa bridadas, marca ACOMO, con actuador eléctrico marca Centork (Serie 480, 40 W, IP- 67), las cuales cumplen diferentes funciones. Se dispone para el mando de las válvulas, de un panel de control manual por botoneras “On-Off”, con indicadores lumínicos de apertura y cierre de las mismas (2).

Tabla 5. Funciones de las Válvulas.

Función	DN
Entrada de agua sedimentada	500
Entrada de agua para retro lavado	600
Salida de agua filtrada	350
Salida de agua de retro lavado	600
Entrada de agua para lavado superficial (Válvula de compuerta, 2 Unidades)	150

1.2 Automatización del proceso de filtrado en la Potabilizadora Quintero 1.

En el año 2010 se comienza el Proyecto de Rehabilitación de las redes del Acueducto de Santiago de Cuba (conocido como “La Obra del Siglo en Santiago de Cuba”). Se decide un tiempo después, su automatización para resolver una serie de dificultades que se presentaban en la operación del acueducto como son: el desconocimiento de los parámetros hidráulicos de las redes, altos tiempos de solución de averías, incomunicación con lugares alejados por falta de medios de comunicación, entre otros. Elementos que atentaban contra el objetivo principal de la rehabilitación: “Establecer ciclos de agua diarios a los Santiagueros y garantizar un funcionamiento eficiente y estable del sistema” (20).

La Empresa de Automatización Integral CEDAI acomete entonces el Proyecto “Automatización de los Sistemas de Acueducto de La Ciudad de Santiago de Cuba”.

El alcance de esta tarea técnica contemplaba las acciones de medir, registrar y controlar de forma automática las principales variables (caudales, presiones, gestión de parámetros eléctricos, niveles de depósitos etc.) del sistema de Acueducto y gestionar desde un Centro de Supervisión y Control (Estación central en Santa Ana) la operación del mismo, con el objetivo de garantizar un funcionamiento óptimo del acueducto y un suministro de abasto de agua a la ciudad eficiente y sostenible (20).

En este proyecto la operación y control de la Planta Potabilizadora Quintero 1, se realiza mediante un sistema de automatización local, ubicando en dicha planta una estación remota que recoge la información de las principales variables de operación, procedentes de los paneles de control de la automatización local. Esta información es enviada al Centro de Supervisión y Control vía inalámbrica, para ser visualizada y almacenada en la computadora Central.

En la actualidad no se dispone todavía de la instalación del sistema de control automático (previsto por diseño) del proceso de filtrado, requerido para operar de forma confiable y satisfactoria una batería de filtros de tasa y nivel constantes. En la actualidad se operan estos filtros con tasa y nivel declinantes y en mando manual; lo cual exige de los

operadores una mayor atención y disciplina tecnológica, sobre las acciones que deben ejecutar (2).

1.3 Sistema de control para el proceso de filtrado en Quintero 1.

Luego de haber establecido en detalle las diferentes operaciones realizadas durante el proceso de filtrado y consultar las exigencias tecnológicas del mismo, las cuales aparecen de manera explícita en el manual de operaciones de la planta, nos encontramos en condiciones de establecer una estrategia de control que facilite y humanice el trabajo de los operadores de la planta potabilizadora.

Para tener una mejor comprensión del proceso de filtrado descrito en epígrafes anteriores se ha elaborado un esquema donde quedan evidenciados los diferentes elementos a tener en cuenta en la instrumentación a proponer y los lazos de control a implementar (Ver Figura 11. Esquema del proceso de Filtración en la Potabilizadora Quintero1.)

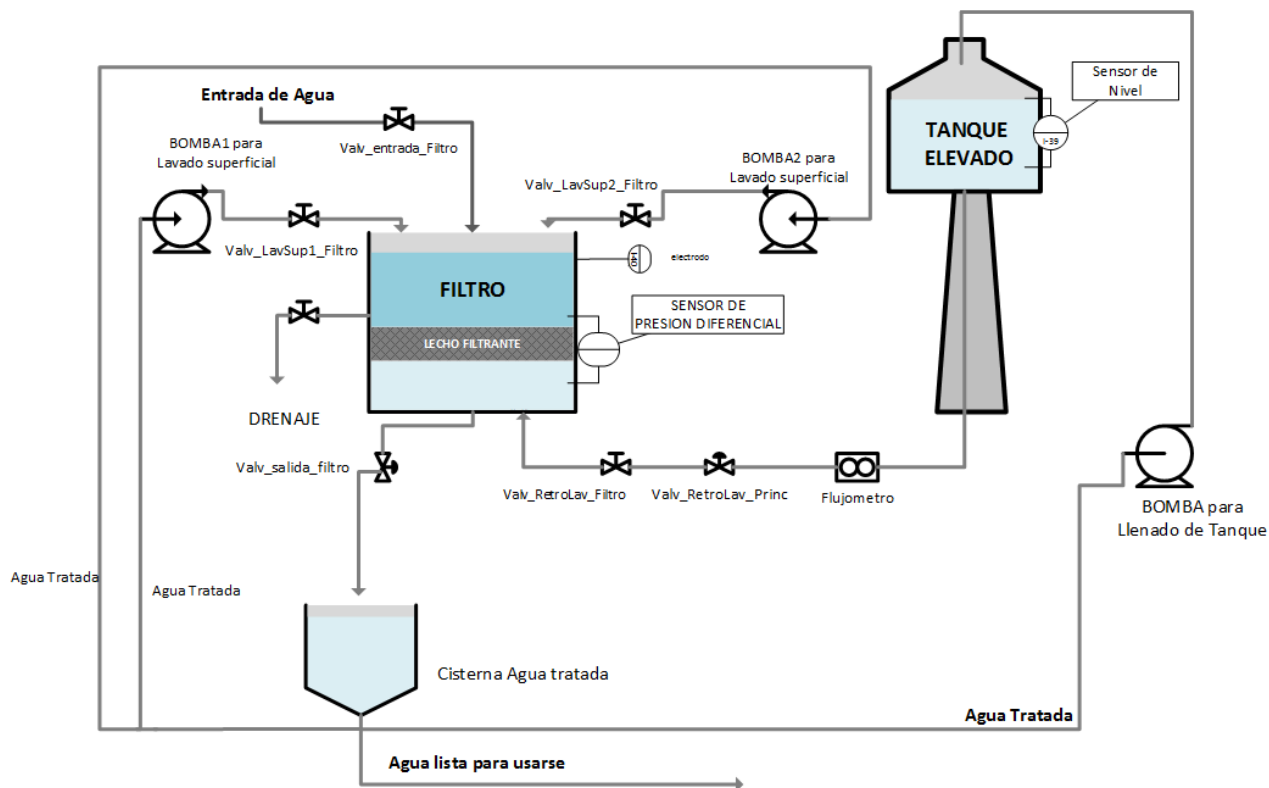


Figura 11. Esquema del proceso de Filtración en la Potabilizadora Quintero1.

1.3.1 Control de nivel en el filtro por presión diferencial.

El objetivo de este lazo de control es mantener una diferencia de presión y un nivel adecuado de agua sobre el lecho filtrante y por debajo de este, debido a que si hay mucha presión de agua sobre el lecho filtrante serán arrastrados los elementos que lo componen (arena sílice y antracita) hacia la cisterna de agua tratada y si por el contrario la presión por debajo del lecho filtrante es mayor que la de arriba de este entonces el agua ya filtrada será recirculada en sentido inverso o sea hacia arriba. Se tiene en la planta una batería de seis filtros y se propone implementar para cada uno el “Lazo de control de nivel en el filtro por presión diferencial” (ver Figura 12. Lazo del control de nivel en el filtro por presión diferencial.)

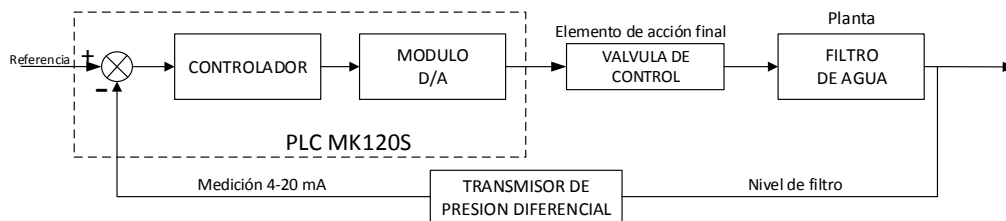


Figura 12. Lazo del control de nivel en el filtro por presión diferencial.

1.3.2 Filosofía del Control de nivel en el filtro por presión diferencial.

En este lazo de control se toma la medida entregada por el transmisor de presión diferencial al PLC y este decide si es necesario abrir o cerrar la válvula de regulación de salida de agua del filtro, en el caso de que la presión superior del lecho filtrante es mayor que la inferior de este, el PLC se encarga de abrir la válvula de salida de agua del filtro de forma regulada mediante un PID hasta que los parámetros de diferencia de presión y nivel se igualen a la referencia que está programada en el PLC. En el caso de que la presión inferior sea mayor que la superior el PLC se encarga de cerrar la válvula de salida de agua compensando la presión diferencial en el lecho filtrante. Este proceso puede ser interrumpido si existe una señal de filtro colmatado.

1.3.3 Instrumentación para el control de nivel en el filtro por presión diferencial.

Para implementar el control de nivel en el filtro por presión diferencial se propone la siguiente instrumentación:

Tabla 6. Características de instrumentación propuesta.

Elemento	Marca	Modelo	Características
Transmisor de presión diferencial	WIKA	DPGT40	Salida 4-20mA
Válvula de control	AVK	75-350-4X1240009	Válvula de Mariposa bridada DN 350
Actuador	Centork	Serie 480	Eléctrico, 220VAC

- Consultar los Anexos para ver las especificaciones Técnicas.

1.3.4 Control de nivel en el filtro colmatado.

El objetivo de este lazo de control es saber cuándo se necesita ejecutar una acción de lavado del filtro, debido a que estos poseen un lecho filtrante con arena sílice el cual con el paso del tiempo se ensucia retardando así la carrera de filtración y afectando la calidad del agua que sale del filtro. Esto trae como consecuencia que entre más agua al filtro de la que sale del mismo, haciendo que el nivel de agua suba descontroladamente. Para evitar esto se coloca un sensor de nivel del tipo electrodo a un nivel determinado en el filtro, cuando este es alcanzado por el agua conduce y transmite una señal digital al PLC el cual se encarga mediante una combinación de aperturas y cierres de válvulas de preparar el filtro para ser lavado. Se tiene en la planta una batería de seis filtros y se propone implementar para cada uno el “Lazo del control de nivel en el filtro colmatado” (ver *Figura 13. Lazo del control de nivel en el filtro colmatado*).

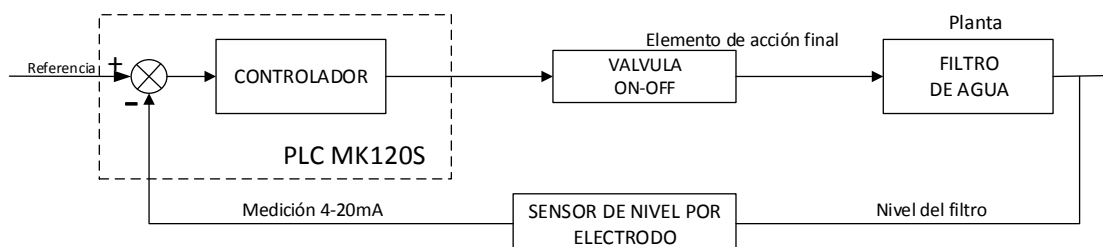


Figura 13. Lazo del control de nivel en el filtro colmatado.

1.3.5 Filosofía del control de nivel en filtro colmatado.

En este control se mantienen abierta la válvula ON-OFF de entrada de agua al filtro hasta que su lecho filtrante se satura y el nivel empieza a aumentar hasta llegar al sensor de nivel por electrodo, cuando esto sucede son cerradas las válvulas de entrada de agua al filtro y la de salida de agua tratada a la cisterna y son abiertas las válvulas necesarias para efectuar el lavado superficial seguido del retrolavado.

1.3.6 Instrumentación para el control de nivel en filtro colmatado.

Para implementar el control de nivel en el filtro por presión diferencial se propone la siguiente instrumentación:

Tabla 7. Características de instrumentación propuesta.

Elemento	Marca	Modelo	Características
Transmisor de nivel	WIKA	LS-10-A-YBC-GQ--Z1Z	Salida 4-20mA
Válvula de control	AVK	75-500-4X1240009	Válvula de Mariposa bridada DN 500
Actuador	Centork	Serie 480	Eléctrico, 220VAC

- Consultar los Anexos para ver las especificaciones Técnicas.

1.3.7 Control de nivel en el tanque elevado.

El objetivo de este lazo es mantener el nivel del tanque elevado de la planta en un valor adecuado (3 a 5m), el cual será usado para el proceso de lavado de los filtros. Mantener el nivel en este tanque permite que exista un suministro de agua constante para el lavado de los filtros de la planta y para suministrar el agua necesaria para la sala de tratamiento químico, por lo que es imprescindible mantener este tanque en un nivel óptimo para el correcto funcionamiento de algunos procesos de la planta. Para lograr obtener una medición confiable del nivel existente en el tanque se colocaron sensores de nivel sumergibles, los cuales están conectados directamente a las entradas analógicas del PLC de la planta de filtrado, una vez censado el valor de la medición este se almacena en el PLC.

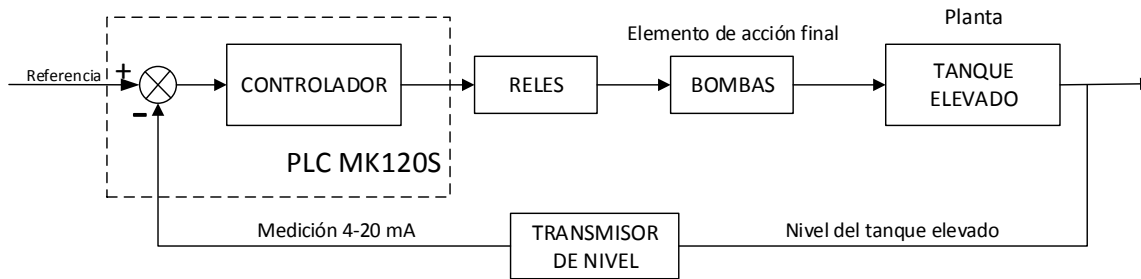


Figura 14. Lazo del control de nivel en el tanque elevado.

1.3.8 Filosofía del control de nivel en el tanque elevado.

Para poder mantener un nivel estable se dispone de una bomba que impulsa el agua a una altura de 30 metros. Esta bomba puede operar en modo manual y automático, esto es decidido por el operador en el panel de control de filtros. En modo automático esta es controlada por el PLC que en su programación tiene fijado el valor de nivel que se necesita en el tanque, el cual es medido y transmitido por un sensor de nivel sumergible. El PLC es el encargado de mandar las señales necesarias para accionar o parar la bomba mediante sus salidas hacia el contacto magnético de esta, cuando el nivel del tanque es menor que el fijado el sensor lo detecta y es enviado al PLC el cual acciona los contactos magnéticos que encienden la bomba hasta que el nivel llegue al deseado que será detectado por el sensor y enviado al PLC el cual apagará la bomba.

1.3.9 Instrumentación para el control de nivel en el tanque elevado.

Para implementar el control de nivel en el filtro por presión diferencial se propone la siguiente instrumentación:

Tabla 8. Características de instrumentación propuesta.

Elemento	Marca	Modelo	Características
Transmisor de nivel	WIKA	LS-10-A-YBC-GQ--Z1Z	Salida 4-20mA
Bomba	KSB	Megabloc	130m / 530 m ³ /h
Disyuntor	Schneider-Electric	TeSys GV2	Magnetotérmicos

- Consultar los Anexos para ver las especificaciones Técnicas.

1.3.10 Control de caudal en el retrolavado.

El objetivo de este lazo es mantener el flujo dado por la válvula de lavado principal en un valor adecuado (600 l/s), es imprescindible mantener este flujo debido a que el lavado sea hace a contracorriente (retrolavado) y un flujo menor no garantizaría la eficiencia en este y uno mayor arrastraría el lecho filtrante. Para lograr obtener una medición confiable del flujo de agua proveniente del tanque elevado se colocó un flujómetro, el cual está conectado directamente a las entradas analógicas del PLC de la planta de filtrado, una vez censado el valor de la medición este se almacena en el PLC.

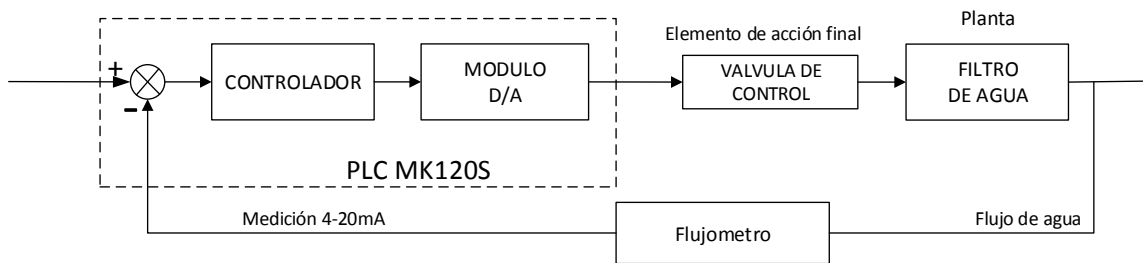


Figura 15. Lazo del control de caudal en el retrolavado

1.3.11 Filosofía del control de caudal en el retrolavado.

En este lazo de control se toma la medida entregada por el flujómetro al PLC y este decide si es necesario abrir o cerrar la válvula de regulación principal de retrolavado del filtro, en el caso de que el flujo sea mayor al establecido como referencia(600l/s), el PLC se encarga de cerrar la válvula de retrolavado del filtro de forma regulada mediante un PID hasta que los parámetros de flujo se igualen a la referencia que está programada en el PLC. En el caso de que el flujo sea menor el PLC se encarga de abrir la válvula de retrolavado hasta obtener un flujo adecuado para lograr la eficiencia en el retrolavado. Este proceso se realiza durante 10 minutos de forma continua, luego pasa al proceso de filtrado.

1.3.12 Instrumentación para el control de caudal en el retrolavado.

Para implementar el control de nivel en el filtro por presión diferencial se propone la siguiente instrumentación:

Tabla 9. Características de instrumentación propuesta.

Elemento	Marca	Modelo	Características
Válvula de control	AVK	75-600-4X1240009	Válvula de Mariposa bridada DN 600
Actuador	Centork	Serie 480	Eléctrico, 220VAC
Flujómetro	Endress+Hauser	Promag 50W, 53W	Electromagnetico, 4-20ma

- Consultar los Anexos para ver las especificaciones Técnicas.

1.4 Diseño del proyecto.

Antes de la programación directa, el trabajo de mesa ayuda en gran medida a la organización y claridad de la solución a proponer. A partir de la descripción del funcionamiento de los sistemas de control planteada en el Capítulo 1, se realizó la programación de las aplicaciones. El procedimiento básico utilizado para la misma se representa en el esquema siguiente:

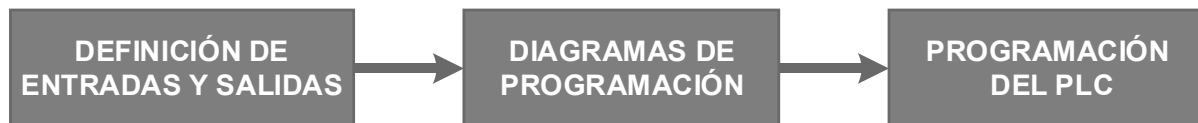


Figura 16. Secuencia a seguir en la programación del PLC.

1.4.1 Señales de entrada y salida.

En este epígrafe se muestra el listado de variables de entrada, salida y de tipo internas, utilizadas en la programación del PLC.

Tabla 10. Señales de Entrada.

Entrada del PLC	Variable	Tipo de entrada	Descripción
P0001	PULSADOR VEF	Entrada digital	Interruptor para abrir o cerrar la válvula de entrada al filtro en modo manual.
P0002	PULSADOR VDF	Entrada digital	Interruptor para abrir o cerrar la válvula de drenaje del filtro en modo manual.
P0003	PULSADOR VRF	Entrada digital	Interruptor para abrir o cerrar la válvula de retrolavado del filtro en modo manual.
P0004	PULSADOR VSUP1	Entrada digital	Interruptor para abrir o cerrar la válvula 1 de lavado superficial en modo manual.
P0005	PULSADOR VSUP2	Entrada digital	Interruptor para abrir o cerrar la válvula 2 de lavado superficial en modo manual.
P0006	PULSADOR ARR B1	Entrada digital	Interruptor para arrancar la bomba 1 del lavado superficial en modo manual.
P0007	PULSADOR PAR B1	Entrada digital	Interruptor para apagar la bomba 1 del lavado superficial en modo manual.
P0008	PULSADOR ARR B2	Entrada digital	Interruptor para arrancar la bomba 2 del lavado superficial en modo manual.
P0009	PULSADOR PAR B2	Entrada digital	Interruptor para apagar la bomba 2 del lavado superficial en modo manual.
P000A	PULSADOR ARR BTK	Entrada digital	Interruptor para arrancar la bomba de llenado del tanque elevado en modo manual.
P000B	PULSADOR PAR BTK	Entrada digital	Interruptor para apagar la bomba de llenado del tanque elevado en modo manual.
P000C	ELECTRODO	Entrada digital	Sensor de nivel alto en el filtro(colmatado)
P000D	RESETEO DEL ELECTRODO	Entrada digital	Reseteo de la alarma sonora por nivel alto en el filtro(colmatado)
P000E	MAN	Entrada digital	Selector de modo manual
P000F	AUT	Entrada digital	Selector de modo automático
P0010	EMERGENCIA	Entrada digital	Parada de emergencia
P0011	CONT MAG VEF	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula de entrada
P0012	CONT MAG VSF	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula de salida
P0013	CONT MAG VDF	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula de drenaje
P0014	CONT MAG VRF	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula la válvula de retrolavado

Tabla 11. Señales de Entrada (Cont.).

Entrada del PLC	Variable	Tipo de entrada	Descripción
P0015	CONT MAG VSUP1	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula la válvula 1 de lavado superficial
P0016	CONT MAG VSUP2	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula la válvula 2 de lavado superficial
P0017	CONT AUX MAG B1 NC	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NC como confirmación del encendido de la bomba1
P0018	CONT AUX MAG B1 NO	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NO como confirmación del encendido de la bomba1
P0019	CONT AUX MAG B2 NC	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NC como confirmación del encendido de la bomba2
P001A	CONT AUX MAG B2 NO	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NO como confirmación del encendido de la bomba2
P001B	CONT AUX MAG BTK NC	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NC como confirmación del encendido de la bomba de llenado del TK elevado
P001C	CONT AUX MAG BTK NO	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NO como confirmación del encendido de la bomba de llenado del TK elevado
D4980	ESTADO DEL FILTRO	Entrada analógica	Señal del transmisor de presión diferencial que brinda el nivel del filtro
D4982	FLUJO DEL RETROLAVADO	Entrada analógica	Señal del flujómetro para regular la válvula de retrolavado principal
D4988	NIVEL_TK	Entrada analógica	Nivel del tanque elevado usado para arrancar o parar la bomba de llenado.
P0015	CONT MAG VSUP1	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula la válvula 1 de lavado superficial
P0016	CONT MAG VSUP2	Entrada digital	señal de referencia del posicionador como retroaviso de la posición de la válvula la válvula 2 de lavado superficial
P0017	CONT AUX MAG B1 NC	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NC como confirmación del encendido de la bomba1
P0018	CONT AUX MAG B1 NO	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NO como confirmación del encendido de la bomba1
P0019	CONT AUX MAG B2 NC	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NC como confirmación del encendido de la bomba2
P001A	CONT AUX MAG B2 NO	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NO como confirmación del encendido de la bomba2
P001B	CONT AUX MAG BTK NC	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NC como confirmación del encendido de la bomba de llenado del TK elevado
P001C	CONT AUX MAG BTK NO	Entrada digital	señal de referencia del contacto auxiliar del magnético NO como confirmación del encendido de la bomba de llenado del TK elevado
D4980	ESTADO DEL FILTRO	Entrada analógica	Señal del transmisor de presión diferencial que brinda el nivel del filtro

Tabla 12. Señales de Salida.

Salida del PLC	Variable	Tipo de Salida	Descripción
P0040	VEF	Salida digital	Válvula de entrada de agua al filtro.
P0042	VDF	Salida digital	Válvula de drenaje del filtro en el retrolavado
P0043	VRF	Salida digital	Válvula de retrolavado de cada filtro
P0044	VSUP1	Salida digital	Válvula 1 del lavado superficial
P0045	VSUP2	Salida digital	Válvula 2 del lavado superficial
P0046	BOMBA1	Salida digital	Bomba 1 para el lavado superficial
P0047	BOMBA2	Salida digital	Bomba 2 para el lavado superficial
P0048	BTK	Salida digital	Bomba para el llenado del tanque elevado
P0049	ALARMA SONORA	Salida digital	Alarma sonora cuando el filtro este colmatado
D4984	VSF	Salida analógica	Válvula de salida del agua tratada a la cisterna.
D4986	VRPF	Salida analógica	Válvula de regulación del flujo de retrolavado del filtro

Tabla 13. Señales internas(MARCAS)

Entrada del PLC	Variable	Tipo de variables	Descripción
M0000	MARCA_INICIO_ATUN	Internas	Marca de inicio del auto tuning del PID
M0001	MARCA_FILT	Internas	Marca del proceso de filtrado
M0002	MARCA_LAVSUP	Internas	Marca del proceso de Lavado superficial
M0003	MARCA_RETRO	Internas	Marca del proceso de retrolavado
M0010	MARCA_ATUN	Internas	Marca para el auto tuning
M0015	MARCA_COND_INIC	Internas	Marca de condiciones iniciales
M0020	MARCA_MANUAL	Internas	Marca de operación manual
M0021	MARCA_AUT	Internas	Marca de operación automático
M0030	MARCA_MAG_VEF	Internas	Marca sensor Magn VEF
M0031	MARCA_MAG_VSF	Internas	Marca sensor Magn VSF
M0032	MARCA_MAG_VDF	Internas	Marca sensor Magn VDF
M0033	MARCA_MAG_VRF	Internas	Marca sensor Magn VRF
M0034	MARCA_MAG_VSUP1	Internas	Marca sensor Magn VSUP1
M0035	MARCA_MAG_VSUP2	Internas	Marca sensor Magn VSUP2
M0036	MARCA_AUXNC_B1	Internas	Marca sensor cont aux Magn NC B1
M0037	MARCA_AUXNO_B1	Internas	Marca sensor cont aux Magn NO B1
M0038	MARCA_AUXNC_B2	Internas	Marca sensor cont aux Magn NC B2
M0039	MARCA_AUXNO_B2	Internas	Marca sensor cont aux Magn NO B2
M0040	MARCA_AUXNC_BTK	Internas	Marca sensor cont aux Magn NC BTK elevado
M0041	MARCA_AUXNO_BTK	Internas	Marca sensor cont aux Magn NO BTK elevado
M0051	MARCA_SNIVEL_ROTO	Internas	Marca sensor de nivel roto
M0052	MARCA_SFLUJO_ROTO	Internas	Marca sensor de flujo roto

1.4.2 Diagramas en bloques de los programas.

Una vez descritas las particularidades del proceso de filtración y haber realizado la definición de las señales de entrada y salida para realizar el control de este proceso, estamos en condiciones de formular los algoritmos de programación.

El proceso de Filtrado ha sido dividido en tres subprocessos:

- Régimen de Filtrado
- Lavado Superficial del Filtro
- Retrolavado del Filtro.

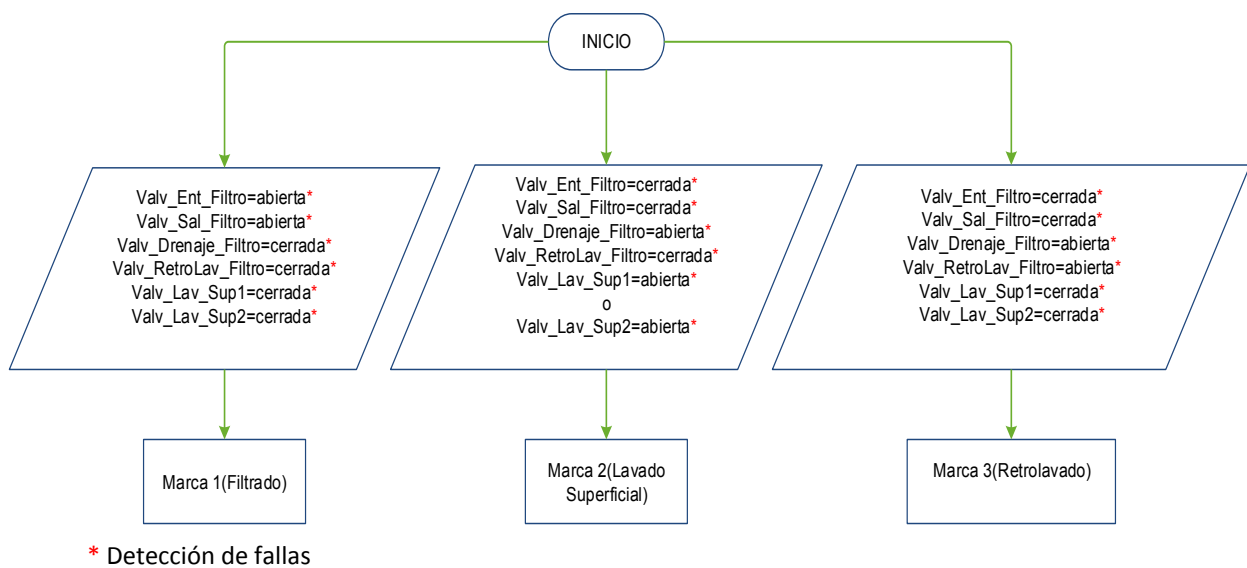


Figura 17. Algoritmo de condiciones iniciales del proceso de Filtrado.

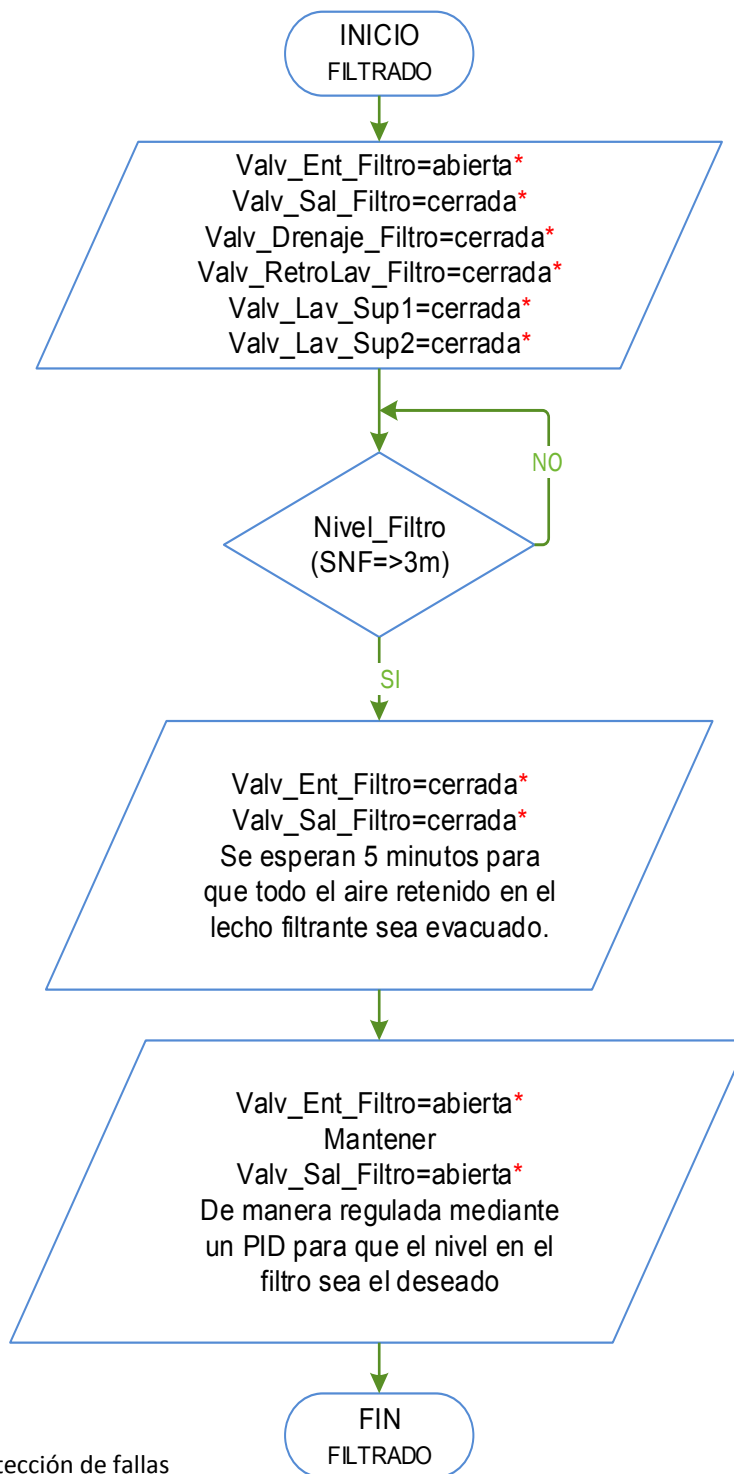
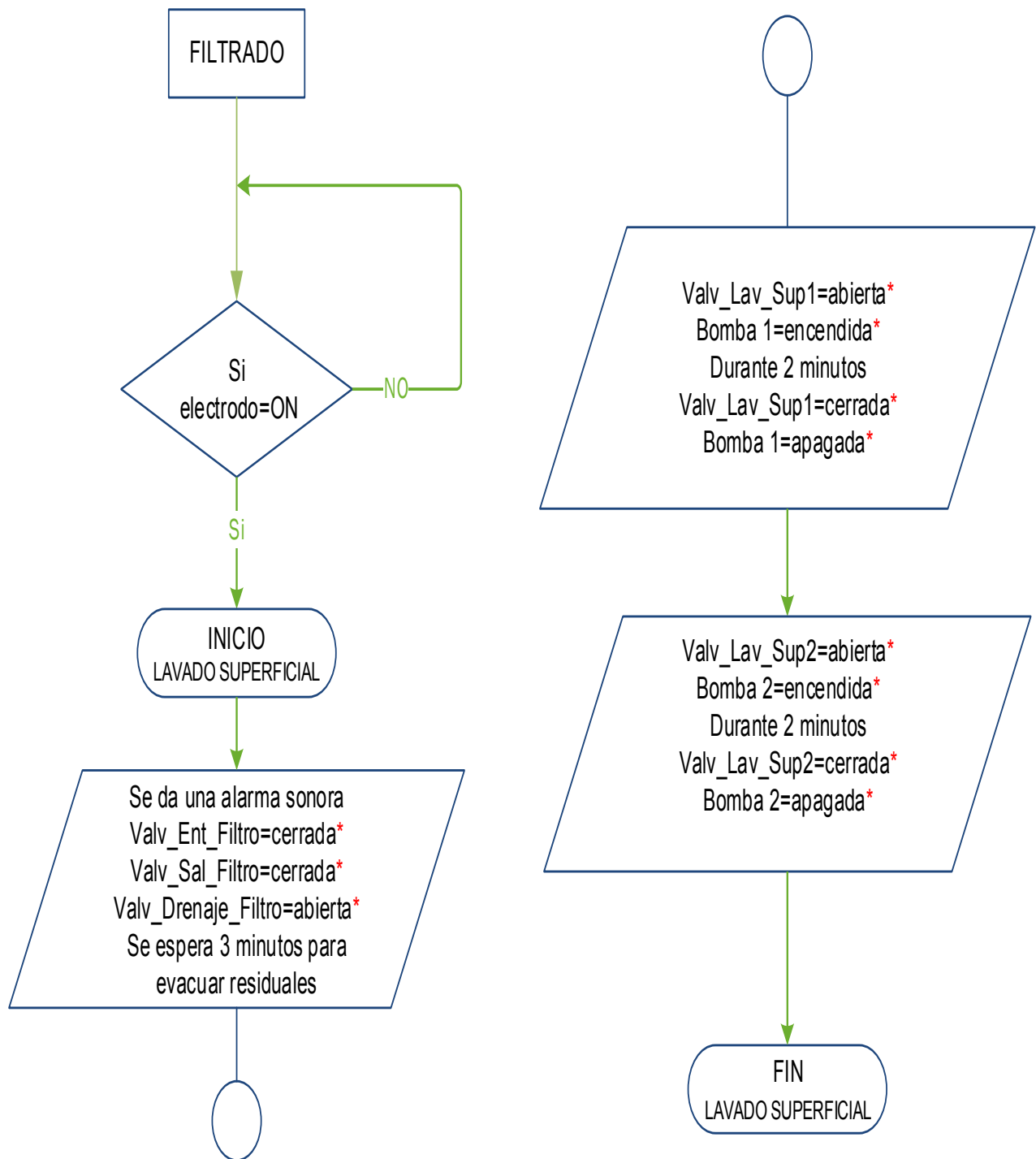


Figura 18. Algoritmo de subprocesso Régimen de Filtrado.



* Detección de fallas

Figura 19. Algoritmo de subproceso de Lavado Superficial del Filtro.

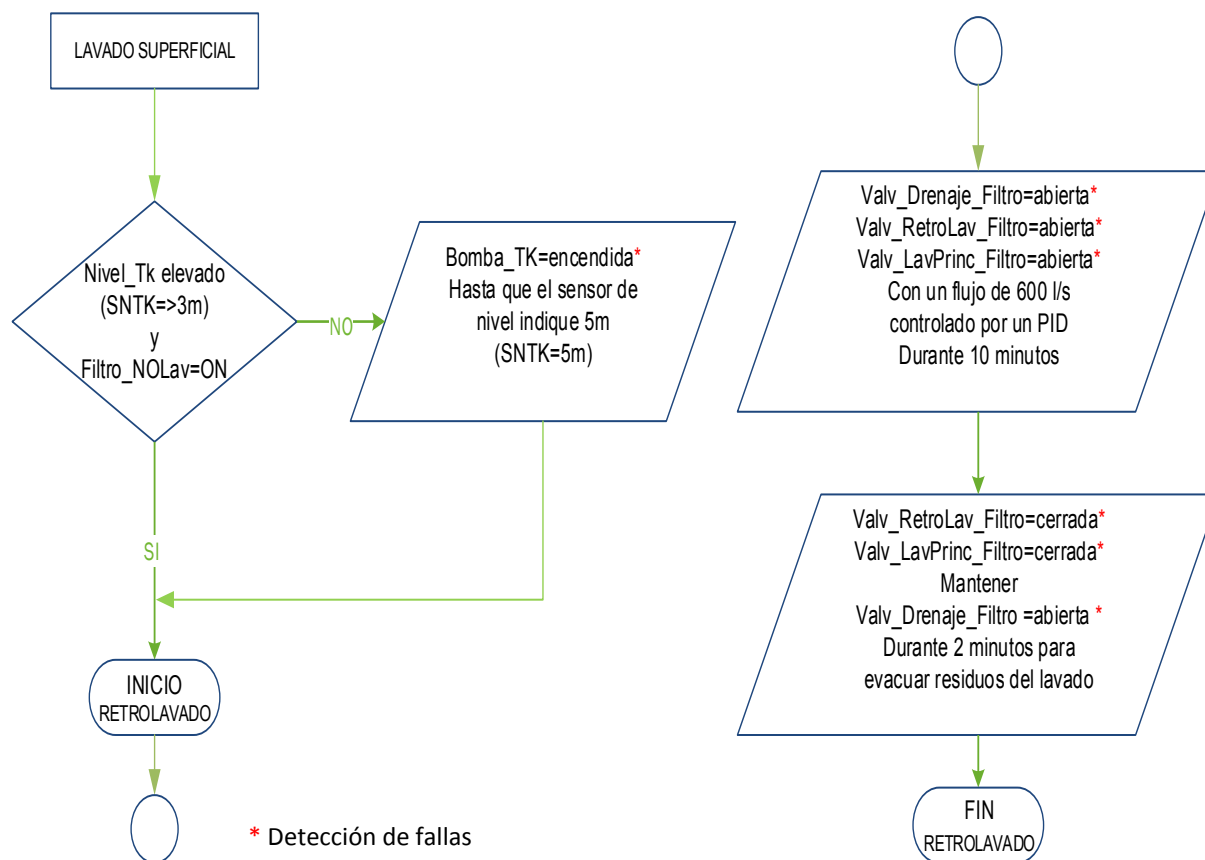


Figura 20. Algoritmo del subprocesso Retrolavado del Filtro.

1.5 Selección del Autómata.

Para el caso de este trabajo de diploma, haciendo un estudio del uso de autómatas en el control del proceso bajo estudio, identificamos que cualquier fabricante oferta una familia de autómatas apropiados para este tipo de aplicaciones. Debido a que en el país existe empresas comercializadoras (DAISA, CEDAI, entre otras) que suministran autómatas LS pertenecientes a la firma LSIS para el desarrollo de proyectos de automatización, se decidió para la realización de este trabajo, la total utilización de autómatas fabricados por la firma antes mencionada, teniendo en cuenta, la gran cantidad de prestaciones que brindan estos dispositivos.

Desde que *LS Industrial Systems* inició de actividades de fabricación en 1974, como la compañía pionera en Corea en el campo de electrónica y automatización industrial, LS se ha convertido en la compañía líder en esta rama en Corea. Además de ser el fabricante número 1 en su mercado doméstico, la corporación se ha expandido a lo largo de los últimos años en el mercado mundial con una visión global. *LS Industrial Systems Co., Ltd.* es un fabricante líder que comercializa sus PLC de alta tecnología mundialmente (21).

Dentro de esta firma, los principios básicos utilizados en la selección del autómata fueron: la relación calidad - precio y la configuración necesitada para realizar todas las secuencias del proceso.

De la gama de autómatas LG, la serie escogida fue la Master-K120S. Para este proyecto se confeccionó una maqueta con el PLC modelo K7M-DR20U (Ver Figura 21. PLC empleado como maqueta MASTER-K120S K7M-DR20U).

A continuación, se detallarán algunas características de la serie Master-K120S.



Figura 21. PLC empleado como maqueta MASTER-K120S K7M-DR20U.

1.5.1 Características principales del Master-K120S.

Unidad Principal:

El autómata Master-K120S, dada su configuración física puede considerarse como un autómata compacto y como la mayoría de los de su género presenta la posibilidad de ser expandido según las necesidades del usuario.

Especificaciones generales (22):

- Temperatura de trabajo: 0 °C... +55 °C.
- Temperatura de almacenamiento: -25 °C... +70 °C.
- Humedad ambiente de operación y de almacenaje: 5 %... 95 %.
- Vibraciones de operación que soporta: 57 Hz... 150 Hz.
- Impulso de tensión que soporta: 4 kV.
- Atmósfera de trabajo: libre de gases corrosivos y de exceso de polvo.
- Máxima altura de operación: 2000 m.

La unidad principal o el módulo principal del autómata está compuesto por:

- El CPU.
- Los terminales de entrada y salida (I/O).
- Los LED indicadores de las entradas y las salidas.
- Conector RS-485 para la comunicación.
- Conector estándar de LS para permitir la expansión del autómata.
- Interruptor para la selección del modo de operación.
- Puerto de carga.

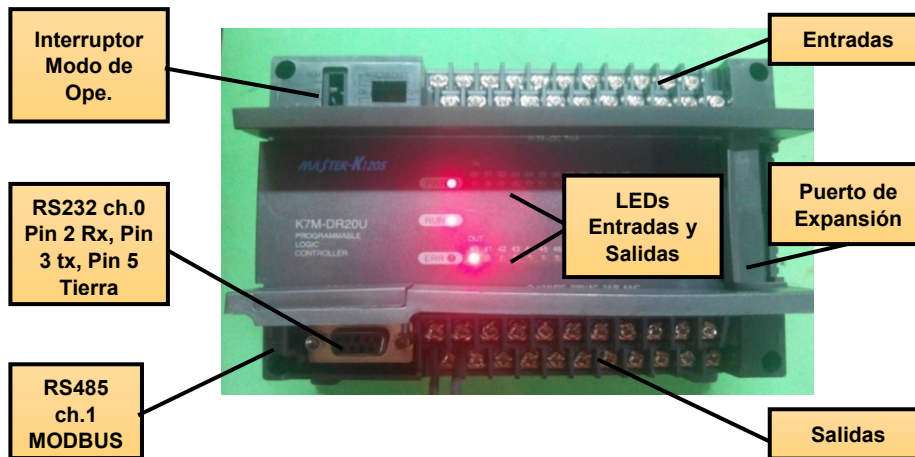


Figura 22. Partes de un PLC K7M-DR20U

El autómata Master-K120S cuenta con 8 modelos con iguales características variando solamente entre ellos, la cantidad de entradas y salidas. Para mayor información consultar la documentación técnica (22).

Tabla 14. Resumen de señales E/S para el PLC.

Variables Externas	Total
Entradas Digitales	29
Salidas Digitales	9
Entradas Analógicas	3
Salidas Analógicas	2

Teniendo en cuenta la cantidad de señales entrada / salidas que va a manejar el PLC (Ver Tabla 14. Resumen de señales E/S para el PLC.) se propone la utilización del modelo K7M-DR60U.

Sistema de equipamiento de la serie MASTER-K 120S seleccionado. Modelo K7M-DR60U:

- ✓ Unidad Central tipo Estándar.
- ✓ Entrada/ Salida & Fuente de alimentación:

- ✓ 36 entradas digitales
- ✓ 24 salidas de digitales.
- ✓ 85~264 VAC.
- ✓ Función Incorporada:
 - Capacidad del programa: 7k/ pasos.
 - Máxima expansión: 3 módulos
 - Contador de alta velocidad:
 - 1 Fase: 1 canal 100 kHz, 2canales 20 kHz.
 - 2 Fases: 1 canal 50 kHz, 1canal 10 kHz.
 - Filtro de entrada: 0 ~ 1000ms.
 - Función control PID.
 - Comunicación RS-232C y RS485.

1.5.2 Módulos de expansión.

Para el sistema de control propuesto es necesaria la utilización de dos módulos de expansión para el manejo de las señales de entrada y salida analógicas:

- Módulo de conversión A/D, modelo G7F-AD2A, con 4 canales A/D, tipo estándar y es configurable tanto para corriente como para voltaje.
- Módulo de conversión D/A, modelo G7F-DA2I, 4 canales D/A (salida corriente), tipo estándar con salida es de 4 – 20mA.

A continuación, se muestran tablas donde se listan algunos módulos de expansión con sus respectivas cantidades de entradas y salidas digitales y/o analógicas. Cabe recordar que los PLC MASTER-K 120S admiten solo tres dispositivos de expansión, lo cual es un criterio a tener en cuenta a la hora de escoger un PLC según la cantidad y tipo de variables de entrada y/o salidas que se van a manejar.

Tabla 15. Módulos Digitales entradas/salidas

Modelo	Entradas	Salidas
G7E-DR10A	6	4
G7E-DR20A	12	8
G7E-TR10A	0	10

Tabla 16. Módulos especiales

Modelo	A/D	D/A
G7F-ADHA	2Ch	1Ch
G7F-AD2A	4Ch	
G7F-DA2I		4Ch, corriente
G7F-DA2V		4Ch, voltaje



Figura 23. PLC K7M-DR60U y los tres módulos de expansión permisibles.

1.6 Configuración del PLC.

El autómata escogido para el desarrollo de este proyecto (Master K-120S), brinda una serie de potencialidades dentro de las cuales una de las más importantes es la función de *auto-tuning*. Esta herramienta permite el autoajuste de los parámetros de los controladores a utilizar y poder así, actuar sobre los lazos de control.

Para la eficiente explotación de estas prestaciones es necesario conocer algunos aspectos de las configuraciones que son necesarias realizar, así como el conocimiento de las funciones que presenta cada rango de dirección en memoria.

Este epígrafe será dedicado a la explicación de cada una de las configuraciones realizadas para el auto-tuning y la comunicación.

1.6.1 Crear el proyecto en KGL_WIN.

Inicialmente cuando se ejecuta el KGL_WIN aparece la ventana de inicio y luego de seleccionar “New Project” aparece una ventana de dialogo como se muestra en la siguiente figura (Ver Figura 24. Ventana inicial y de creación de nuevo proyecto.).

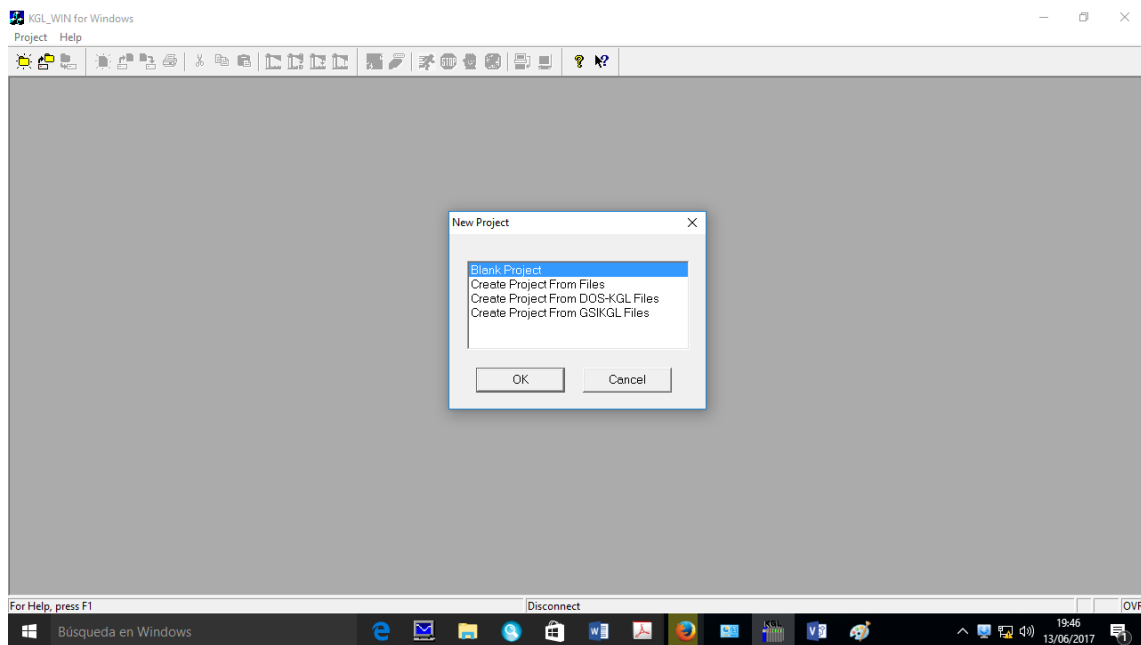


Figura 24. Ventana inicial y de creación de nuevo proyecto.

Luego de seleccionar la creación de un nuevo proyecto, la siguiente ventana que aparece es la de propiedades de proyecto, en la cual se selecciona el tipo de autómata a utilizar, así como el lenguaje de programación. Se selecciona la familia MK_S, específicamente el modelo 120S y se deja como lenguaje de programación el que aparece por defecto (*Ladder*). El resto de los campos no son obligatorios de llenar(Ver Figura 25. Ventana de propiedades del proyecto.).

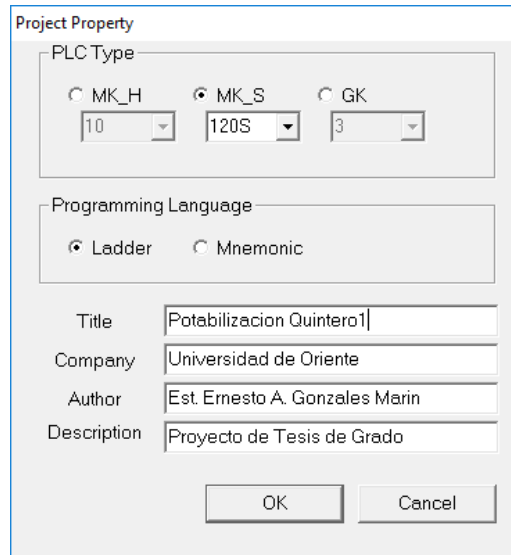


Figura 25. Ventana de propiedades del proyecto.

Seguidamente aparece la ventana principal del nuevo proyecto, la cual se encuentra dividida en tres secciones: ventana de proyecto, de mensaje y de programa. Para un mejor entendimiento ver la figura correspondiente(Ver *Figura 26. Ventana principal de proyecto*).

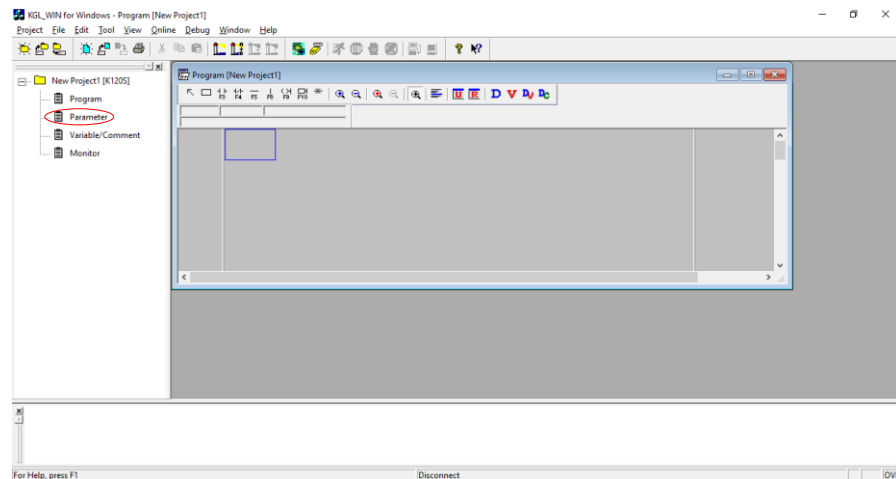


Figura 26. Ventana principal de proyecto

1.6.2 Configuración de parámetros del PLC.

Para una correcta comunicación entre cada uno de los autómatas con la red y para un correcto funcionamiento del resto de las funciones, es necesario realizar primero algunas configuraciones dentro del mismo KGL_WIN para cada PLC.

Para la configuración del autómata se hace doble clic en la opción “*parameter*”, situada en la ventana de proyecto y a continuación se desplegará una ventana con todas las opciones de configuración que se le pueden realizar al autómata (Ver Figura 27. Ventana de configuración de parámetros.). En este proyecto, se configuraron las opciones de comunicación a través del canal 1 con la interfaz RS-485, las opciones de auto – tuning y las del controlador PID, así como la configuración de los módulos de E/S analógicos. Las restantes opciones se mantuvieron con las configuraciones predefinidas.

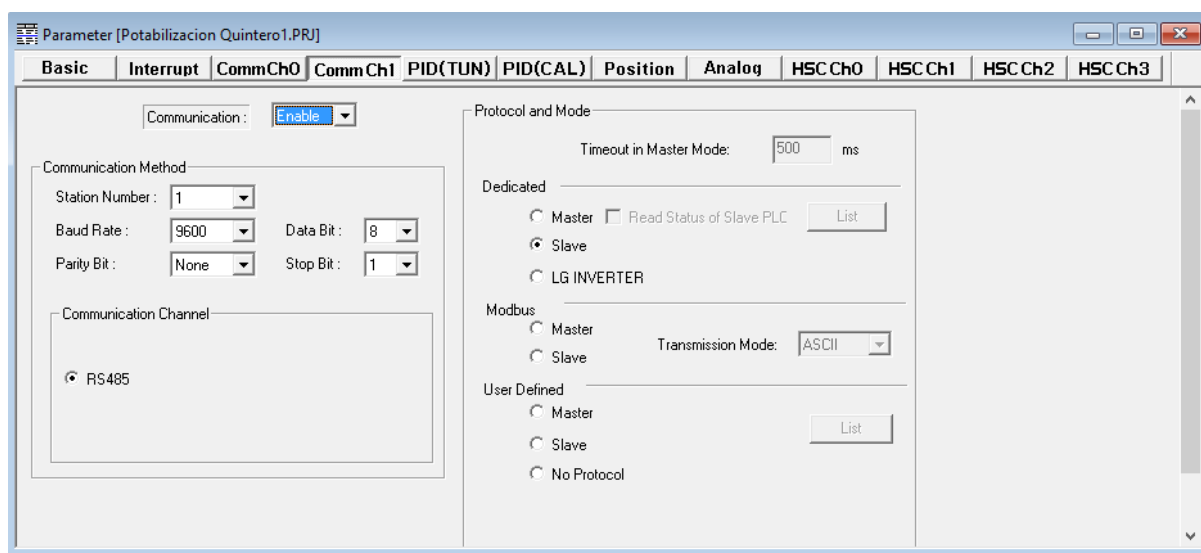


Figura 27. Ventana de configuración de parámetros.

Para configurar la opción de comunicación de cada uno de los autómatas de la red diseñada, se seleccionó la pestaña “CommCh1”, donde se configuraron los parámetros necesarios para la comunicación de estos con el sistema de supervisión y control.

Para cada PLC la configuración es la misma (Ver Figura 27. Ventana de configuración de parámetros.), solamente varía el número de la estación en cada subred.

En el caso del auto-tuning en la ventana de configuraciones, en la pestaña “PID(TUN)”, al hacer doble clic en uno de los lazos disponibles, se despliega una ventana de dialogo donde se le configuran cada uno de los parámetros (Ver Figura 28. Configuración de parámetros del auto-tuning.)

Luego se pasa a la configuración de los controladores PID, pero primero es necesario conocer la forma en que se programa el auto-tuning, por lo que se explicará como ejemplo el del lazo control del caudal en el retrolavado.

La función PID8AT permite realizar el auto-tuning, teniendo como parámetros el lazo de control que va a ajustar y la dirección de memoria donde se va a guardar la palabra de estado del auto-tuning. Una vez terminado, activa el bit número 7 de la palabra en esta dirección. Luego en las direcciones consecutivas se guardan la salida del controlador, el valor de la acción proporcional, el de la acción integral y luego el de la derivativa.

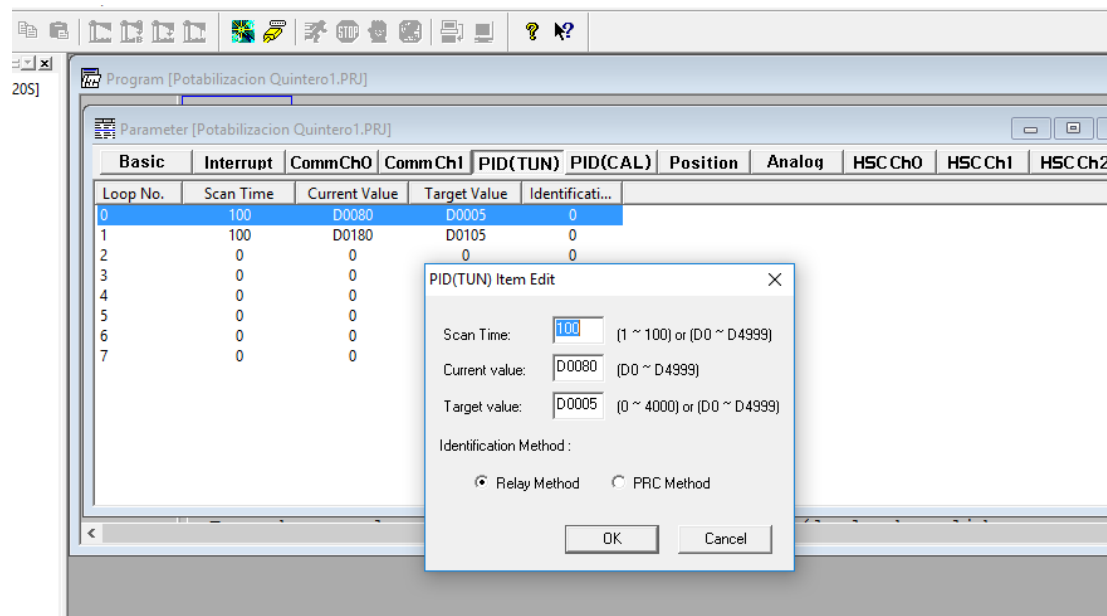


Figura 28. Configuración de parámetros del auto-tuning.

Seguidamente se configura el algoritmo PID, al hacer clic sobre la pestaña “PID(CAL)” donde se muestra el número de lazos disponibles, al hacer doble clic sobre uno de ellos se despliega una ventana que da la posibilidad de configurarlo (Ver Figura 29.

Configuración de parámetros del PID.). Esta figura muestra en un segundo plano los algoritmos PID configurados para las variables nivel de agua en el filtro y flujo de retrolavado correspondientes al autómata encargado del proceso de filtrado. En un primer plano muestra la configuración realizada para el algoritmo lazo de control de caudal en el retrolavado (Ver Figura 29. Configuración de parámetros del PID.).

Para este caso, se le indicó que tomara los valores de las constantes Proporcional (P), Integral (I) y Derivativa (D) de las direcciones de memoria D0122, D0123 y D0124 respectivamente, en las cuales la función auto-tuning guardó dichos valores previamente. El valor del *setpoint* “SV(Target)”, se le indica que está guardado en la dirección D0105, así como la señal de control “PV(Current)”, la cual se copia hacia el registro D4982 y una vez culminado un ciclo de corrida del PLC, asigna dicho valor a la salida física (Ver Figura 30. Configuración PID para el lazo de control de caudal en el retrolavado.).

Por último, se configuraron los parámetros correspondientes a los módulos de entradas y salidas analógicas seleccionando la pestaña “Analog”. En la misma se especifican si los canales de entrada o salida van manejar corriente (4-20mA) o voltaje(0-10V).

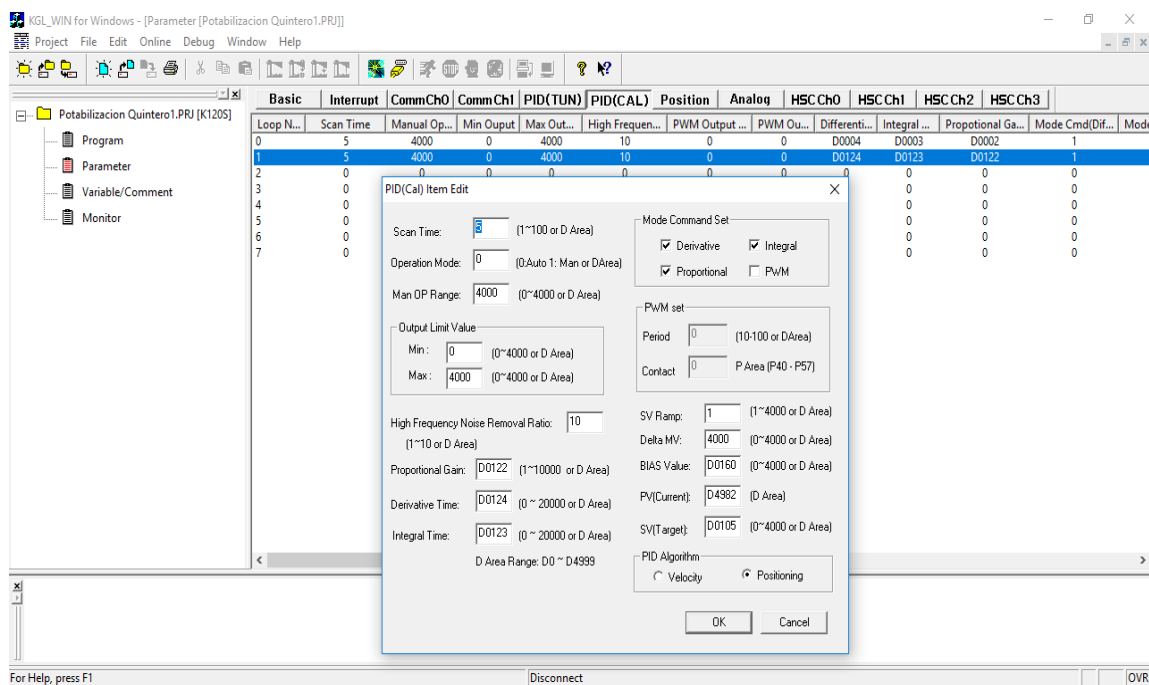


Figura 29. Configuración de parámetros del PID.

PID(Cal) Item Edit

Scan Time: (1~100 or D Area)

Operation Mode: (0:Auto 1: Man or DArea)

Man OP Range: (0~4000 or D Area)

Output Limit Value

Min : (0~4000 or D Area)

Max : (0~4000 or D Area)

High Frequency Noise Removal Ratio: (1~10 or D Area)

Proportional Gain: (1~10000 or D Area)

Derivative Time: (0 ~ 20000 or D Area)

Integral Time: (0 ~ 20000 or D Area)

D Area Range: D0 ~ D4999

Mode Command Set

☒ Derivative ☒ Integral

☒ Proportional ☐ PwM

PwM set

Period (10-100 or DArea)

Contact P Area (P40 - P57)

SV Ramp: (1~4000 or D Area)

Delta MV: (0~4000 or D Area)

BIAS Value: (0~4000 or D Area)

PV(Current): (D Area)

SV(Target): (0~4000 or D Area)

PID Algorithm

☐ Velocity ☒ Positioning

OK Cancel

Figura 30. Configuración PID para el lazo de control de caudal en el retrolavado.

1.7 Selección de software SCADA y OPC.

De acuerdo a los indicadores sugeridos para evaluar sistemas SCADA por la Comisión Nacional de Automática, se comprueba que Movicon™ 11 cumple con los parámetros necesarios para el desarrollo de una aplicación SCADA con los requerimientos que impone este proyecto.

Además de cumplir con estos indicadores, la mayor ventaja de Movicon™ 11 es su interfaz visual. Esto simplifica en gran medida el trabajo del usuario de esta plataforma y explica el por qué hoy en día muchos la prefieran, aun cuando existen plataformas SCADA con mayor prestigio en el mercado mundial.

Nuestro país (a través de la división comercial DAISA de COPEXTEL) es uno de los distribuidores de productos de Progea en el área de América Latina y El Caribe. Esto

posibilita que se tenga una información con alto grado de actualización, así como las últimas innovaciones en sus productos. Lo cual contribuye a que la utilización de Movicon™ 11 tenga la relación calidad-precio beneficiosa.

De igual manera DAISA es también distribuidora de productos LS en esta región, lo que agregado a que los autómatas propuestos para este proyecto son de la serie Master-K de la de la propia firma, se decidió utilizar el OPC de LS. Esta selección garantiza una compatibilidad plena con los protocolos de comunicación de los PLC, así como una mayor comodidad a la hora de la configuración, manteniendo los requerimientos necesarios del proyecto. Cabe mencionar además que este OPC es brindado de forma gratuita por LS para sus usuarios, lo cual no implica costo adicional alguno.

OPC define objetos estándares, métodos y propiedades construidas en el concepto COM para permitir a servidores de datos en tiempo real como DCS, PLC y equipos de campo comunicar sus datos a clientes OPC. El nombre del servidor OPC de LS es “LGIS.LGEOPC” (17).

1.8 SCADA Movicon.

Progea es una compañía italiana fundada en 1990, miembro de la Fundación OPC, especializada en el software para la industria de la supervisión; mantiene negocios principalmente en la Unión Europea con países como Alemania y Suiza. Ha desarrollado una plataforma SCADA/HMI para la supervisión, seguimiento y control de procesos, Movicon, que lanzó su primera versión en 1992.

Actualmente ha logrado una flexibilidad que permite integrar sistemas en cualquier tipo de arquitectura, tales como Computadoras Personales, *Media Center*, *Tablet PC*, *Touch Panel*, *Palmtop* o *Smart Phone*, y es esta una de las principales ventajas cuando se utiliza este software: su independencia del hardware (que permite utilizar el mismo software en cualquier hardware), utilizando la comunicación de datos en protocolos como el *BEI/Konnex*, *LON*, *BacNet*, con paneles de control como *Notifier*, *Elkron* y otros, en sistemas que utilizan TCP o Modbus RTU (23).

Movicon ofrece la ventaja de poder circular información libremente gracias a las funciones de red que posee en redes Ethernet y tecnología OPC, lo que le permite integrar un sistema SCADA en el diseño y construcción de una LAN (23).

1.8.1 La herramienta Movicon 11.

El Movicon™ 11 es una versión actual de la plataforma SCADA/HMI de Progea. Incluye un amplio número de innovaciones con respecto a su versión previa Movicon X2. En Cuba no se cuenta con un conocimiento detallado de las potencialidades de esta nueva plataforma, pues debido a su novedad en el mercado no se ha comercializado en el país. Es por ello que se decidió incluir información ampliada de Movicon™ 11 para ayudar a mostrar las principales características y tecnologías de esta plataforma.

1.8.2 Principales innovaciones de Movicon 11.

La plataforma *SCADA/HMI Movicon™ 11* se caracteriza por presentar la innovadora y exclusiva tecnología “*XML-Inside*”, la cual brinda un ambiente de desarrollo para crear aplicaciones SCADA, HMI, *SoftLogic* y Análisis Estadístico de los datos de producción. De esta manera los desarrolladores pueden disminuir los tiempos de desarrollo y los usuarios disponer de soluciones potentes, abiertas, flexibles y de simple mantenimiento (24).

La tecnología de Movicon™ 11 se basa completamente en el estándar XML y sus tecnologías emergentes y abiertas como *Web Services*, Gráfica Vectorial SVG, OPC, SQL, ODBC y .Net, además de la tecnología Java utilizada para las soluciones *Web Client*. Es una plataforma SCADA/HMI universal capaz de adaptarse a cualquier tipo de aplicación, con la máxima independencia del hardware. Movicon™ 11 ofrece una única plataforma para proyectar estaciones de supervisión de grandes plantas, con arquitecturas cliente/servidor redundantes, pero también en plantas con paneles operador HMI y/o dispositivos móviles basados en WinCE, conectados a todo tipo de PLC, red y bus de campo industrial o civil (24).

1.8.3 Área de Trabajo.

El área de trabajo (*workspace*) de Movicon™ 11 es el fruto de profundos estudios de ergonomía del software, que hace que los productos sean agradables y simples de usar. Contribuye a una drástica reducción de los tiempos de desarrollo, la disponibilidad de todos los instrumentos y las funcionalidades en el mismo ambiente. (24)

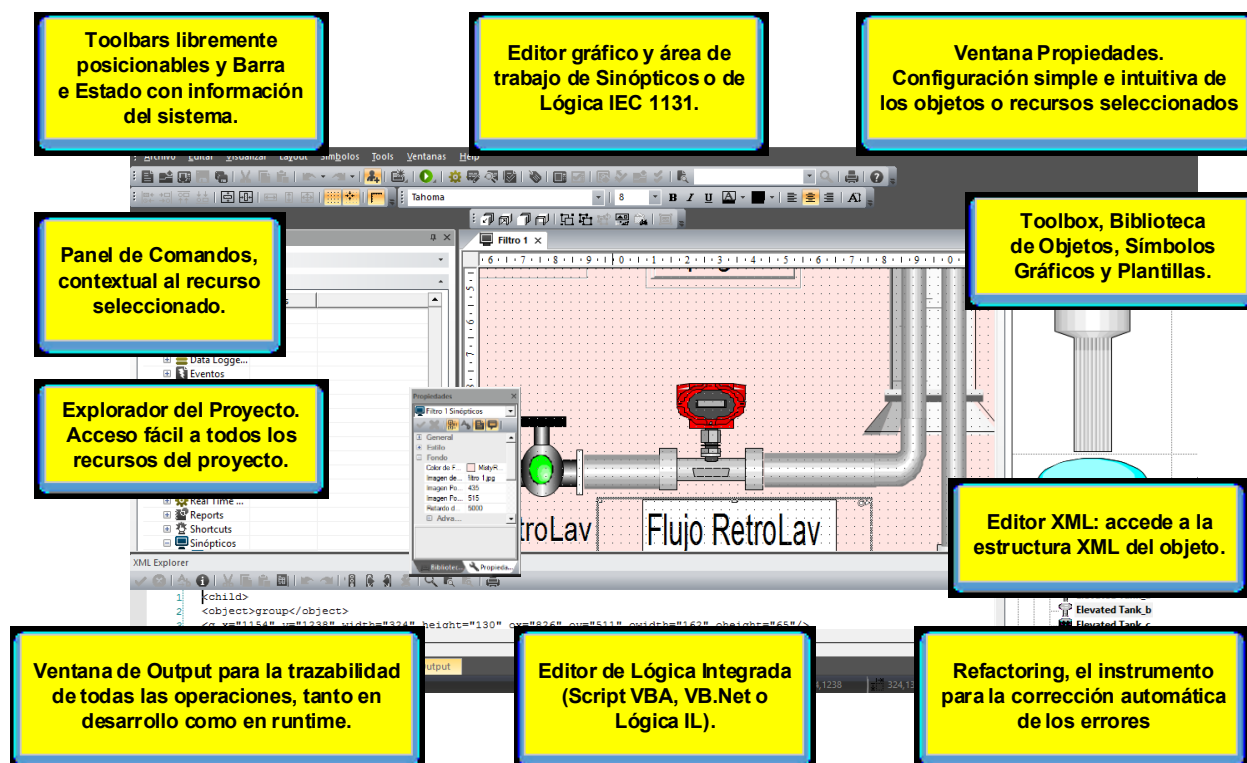


Figura 31. Secciones de área de trabajo de Movicon™ 11

Movicon™ es una plataforma SCADA/HMI que ha sido proyectada pensando en las necesidades del usuario y en cómo ahorrar tiempo para obtener así un incremento en la productividad, sin tener limitaciones en las potencialidades y con la misma flexibilidad de uso.

El área de trabajo es clara, agradable e intuitiva. Todos los instrumentos están al alcance de la mano y la configuración se lleva a cabo completamente utilizando amplias bibliotecas de objetos y recursos, altamente personalizables mediante la ventana de las propiedades. Esta ventana, que se puede posicionar libremente, posee todas las

propiedades organizadas en áreas lógicas y subdivididas por grupos. La gran cantidad de propiedades de configuración permite evitar al programador, la escritura de códigos (scripts) sin fin, en el proyecto, con el consiguiente notable ahorro de tiempo, no sólo en proyección sino también en *debug* y mantenimiento de los propios proyectos (24).

1.8.4 Editor Inteligente de Movicon™ 11. Características principales.

Las características principales del Editor “inteligente” de Movicon™ 11 son:

- Extrema simplicidad de uso en el único editor integrado. Único ambiente de programación para realizar proyectos tanto para Windows™ 7 como para Windows™ CE o Web Client. Se ha integrado todo para no requerir instalación adicional de otros componentes para realizar las aplicaciones.
- Área de Trabajo configurable, ventanas flotantes o tradicionales. Comandos rápidos y ventanas de pop-up veloces de configuración.
- Modo Fácil de configuración, visualizando sólo las propiedades comunes para simplificar el uso del sistema.
- Refactoring, instrumento para la corrección automática de eventuales errores de asignación de tags a los objetos, a las ventanas o a las cadenas de caracteres faltantes.
- Proyectos basados en XML totalmente abiertos. Ventana “XML Code” para la visualización y modificación de los objetos directamente sobre el texto XML. Posibilidad de creación de macros para la autogeneración de proyectos o partes de proyectos en modo personalizado. Los proyectos pueden luego ser encriptados en cualquier momento.
- Ambiente de Programación completamente orientado a objetos con potente gráfica vectorial.
- Bibliotecas de Símbolos y Plantillas. Tecnología Power Templates™ para la gestión de bibliotecas de objetos complejos con código VBA integrado. Gestión de plantillas también para las alarmas, Data Loggers, Eventos y Planificadores de Comandos. Bibliotecas expandibles.

- Proyectos distribuidos gracias a la tecnología de los “Proyectos Hijos” que permiten la conexión dinámica y la integración de proyectos descentralizados, tanto localmente como en red.
- Integración completa y nativa de Microsoft Visual SourceSafe™, la mejor solución para la proyección distribuida, la seguridad y la trazabilidad de las modificaciones en los proyectos
- Drivers de E/S incluidos y gratuitos, con importación automática de las tags del PLC y links directo al dispositivo. Bibliotecas ampliables y personalizables con SDK.
- Modificaciones “Online” al proyecto. Carga/Descarga de modificaciones también desde posición remota.

1.9 Presentación del Proyecto SCADA en Movicon 11.2.

El sistema SCADA propuesto permite la visualización de los procesos de filtrado, lavado superficial y retrolavado tanto en modo automático como manual. Este cumple con el control y supervisión de los lazos anteriormente descritos en dicho trabajo de diploma.

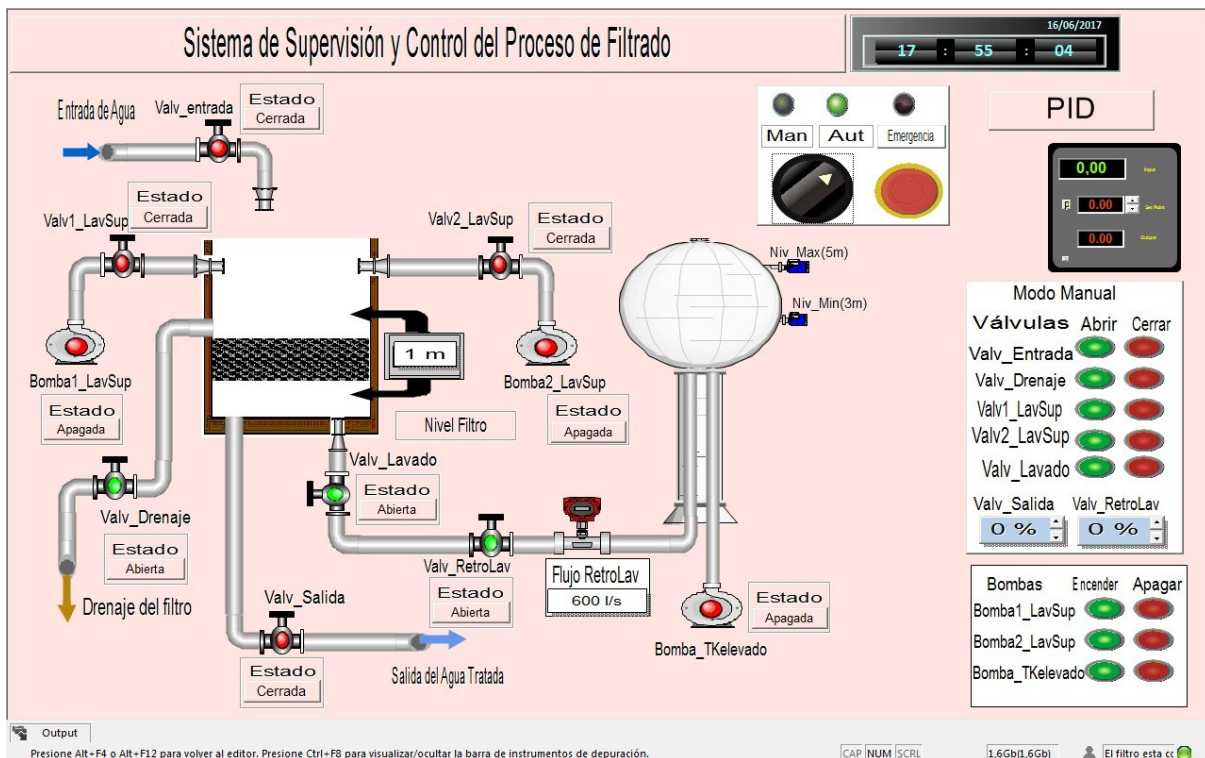


Figura 32. Presentación del Panel SCADA del proyecto.

Durante el proceso de filtrado, lavado superficial y retrolavado se muestran la combinación de válvulas que deben estar en funcionamiento y los instrumentos de medición que ayudan al control y buen funcionamiento de la planta.

En un pequeño panel el operador puede controlar el proceso completo desde una PC utilizando el modo manual.

Se muestra la información que brindan los sensores y un bloque PID en el cual es posible configurar sus parámetros regulando de esta manera la válvula de salida del filtro y la válvula de retrolavado principal.

La figura que sigue muestra el funcionamiento durante el proceso de filtrado, en el cual el agua en el filtro al llegar al electrodo de nivel dispara una alarma de filtro colmatado y pasa automáticamente al lavado superficial y al retrolavado respectivamente.

Se cuenta con un sistema de detección de fallos, ya que cada componente del proceso cuenta con un indicador que nos muestra si fue ejecutada la orden que se le fue enviada por el operador o no.

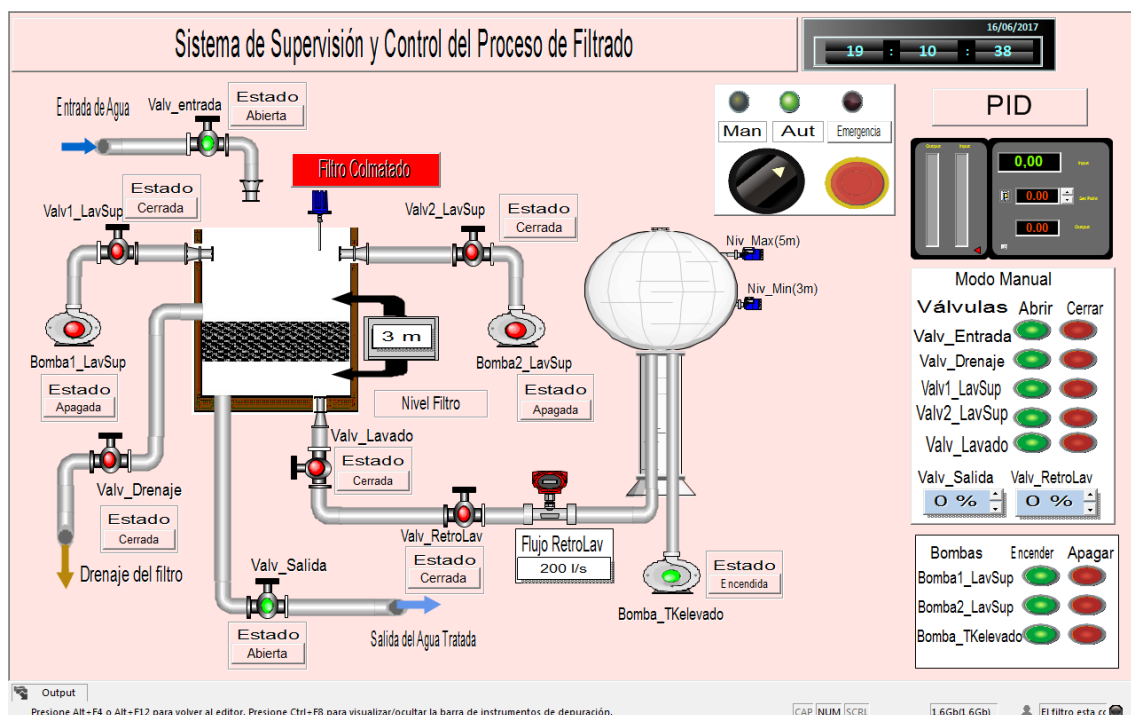


Figura 33. Alarma de filtro colmatado en panel SCADA.

1.10 Estructura o topología de la red del PLC.

La comunicación entre los elementos de campo, los PLC y el sistema de supervisión se realiza a través de una red industrial. Dicha red es la que garantiza que el intercambio entre sus componentes se realice de forma rápida y eficiente.

Los autómatas seleccionados cuentan con la posibilidad de comunicarse a través de la interfaz RS-232 o RS-485. Permiten también la comunicación mediante un protocolo dedicado de la firma LS o por Modbus, utilizando la interfaz física RS-485.

Se propone una red que presente una topología tipo bus RS-485, garantizando una alta fiabilidad y facilidad para incorporar o eliminar estaciones sin afectar el funcionamiento de la red, así como su bajo costo de implementación respecto a otras topologías.

El estándar RS-485 define un bus para la transmisión serie multipunto, donde, en un instante, puede haber un equipo transmitiendo y varios recibiendo. La comunicación es semiduplex, de forma que un equipo puede enviar y recibir, pero no a la vez. El cableado básico consiste en un par de hilos de cobre trenzados sobre el que se transmite una señal diferencial para enviar los bits de datos, que es bastante inmune a las interferencias y admite largas distancias (25).

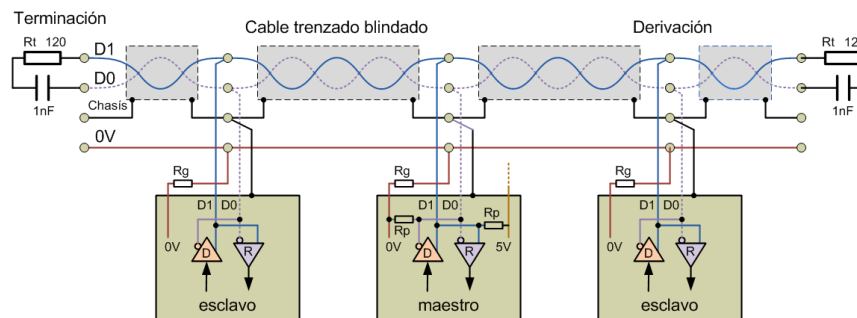


Figura 34. Cableado de las interfaces serie con RS-485.

El OPC a emplear en este proyecto será del mismo fabricante de los PLC y reconoce sin problemas el protocolo dedicado de la firma. Esto posibilita que no sea necesario adquirir ningún módulo de comunicación o conversores de interfaz aparte, además de disminuir el tiempo de diseño al facilitar en gran medida la configuración del autómata y del OPC para la comunicación. Debido a su sencillez, bajo costo en cuanto a componentes de

hardware, OPC gratuito y teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, se decidió utilizar el protocolo RS-485.

Para el nivel superior se probaron dos variantes. La primera variante contempló el uso de un convertidor de interfaz RS-485/USB 2.0 debido a la gran velocidad y comodidad que este tipo de puerto brinda, además de estar presente en todas las PC actuales.

Con tales fines se utilizará el conversor EPC-406, el cual presenta las siguientes características (26):

- Soporta interfaz de comunicación RS-422/RS-485.
- Aislamiento óptico (2.5KVrms/500VDC voltaje de aislamiento).
- Velocidad de transmisión serie de 300 a 115.2Kbps.
- Alimentación a través del puerto USB.
- Condiciones ambientales: -10 a 60°C y humedad relativa entre 20 y 95%.
- Sistema Operativo: 98/2000/Xp/Vista/Vista x64/Seven/Seven x64

El conversor EPC-406 no necesita configuración alguna, solamente la instalación de un driver que el distribuidor provee.

Si bien las características de la interfaz RS-485 antes mencionadas son la razón por la cual este tipo de interfaz se encuentra presente en muchos dispositivos digitales de la industria, dicha interfaz no es compatible con las interfaces presentes en la oficinas o computadores personales desde las cuales se programan estos dispositivos. Es por ello que en la segunda variante se utilizó un convertidor RS485/Ethernet por las ventajas que implican la conexión a través de una red IP.

Para las pruebas se utilizó el convertidor *NPort* DE-311 de Moxa el cual tiene las siguientes características (27):

- Soporta interfaz de comunicación RS-232/RS-422/RS-485.
- Velocidad de transmisión serie de 150 bps to 230.4 kbps
- Alimentación: 9 a 30 VDC.
- Condiciones ambientales: -40 a 75°C y humedad relativa entre 5 a 95%.
- Sistema Operativo: 98/2000/Xp/Vista/Vista x64/Seven/Seven x64

Si en el futuro se modificara el proyecto y se deseara cambiar el protocolo de comunicación hacia Modbus, solamente habría que reconfigurar nuevamente cada PLC, así como el OPC, lo cual no implicaría gasto alguno por compra de hardware ni cambios en el programa del autómata.

VALORACIÓN ECONÓMICA

Se valora el costo de la propuesta del sistema teniendo en cuenta el gasto material.

Tabla 17. Gasto Material.

No	Denominación	Cant.	Precio (USD)	Importe (USD)
1	Controlador			
	K7M-DR60U	6	310	1860
	Módulo Ent. Analógicas G7F-AD2A	6	159	954
	Módulo Sal. Analógicas: G7F-DA2I	6	130	780
2	Sensores			
	Flujómetro Endress + Hauser Promag 50W	Existe		
	Transmisor de nivel WIKA LS-10	8	520	4160
	Transmisor de presión diferencial WIKA DPGT40	1	300	300
3	Actuadores			
	Válvula de control AVK 75-350-4X1240009 + AE	6	18125	108750
	Válvula de control AVK 75-500-4X1240009+ AE	Existe	21875	21875
	Válvula de control AVK 75-600-4X1240009+ AE	1	26250	26250
	Disyuntor Schneider-Electric TeSys GV2	Existe		
	Bomba KSB Megabloc	Existe		
4	Otros Materiales			
	Convertidor RS485/ ethernet	1	150	150
	Total			143204

CONCLUSIONES PARCIALES

Después de conocer las especificaciones técnicas del proceso de filtrado en la potabilizadora Quintero 1, se puede concluir que al mismo le puede ser aplicado un esquema de automatización que contribuya a mejorar su eficiencia y calidad.

Se definen además los elementos que integrarían este sistema de control a partir de la selección de los PLC, la instrumentación y la plataforma SCADA a emplear.

Se comprueba que el Movicon permite realizar una aplicación de supervisión y control bastante compacta y que cumple con las funcionalidades requeridas.

CONCLUSIONES

La propuesta presentada está orientada al cumplimiento de los objetivos definidos, por lo que se puede concluir que:

1. Se cumplió con el objetivo general propuesto que es la realización del diseño de un sistema automatizado para el control y supervisión de parámetros de los Filtros de la Potabilizadora "Quintero1".
2. Se realizó un estudio de los diferentes métodos y medios para el control y supervisión de instalaciones similares.
3. Se seleccionó la instrumentación a utilizar basándose en los requerimientos del proyecto.
4. Se seleccionó el protocolo de comunicación más adecuado (OPC), basándose en las ventajas que este brinda al sistema.
5. Se profundizó en los conocimientos del software utilizado en el control: el KGL_WE, idóneo para la configuración de los hardware de LS pertenecientes a las series MASTER_K.
6. Se realizó la programación de las secuencias y de los lazos de control ejecutados por los autómatas.
7. Se seleccionó una topología para la red que fuera la más adecuada para el diseño y brindara opciones de mantenimiento sin necesidad de apagar el sistema.
8. Se seleccionó el software SCADA para la supervisión basándose en los requerimientos del proyecto.
9. Se profundizó en los conocimientos sobre las características y potencialidades del software Movicon 11.2 y del OPC LSIS.
10. Se programó el OPC LSIS permitiendo la comunicación entre la aplicación SCADA con los PLC en el campo.
11. Se diseñó la aplicación SCADA encargada de la supervisión y comunicación con los distintos dispositivos del campo.

RECOMENDACIONES

Después de culminado el presente trabajo de diploma hacemos las siguientes recomendaciones:

- 1) Implementar el sistema de supervisión y control propuesto en la batería de filtros de la Planta potabilizadora Quintero 1.
- 2) Realizar la identificación experimental del proceso de filtrado que permita obtener la función de transferencia de la planta y de esta manera optimizar los parámetros del PID.
- 3) Se propone que la programación de PLC y de SCADA tengan un mayor peso dentro del plan de estudio de la carrera de Ingeniería en Control Automático.

BIBLIOGRAFÍA

1. NC 827 2010 AGUA POTABLE — REQUISITOS SANITARIOS. Oficina Nacional de Normalización. 2010.
2. Manual de Operaciones de la Planta Potabilizadora Quintero 1. Aguas Santiago. 2014.
3. TEMA 3. POTABILIZACIÓN DE AGUAS .
<https://ambientaling.files.wordpress.com/2010/03/tema33.pdf>. [En línea]
4. AGUAS NATURALES Y SUS IMPUREZAS.
<https://es.scribd.com/document/79485580/agua-cal2>. [En línea]
5. Daniella Jacqueline Durán Jiménez. INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE DE UNA PLANTA DE POTABILIZACIÓN. s.l. : Proyecto de Grado.
6. La importancia de Potabilizar y realizar la Desinfección del Agua.
<http://www.hannachile.com/blog/post/3>. [En línea]
7. Automatizacion.
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>. [En línea]
8. TECNOLOGIAS DE AUTOMATIZACION POR LOGICA CABLEADA. <http://logicas-aut.blogspot.com/2008/>. [En línea]
9. Wilfrido Massieu Perez. Tesis PLC. <https://tesisalfovan.wordpress.com/clp/>. [En línea]
10. ESTRUCTURA GENERAL, COMPONENTES. TIPOS DE PLCs. FUNCIONAMIENTO.
http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf. [En línea]
11. El PLC.
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>. [En línea]
12. SCADA/HMI Systems in Advanced Educational Courses. Adamo, F., Attivissimo, F., Cavone, G., Giaquinto, N. 1, s.l. : IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Febrero 2007, Vol. 56.
13. Memoria del proyecto de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas. Enric, F.S. s.l. : Escuela Universitaria de Informática Sabadell, Universidad Autónoma de Barcelona., Enero 1999.
14. Industrial Information System Security. Krutz, R.L. 2006.
15. Sistemas de Control. Carmen, D.S. s.l. : www.monografias.com, Febrero 2010.

16. Wikipedia. OPC. <https://es.wikipedia.org/wiki/OPC>. [En línea] 2017.
17. LG OPC server _eng: Manual de Usuario de LSIS OPC Server. Marzo 2011.
18. Algunas respuestas sobre redes Ethernet en Automatización. www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=297&edi=20. [En línea]
19. A Concept for an Operative Platform to Manage Intelligent Buildings, Power Engineering, Energy and Electrical Drives. Figueiredo, J., da Costa, J. S. s.l. : POWERENG 2007, Abril 2007.
20. CEDAI. Automatización de los sistemas de acueducto de la ciudad de Santiago de Cuba. 2010.
21. ECFA S.R.L. Argentina. <http://www.lscontrol.com.ar/index.php/productos/plcs>. [En línea]
22. Manual autómeta MasterK_120. MK-120_ Manual. s.l. : http://foster.pl/pdf/plc/manuals/MK120S_Users_Manual.pdf, Enero 2010.
23. MOVICON X2 : Tutorial. Progea.
24. Movicon 11 Programmer Guide. s.l. : Progea, Vol. Marzo 2008.
25. Francisco Andrés Candelas Herías. Práctica 3. Comunicación con RS-485 y MODBUS. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>. [En línea]
26. Manual de convertidores de interfaz EPC. Febrero 2011.
27. Moxa. NPort DE-211/311. Serial-to-Ethernet Device Servers. s.l. : https://www.moxa.com/doc/specs/NPort_DE-211_311.pdf.
28. Movicon 11. Tutorial: Getting Started with Movicon 11. Progea. Febrero 2011.
29. Water Measurement Manual. US Department of the Interior. 2001.
30. Instrument Engineers Handbook Process Control & Optimization Complete. Lipták, Béla G. 1995.
31. The Mechatronics Handbook. Bishop, R.H. s.l. : CRC Press, New York, 2002.
32. Medición de flujo. Chistiakov, V. s.l. : Editorial Pueblo y Educación, 1981.
33. Tutorial: Getting Started with Movicon 11 Version 11.4. Progea. julio 2104.
34. Manuel Alejandro Socorro Peña. Informe a la Practica Laboral.Automatización de la Planta Potabilizadora de Quintero de la Ciudad de Santiago de Cuba. 2016.
35. MOAXA. NPort DE-311 Quick Installation Guide. 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Instalación de actuadores eléctricos Centork en Planta Potabilizadora Quintero 1.



Anexo 2. Flujómetro electromagnético instalado en tubería de retrolavado de la Planta Potabilizadora Quintero 1.



Anexo 3. Especificaciones técnicas del transmisor de nivel sumergible Wika LS-10.

Electronic Pressure Measurement

Submersible Pressure Transmitter for Level Measurement Model LS-10, standard version Model LH-10, High Performance

WIKAI Data Sheet PE 81.09



Applications

- Areas of application are e. g. hydrostatic level measurement in tanks, rivers, drinking water manholes, bore holes and waste water plants.

Special Features

- Pressure ranges from 0 ... 1 mH₂O to 0 ... 250 mH₂O
- Temperature measurement with integrated Pt 100 - element, 4-wire
- Surge protection (lightning protection)
- Maximum tensile strength of the cable 1000 N
- For aggressive media FEP-cable



Fig. left Level Probe LS-10
Fig. center Level Probe LH-10
Fig. right Level Probe LH-10 in Hastelloy

Description

Simple measuring tasks

The level probe model LS-10 has been designed for simple, inexpensive level measurements with values you can count on. The output signal is 4 ... 20 mA with an accuracy of 0.5%. The level probe can be operated in water up to a maximum of 100 m depth with an ingress protection of IP 68.

Special demands

With an accuracy better than 0.25 %, the High Performance Level Probe model LH-10 also offers several special options such as temperature measurement, lightning protection and special output signals. It provides a signal output of 0.5 ... 4.5 V, 3-wire with a current consumption of approx. 2 mA only. For a mains independent service in the field, with batteries, the level probe can be manufactured to operate with a supply voltage of 5 DC V.

The maximum immersion depth of the LH-10 into water is 300 m with an ingress protection of IP 68.

An important advantage of this level transmitter is the longitudinal water resistance, supplied as standard, which guarantees that liquid cannot get into the transmitter even if the cable is damaged. In the case of cable damage, the transmitter will remain completely functional and only the cable needs to be exchanged.

Both probes offer a hermetically sealed, durable stainless steel case.

For hydrostatic pressure measurement the pressure compensation towards the atmosphere is done via the internally vented cable.

WIKAI Data sheet PE 81.09 · 10/2005

Page 1 of 4

Level Probe intrinsic safe Model IL-10 see data sheet PE 81.23



Anexo 4. Especificaciones técnicas del transmisor de nivel sumergible Waterpilot FMX 167.

Technical Information
TI 351P/O1/en

Hydrostatic Level Measurement *Waterpilot FMX 167*

Reliable and resistant rope probe
with ceramic measuring cell
Compact device for level measurement
in fresh water and wastewater



Applications

Waterpilot FMX 167 is a hydrostatic pressure sensor for measuring the level of fresh water and wastewater. Waterpilot FMX 167 has nine permanently calibrated measuring ranges from 0.1 bar to 20 bar (1.5 psi to 300 psi) to ensure use in all standard applications including fresh water and wastewater treatment plants. Due to its compact outer diameter of only 3.87 in (22 mm) it is ideal for use in small-diameter probe tubes. As an option, we also supply a function permitting the simultaneous measurement of level and temperature.

Features at a Glance

- Permanent hermetically sealed cable probe
- High mechanical resistance to overload and aggressive media
- High-precision and long-term stability ceramic measuring cell
- Potted electronics and 2-filter pressure compensation system provide resistance to climatic changes
- Electronics comprising 4...20 mA output signal and integrated overvoltage protection
- Simultaneous level and temperature measurement by optional integrated temperature sensor Pt 100
- Drinking water approvals: KTW, NSF, (ACS in preparation)
- Certified to ATEX II 2 G/EEEx ia, FM and CSA
- Rugged terminal housing (IP 66/IP 67) with GORE-TEX® filter for pressure compensation
- Complete measuring point solutions through comprehensive accessories from Endress+Hauser

Vers 8.2

Endress + Hauser
The Power of Know How



Anexo 5. Especificaciones Técnicas de las válvulas propuestas.

AVK VALVULA DE MARIPOSA PN 10 O PN 16 75/40 - 75/41

Embridada Longitud según ISO 5752 corto, serie básica 13 (BS 5155 embridada corto, DN 3202-K16) Bridas y orificios según ISO 7005-2 (BS EN 1092-2: 1997, DIN 2501)	
Uso: Para agua y/o, líquidos neutros a un máximo de 120°C	Materiales: Cuerpo 75/40 Fundición gris GG-25 según DIN 1691 (BS 1452 grado 250) 75/41 Fundición dúctil GGG-40 según DIN 1693 Revestimiento Epoxi exteriormente, RAL 5017 Junta EPDM vulcanizado al cuerpo Disco Acero inoxidable AISI431 (BS 431S29) o fundición dúctil GGG-40 según DIN 1693 (BS 2789 grado 420 - 12 min) revestido con 340 Micras de nislán o acero inoxidable duplex según DIN 1.4462 Eje superior y inferior, pasador cónico Acero inoxidable AISI 431 (BS431S29) o acero inoxidable duplex según DIN 1.4462 Empaquetadura del eje superior DN <350: 2 juntas tóricas de EPDM en un cojinete de bronce RG 10 DN >400: Junta tórica de EPDM en un cojinete sujetado por tornillos de acero galvanizado 8.8 Empaquetadura del eje inferior DN <350: Tapón de acero galvanizado 8.8 con arandela de cobre DN >400: Collarin de empuje y arandela de alu bronce, junta tórica de EPDM. Tapa y tornillo de acero galvanizado 8.8 Collarin del eje superior y inferior Acero revestido con PTFE Diseño alternativo: Serie 75/45: Homologada por Canal de Isabel II Otros diseños y materiales bajo pedido.
Ensayos: Prueba hidráulica: Asiento: 1,1 x PN Cuerpo: 1,5 x PN (min.) Función: 1 x cerrar/abrir	
Accionamiento: Palanca Desmultiplicador con volante Accionador neumático (simple o doble) Accionador hidráulico Accionador eléctrico Eje de extensión	
Homologaciones: DVGW KIWA-NL WRD aprobado SVGW JKR	



Para más información vea capítulo 15 "Información técnica".
Los diseños, materiales y especificaciones puedan cambiar sin previo aviso a causa de nuestro constante desarrollo de productos.
AVK Valvulas, S.A./2005

Anexo 6. Especificaciones Técnicas de las válvulas propuestas (Cont.).

AVK VALVULA DE MARIPOSA PN 10 O PN 16

75/40 - 75/41

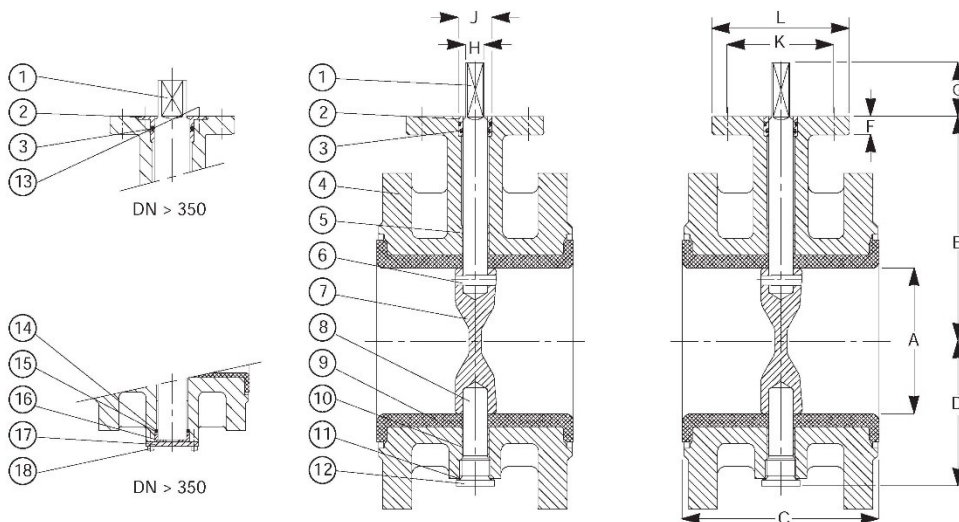
Embridada
Longitud según ISO 5752 corto, serie básica 13 (BS 5155 embridada corto, DIN 3202-K16)
Bridas y orificios según ISO 7005-2 (BS EN 1092-2: 1997, DIN 2501)

Despiece:

1. Eje superior
2. Cojinete
3. Junta tórica
4. Cuerpo
5. Collarín del eje
6. Pasador cónico

7. Disco
8. Eje inferior
9. Junta
10. Collarín del eje
11. Arandela
12. Tapón

13. Tornillo
14. Arandela
15. Junta tórica
16. Cojinete
17. Tapa
18. Tornillo



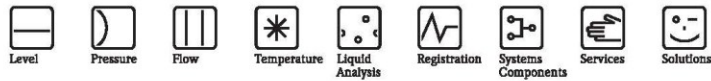
Código	DN	A mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm	J mm	Pletina de montaje				Peso kilos
										K mm	L mm	ds mm	Agujeros ISO 5211	
75-040-4X1041009	40	40	106	58	113	12	34	10	18	70	90	9	4 F07	8,0
75-050-4X1041009	50	50	108	63	118	12	34	10	18	70	90	9	4 F07	8,5
75-065-4X1041009	65	65	112	71	126	12	34	10	18	70	90	9	4 F07	9,0
75-080-4X1041009	80	80	114	78	133	12	34	10	18	70	90	9	4 F07	11,0
75-100-4X1041009	100	100	127	96	147	12	34	12	22	70	90	9	4 F07	13,0
75-125-4X1041009	125	125	140	109	160	12	34	12	22	70	90	9	4 F07	17,0
75-150-4X1041009	150	150	140	133	180	14	34	16	30	70	90	9	4 F07	23,0
75-200-4X1041009	200	200	152	158	204	14	34	16	30	70	90	9	4 F07	32,0
75-250-4X1040009	250	250	165	194	245	15	45	24	38	102	125	11	4 F10	50,0
75-300-4X1040009	300	300	178	219	270	15	45	24	38	102	125	11	4 F10	65,0
75-350-4X1240009	350	336	190	256	315	15	45	24	38	102	125	11	4 F10	95,0
75-400-4X1240009	400	386	216	308	363	25	50	30	90	140	175	17	4 F14	130,0
75-450-4X1240009	450	436	222	334	388	25	50	30	90	140	175	17	4 F14	150,0
75-500-4X1240009	500	486	229	360	413	25	50	30	90	140	175	17	4 F14	200,0
75-600-4X1240009	600	586	267	426	510	25	50	40	100	140	175	17	4 F14	300,0
75-700-4X1240009	700	686	292	480	560	25	60	46	110	165	210	21	4 F16	380,0
75-800-4X1240009	800	786	318	525	610	25	60	46	110	165	210	21	4 F16	500,0
75-900-4X1240009	900	886	330	635	690	30	90	60	130	254	300	17	8 F25	660,0
75-010-4X1240009	1000	986	410	685	740	30	90	60	130	254	300	17	8 F25	900,0
75-012-4X1240009	1200	1186	470	870	855	35	85	75	150	298	350	21	8 F30	1300,0
75-014-4X1240009	1400	1386	530	970	955	35	100	75	165	356	415	31	8 F35	1800,0
75-016-4X1240009	1600	1586	600	1096	1079	50	120	90	200	406	475	38	8 F35	2500,0

X < 0-75/40
X < 1-75/41

Diámetros más grandes bajo pedido



Anexo 7. Especificaciones Técnicas del flujómetro Proline Promag 50W, 53W.



Technical Information

Proline Promag 50W, 53W

Electromagnetic Flow Measuring System

Flow measurement of liquids in water or wastewater applications



Application

Electromagnetic flowmeter for bidirectional measurement of liquids with a minimum conductivity of $\geq 5 \mu\text{S}/\text{cm}$:

- Drinking water
- Wastewater
- Sewage sludge
- Flow measurement up to $110\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($484\,315 \text{ gal}/\text{min}$)
- Fluid temperature up to $+80^\circ\text{C}$ ($+176^\circ\text{F}$)
- Process pressures up to 40 bar (580 psi)
- Lengths in accordance with DVGW/ISO

Application-specific lining of the measuring pipe from polyurethane or hard rubber with the following drinking water permissions:

- KTW
- WRAS
- NSF
- ACS

Approvals for hazardous area:

- ATEX
- IECEx
- FM

- CSA
- NEPSI

Connection to process control system:

- HART
- PROFIBUS DP/PA
- FOUNDATION Fieldbus
- MODBUS RS485

Your benefits

Promag measuring devices offer you cost-effective flow measurement with a high degree of accuracy for a wide range of process conditions.

The uniform Proline transmitter concept comprises:

- Modular device and operating concept resulting in a higher degree of efficiency
- Software options for batching, electrode cleaning and for measuring pulsating flow
- High degree of reliability and measuring stability
- Uniform operating concept

The tried-and-tested Promag sensors offer:

- No pressure loss
- Not sensitive to vibrations
- Simple installation and commissioning

T1046D/24/en/07.10

Endress+Hauser 
People for Process Automation

Anexo 8. Especificaciones Técnicas del flujómetro Proline Promag 50W, 53W(Cont.)

Proline Promag 50W, 53W

Input	
Measured variable	Flow velocity (proportional to induced voltage)
Measuring ranges	Measuring ranges for liquids Typically $v = 0.01$ to 10 m/s (0.03 to 33 ft/s) with the specified accuracy
Operable flow range	Over $1000:1$
Input signal	Status input (auxiliary input) ■ $U = 3$ to 30 V DC, $R_i = 5$ kΩ, galvanically isolated ■ Configurable for: totalizer(s) reset, measured value suppression, error-message reset Status input (auxiliary input) with PROFIBUS DP and MODBUS RS485 ■ $U = 3$ to 30 V DC, $R_i = 3$ kΩ, galvanically isolated ■ Switching level: 3 to 30 V DC, independent of polarity ■ Configurable for: totalizer(s) reset, measured value suppression, error-message reset, batching start/stop (optional), batch totalizer reset (optional) Current input (only Promag 53) ■ active/passive selectable, galvanically isolated, full scale value selectable, resolution: 3 μA, temperature coefficient: typ. 0.005% o.r./$^{\circ}$C (o.r. = of reading) ■ active: 4 to 20 mA, $R_i \leq 150$ Ω, max. 24 V DC, short-circuit-proof ■ passive: $0/4$ to 20 mA, $R_i < 150$ Ω, max. 30 V DC
Output	
Output signal	Promag 50 Current output active/passive selectable, galvanically isolated, time constant selectable (0.01 to 100 s), full scale value selectable, temperature coefficient: typ. 0.005% o.r./$^{\circ}$C (o.r. = of reading), resolution: 0.5 μA ■ active: $0/4$ to 20 mA, $R_i < 700$ Ω (HART: $R_i \geq 250$ Ω) ■ passive: 4 to 20 mA, operating voltage V_s: 18 to 30 V DC, $R_i \geq 150$ Ω Pulse/frequency output passive, open collector, 30 V DC, 250 mA, galvanically isolated ■ Frequency output: full scale frequency 2 to 1000 Hz ($f_{\max} = 1250$ Hz), on/off ratio $1:1$, pulse width max. 10 s ■ Pulse output: pulse value and pulse polarity selectable, max. pulse width configurable (0.5 to 2000 ms) PROFIBUS DP interface ■ Transmission technology (Physical Layer): RS485 in accordance with ANSI/TIA/EIA-485-A: 1998, galvanically isolated ■ Profi version 3.0 ■ Data transmission rate: $9,6$ kBaud to 12 MBaud ■ Automatic data transmission rate recognition ■ Function blocks: $1 \times$ analog Input, $1 \times$ totalizer ■ Output data: volume flow, totalizer ■ Input data: positive zero return (ON/OFF), totalizer control, value for local display ■ Cyclic data transmission compatible with previous model Promag 33 ■ Bus address adjustable via miniature switches or local display (optional) at the measuring device PROFIBUS PA interface ■ Transmission technology (Physical Layer): IEC 61158-2 (MBP), galvanically isolated ■ Profi version 3.0 ■ Current consumption: 11 mA ■ Permissible supply voltage: 9 to 32 V ■ Bus connection with integrated reverse polarity protection ■ Error current FDE (Fault Disconnection Electronic): 0 mA ■ Function blocks: $1 \times$ analog input, $2 \times$ totalizer ■ Output data: volume flow, totalizer ■ Input data: positive zero return (ON/OFF), control totalizer, value for local display ■ Cyclic data transmission compatible with previous model Promag 33 ■ Bus address adjustable via miniature switches or local display (optional) at the measuring device

Anexo 9. Especificaciones Técnicas del flujómetro Proline Promag 50W, 53W (Cont.)

Proline Promag 50W, 53W

Promag 53

Current output

- active/passive selectable, galvanically isolated, time constant selectable (0.01 to 100 s), full scale value selectable, temperature coefficient: typ. 0.005% o.r./°C (o.r. = of reading), resolution: 0.5 μ A
- active: 0/4 to 20 mA, $R_L < 700 \Omega$ (HART: $R_L \geq 250 \Omega$)
 - passive: 4 to 20 mA, operating voltage V_S : 18 to 30 V DC, $R_i \geq 150 \Omega$

Pulse/frequency output

- active/passive selectable, galvanically isolated (Ex i version: only passive)
- active: 24 V DC, 25 mA (max. 250 mA during 20 ms), $R_L > 100 \Omega$
 - passive: open collector, 30 V DC, 250 mA
 - Frequency output: full scale frequency 2 to 10000 Hz ($f_{max} = 12500$ Hz), EEx-ia: 2 to 5000 Hz; on/off ratio 1:1, pulse width max. 10 s
 - Pulse output: pulse value and pulse polarity selectable, max. pulse width configurable (0.05 to 2000 ms)

PROFIBUS DP interface

- Transmission technology (Physical Layer): RS485 in accordance with ANSI/TIA/EIA-485-A: 1998, galvanically isolated
- Profi version 3.0
- Data transmission rate: 9,6 kBaud to 12 MBaud
- Automatic data transmission rate recognition
- Function blocks: 2 $\times$ analog Input, 3 $\times$ totalizer
- Output data: volume flow, calculated mass flow, totalizer 1 to 3
- Input data: positive zero return (ON/OFF), totalizer control, value for local display
- Cyclic data transmission compatible with previous model Promag 33
- Bus address adjustable via miniature switches or local display (optional) at the measuring device
- Available output combination $\rightarrow$ 8

PROFIBUS PA interface

- Transmission technology (Physical Layer): IEC 61158-2 (MBP), galvanically isolated
- Profi version 3.0
- Current consumption: 11 mA
- Permissible supply voltage: 9 to 32 V
- Bus connection with integrated reverse polarity protection
- Error current FDE (Fault Disconnection Electronic): 0 mA
- Function blocks: 2 $\times$ analog input, 3 $\times$ totalizer
- Output data: volume flow, calculated mass flow, totalizer 1 to 3
- Input data: positive zero return (ON/OFF), totalizer control, value for local display
- Cyclic data transmission compatible with previous model Promag 33
- Bus address adjustable via miniature switches or local display (optional) at the measuring device

MODBUS RS485 interface

- Transmission technology (Physical Layer): RS485 in accordance with ANSI/TIA/EIA-485-A: 1998, galvanically isolated
- MODBUS device type: Slave
- Address range: 1 to 247
- Bus address adjustable via miniature switches or local display (optional) at the measuring device
- Supported MODBUS function codes: 03, 04, 06, 08, 16, 23
- Broadcast: supported with the function codes 06, 16, 23
- Übertragungsmodus: RTU oder ASCII
- Supported baudrate: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 Baud
- Response time:
 - Direct data access = typically 25 to 50 ms
 - Auto-scan buffer (data range) = typically 3 to 5 ms
- Available output combination $\rightarrow$ 8

Anexo 10. Especificaciones Técnicas del flujómetro Proline Promag 50W, 53W(Cont.)

Proline Promag 50W, 53W

	FOUNDATION Fieldbus interface - FOUNDATION Fieldbus H1 - Transmission technology (Physical Layer): IEC 61158-2 (MBP), galvanically isolated - ITK version 5.01 - Current consumption: 12 mA - Error current FDE (Fault Disconnection Electronic): 0 mA - Bus connection with integrated reverse polarity protection - Function blocks: 5 × Analog Input (execution time: 18 ms each) 1 × PID (25 ms) 1 × Digital Output (18 ms) 1 × Signal Characterizer (20 ms) 1 × Input Selector (20 ms) 1 × Arithmetic (20 ms) 1 × Integrator (18 ms) - Output data: volume flow, calculated mass flow, temperature, totalizer 1 to 3 - Input data: positive zero return (ON/OFF), reset totalizer - Link Master (LM) functionality is supported
Signal on alarm	- Current output → failure response selectable (e.g. in accordance with NAMUR recommendation NE 43) - Pulse/frequency output → failure response selectable - Status output (Promag 50) → non-conductive by fault or power supply failure - Relay output (Promag 53) → de-energized by fault or power supply failure
Load	see "Output signal"
Low flow cutoff	Switch points for low flow cutoff are selectable.
Galvanic isolation	All circuits for inputs, outputs and power supply are galvanically isolated from each other.
Switching output	Status output (Promag 50, Promag 53) Open collector, max. 30 V DC / 250 mA, galvanically isolated. Configurable for: error messages, Empty Pipe Detection (EPD), flow direction, limit values. Relay outputs (Promag 53) Normally closed (NC or break) or normally open (NO or make) contacts available (default: relay 1 = NO, relay 2 = NC), max. 30 V / 0,5 A AC ; 60 V / 0,1 A DC, galvanically isolated. Configurable for: error messages, Empty Pipe Detection (EPD), flow direction, limit values, batching contacts.

Anexo 11. Especificaciones Técnicas del actuador eléctrico CENTORK serie 480.



FRACCIÓN DE VUELTA

La serie 480 de actuadores eléctricos CENTORK viene a responder a la necesidad de disponer de un actuador $\frac{1}{4}$ vuelta directo que completara la gama de actuadores eléctricos Centork en las aplicaciones de pares más bajos. Centork presenta con esta serie un actuador especialmente diseñado para aplicaciones de giro (válvulas de mariposa, de bola o de macho) en ambientes industriales manteniendo las exigentes características de calidad y fiabilidad de Centork y con las siguientes características:

CARGASA

Fabricada con fundición de aleación de aluminio anodizado duro de alta calidad. Los tornillos de la tapa son cautivos para evitar su caída.

LIMITACION DE PAR Y POSICIÓN

Garantizan la correcta actuación de la válvula, controlando con precisión la Posición y el Par aplicado y evitando sobrecargas.

MANDO MANUAL

Permite la maniobra manual de emergencia, manteniendo la prioridad del motor.



ACOPLAMIENTO A LA VÁLVULA

La brida de acoplamiento a la válvula sigue la norma ISO5211. Dispone de un casquillo extraíble que permite la mecanización según el eje de la válvula a actuar.

► **Cinemática:** Dotado de una doble reducción sinfin-corona que garantiza la irreversibilidad (self-locking) y precisión de la posición y un funcionamiento silencioso. Engrase EP de por vida.

► **Alto grado de protección:** Los actuadores serie 480 se suministran como standard IP67, opcionalmente IP68. La serie 48A están certificados como antideflagrante Exd IIBT4.

► **Protección anti-corrosión:** Pintura en polvo epoxy en su acabado standard. Como opción existen las protecciones P1 y P2 para condiciones más extremas. Toda la tornillería exterior es inoxidable.

► **Temperatura ambiente** de -20°C a $+70^{\circ}\text{C}$. (Humedad máxima: 90%).
Vibración: XYZ 10g. 2-34Hz, 30min.

S E R I E 4 8 0



INDICADOR MECÁNICO DE POSICIÓN

El indicador mecánico de posición está directamente conectado a la salida del actuador por lo que indica con precisión y claridad la posición de la válvula.

MOTOR

Diseñado para la actuación de válvulas con baja inercia y par elevado, garantiza un servicio preciso y fiable. Incluye termostato para proteger el motor de sobrecalentamientos y aislamiento clase F.

CALEFACCIÓN ANTICONDENSACIÓN

Para evitar condensación en el interior, se incluye una calefacción autorregulable como standard.

TOPES MECÁNICOS

Regulables en función del recorrido de la válvula, limitan la carrera del actuador evitando daños en la válvula.



CENTRONIK. Unidad integral de control (Opción)
Manteniendo el concepto de modularidad, la unidad Centronik puede ser montada sobre los actuadores de la serie 480, tanto directamente como en montaje separado. De esta manera se dispone de todas las características de control y comunicación digital de la unidad Centronik, incluyendo los buses de campo normalizados (Profibus, Modbus, etc.)



OPCIONES de CONTROL y SEÑALIZACIÓN.
Mediante módulos se pueden incluir en la configuración básica: finales de carrera extras, potenciómetro, transmisor de posición 4-20mA, Estación de control local...



Para actuadores fracción de vuelta con pares mayores utilizar combinaciones de actuadores eléctricos + reductor sinfin: Series 400/410 + CW.



MODELOS		480-006	480-010	480-015	480-025	480-035	480-050	480-080	480-110
Par Máximo (Nm)		60	100	160	240	350	500	800	1100
Brida Salida ISO5211		F05/F07	F07	F07/F10	F07/F10	F10/F12	F10/F12	F12/F14	F12/F14
Tiempo de operación 90° a 50Hz (seg)		20	21	26	26	31	31	39	39
Alimentación Monofásica CA		110V-220V / 50-60Hz							
Alimentación Trifásica CA		N.D.							

Anexo 13. Especificaciones Técnicas del transmisor de presión diferencial Wika Modelo DPGT40.

Instrumentación de presión
mecatrónica

Transmisor de presión diferencial Con indicador de presión diferencial y de servicio integrado Modelo DPGT40

Hoja técnica WIKI PV 17.19



Aplicaciones

Monitorización de filtros, compresores y bombas en:

- Calderas marinas, recipientes a presión, eliminación de aguas de sentina
- Plantas de tratamiento de agua potable y de refrigeración
- Estaciones de compresión, calefacción, sistemas de extinción de incendios

Características

- Transmisión de valores de proceso al puesto de mando (por ejemplo, 4 ... 20 mA)
- Robusta caja de aluminio con mirilla a prueba de rotura
- Elevado tipo de protección IP 65

DELTA-trans



Transmisor de presión diferencial con indicador de presión diferencial y de servicio integrado, modelo DPGT40

Descripción

Los manómetros diferenciales de la línea DELTA se utilizan preferiblemente para la monitorización y control de presiones diferenciales bajas con altas exigencias referente a sobrecarga unilateral y presión estática.

Segmentos típicos para estos productos son la industria naviera, la tecnología de procesos térmicos, la ingeniería de calefacción, aire acondicionado y ventilación, la industria del agua y de aguas residuales, y la ingeniería mecánica y de plantas industriales. Aquí, la tarea principal de los instrumentos de medición consiste en la monitorización de filtros, compresores y bombas.

El DELTA-trans resulta útil en cualquier aplicación que una transmisión de señal y la indicación simultánea de una presión diferencial in situ.

Un sensor angular, probado en aplicaciones críticas del sector de automoción, capta la posición del eje de la aguja sin contacto y, por lo tanto, absolutamente sin desgaste ni repercusiones. A partir de ello, se genera la señal de salida eléctrica, proporcional a la presión de, por ejemplo 4 ... 20 mA, que se utiliza luego para transmitir señales a la sala de control. El punto cero eléctrico también se puede configurar manualmente.

A menudo, en estas aplicaciones resulta importante indicar la presión de servicio actual, aparte de la presión diferencial. Por eso, el transmisor de presión diferencial DELTA-trans lleva integrado un indicador de presión de servicio.

Los dos indicadores mecánicos in situ, libres de tensión de alimentación y de fácil lectura, permiten la lectura simultánea de la presión diferencial y de la presión de servicio. Además, se prescinde de un punto de medición y sellado adicional, y se eliminan gastos adicionales para tuberías y montaje.

La robusta caja de aluminio y la mirilla a prueba de rotura garantizan una larga vida útil del producto, incluso en condiciones ambientales difíciles. Esto asegura que el dispositivo no presente peligro y que resista también los efectos mecánicos externos.

El nuevo diseño funcional completa la apariencia de este instrumento.

Hoja técnica WIKI PV 17.19 - 06/2015

Página 1 de 4

Hojas técnicas de productos similares:
Manómetro diferencial DELTA-plus con indicador de presión de servicio modelo DPG40; véase hoja técnica PM 07.20
Manómetro diferencial DELTA-comb con indicador de presión de servicio y microinterruptor; modelo DPGS40; véase hoja técnica PV 27.20
Interruptor de presión diferencial DELTA-switch; modelo DPS40; véase hoja técnica PV 27.21



Part of your business

Anexo 14. Especificaciones Técnicas del transmisor de presión diferencial Wika Modelo DPGT40 (Cont.).

Diseño y modo de funcionamiento

Las presiones p_1 y p_2 actúan sobre las cámaras del medio $\oplus$ y $\ominus$, que se encuentran separadas por una membrana elástica (1).

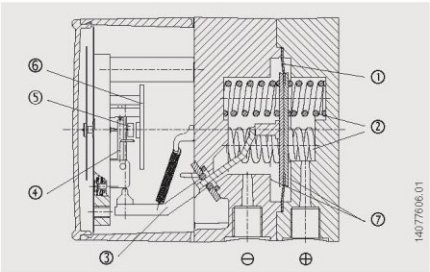
La presión diferencial ($\Delta p = p_1 - p_2$) produce un movimiento axial (trayecto de medición) de la membrana contra los muelles de rango de medición (2).

El trayecto de medición, directamente proporcional a la presión diferencial, se transmite al mecanismo de aguja (4) en la caja del indicador a través de un balancín (3) sin que se produzca ninguna pérdida de presión ni fricción.

Un imán (5), sujetado en su parte posterior al mecanismo de agujas, afecta el campo electromagnético del HALL. La señal resultante se convierte mediante la placa de circuito de procesamiento de señales (6) en una señal de salida estándar.

Colocando la membrana elástica en las superficies de apoyo (7) metálicas se consigue una protección contra sobrecargas.

Esquema de funcionamiento



Montaje según símbolos indicados, $\oplus$ presión alta, $\ominus$ presión baja

- Fijación:
- capilar rígido
 - sujeción mural mediante lengüeta de montaje existente

Versión estándar

Datos técnicos	DELTA-trans modelo DPGT40
Datos mecánicos	
Diámetro nominal	Indicación de presión diferencial: $\varnothing$ 100 mm Indicación de presión de servicio: $\varnothing$ 22 mm
Exactitud	Indicación de presión diferencial: $\leq 2,5\%$ del span (opción $\leq 1,6\%$) Indicación de presión de servicio: $\leq 4\%$ del span
Rangos de indicación (EN 837)	Presión diferencial: 0 ... 0,16 a 0 ... 10 bar Presión de trabajo: 0 ... 25 bar
Presión de trabajo máx. (estática)	25 bar
Protección contra la sobrepresión	unilateral, bilateral y alternante máx. 25 bar
Temperatura admisible	Ambiente: $-10 \dots +70\text{ }^{\circ}\text{C}$, medio de medición: $-10 \dots +90\text{ }^{\circ}\text{C}$ Almacenamiento: $-40 \dots +70\text{ }^{\circ}\text{C}$
Tipo de protección	IP 65 según EN 60529 / IEC 60529
Cámara del medio (en contacto con el medio)	Aluminio, EN AC–Al Si9Cu3(Fe), pintado de negro (Opción: acero inoxidable 1.4571)
Conexiones al proceso (en contacto con el medio)	2 x G 1/4, rosca hembra, abajo, una tras otra, distancia entre ejes 26 mm
Elementos sensibles (en contacto con el medio)	Presión diferencial: muelles de presión de acero inoxidable 1.4310 y membrana de separación de FPM/FKM (opción: NBR) Presión de trabajo: Muelle tubular de aleación de cobre
Piezas de transmisión (en contacto con el medio)	Acero inoxidable 1.4301, 1.4305, 1.4310, FPM/FKM (opción: NBR)
Juntas (en contacto con el medio)	FPM/FKM (opción: NBR)
Mecanismo	Aleación de cobre
Esfera	Indicación de presión diferencial y de servicio: esfera blanca, subdivisión en negro
Aguja	Indicación de presión diferencial y de servicio: esfera azul
Corrección punto cero para la indicación de presión diferencial	mediante tornillo en la esfera
Caja	Aluminio, EN AC–Al Si9Cu3(Fe), pintado de negro
Mirilla	Plástico, con tornillo tapón para la corrección punto cero
Peso	aprox. 1,3 kg

Anexo 15. Especificaciones Técnicas del transmisor de presión diferencial Wika Modelo DPGT40 (Cont.).

Datos eléctricos		
Alimentación auxiliar U_B	DC V	$12 < U_B \leq 30$
Influencia de la alimentación auxiliar	% del valor final/10 V	$\leq 0,1$
Ondulación residual admisible	% ss	≤ 10
Señal de salida	Variante 1 Variante 3 Variante 4	4 ... 20 mA, 2 hilos, pasivos, conforme a NAMUR NE 43 0 ... 20 mA, 3 hilos 0 ... 10 V, 3 hilos
Carga máx admisible R_A para variante 1 - 3		$R_A \leq (U_B - 12 \text{ V})/0,02 \text{ A}$ con R_A en ohmios y U_B en voltios, pero máx. 600 Ω
Efecto de carga (variante 1 - 3)	% del valor final	$\leq 0,1$
Punto cero eléctrico		pontear las pinzas 5 y 6 (véase manual de instrucciones)
■ Estabilidad a largo plazo sistema electrónico	% del valor final/a	$< 0,3$
■ Salida eléctrica		$\leq 2,5 \%$ del span de medición (opción $\leq 1,6 \%$)
Desviación de la curva característica	% del span	$\leq 2,5 \%$ (opción $\leq 1,6 \%$), ajuste de puntos límite
Conexión eléctrica		mediante conector angular giratorio de 180°, protector de alambre, prensaestopa M20 x 1,5, incl. alivio de tracción, cable de conexión: diámetro exterior 7 ... 13 mm, sección de conductor 0,14 ... 1,5 mm², resistencia a la temperatura hasta 70 °C
Protección		Enchufe angular: IP 65 según EN 60529 / IEC 60529
Asignación de los bornes de conexión, 2 hilos (variante 1) ¹⁾		1) Para conexión de 3 hilos véase el manual de instrucciones

Opciones

- Sin indicación de presión de servicio
- Rango de indicación para presión de servicio de 0 ... 10 ó 0 ... 16 bar (presión máx. de servicio y capacidad de sobrecarga de hasta 10 ó 16 bar)
- Clase de exactitud 1,6 para indicador de presión diferencial en rangos de indicación de 0 ... 1 bar hasta 0 ... 10 bar
- Manifold de 4 válvulas de aleación de cobre o acero inoxidable (1 válvula de compensación de presión, 2 válvulas de corte y 1 válvula de lavado y purga)
- Juntas (modelo 910.17, véase hoja técnica AC 09.08)
- Otras conexiones al proceso para rosca hembra y macho
- Racores de corte o de apriete para diámetros de tubo de 6, 8 y 10 mm
- Brida de fijación para montaje en panel (disponible en 2 versiones: acero inoxidable o acero inoxidable pintado de negro)

Conformidad CE

Directiva de EMC
2004/108/CE, EN 61326 emisión (grupo 1, clase B) y resistencia a interferencias (ámbito industrial)

Homologaciones

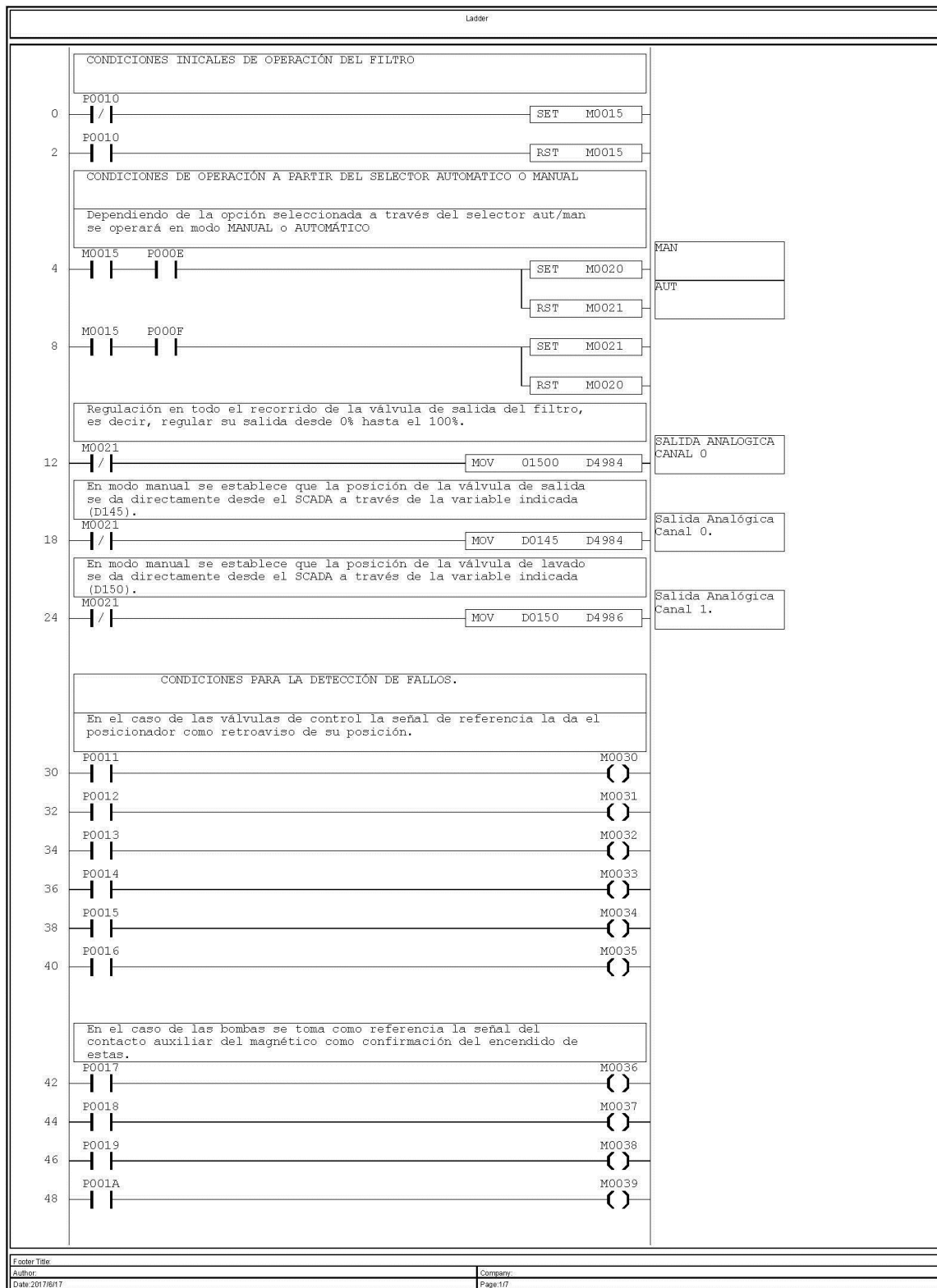
- EAC, certificado de importación, Unión Aduanera de Rusia, Bielorrusia, Kazajistán
- GOST, metrología/técnica de medición, Rusia

Certificados (opcional)

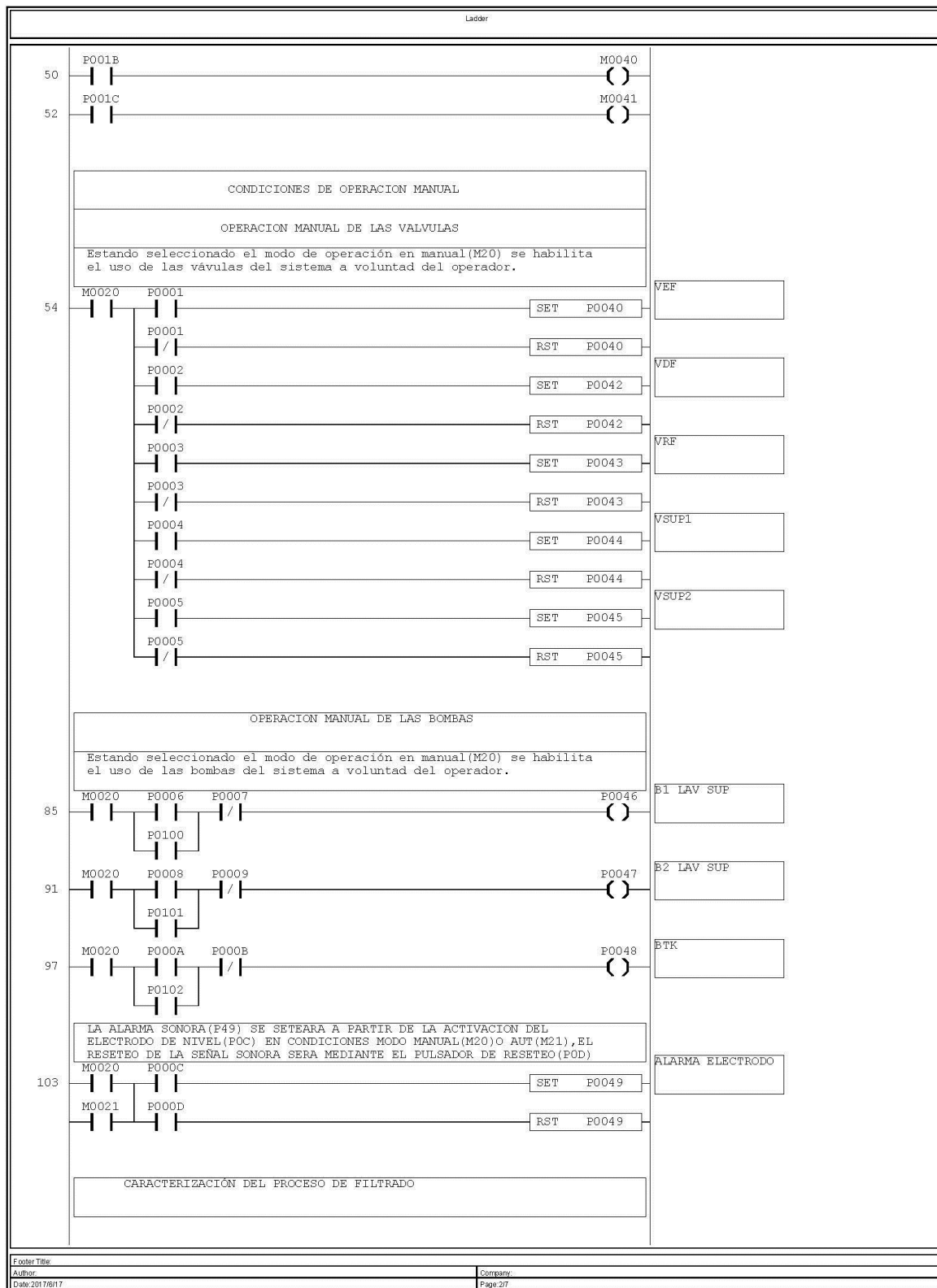
- 2.2 -Certificado de prueba conforme a EN 10204 (p. ej. fabricación conforme al estado actual de la técnica, precisión de indicación)
- 3.1-Certificado de inspección conforme a EN 10204 (p. ej. precisión de indicación)

Para homologaciones y certificaciones, véase el sitio web

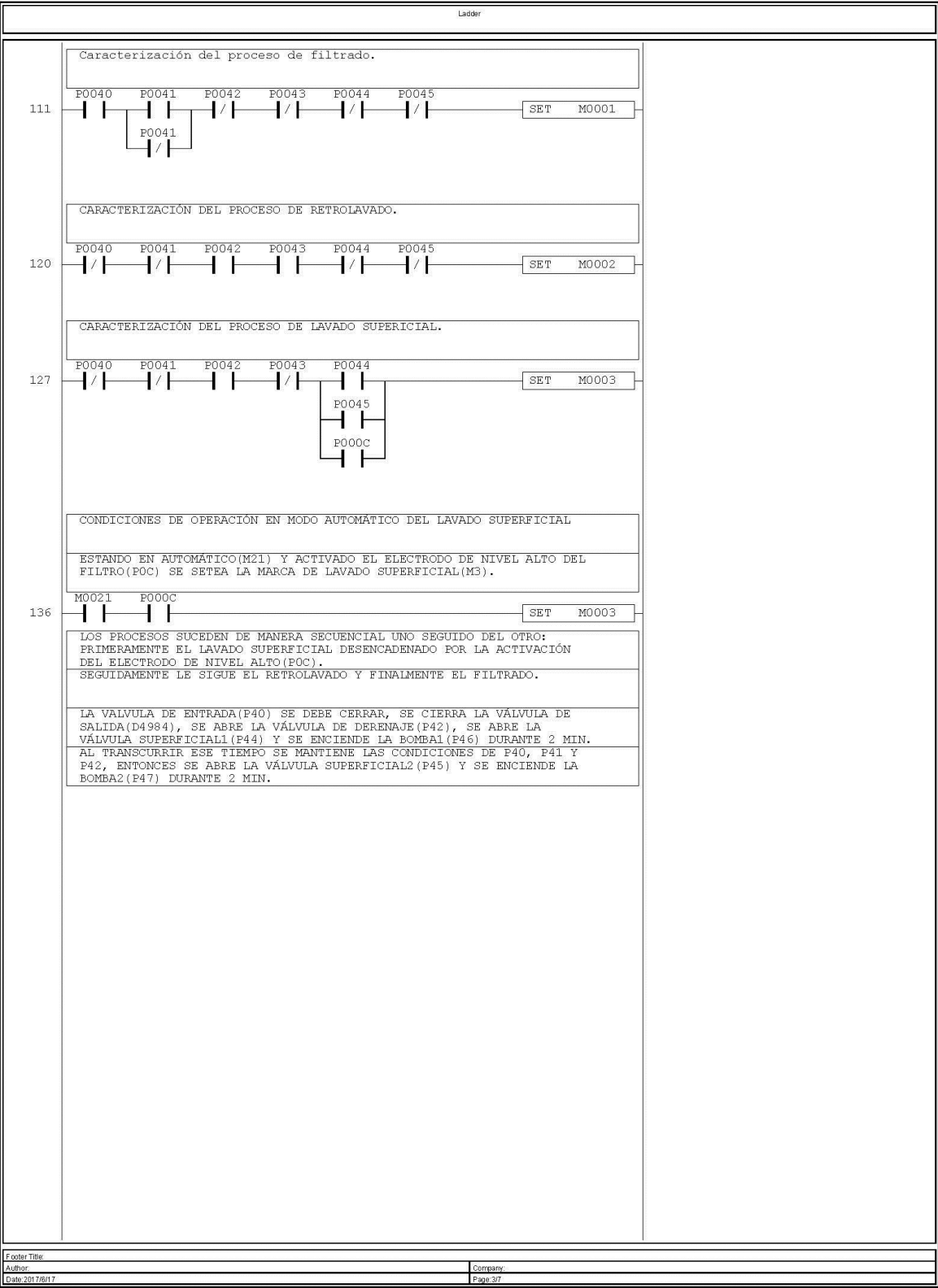
Anexo 16. Programación LD del PLC MK120S en KGL_WIN.



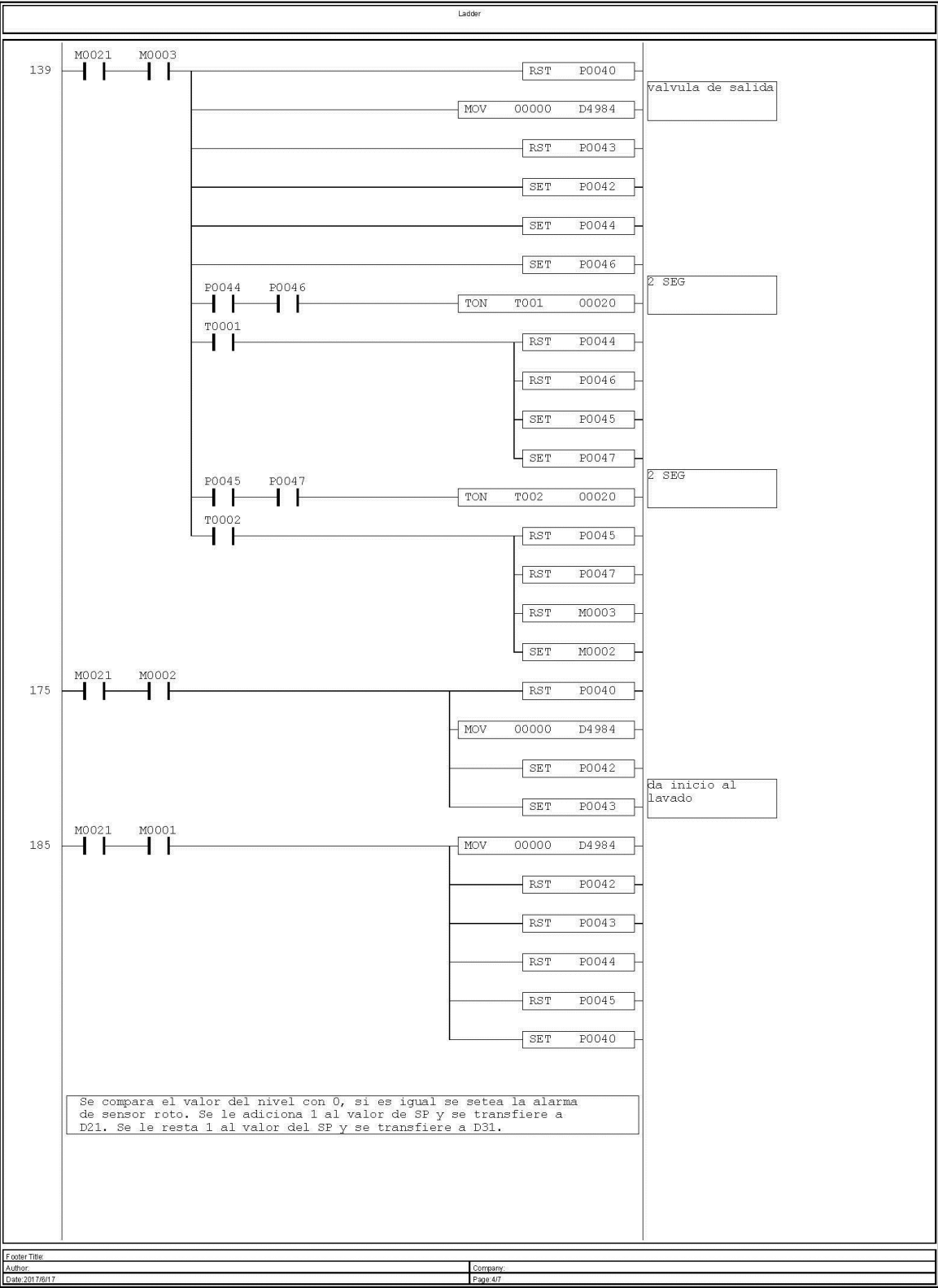
Anexo 17. Programación LD del PLC MK120S en KGL_WIN. (Cont.)



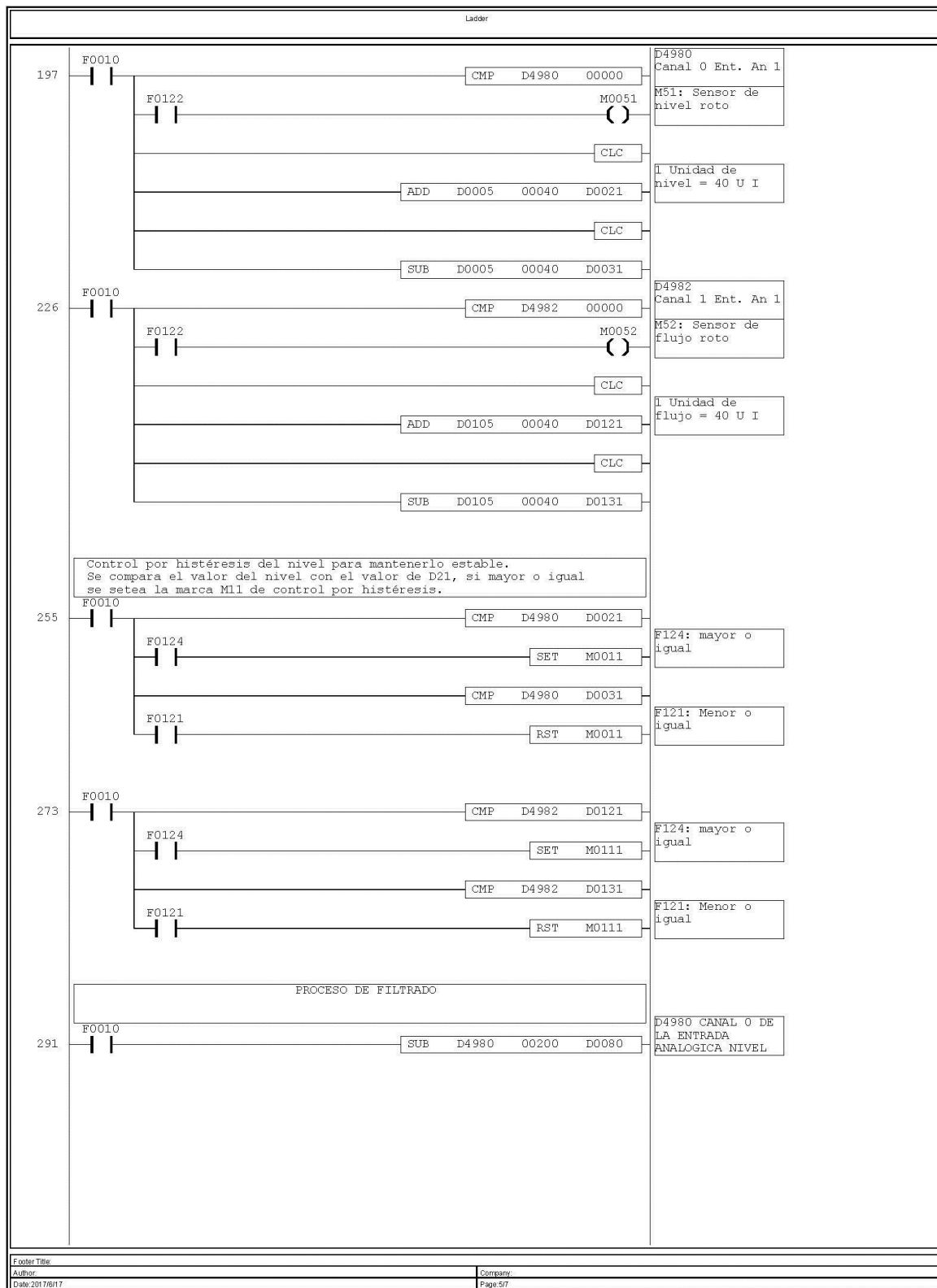
Anexo 18. Programación LD del PLC MK120S en KGL_WIN. (Cont.)



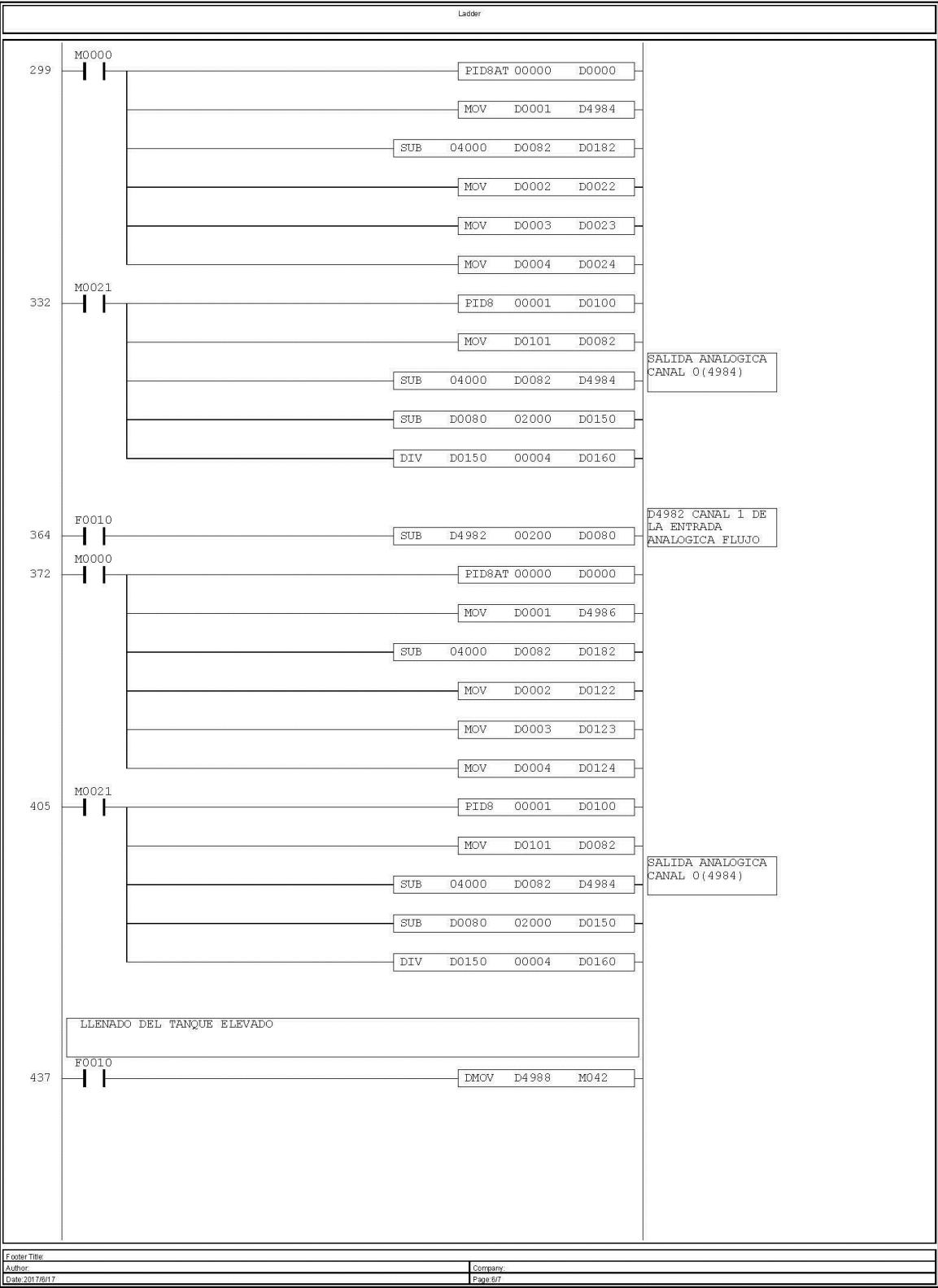
Anexo 19. Programación LD del PLC MK120S en KGL_WIN. (Cont.)



Anexo 20. Programación LD del PLC MK120S en KGL_WIN. (Cont.)



Anexo 21. Programación LD del PLC MK120S en KGL_WIN. (Cont.)



Anexo 22. Programación LD del PLC MK120S en KGL_WIN. (Cont.)

