



# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

---

**Nombre del Proyecto:**

*“Rehabilitación del Sistema de Retrolavado de la Planta Potabilizadora”*

**Trabajo:**

*Reporte Final*

**Lugar de Realización:**

*Comisión México-Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado.*

**Residentes:**

*García Roblero Mari Cruz  
Rosas Ramos Rosarely*

**Carrera:**

*Ingeniería Electrónica*

**Semestre:**

*Noveno*

**Número de Control:**

*04270278*

*04270472*

**Asesor Interno:**

*Ing. Raúl Moreno Rincón.*

**Asesor Externo:**

*Ing. Bernabé Ballinas Trejo*

*Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 16 de Diciembre del 2008*

## ÍNDICE

CAPITULO 1. Generalidades.....	3
1. 1 Introducción.....	3
1.2 Nombre y descripción general del proyecto.....	7
1.3. Justificación.....	7
1.4. Objetivo.....	7
CAPITULO 2. Fundamentos teóricos.....	7
2.1 Potabilización del agua.....	7
2.2 Sifón.....	10
2.3 Controlador Lógico Programable.....	11
CAPITULO 3. Desarrollo del proyecto.....	15
3.1 Descripción de la planta potabilizadora de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G.....	15
3.1.1 Etapa de filtrado.....	17
3.1.2 Proceso de Retrolavado.....	18
3.1.3 Descripción de los elementos que componen el área de filtrado.....	19
3.1.4 Control de nivel líquido Kari.....	22
3.1.5 Turbidímetro de retrolavado The Hach Modelo 19800.....	24
3.2. Problemática.....	25
3.3 Alcances y limitaciones.....	25
3.4 Procedimiento y descripción de actividades realizadas.....	25
3.5 Resultados, prototipos y programas.....	26
3.5.1 Diseño del funcionamiento del proceso de filtrado.....	26
3.5.2 Construcción del tablero de control.....	27
3.5.3 Programa en Step 7.....	30
Conclusiones y sugerencias.....	38
Referencias.....	38
Anexo 1.....	39
Anexo 2.....	41
Anexo 3.....	43
Anexo 4.....	45

## CAPITULO 1. Generalidades

### 1.1 Introducción

#### Antecedentes

La Comisión México-Americana se encuentra ubicada en el estado de Chiapas, en el municipio de Chiapa de Corzo; ésta se encuentra junto al río Grijalva sobre 80 hectáreas de terreno que fueron donadas por el gobierno del estado, Fig. 1.1.



**Fig. 1.1 Vista aérea de la Comisión México Americana P.E.G.B.G**

Esta Comisión es un Organismo Binacional sin fines de lucro, constituido según acuerdo firmado el 28 de Agosto de 1972, por México y Estados Unidos de Norte América.

El propósito de este Acuerdo es establecer un programa conjunto entre los gobiernos con el fin de erradicar al gusano barrenador del ganado (*Cochliomyia Hominivorax*, Coquerel) en la región de México y establecer una barrera con moscas estériles del gusano barrenador, con el propósito de proteger las regiones de México libres de la plaga.

### Giro de la Empresa

La Comisión México Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado "P.E.G.B.G.", es un complejo industrial dedicado a producir moscas estériles del gusano barrenador en la cantidad y calidad apropiada, para que mediante la estrategia del macho estéril que consiste en dispersar insectos esterilizados en zonas infestadas y aparearse con moscas hembra fértiles se logre interrumpir el ciclo biológico del insecto, controlando la población paulatinamente.

### Misión de la Empresa

Producir moscas estériles de calidad para erradicar el gusano barrenador del ganado en beneficio de la salud pública y animal, desarrollando profesionalmente a los colaboradores de la organización y preservando el entorno ecológico.

### Visión de la Empresa

Liberar al mundo del gusano barrenador del ganado en beneficio de la humanidad.

### Estructura organizacional de la empresa

Debido a que es una empresa de convenio binacional, la Dirección, Subdirecciones y Jefaturas de Departamento, cuenta con la representación de ambos países (México y Estados Unidos), aunque en esta estructura no se manifiesta en el siguiente organigrama, es importante tener en cuenta este aspecto. En la figura 1.2 se muestra el organigrama de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G.

### Área de Ejecución del Proyecto

La necesidad de rehabilitar el sistema de retrolavado de la planta potabilizadora tiene lugar en el área de Tratamiento de Aguas, pero la investigación y desarrollo del sistema se lleva a cabo en el Departamento de Mantenimiento Preventivo y Proyectos, en la Unidad de Electrónica.

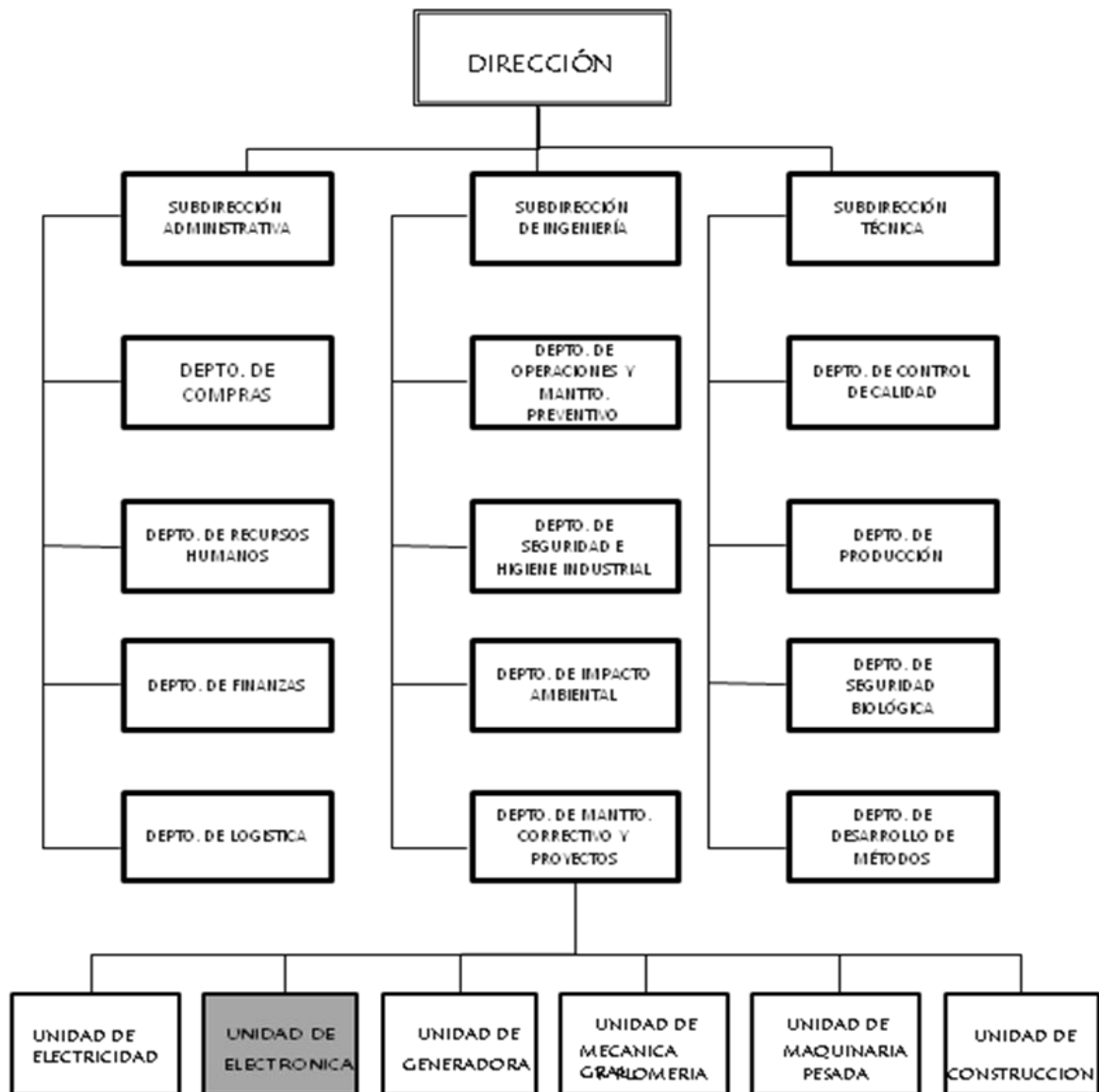


Fig. 1.2 Organigrama de la Comisión México Americana P.E.G.B.G

Áreas que componen el Departamento de Mantenimiento Correctivo y Proyectos y sus funciones

- **Unidad de Electricidad.** Mantener en óptimas condiciones el suministro de energía eléctrica. Tanto en alta y baja tensión, subestaciones y líneas de aéreas y mantenimiento de gabinetes eléctricos, tableros, centro de control de motores, trincheras y ductos de cableados eléctrico etc. Para lograr nuestro objetivo de erradicar el Gusano Barrenador y cumplir con normas oficiales que nos aplican.
- **Unidad de Electrónica.** Mantener en optimas condiciones los equipos electrónicos instalados en la planta para la producción del gusano barrenador, realizando mantenimiento correctivo y preventivo del sistema de telefonía, control de temperaturas y humedades, monitoreo e instrumentación electrónica y automatización de los diferentes procesos que se realizan en la planta. Así como el desarrollo y ejecución de proyectos para mejorar dichos procesos.
- **Unidad de Generadora.** Asegurar la continuidad del fluido eléctrico en caso de fallas en las líneas suministradoras de CFE para mantener operativa las áreas de producción de moscas estériles. Generar electricidad en horario punta con la finalidad de mantener el programa de ahorro de energía establecido en nuestra planta.
- **Unidad de Mecánica Gral. Y Plomería.** Esta unidad es encargada del mantenimientos preventivos y correctivos a los equipos manejadoras de aire, compresores, bombas hidráulicas, aereadores (huracán y tornado), red de distribución y accesorios de agua potable, agua helada, agua caliente, vapor, etc., Mantenimiento a los servicios sanitarios, cocinetas y cafeterías, red de drenaje, fosa sépticas. Instalaciones en nuevos proyectos, Además se tiene a cargo la operación de las áreas de lavandería y centrifuga.
- **Unidad de Maquinaria Pesada.** Esta unidad se encarga de la operación y mantenimiento de la maquinaria pesada, camiones volteos y plantas de emergencias; de el proceso y operación del tratamiento de la planta de composta y apoya a las demás unidades con maniobras requeridas.
- **Unidad de Construcción.** Esta Unidad se encarga de la construcción y del mantenimiento general de los inmuebles, del mobiliario ubicado en ellos y de las instalaciones que dan servicio a ellos. Tales como vialidades, estacionamientos, áreas verdes, etc. para llevar a cabo estas actividades esta unidad esta formada por las áreas de albañilería, carpintería, pintura y jardinería.

Procesos que se manejan en la comisión México-Americana para la erradicación del gusano barrenador del ganado.

Los procesos que se siguen para esterilizar las moscas son los siguientes:

- Oviposición (adulto y huevo)
- Crecimiento larvario (huevo y larva)
- Pupación y maduración de pupa (larva y pupa)
- Esterilización y empaque de pupa (pupa)

## 1.2 Nombre y descripción general del proyecto

El proyecto realizado en la Comisión México-Americana P.E.G.B.G. se llama “Rehabilitación del sistema de retrolavado de la planta potabilizadora”, en el cual se implementó un PLC para la automatización de la etapa de filtrado de ésta planta, tomando en consideración las deficiencias presentadas en el proceso de filtrado anterior y realizando las mejoras necesarias en base a un estudio previo.

## 1.3 Justificación

La mayor parte de los procesos que conforman la producción del Gusano Barrenador del Ganado “GBG” requieren del vital líquido llamado agua. Para ello, se cuenta con una planta potabilizadora, la cual la suministra a todas las áreas de la planta.

Con la utilización de un PLC en la automatización de la etapa de filtrado de la planta potabilizadora se tendrá un control mas eficiente de los elementos que componen dicha etapa, de igual manera del retrolavado que actualmente genera un gasto excesivo de agua, debido al tipo de sistema de retrolavado existente, este se lleva a cabo después de varios intentos, causado por falta de fuerza en el flujo de agua que entra a los filtros.

Es indispensable un sistema que controle de manera precisa los parámetros que determinan la necesidad de mantenimiento de los filtros y se lleve a cabo de forma automática, para mantener operativos estos equipos; así como un tablero de control en donde el operario realizar los ajustes pertinentes.

## 1.4 Objetivo

Rehabilitar el Sistema actual de Retrolavado de la Planta Potabilizadora, actualizando la tecnología del sistema de control, mediante PLC; así como sensores e instrumentos de medición de parámetros del proceso, los cuales podrán ser manipulados mediante un tablero de control.

## CAPITULO 2. Fundamentos Teóricos

### 2.1 Potabilización del Agua

Tratamientos físicos, químicos y microbiológicos

Al tratar las distintas fuentes de abastecimiento, algunas aguas pueden ser naturalmente potables y otras pueden necesitar un tratamiento corrector previo a su entrega al consumo.

Las aguas provenientes de fuentes subterráneas profundas, galerías filtrantes o manantiales, pueden ser entregadas directamente al consumo, siempre que sean químicamente apropiadas y si se tiene en cuenta todas las previsiones necesarias en su captación para evitar su contaminación. Son en general naturalmente potables. Solo se recomienda un tratamiento con cloro para resguardarla de cualquier contaminación accidental en la red de distribución.

Cuando el agua no es naturalmente potable habrá que hacer un tratamiento corrector, como sucede con las aguas superficiales. El tratamiento corrector o potabilizador puede ser físico, químico o microbiológico.

### *Físico*

El tratamiento corrector para este fin consiste en:

- Eliminación de la turbiedad y el color; es decir la eliminación de materias en suspensión, finamente divididas, que no asientan fácilmente, acompañadas muchas veces de materias orgánicas coloidales o disueltas, que no son retenidas por la simple filtración. Para ello es necesario un tratamiento previo con coagulante químico, seguido de decantación o clarificación y luego filtración, a través de un manto de arena u otro material inerte y finalmente un tratamiento de desinfección, más o menos intenso, según el grado de contaminación.
- Eliminar o reducir la intensidad de los gustos u olores para lo cual se recomienda distintos procedimientos, que dependen de la naturaleza del problema, como son: aireación, carbón activado, uso de cloro u otros oxidantes como el ozono, y algunas veces combinado con un tratamiento previo del agua natural con un alguicida.

### *Químico*

El tratamiento corrector químico se refiere a la corrección del pH del agua, la reducción de la dureza, la eliminación de los elementos nocivos o al agregado de ciertos productos químicos, buscando siempre mejorar la calidad del agua.

La corrección del pH puede hacerse agregando cal o carbonato de sodio, antes o después de la filtración. La reducción de la dureza, puede hacerse por métodos simples (cal, soda, Zeolita o resinas) o métodos compuestos (cal-soda; cal zeolita, cal-resinas). La eliminación de elementos nocivos puede referirse a bajar los contenidos excesivos de hierro, manganeso, flúor, arsénico o vanadio.

### *Microbiológico*

El tratamiento bacteriológico se refiere casi exclusivamente a la desinfección con cloro, pudiéndose utilizar cloro puro, sales clorogenas o hipocloritos. Las dosis a utilizar generalmente se fijan en base al cloro residual, cuyo valor debe estar entre 0.05 mg/l y 0.1 mg/l para quedar cubierto de cualquier contaminación secundaria.

Pasos del proceso físico de potabilización del agua.

### *Captación*

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos o diques.

El agua proveniente de ríos está 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. La captación de aguas subterráneas se efectúa por medio de pozos de bombeo ó perforaciones.



### *Conducción*

Desde la toma de agua del río hasta los presedimentadores, el agua se conduce por medio de acueductos ó canales abiertos. Esta etapa se realiza en piletas preparadas para retener los sólidos sedimentables (arenas), los sólidos pesados caen al fondo. En su interior las piletas pueden contener placas o seditubos para tener un mayor contacto con estas partículas. El agua pasa a otra etapa por desborde.

### *Agregado de productos químicos*

El agregado de productos químicos (coagulantes) se realiza para la desestabilización del coloide o turbiedad del agua.

### *Floculación*

En los floculadores que pueden ser mecánicos o hidráulicos, se produce la mezcla entre el producto químico y el coloide que produce la turbiedad, formando los flóculos.

Los floculadores mecánicos son paletas de grandes dimensiones, y velocidad de mezcla baja. Son hidráulicos con canales en forma de serpentina en la cual se reduce la velocidad de ingreso del agua produciendo la mezcla.

### *Sedimentación*

La sedimentación se realiza en decantadores o piletas de capacidad variable, según la Planta Potabilizadora. En ellos se produce la decantación del floculo, que precipitan al fondo del decantador formando barro. Normalmente la retención de velocidad del agua que se produce en esta zona es de 40 minutos a una hora

Los decantadores o sedimentadores es su tramo final poseen vertederos en los cuales se capta la capa superior del agua (que contiene menor turbiedad) por medio de estos vertederos el agua pasa a la zona de filtración.

### *Filtración*

Un filtro está compuesto por un manto sostén: piedras, granza y arena

La filtración se realiza ingresando el agua sedimentada o decantada por encima del filtro. Por gravedad el agua pasa a través de la arena la cual retiene las impurezas o turbiedad residual que queda en la etapa de decantación.

Los filtros rápidos tienen una carrera u horas de trabajo de aproximadamente 30 horas.

Una vez que el filtro colmató su capacidad de limpieza, se lava ingresando agua limpia desde la parte inferior del filtro hacia arriba, esto hace que la suciedad retenida en la arena, se desprende de la misma.

### *Desinfección*

Una vez que el agua fue filtrada, pasa a la reserva, allí se desinfecta según distintos métodos. El más usado es el agregado de cloro líquido. El cloro tiene la característica química de ser un oxidante, lo cual hace que se libere oxígeno matando los agentes patógenos, por lo general bacterias anaeróbicas.

Otros desinfectantes utilizados son: hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio (pastillas), ozono, luz ultravioleta, etc.

## 2.2 Sifón

Un sifón está formado por un tubo, en forma de "U" invertida, con uno de sus extremos sumergidos en un líquido, que asciende por el tubo a mayor altura que su superficie, desaguando por el otro extremo. Para que el sifón funcione debe estar lleno de líquido, ya que el peso del líquido en la rama del desagüe es la fuerza que eleva el fluido en la otra rama.

En esencia, la acción de los sifones se produce por las fuerzas de atracción entre las moléculas de agua y la gravedad terrestre. Por tanto, en todo momento se debe velar porque no penetre aire al sistema, pues se interrumpiría la acción de las fuerzas moleculares del agua.

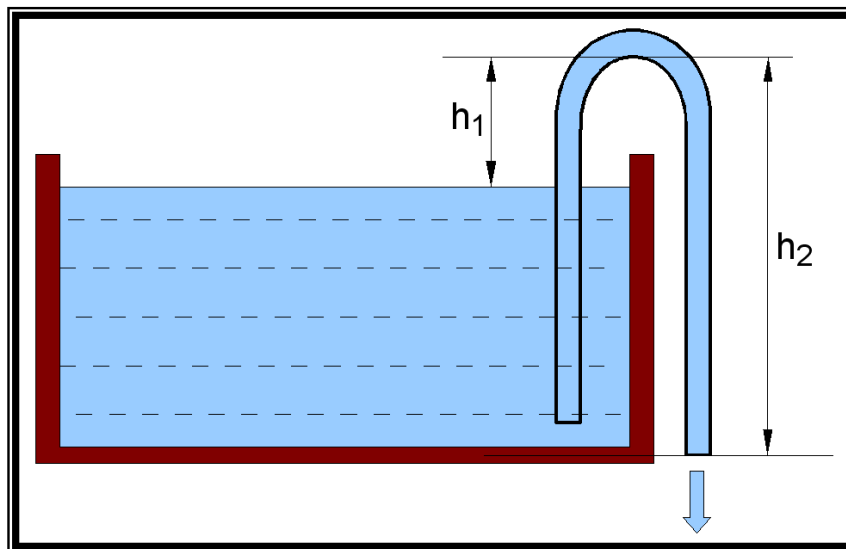


Fig. 4.2 Sifón

## 2.3 Controlador Lógico Programable (PLC)

### Necesidades y usos del PLC

La gran mayoría de los procesos industriales requieren algún tipo de control. La necesaria automatización de estas funciones de control puede ser llevada a cabo de muy diferentes formas: a base de cuadros de relés, contactores, etc.

Lamentablemente, cualquier modificación en este tipo de sistemas de control suponía gran esfuerzo técnico y económico, y más todavía si estos cambios eran frecuentes. Además debemos tener en cuenta que la mayoría de estos elementos son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada que requiere una estricta manutención. Por otra parte, estos sistemas suponen un conexionado complejo cuando existen gran cantidad de elementos, lo que implica un enorme esfuerzo de diseño, mantenimiento, etc.

Con el objetivo de solucionar, o reducir, estos inconvenientes se elaboraron los autómatas, que permiten cambiar la funcionalidad del control del proceso industrial sin más que cambiar el programa, ya que gran parte de los componentes necesarios como relés auxiliares, temporizadores, etc. Se encuentran implementados en la programación interna de él. Además, en los casos en que las modificaciones superen la capacidad del sistema, es posible agregar módulos de ampliación que permitan cumplir con las nuevas exigencias.

Este automatismo fácilmente programable para tareas de control, y concebido para ser utilizado en ambientes industriales, es lo que se conoce como PLC, acrónimo de Programmable Logic Controller, es decir, Controlador Lógico Programable. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.) por otra.

Los autómatas programables no sólo tienen aplicación industrial, si no que también se emplean para automatizar procesos en el hogar (puerta de un garaje, luces de la casa, etc...), entre otros.

Entre las características de los PLC's destacan:

- Fácilmente programables por la mayoría de los técnicos.
- Facilidad en la modificación de programas.
- Comunicación con otros PLC's, pudiendo enviar y recibir señales.
- Tiempo de vida largo.
- Pueden trabajar sin problemas en todo tipo de ambientes industriales.

### Estructura externa

Existen dos estructuras básicas para los autómatas programables:

- Compacta: consiste en una única pieza en la que se integran todos los elementos
- Modular: en los que la CPU, la fuente de alimentación, las entradas, las salidas, etc..., son cada una un módulo que se elige en función de la aplicación requerida.

Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en raíles normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente

## Arquitectura

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo, son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser digitales o analógicas. A estas líneas conectaremos los sensores (captadores).
- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.
- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa que el usuario ha introducido.

La CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando, cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica. Para ello, dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc...

A parte de éstos podemos disponer de los siguientes elementos:

- Unidad de alimentación (algunas CPU's la llevan incluida).
- Consola de programación: que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario. Tiende a desaparecer, debido a que la mayoría se programan a partir del PC mediante programas específicos facilitados por cada fabricante; o programados directamente desde el propio autómata.
- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc...
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómata con otros dispositivos (como un PC), autómatas, etc.

## Lenguajes de programación

Los primeros autómatas programables surgieron debido a la necesidad de sustituir los enormes cuadros de maniobra contruidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debía ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje utilizado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación.

Con el tiempo estos lenguajes evolucionaron de tal forma que algunos de ellos ya no tenían nada que ver con el típico plano eléctrico a relés, además de haber evolucionado siguiendo caminos distintos. Todo esto unido al incremento en la complejidad de los procesos a automatizar, no hizo más que complicar el uso de aquello que se creó con una finalidad bien distinta.

Con el fin de subsanar este problema la dirección del IEC (estándar internacional) ha elaborado el estándar IEC 1131-3 para la programación de PLC's, con la idea de desarrollar el estándar adecuado para un gran abanico de aplicaciones.

Los lenguajes gráficos y textuales definidos en el estándar son una fuerte base para entornos de programación potente en PLC's. Los lenguajes más significativos son:

- Lenguaje de contactos (KOP): es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos.
- Lenguaje por lista de instrucciones (AWL): consiste en elaborar una lista de instrucciones.
- Plano de funciones lógicas (FUP): resulta especialmente cómodo de utilizar cuando estamos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.
- GRAFCET: es el llamado Gráfico de Orden Etapa-Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

### Constitución del PLC

En la figura podemos observar la apariencia externa que presenta un autómata de la familia S7-200. En este caso se trata de una CPU-222, la cual presenta algunas diferencias respecto de la CPU-224, con la que trabajaremos en el proyecto. Pese a ello, la distribución de componentes es exactamente la misma, variando la cantidad de E/S, potenciómetros analógicos, etc...

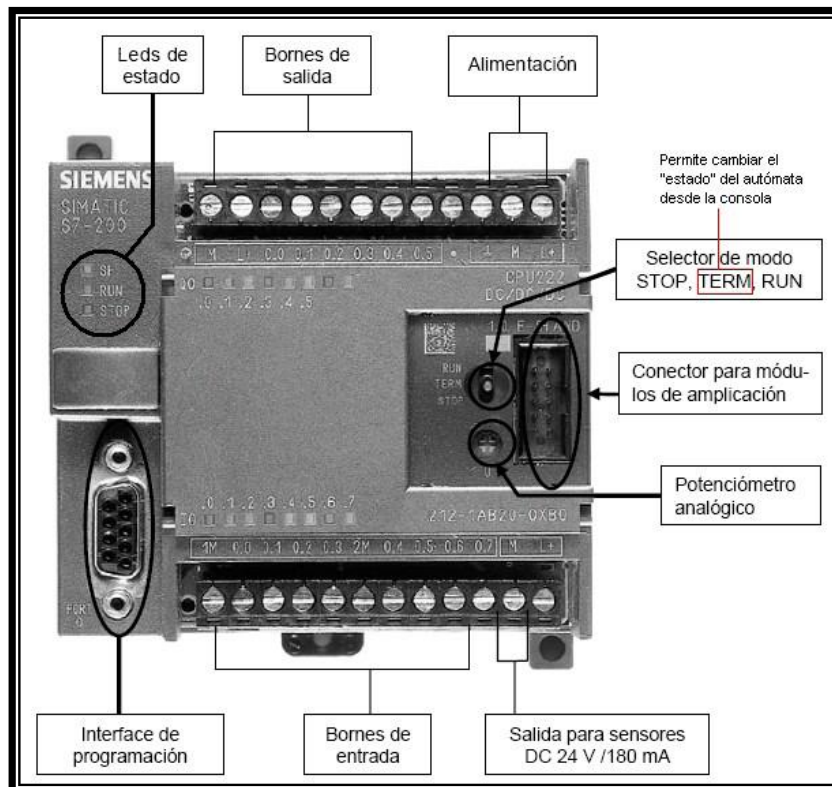


Fig. 2.1 Constitución física del PLC

### Configuración de la comunicación (cable PC/PPI)

Para configurar la comunicación entre la CPU S7-224 y el PC, se tiene que utilizar el cable PC/PPI. La configuración se realizará con un solo maestro y sin ningún otro equipo de hardware instalado (como p. ej. un módem o una unidad de programación).

Conectar el PC a la CPU

Para establecer una conexión correcta entre los dos componentes, deberemos realizar:

- Ajuste los interruptores DIP del cable PC/PPI a la velocidad de transferencia asistida por su PC. Seleccione también las opciones "11 bits" y "DCE".
- Conecte el extremo RS-232 ("PC") del cable PC/PPI al puerto de comunicaciones de su PC (COM1 ó COM2).
- Conecte el extremo RS-485 ("PPI") del cable PC/PPI al puerto de comunicaciones de la CPU.

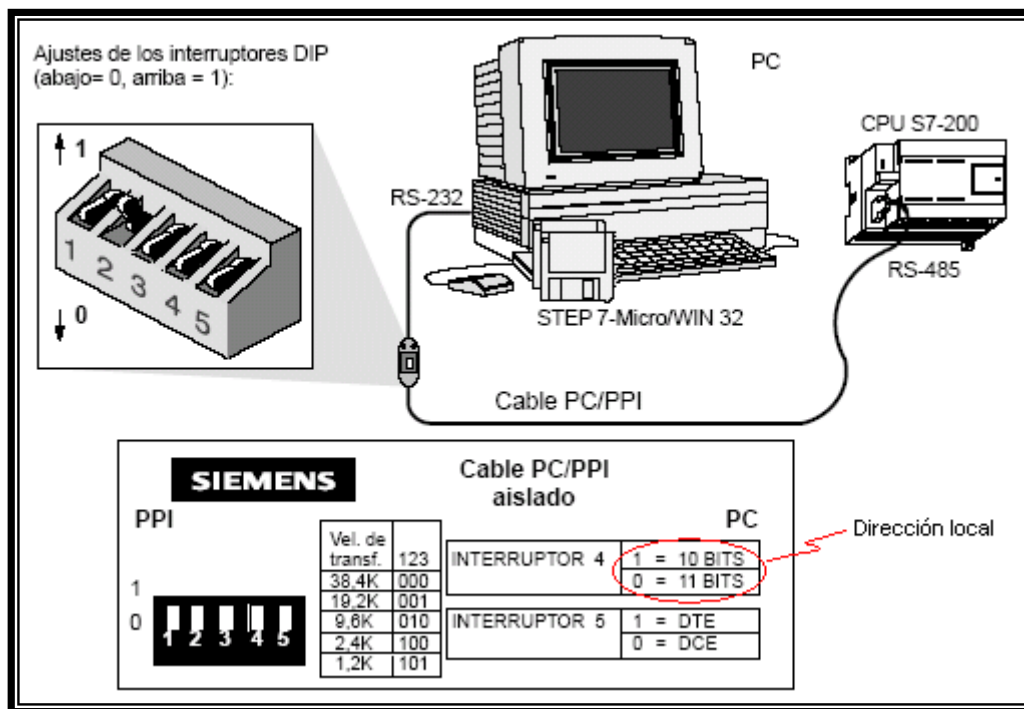


Fig. 2.2 Configuración del cable PC/PPI

### CAPITULO 3. Desarrollo del Proyecto

#### 3.1 Descripción de la planta potabilizadora de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G.

En la figura 3.1 se muestra las diferentes etapas del proceso de potabilización del agua en la Comisión México-Americana P.E.G.B.G.

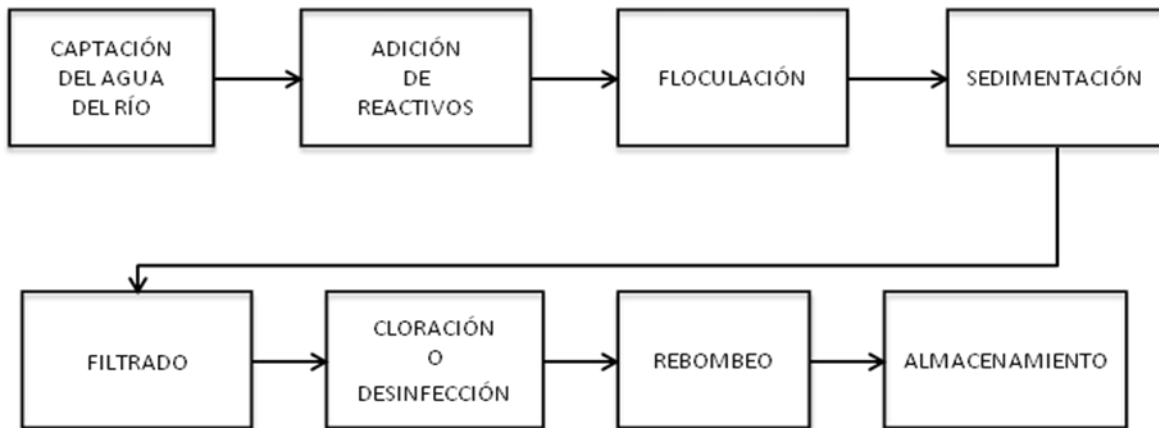


Fig. 3.1 Diagrama del proceso de potabilización del agua de la Comisión México Americana P.E.G.B.G

#### Captación del agua del río

El agua utilizada en la Comisión México-Americana P.E.G.B.G. proviene del río Grijalva, en el municipio de Chiapa de Corzo. Para la captación del agua se utiliza una bomba sumergible, la cual tiene capacidad de 25 lt/s y transporta el agua hasta la etapa de clarificación, la bomba es controlada por los sensores de nivel que se encuentran en el tanque de almacenamiento principal, de este modo la Comisión México-Americana P.E.G.B.G. siempre cuenta con el abastecimiento de agua, ya que cuando el nivel baja, se activa la bomba de captación y se detiene cuando los sensores indican que ha alcanzado su nivel máximo preestablecido.

#### Adición de reactivos

La adición de reactivos se lleva a cabo en la entrada a los tanques de floculación (Img. 3.1. Anexo 1), ya que el agua proveniente del río contiene sólidos y partículas, las cuales tienen que ser separadas del agua en el proceso de potabilización. La mezcla de los reactivos es realizada en la caseta contigua a los tanques de floculación y sedimentación (Img. 3.2. Anexo 1) La utilidad de este proceso se debe a las siguientes acciones:

- Remoción de turbiedad orgánica que no puede sedimentar con rapidez.
- Remoción de color.

- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor.

### Floculación

Después de la adición de reactivos, el proceso continúa con la etapa de floculación y coagulación.

La coagulación es el proceso de adicionar los productos químicos al agua para reducir o anular las fuerzas que tienden a mantener separadas las partículas en suspensión y la floculación es la aglomeración de las partículas de mayor tamaño llamadas floculos, que posteriormente sedimentan por gravedad.

El tanque de floculación posee 4 paletas mecánicas que son movidas por motores (Img. 3.3 Anexo 1), son las encargadas de mezclar íntimamente el agua con los productos químicos y formar así los flóculos que al cobrar tamaño y peso se precipitan al fondo en los tanques de sedimentación.

La coagulación en esta área implica tres etapas: adición de coagulante, desestabilización de partícula coloidal y formación de floculos

### Sedimentación

Una vez pasado el proceso anterior el agua se comunica con un sedimentador de manto flotante de lodos (Img. 3.4 Anexo 1), provisto con módulos tubulares. Las canaletas recolectoras conducen el agua de la superficie clarificada a un tanque circular llamado "tanque de transferencia" (Img. 3.5 Anexo 1).

### Filtrado

El agua del tanque de transferencia es transportada por dos bombas eléctricas horizontales (Img. 3.6 Anexo 1) que succionan y elevan el agua hasta una caja rompedora de flujo que distribuye el agua a los filtros (Img. 3.7 Anexo 1).

Los filtros son de presión, con lavado automático por medio de un sifón, adicionalmente están equipados con agitación superficial de agua a presión; son de sección circular y tienen dos cámaras (Img. 3.8 Anexo 1), una inferior donde está el lecho filtrante de arena, soportada por un lecho de grava graduada; el sistema de drenaje y lavado constituido por un múltiple de tuberías con boquillas provistas de orificios y el sistema de lavado superficial que se opera con equipo de bombeo, también es de funcionamiento automático.

La cámara superior de cada filtro sirve para almacenar el agua filtrada, utilizándose también para el lavado del filtro, cuando se alcance una pérdida de carga prefijada por la altura del sifón, esta se descarga en una tubería de desagüe permitiendo la limpieza del lecho filtrante. El agua filtrada, una vez lleno el tanque superior de cada filtro, fluye a través de una tubería conectada hacia la etapa de cloración.

### Cloración o Desinfección

Para completar el tratamiento se cuenta con una caseta de precloración y otra de post cloración, la primera localizada en la entrada a los tanques de floculación, lo cual da inicio al proceso



de desinfección, además sirve para evitar crecimiento biológico en la planta de tratamiento, la caseta de pos cloración se localiza en el área de rebombeo, completa el trabajo de desinfección destruyendo todos los gérmenes que queden para mantener la cantidad adecuada de cloro libre disponible según la norma oficial vigente, la sustancia utilizada para este proceso es hipoclorito de sodio líquido al 13 % (Img. 3.9 Anexo 1).

### Almacenamiento

Este es el paso final en el proceso de potabilización del agua. Se deposita el agua previamente potabilizada en la cisterna con capacidad de 3,000 m<sup>3</sup>, que se encuentra en la parte más alta de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G. La distribución se hace con tuberías de 8" y es por gravedad, desde la cisterna elevada hasta las llaves que se encuentran en todas las áreas de la planta.

### 3.1.1 Etapa de Filtrado (Img. 5.28 Anexo2)

En la figura 3.2 se muestra los dispositivos que conforman el proceso de filtrado.



**Fig. 3.2 Diagrama del proceso de la etapa de filtrado de la planta potabilizadora de la Comisión México Americana P.E.G.B.G**

- En esta etapa el proceso inicia en el tanque de transferencia, que es donde se almacena el agua que se capta del río después de pasar por los procesos de floculación y sedimentación (Img.3.10 Anexo 2)
- En el tanque de transferencia se encuentra un sensor de nivel que se encarga de controlar el nivel de agua dentro de éste (Img.3.11 Anexo 2).
- Una vez que el agua del tanque de transferencia está en su máximo nivel, el sensor manda una señal eléctrica que activa a dos bombas de transferencia (Img.3.12 Anexo 2), éstas transportan el agua del tanque de transferencia hacia los filtros 1 y 2; las bombas funcionan de manera alterna, una a la vez, nunca las dos al mismo tiempo, el tiempo de funcionamiento es irregular, ya que una bomba puede funcionar hasta 4 veces seguidas, en lapsos de 3 a 4 minutos aprox.
- Al activarse una bomba de transferencia, se activan las electroválvulas que abren las válvulas de compuerta que permite el flujo del agua hacia los filtros (Img.3.13 Anexo 2).
- El agua transportada por la bomba de transferencia llega a una caja rompedora de flujo, la cual se encuentra a 7 metros de altura y distribuye el agua hacia los filtros 1 y 2.
- El agua entra a los filtros por la parte inferior, atraviesa el lecho filtrante y sube hacia el tanque de almacenamiento de cada uno de los filtros (Img.3.14 y 3.15 Anexo 2).
- En la parte superior de cada tanque de almacenamiento (Img.3.16 y 3.17 Anexo 2) se encuentra una tubería que une el flujo de agua filtrada de cada uno de los filtros y lo transporta hacia la etapa de cloración (Img.3.18 Anexo 2).

### 3.1.2 Proceso de Retrolavado

- La sección de filtrado está constituido por dos filtros, cada filtro cuenta con un tanque de almacenamiento en la parte superior (Img. 3.19, Anexo 3), una tubería en la cual se produce un sifón que es parte fundamental en el proceso de retrolavado, un motor rascador, un sensor de turbidez y cuatro electroválvulas.
- El proceso inicia cuando el agua no logra pasar el lecho filtrante debido a la cantidad de partículas acumuladas que no fueron eliminadas en la etapa de sedimentación.
- El agua que no logra pasar al tanque de almacenamiento (Img. 3.20, Anexo 3), fluye por una tubería generándose un sifón, descargando el agua hacia el desagüe, que tiene una salida al río, este proceso es llamado retrolavado, ya que el agua fluye en dirección contraria al tanque de almacenamiento (Img. 3.21, Anexo 3).
- En la parte inferior de la tubería del sifón que lleva al desagüe, se encuentra un sensor de nivel, que consta de un flotador dentro de un cubo con mirilla (Img. 3.22, Anexo 3), dicho flotador activa un switch de mercurio colocado en la parte exterior del cubo (Img. 3.23, Anexo 3).
- Cuando el agua fluye por la tubería del sifón, el agua entra en el cubo, si la cantidad de agua que fluye llena el cubo, el flotador se desplaza y activa al switch de mercurio, éste a su vez acciona al motor rascador.
- El motor rascador es una bomba que al ser puesta en marcha, suministra agua al filtro a través de una tubería instalada dentro del mismo (Img. 3.24, Anexo 3), la cual esta situada en el centro del filtro de forma horizontal cubriendo su diámetro, provista de una boquilla con las cuales distribuye el agua, la posición de las boquillas provoca que el agua tome un giro y de esta manera remueva las arenas del lecho filtrante, la bomba toma agua del tanque de almacenamiento de dicho filtro.
- A la par del accionado del motor rascador, se activa la electroválvula ubicada en la tubería del sifón del filtro contrario (Img. 3.25, Anexo 3), funcionando como dispositivo de seguridad para evitar que se lleve a cabo un retrolavado al mismo tiempo; ya que al activarse abre paso al aire evitando que se genere un sifón.
- Durante el proceso de retrolavado las electroválvulas controladas por un motor de transferencia permiten el paso de flujo de agua hacia los filtros, este proceso es controlado por el sensor de nivel dentro del tanque de transferencia, de tal modo que el agua suministrada para el proceso de retrolavado proviene del tanque de transferencia y del tanque de almacenamiento del filtro, dentro del tanque de almacenamiento se encuentra una tubería que conecta con la tubería del sifón, tiene la función de romper el sifón cuando se ha acabado el agua del tanque de almacenamiento y la bomba de transferencia esta desactivada debido a que el tanque de transferencia se encuentra en nivel bajo
- Cuando se rompe el sifón, la cantidad de agua que pasa por el sensor de nivel disminuye, ocasionando que el flotador baje y desactive el switch de mercurio, que a su vez detiene al motor rascador, se activa la electroválvula de drenado del mismo filtro por 15 segundos (Img. 3.26, Anexo 3), esta válvula es la que descarga el agua restante que se encuentra en la parte baja de los filtros; es agua es descargada al Río Grijalva nuevamente.
- El retrolavado puede terminar de dos formas: en la parte inferior de la tubería del sifón, debajo del sensor de nivel con mirilla, se encuentra un sensor de turbidez (Img. 3.27, Anexo 3),

colocado dentro del tubo; se encarga de detener el retrolavado cuando el sensor detecta cierto grado de claridad en el agua, activando la electroválvula del sifón del mismo filtro, dejando pasar aire al sifón, y de esta manera termina el retrolavado; otra manera de cómo se puede terminar es por medio de una tubería conectada a la tubería del sifón; se encuentra dentro del tanque de almacenamiento a 20 cm. del fondo, una vez que el agua está por debajo de ese nivel, se introduce aire por la tubería, lo que provoca el rompimiento del sifón .

### 3.1.3 Descripción de los elementos que componen el área de filtrado

En la figura 3.3 se observa la ubicación de los componentes de la etapa de filtrado.

Los elementos de la etapa de filtrado se encuentran ubicados entre los tanques de floculación y sedimentación y la caseta de paneles de control.

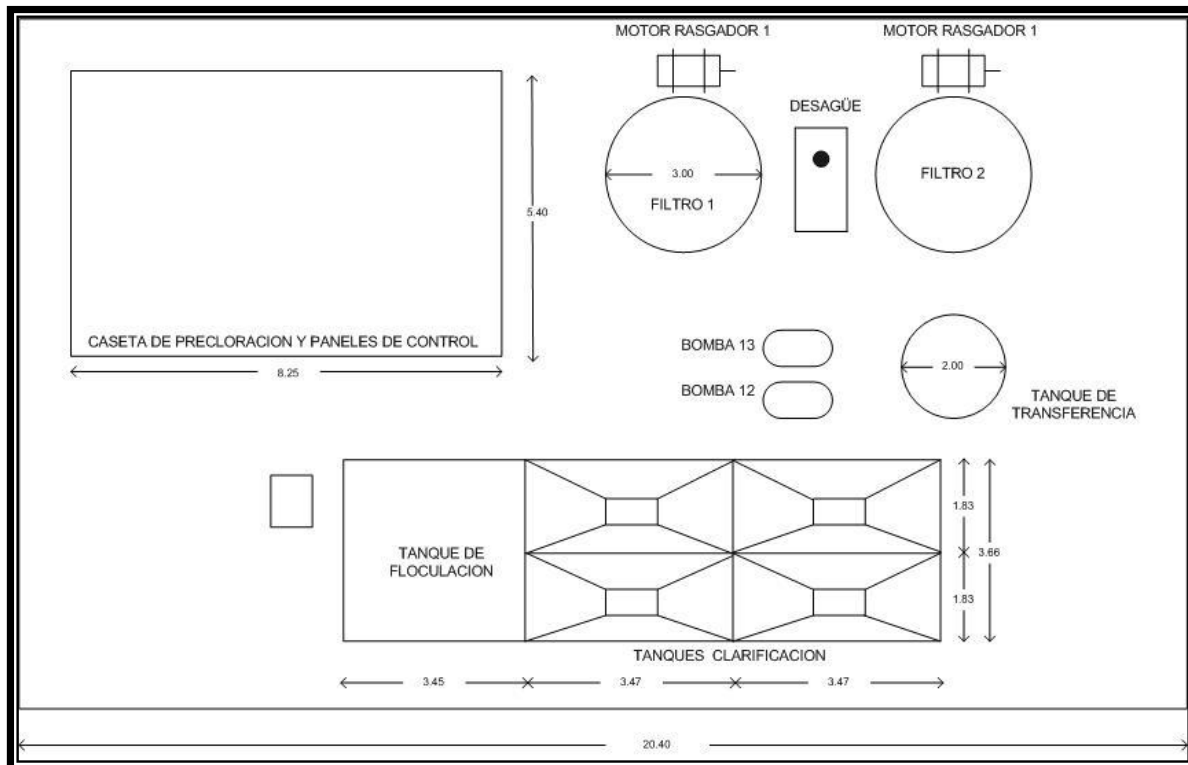


Fig. 3.3 Croquis de localización del proceso de filtrado la planta potabilizadora

Las bombas de transferencia que se ubican dentro del área de filtrado, tienen las siguientes características:



Fig. 3.4 Bombas de transferencia

GE MOTORS

Bomba 13

Corriente Max. 54.54 A  
Corriente Normal 7.65 A  
220 V  
2 HP  
Flujo 39.0 Lt/s

Bomba 12

Corriente Max. 45.67 A  
Corriente Normal 6.95 A  
220 V  
2 HP  
Flujo 41.87 Lt/s

El tanque de transferencia tiene un diámetro de 2 metros y 3.30 metros de altura. En él se encuentra un sensor de nivel tipo pera.



Fig. 3.5 Tanque de transferencia y sensor de nivel tipo pera

Los tanques de almacenamiento de los filtros de la planta potabilizadora tienen una capacidad de 6,538 litros, con una altura de 3.7 metros. Los filtros tienen un diámetro de 3 metros.



**Fig. 3.6** Medidas de los filtros



**Fig. 3.7** Electroválvula

Electroválvulas utilizadas que manipulan las válvulas de compuerta

ASCO RedHat  
120/160 V

El Motor rascador se encarga de suministrar agua al filtro durante el retrolavado.



Fig. 3.8 Electroválvula

US. Electrical Motors

HP 15  
230/460 V  
3480 RPM  
12.5 A

### 3.1.4 Control de nivel líquido KARI

El control de nivel KARI consiste en un switch flotante cerrado el cual es protegido con un cable multiconductor adherido. En el interior del flotador hay un número de microswitches colocados a diferentes ángulos.

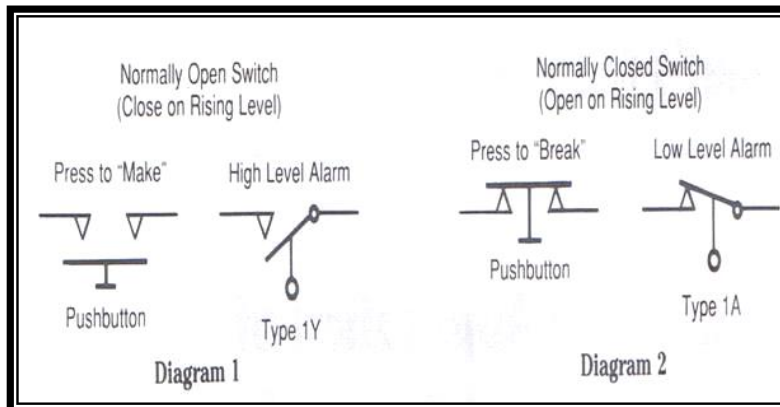


Fig. 3.9 Microswitches del sensor de pera

Un control de peso se fija en un punto a lo largo del cable para mantener el cable sumergido en el líquido. El switch flotador cuando está suspendido sigue el movimiento del nivel del líquido.

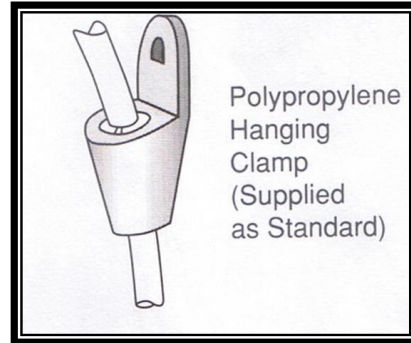


Fig. 3.10 Control de peso del sensor de pera

Como el nivel del líquido sube y baja, el peso sobre el cable causa el cambio de inclinación del flotador. Esta inclinación acciona resultados en microswitches de apertura y cierre, secuencialmente, en diferentes elevaciones.

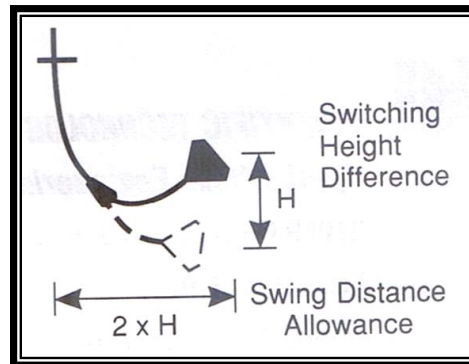


Fig. 3.11 Diagrama de funcionamiento del sensor de pera

Por la separación de conmutación de los niveles, las turbulencias superan los problemas. La operación de interruptor de niveles es fácilmente ajustable moviendo el peso a lo largo del cable y/o alterando la altura del punto fijo del cable. El interruptor es de forma cónica hecha con material químico (propileno), cubierta de cable tipo PVC.

### 3.1.5 Turbidímetro de Retrolavado The Hach Modelo 19800

El turbidímetro de retrolavado es un instrumento específicamente diseñado para monitorear la turbidez del agua de retrolavado en una planta de filtrado.

Incluye una unidad de control con un indicador de porcentaje de transmitancia (%T) y un sensor remoto.

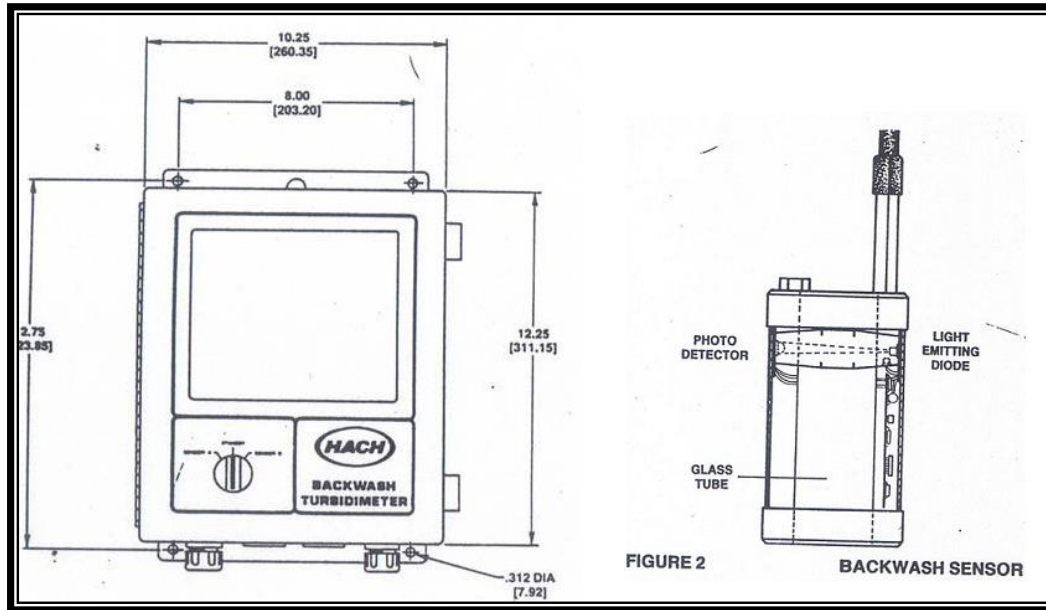


Fig. 3.12 Sensor remoto y unidad de control

Los operativos de control y todos los instrumentos electrónicos excepto el sensor sellado, están dentro de la unidad de control. El sensor esta construido alrededor de un tubo recto por el cual fluye el agua de retrolavado.

Una fuente de luz y un fotodetector están montados en lados opuestos del tubo para medir la cantidad de luz transmitida a través de la muestra.

El sensor puede ser colocado a 91.4m de la unidad de control.

La muestra llega a ser menos turbia, la luz transmitida que llega a la fotocelda aumenta, causando un incremento en la lectura del porcentaje de transmitancia. La figura 5 muestra una curva del ciclo de retrolavado. El porcentaje de transmitancia disminuye rápidamente al comienzo del ciclo del retrolavado, debido a los materiales adheridos al filtro que son descargados en el agua de retrolavado.

La parte inferior de la curva representa mayor grado de turbidez en el agua.

Como los materiales son desalojados, el agua llega a ser mas clara, permitiendo que mayor luz sea transmitida a la fotocelda.



### **3.2 Problemática**

El tanque de transferencia suministra agua a los filtros por medio de las bombas de transferencia, ambos filtros trabajan al mismo tiempo, por lo que el flujo se divide y la presión con la que llega el agua a cada uno de los filtros es muy poca, lo que provoca que cuando los filtros están sucios, el agua no tiene la suficiente presión para producir un sifón, derramándose a través de la tubería del sifón, el sifón se origina después de varios intentos, repercutiendo en un desperdicio excesivo de agua.

Los tableros de control de las etapas de floculación, sedimentación y filtrado, se encuentran unidos y en algunas secciones es difícil identificar los puntos de control de los elementos que componen estas etapas.

### **3.3 Alcances y limitaciones**

Se empleó un PLC Siemens CPU 224 para controlar los elementos que constituyen la etapa de filtrado de la Planta Potabilizadora, de acuerdo a un proceso diseñado conforme a los estudios realizados a la etapa de filtrado y retrolavado.

En el proceso de filtrado los filtros trabajan uno a la vez. El retrolavado tiene una duración de 15 minutos, de este modo se tiene un retrolavado más eficiente.

Se diseñó y construyó un tablero de control para el PLC, en el cual se pueden monitorear el proceso de filtrado y retrolavado a través de unas lámparas indicadoras.

### **3.4 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas**

Los pasos realizados durante el proceso de investigación y desarrollo del proyecto son los siguientes:

- Observación de la planta potabilizadora.
- Identificación de las etapas del proceso de potabilización de la planta.
- Observación y análisis del proceso de filtrado.
- Investigación sobre el proceso de potabilización del agua.
- Investigación acerca de los diferentes sistemas de retrolavado dentro de una planta potabilizadora.
- Realización del diagnóstico del proceso de filtrado.
- Medición de las instalaciones de la etapa de filtrado
- Investigación de las características eléctricas de los elementos.

- Mediciones de las estructuras y elementos que componen la parte de floculación y filtros.
- Digitalización de dibujos y datos de la planta potabilizadora en el software Visio.
- Identificación del conexionado en la caseta de control de la planta de las electroválvulas, bombas de transferencia, motores rascadores; así como de los sensores.
- Elaboración de un diagrama esquemático sobre los elementos existentes que se controlaran, posición e importancia dentro de la planta.
- Análisis sobre el funcionamiento correcto del proceso de filtrado así como el retrolavado de la planta potabilizadora, basándonos en planos, observaciones, registros, considerando las peticiones de los jefes de mantenimiento.
- Diseño del tablero de control.
- Construcción del tablero de control del proceso de filtrado de la planta potabilizadora.
- Realización del programa que controlará el proceso de filtrado de la planta potabilizadora, con el Software Step V 4.1.

### **3.5 Resultados, planos, gráficas, prototipos y programas**

#### **3.5.1 Diseño del funcionamiento del proceso de filtrado**

La automatización del proceso de filtrado de la planta potabilizadora se maneja con la implementación de un PLC y es de la siguiente manera:

- El sensor de nivel del tanque de transferencia manda una señal eléctrica el cual indica que nuestro tanque está en su máximo nivel.
- Posteriormente se activa a la bomba de transferencia número 12 y a la electroválvula que abre la válvula de compuerta que permite la entrada de flujo de agua hacia el filtro 1. En el ciclo siguiente se activa la bomba de transferencia número 13 y la electroválvula del filtro 2.
- Dentro de las modificaciones realizadas al proceso actual se encuentra que los filtros trabajan uno a la vez, lo que nos permite que el filtro 1 o el filtro 2 se llene en menos tiempo; el tiempo en que la bomba está encendida es el tiempo en que el nivel del tanque de transferencia alcance su nivel mínimo.
- Mientras se lleve a cabo un retrolavado y se active el switch de mercurio, se acciona al motor rascador del mismo filtro, el cual dura 15 minutos.
- En este nuevo proceso no se activa la electroválvula del sifón del filtro contrario debido a que cuando empieza el funcionamiento del filtro, automáticamente el otro filtro queda inhabilitado, acción preestablecida por el PLC; cuando se desactive el sensor de nivel (el flotador bajara totalmente) se activa la electroválvula de drenado del mismo filtro por 15 segundos, será al finalizar este tiempo cuando se desactive la electroválvula del sifón.
- Cuando se produce un retrolavado en uno de los filtros, el filtro contrario queda inhabilitado hasta que finalice el retrolavado, el siguiente ciclo de filtrado comienza en el filtro contrario al

del retrolavado. Cada vez que se active una de las bombas de transferencia durante el retrolavado, pasara agua al filtro donde se realiza el retrolavado, de esta manera se suministra suficiente agua para un buen retrolavado.

- Como medida de protección se colocan filtros a las salidas de las electroválvulas de compuerta que permiten el paso del agua a cada uno de los filtros, que reduce en gran manera el ruido que ocasionan las electroválvulas al activarse.

### 3.5.2 Construcción del tablero de control

- Actualmente para el control de los sensores y actuadores de la sección de filtrado de la planta potabilizadora se maneja un control totalmente eléctrico, utilizando contactores y temporizadores.
- Se colocará un tablero el cual permitirá el control de los sensores y actuadores pertenecientes al proceso de filtrado, por medio de un PLC. (Img. 3.28 y 3.29 Anexo 4 )

#### Direccionamiento de las entradas y salidas

El PLC manipula las entradas y salidas del tablero de control, las entradas son las señales provenientes de los sensores de pera (tanque de transferencia) y switch de mercurio (electro nivel), las salidas manipularan a las bobinas de los contactores de los actuadores (bombas de transferencia, electroválvulas y motores rascadores), las direcciones asignadas para las entradas y salidas se especifican en la tabla 3.1

En el diseño del tablero de control se contemplaron 2 entradas y 2 salidas adicionales conectadas al PLC, para posibles expansiones en el control del proceso de filtrado (Img. 3.30 y 3.31 Anexo 4)

#### Material utilizado en el tablero de control

Como solución a la problemática presentada en la planta potabilizadora de agua de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G, se empleo PLC CPU 224 Siemens dentro de un tablero de control de 60 cm de altura, 40 cm de ancho y 25 de fondo (Img. 3.32 Anexo 4), el cual consta de un gabinete y de una placa de montaje, material utilizado para la elaboración de este tablero de control se muestra en la tabla 3.2.

**Tabla 3.1 Direcciones de entradas y salidas del PLC**

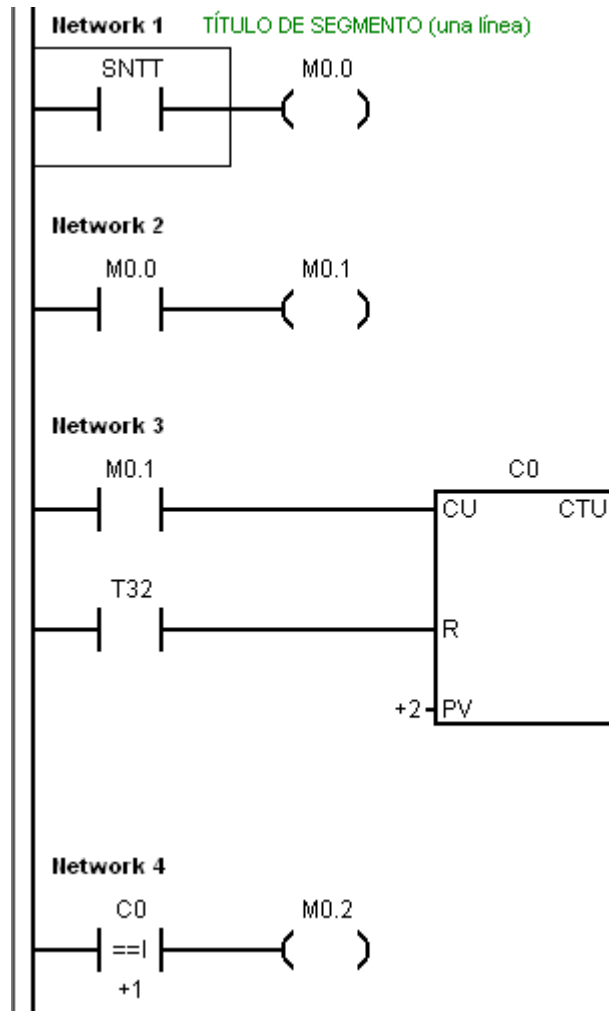
Dirección Simbólica	Dirección Física	Descripción
<b>Entradas</b>		
SN1	I0.1	Electronivel (Switch de mercurio) del filtro 1
SN2	I0.3	Electronivel (Switch de mercurio) del filtro 2
SNTT	I0.4	Sensor de nivel del tanque de transferencia
<b>Salidas</b>		
<b>Motores</b>		
MT1	Q0.0	Motor de transferencia 1
MT2	Q0.1	Motor de transferencia 2
MR1	Q0.2	Motor rascador filtro 1
MR2	Q0.3	Motor rascador filtro 2
<b>Electroválvulas</b>		
EV1	Q0.4	Electroválvula que manipula la válvula de cuchilla que abre paso al flujo del tanque de transferencia al filtro 1
EV2	Q0.5	Electroválvula que manipula la válvula de cuchilla que abre paso al flujo del tanque de transferencia al filtro 2
EV5	Q0.6	Electroválvula que permite la entrada de aire al sifón del filtro1
EV6	Q0.7	Electroválvula que permite la entrada de aire al sifón del filtro2
EV7	Q1.0	Electroválvula que manipula la válvula de cuchilla que realiza el drenado del filtro1
EV8	Q1.1	Electroválvula que manipula la válvula de cuchilla que realiza el drenado del filtro1

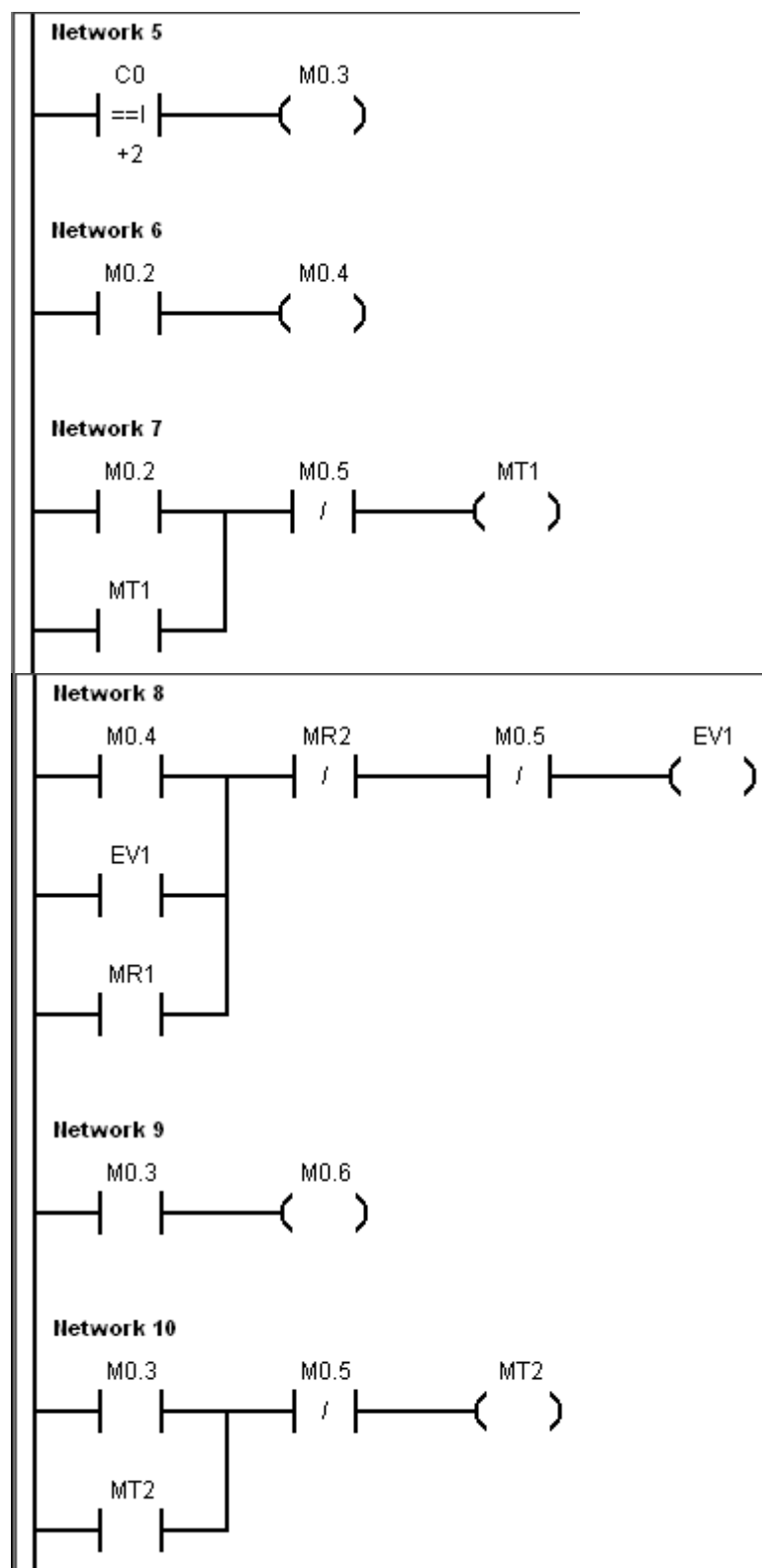
**Tabla 3.2 Direcciones de entradas y salidas del PLC**

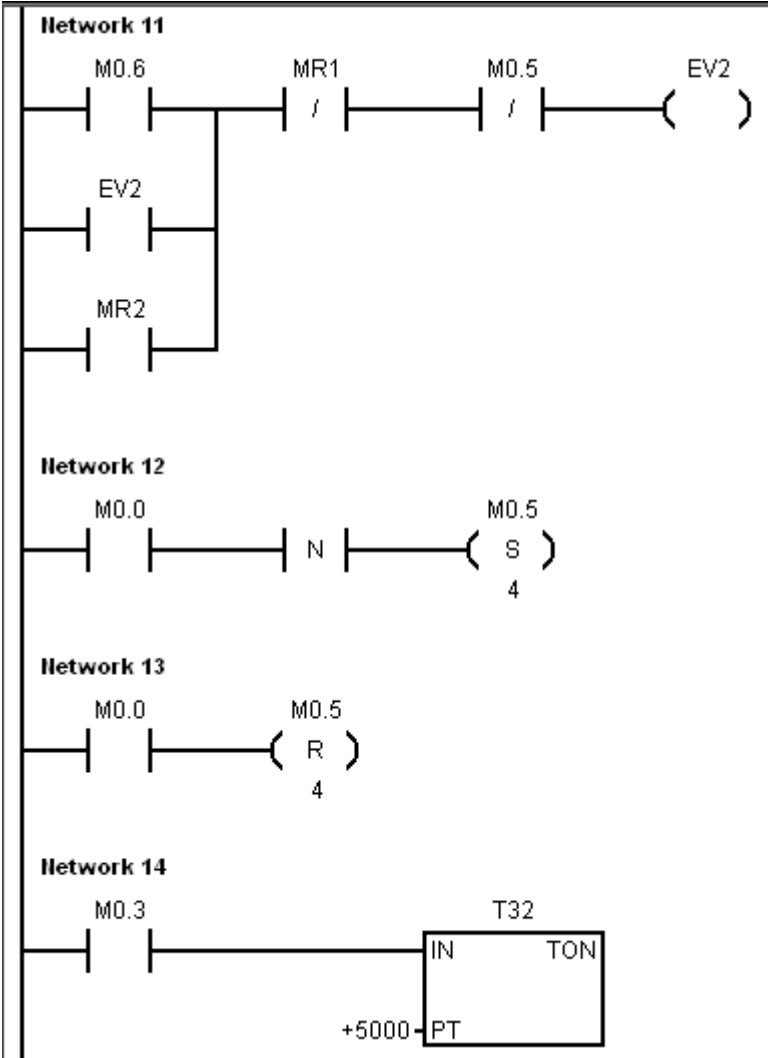
Cantidad	Material
1	Placa metálica (0.50 x 0.30m)
2	Riel DIN de 50 cm (48 polos)
2	Canaleta ranurada de 35 x 30
2	Tapa para canaleta
5	Relevador miniatura enchufable con 4 contactos NA y 4 contactos NC con bobina de 110 v.
5	Base para este tipo de relevador
18	Clemas porta fusible de 10mm marfil
2	Clemas de 6mm marfil
18	Fusibles 500mA a 250V
1	Lámpara piloto LED VERDE 110v
1	Selector de 2 posiciones on-off con un contacto NA
	Terminales rojas para punta calibre 22-18
1	Terminación de plástico para riel DIN
1	Rollo cable eléctrico calibre 22 color azul
1	Rollo cable eléctrico calibre 22 color anaranjado
1	Bolsa base con adhesivo

### 3.5.3 Programa en Step 7

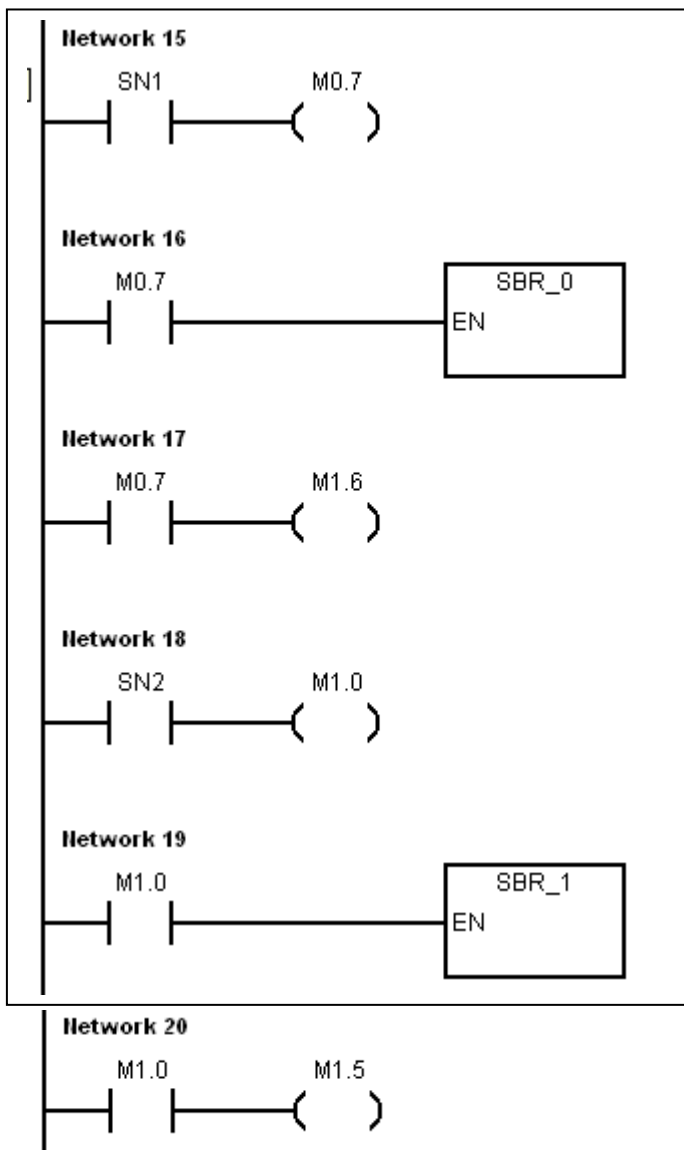
El programa fue realizado en el software STEP 7 MicroWIN32 V3.1

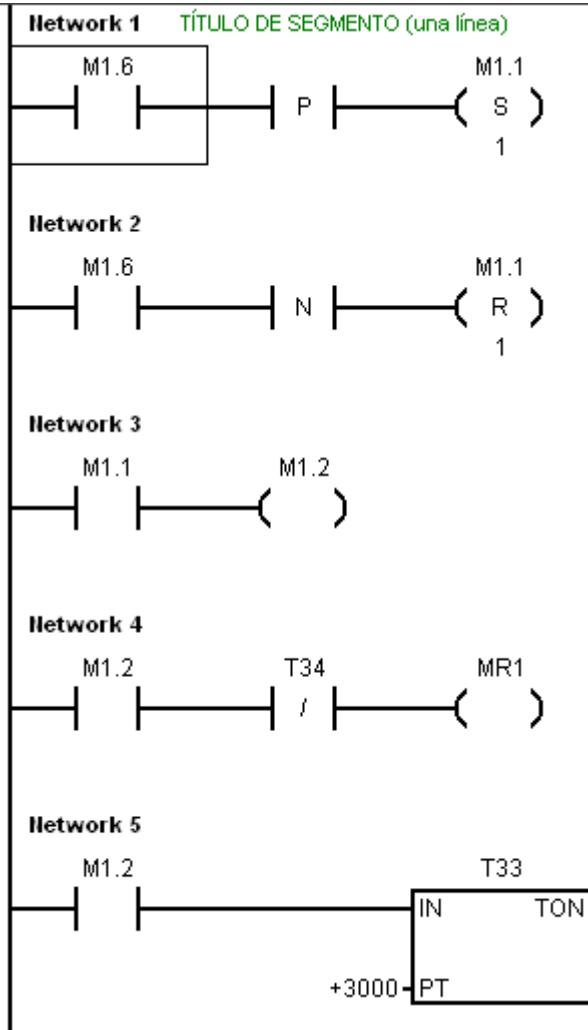


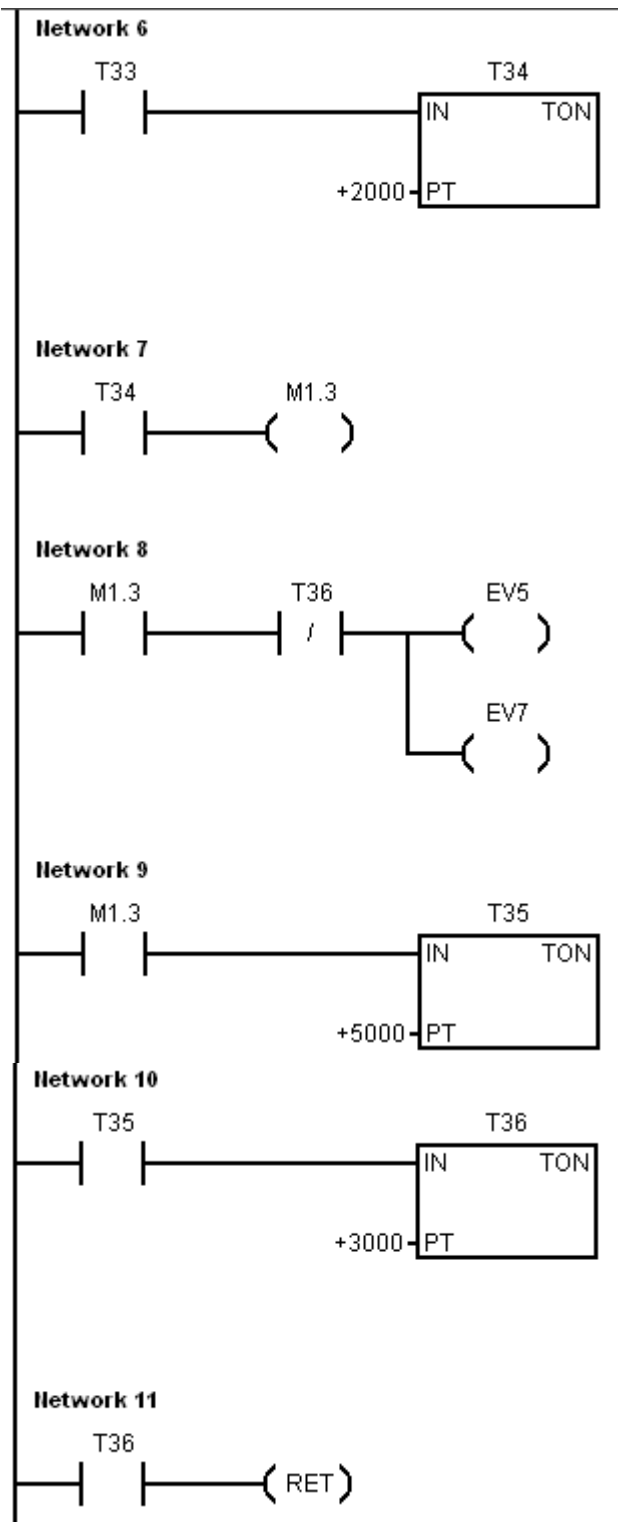


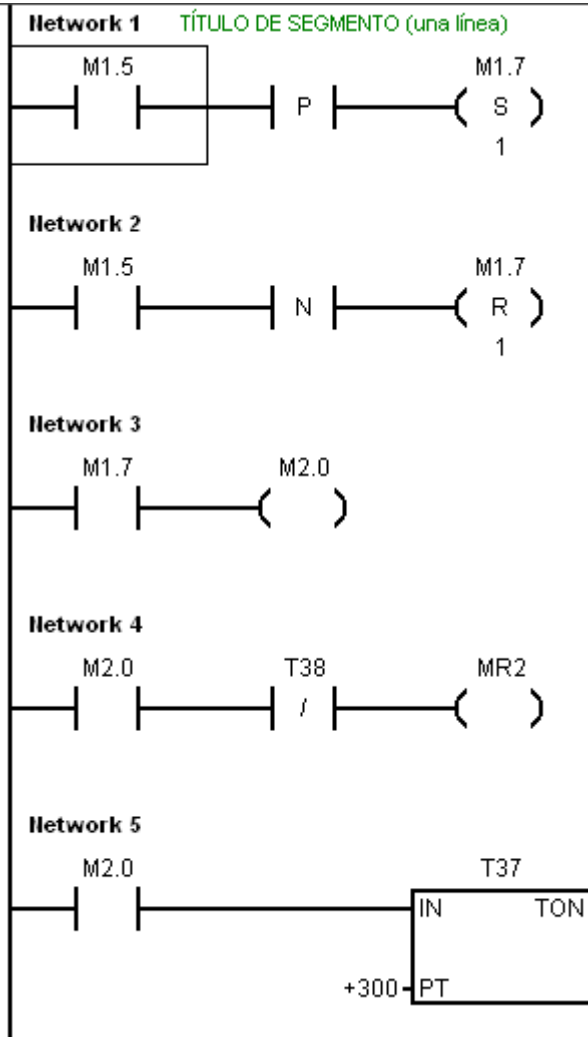


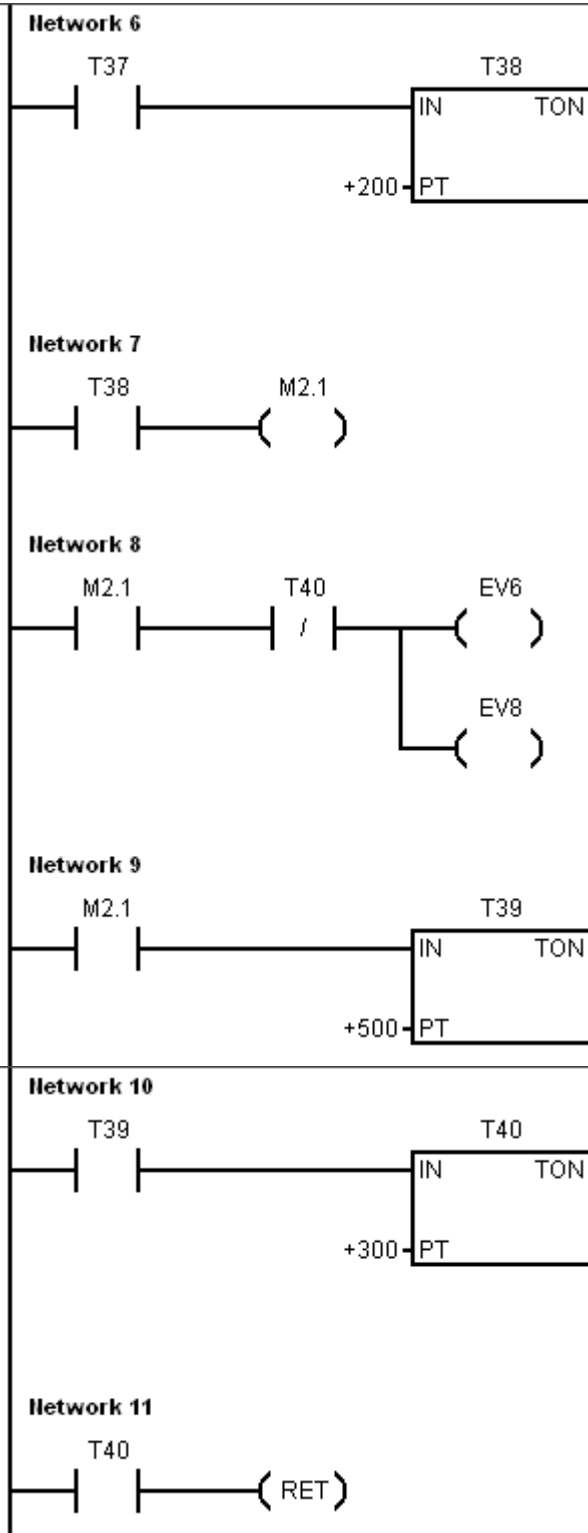












### **Conclusiones y sugerencias**

Se resolvió la problemática presentada por la planta potabilizadora de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G. de manera satisfactoria, con el diseño de un sistema de control utilizando un PLC Siemens CPU 224, mediante un tablero de control, el cual es de fácil operación y mantenimiento.

Con la puesta en marcha del sistema se comprobó que las deficiencias que tenía la planta potabilizadora fueron superadas, y de esta manera cumplimos con el compromiso hecho con la Comisión México-Americana P.E.G.B.G., demostrando nuestro agradecimiento por la oportunidad brindada.

Se proporcionó un manual a la empresa para que las personas destinadas al mantenimiento del sistema de filtrado puedan consultarlo en caso de alguna duda.

Se considera que el sistema debe tener un mantenimiento preventivo de manera periódica para evitar futuras fallas.

### **Referencias**

<http://www.acsmedioambiente.com/LoNuevo/junio2.htm>

[http://www.imacmexico.org/ev\\_es.php?ID=23199\\_208&ID2=DO\\_TOPIC](http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=23199_208&ID2=DO_TOPIC)

<http://www.osm.com.ar/html/Potabilizacion.htm>

<http://www.grupohoba.com/biblioteca/filtros.htm>

<http://www.koepp.de/wSpanisch/produkte/filtergeraete-rueckspuelfilter.php>

[http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.bestapower.com/uploads/f\\_img/kari\\_2.gif&imgrefurl.html](http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.bestapower.com/uploads/f_img/kari_2.gif&imgrefurl.html)

<http://www.guemisa.com/ambien/docus/TURBIDEZ.pdf>

[http://www.honeywellsp.com/hw\\_productos\\_servicios/hw\\_sensores/Hw\\_Sensores\\_Control.htm](http://www.honeywellsp.com/hw_productos_servicios/hw_sensores/Hw_Sensores_Control.htm)

**ANEXO 1.-** Proceso de potabilización de la planta potabilizadora de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G



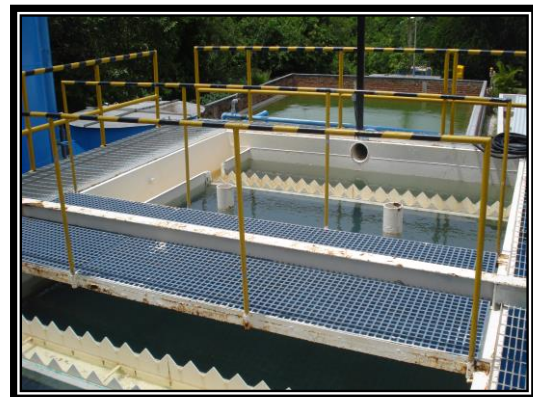
**Img. 3.1** Equipo de adición de reactivos



**Img. 3.2** Caseta de adición de reactivos



**Img. 3.3** Tanque floculación vista de planta



**Img. 3.4** Vista del área de clarificación



**Img. 3.5** Tanque de transferencia



**Img. 3.6** Bombas de transferencia



**Img. 3.7** Caja rompedora de flujo



**Img. 3.8** Filtro y su tanque de almacenamiento



**Img. 3.9** Caseta de post cloración



**ANEXO 2.-** Proceso de filtrado de la planta potabilizadora de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G



**Img. 3.10** Tanque de transferencia



**Img. 3.11** Sensor de nivel (tipo pera)



**Img. 3.12** Bombas de transferencia



**Img. 3.13** Válvula de compuerta



**Img. 3.14** Filtro 1



**Img. 3.15** Filtro 2



**Img. 3.16** Tanque de almacenamiento  
Filtro 1



**Img. 3.17** Tanque de almacenamiento  
Filtro 2

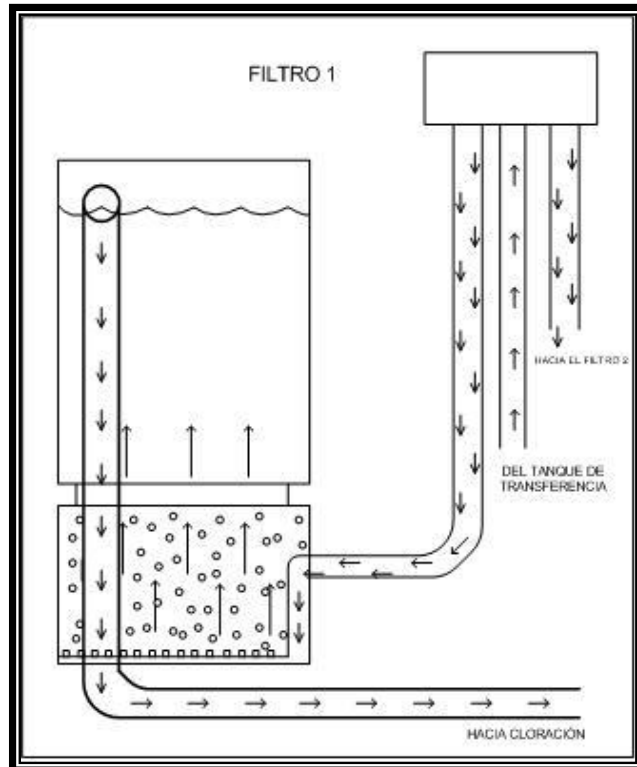


**Img. 3.18** Área de post cloración

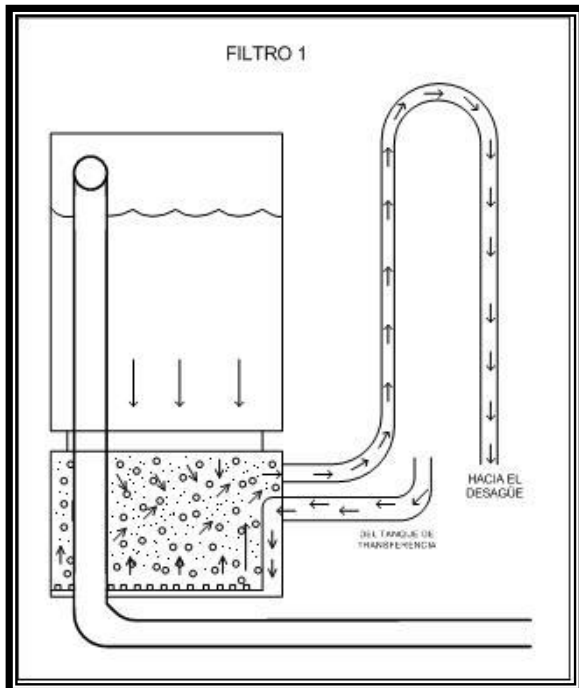
**ANEXO 3.-** Proceso de retrolavado de la planta potabilizadora de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G



Img. 3.19 Filtro y tanque de almacenamiento



Img. 3.20 Esquema del proceso de filtrado



Img. 3.21 Esquema del proceso retrolavado



Img. 3.22 Sensor de nivel (flotador dentro de cubo con mirilla)



Img. 3.23 Sensor de nivel con switch de mercurio



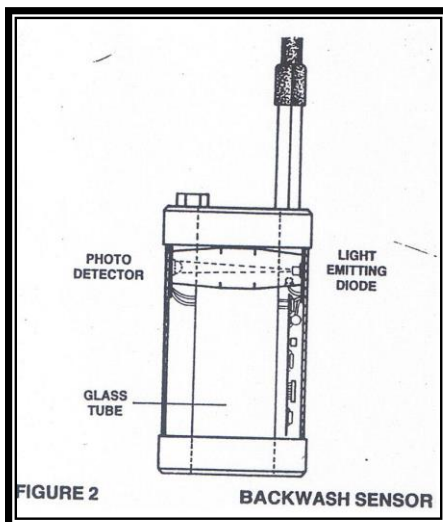
Img. 3.24 Motor rascador



Img. 3.25 Electroválvula del sifón principal

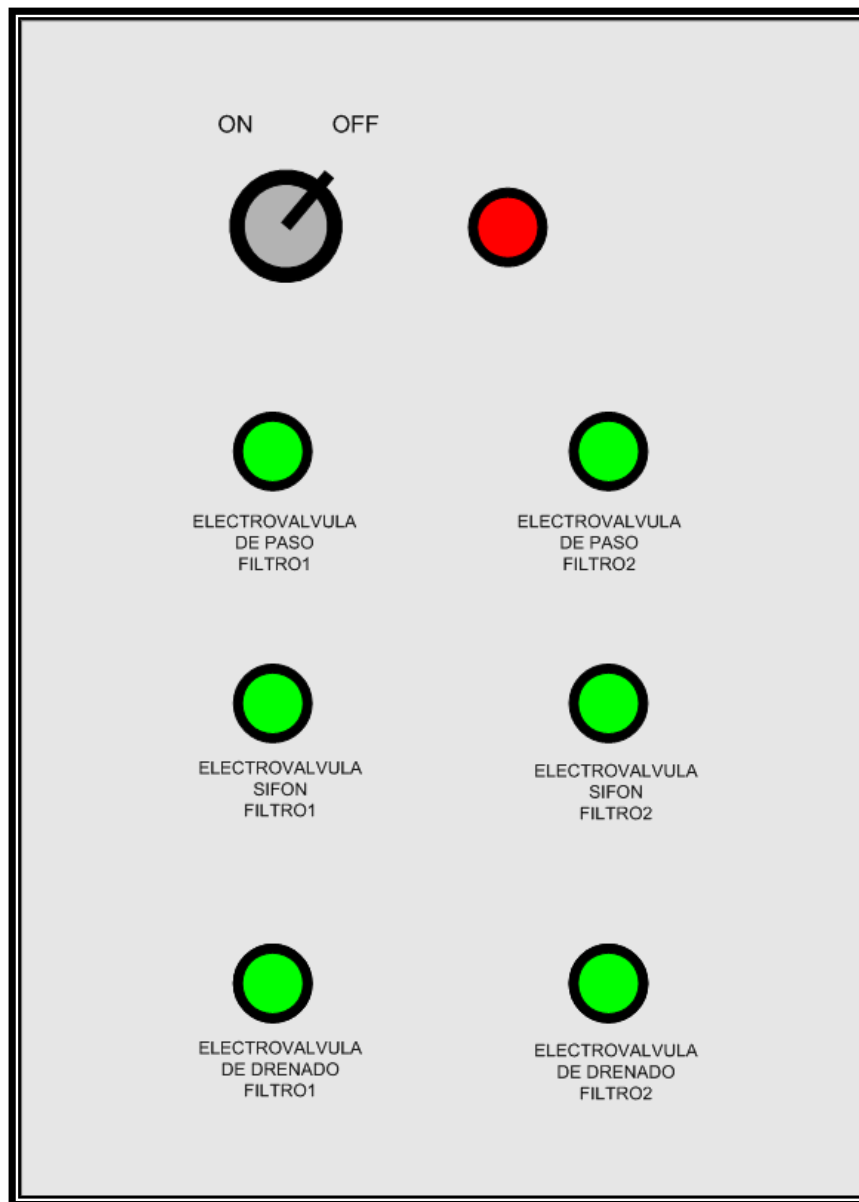


Img. 3.26 Electroválvula de drenado

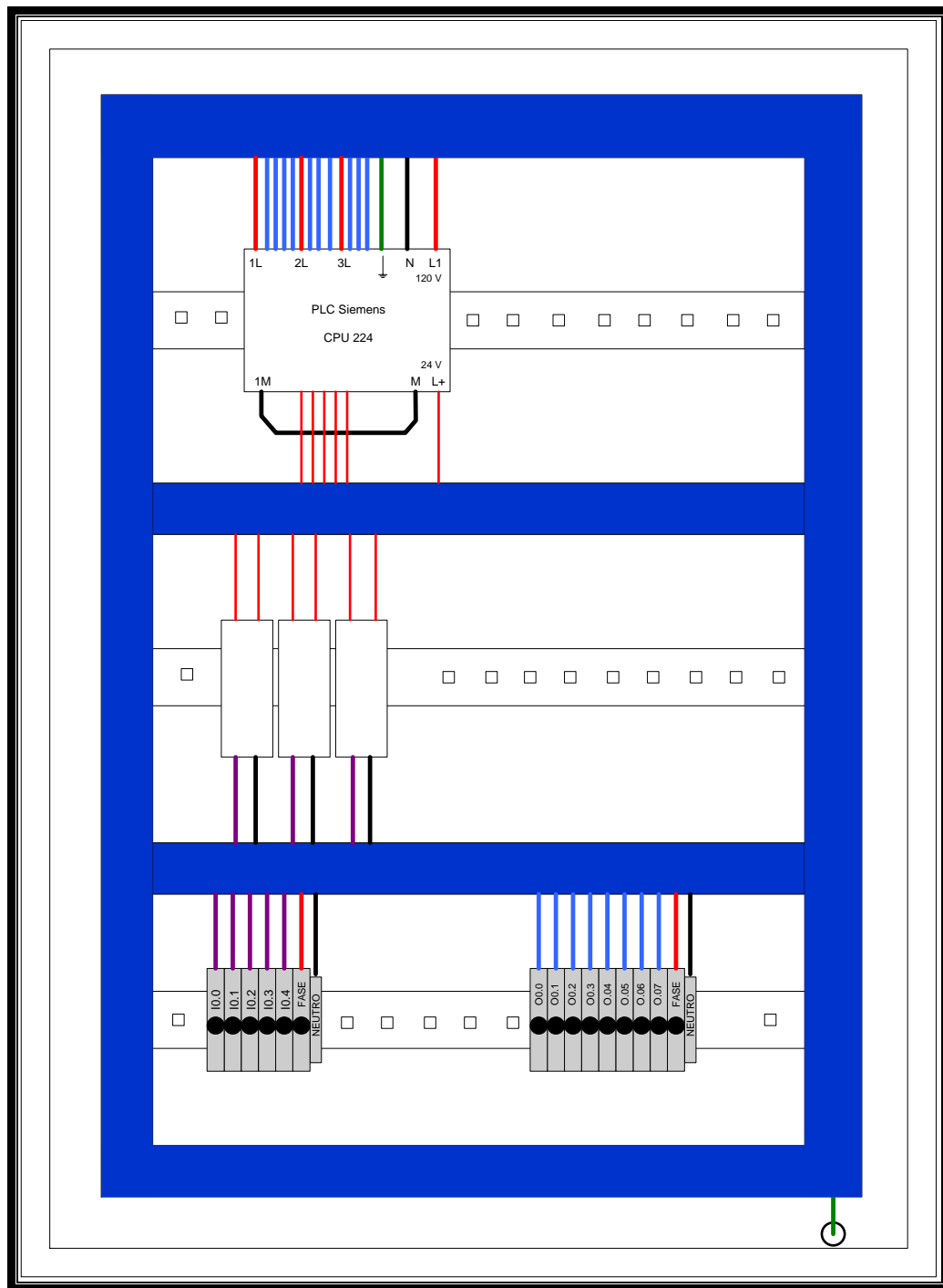


Img. 3.27 Sensor de Turbidez

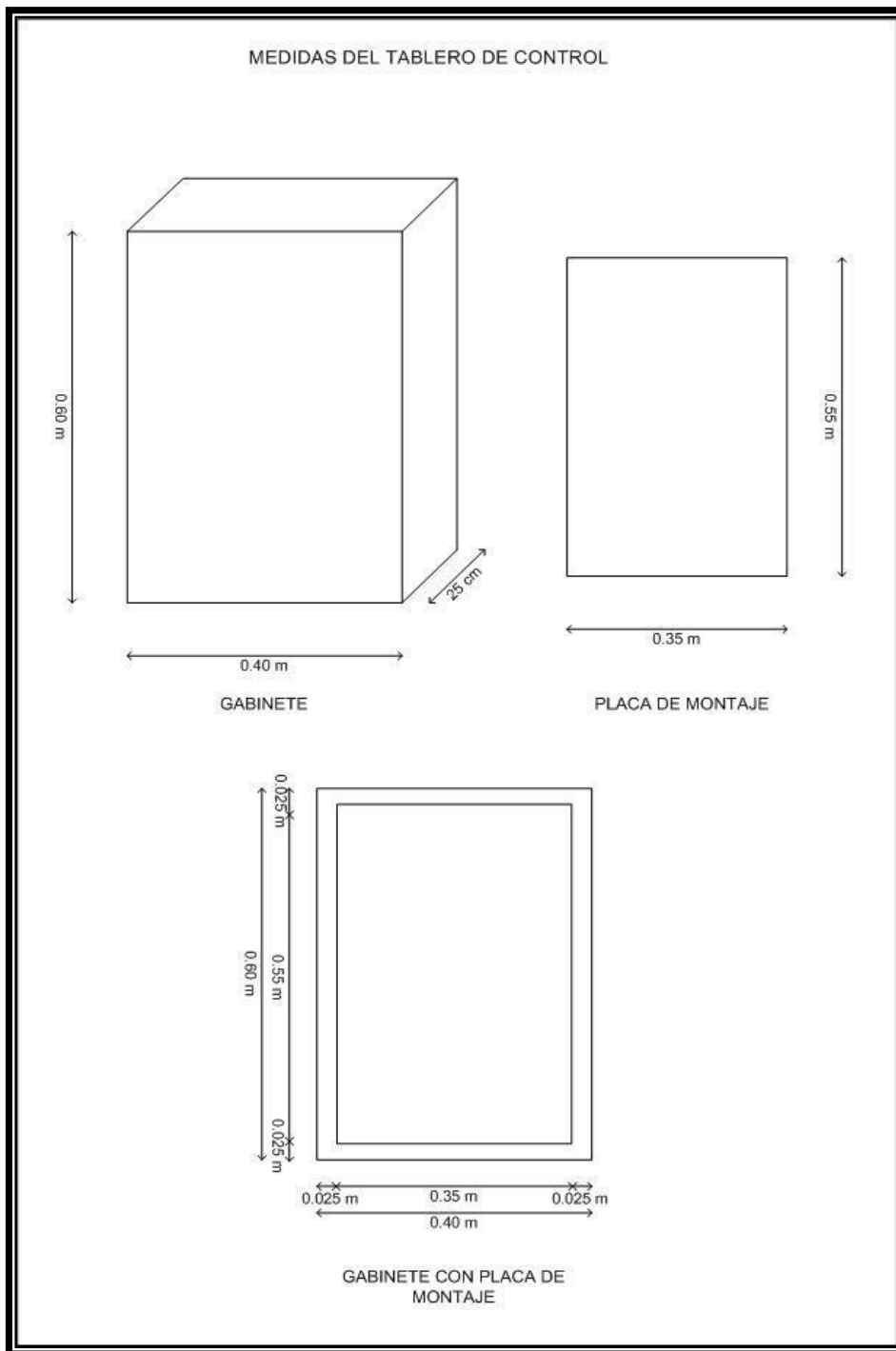
**ANEXO 4.-** Tablero de control para el proceso de retrolavado de la planta potabilizadora de la Comisión México-Americana P.E.G.B.G



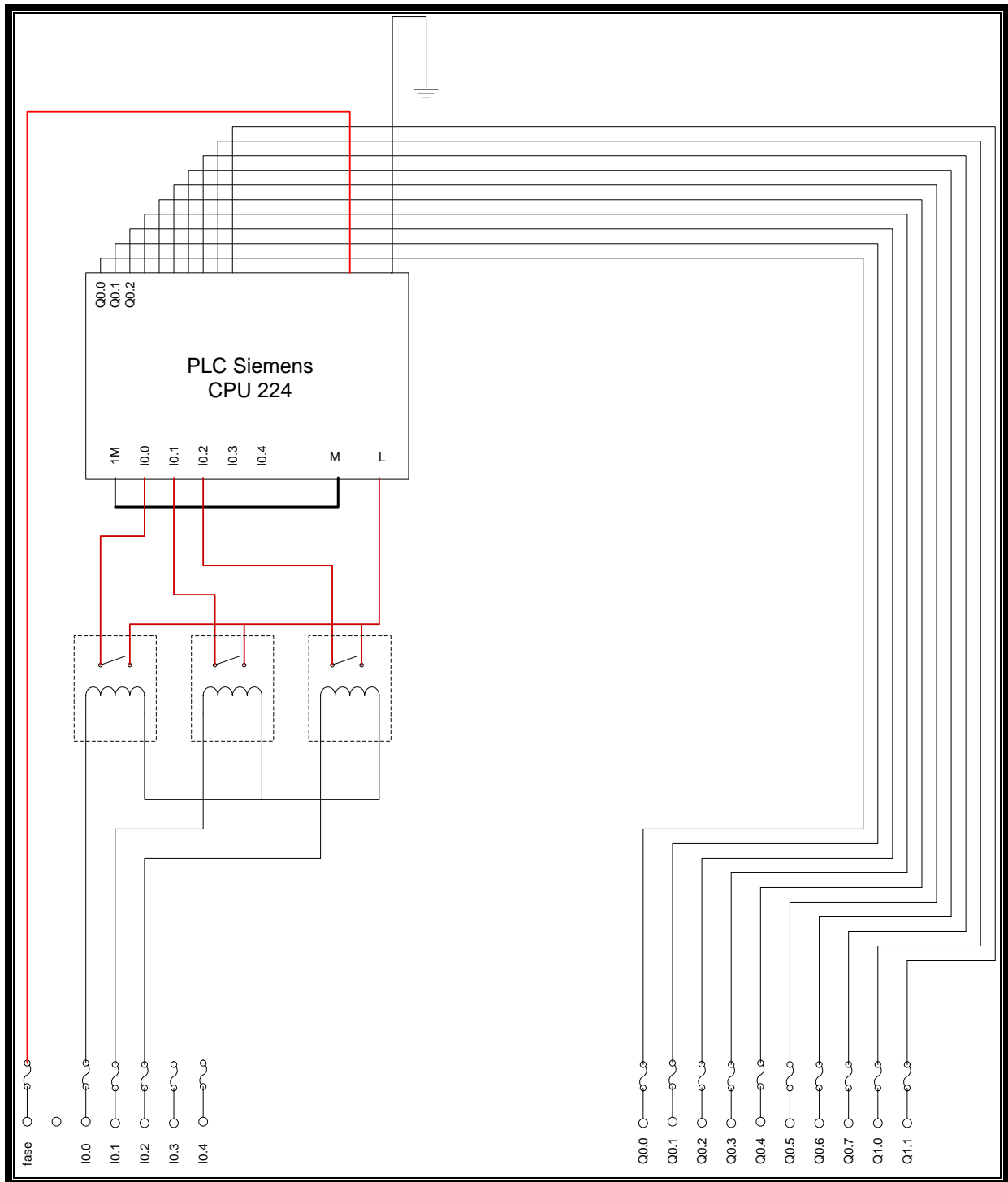
**Img. 3.28** Parte externa del tablero de control



Img. 3.29 Parte interna del tablero de control

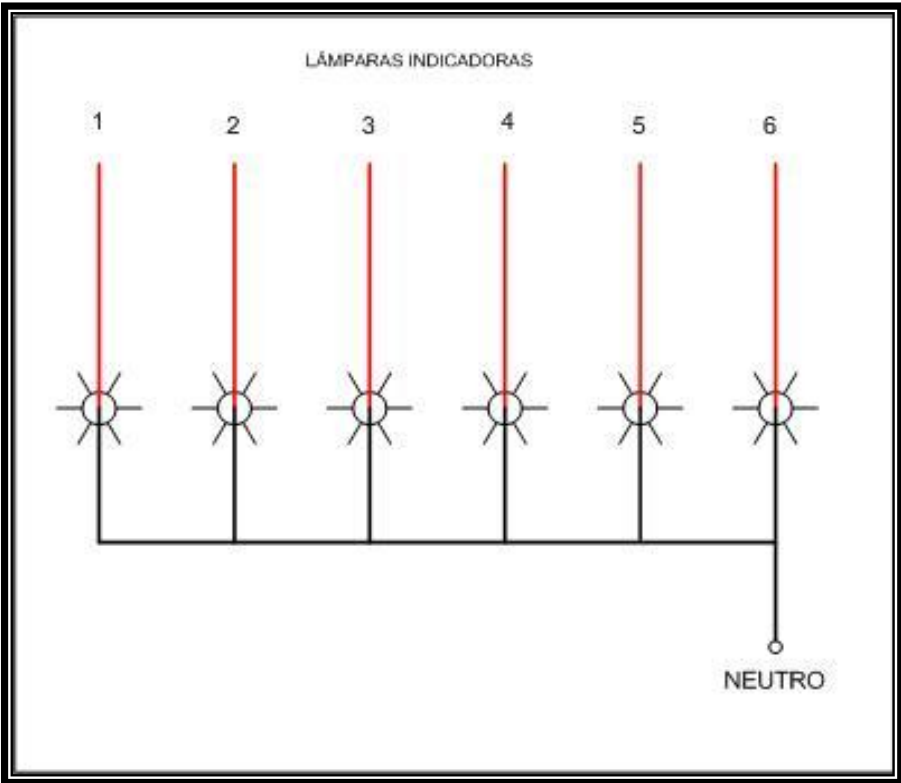


Img. 3.30 Medidas del tablero de control



Img. 3.31 Diagrama eléctrico del tablero de control





Img. 3.32 Diagrama eléctrico del tablero de control (lámparas indicadoras)