

Memoria del Sistema de Control de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Mancha Grande

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO GENERAL	3
1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL ESTUDIO	3
2. DEFINICIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DE CONTROL	3
2.1. MEDIDOR DE CAUDAL.....	3
2.2. MEDIDOR DE PRESIÓN	4
2.3. MEDIDOR DE NIVEL.....	4
2.4. MEDIDOR DE PH	4
2.5. MEDIDOR DE TURBIEDAD	5
2.6. MEDIDOR DE DBO Y DQO	5
3. SISTEMA DE CONTROL SCADA	5
3.1. FUNCIONES DEL SCADA.....	6
3.2. LISTA DE TAGS.....	6
4. LAZOS DE CONTROL DE LA PTAP	7
4.1. LAZO TANQUE DE OXIDACIÓN.....	7
4.1.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES.....	7
4.1.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-OX).....	8
4.1.3. TAGS DEL LAZO	9
4.2. LAZO QUÍMICOS	9
4.2.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES.....	10
4.2.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-QUIM)	10
4.2.3. TAGS DEL LAZO	11
4.3. LAZO SEDIMENTACIÓN	11
4.3.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES.....	12
4.3.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-SED)	12
4.3.3. TAGS DEL LAZO	12
4.4. LAZO FILTRACIÓN	13
4.4.1. PROCESO DE LAVADO DE LOS FILTROS	13
4.4.2. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES.....	16
4.4.3. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-FIL).....	16
4.4.4. TAGS DEL LAZO	17
4.5. LAZO CLORACIÓN	18
4.5.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES.....	19
4.5.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-CLO)	19
4.5.3. TAGS DEL LAZO	20
4.6. LAZO BOMBEO AGUA POTABLE.....	20
4.6.1. ALGORITMO LÓGICO DE CONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO	21
4.6.1.1. ALGORITMO DE EQUILIBRIO DEL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA	23
4.6.1.2. MODO BASADO EN TIEMPO DE EJECUCIÓN RELATIVO:	24
4.6.2. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES.....	25
4.6.3. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-BOM)	25
4.6.4. TAGS DEL LAZO	26

4.7.	LAZO DE TRATAMIENTO DE LODOS	27
4.7.1.	SEÑALES IMPORTANTES LOCALES.....	27
4.7.2.	FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC LODOS).....	28
4.7.3.	TAGS DEL LAZO	29
5.	SISTEMA DE COMUNICACIONES	32
5.1.	RED ETHERNET O LAN	32
5.1.1.	TOPOLOGÍA.....	33
5.1.2.	CONTROL DE ACCESO AL MEDIO	33
5.1.3.	LA TECNOLOGÍA IEEE 802.3	33
5.2.	DISEÑO DE LA RED LAN	34
5.2.1.	ANÁLISIS DE TRÁFICO.....	34
5.2.1.1.	CUADRO DE TRÁFICO EN EL CENTRO DE CONTROL	34
5.2.2.	ACCESO AL MEDIO	35
5.2.3.	TABLA COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO DE MEDIOS FÍSICOS.....	36
5.2.3.1.	DISTRIBUCIÓN DEL CABLEADO.....	37
5.3.	EQUIPOS.....	37
5.3.1.	SERVIDOR Y ESTACIÓN DE OPERACIÓN.....	37
5.3.2.	PLC.....	37
5.3.3.	SWITCH CORE.....	38
5.3.4.	SWITCH CONVERTIDOR	38

MEMORIA DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA PTAP MANCHA GRANDE

1. OBJETIVO GENERAL

El propósito del estudio es presentar el diseño del Sistema de Control y Adquisición de datos de medición de caudales, presiones, niveles, turbiedad, pH y DBO en la PTAP que se utilizarán para el control de sus procesos.

1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL ESTUDIO

Los objetivos son los siguientes:

- Determinar equipo adecuado que se debe instalar para la medición en línea de las variables de control.
- Identificar las variables de monitoreo y control, así como establecer la cantidad de tags para dimensionar el Sistema de Control.
- Establecer la arquitectura del Sistema Scada que realizará la monitorización y control de la operación de los procesos involucrados en la PTAP.

2. DEFINICIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DE CONTROL

El proceso fundamental en la PTAP es el tratamiento del agua cruda para hacerla potable. Está compuesto por:

- 1) Proceso de Oxidación del agua cruda en el que interviene un (1) sistema de oxidación química y un (1) sistema de aireación.
- 2) Proceso de Coagulación y Floculación en el que intervienen sistemas de dosificación de sulfato de aluminio y de polielotrolito.
- 3) Proceso de Sedimentación o decantación.
- 4) Proceso de Filtrado
- 5) Proceso de Desinfección
- 6) Proceso Bombeo del Agua Tratada o Potable.

Los instrumentos de medición a utilizarse son los siguientes:

2.1. MEDIDOR DE CAUDAL

El caudalímetro ultrasónico más utilizado para la medición de agua es aquel que se basa en el principio tiempo diferencial de tránsito que consiste en determinar el tiempo que transcurre cuando se envía una señal ultrasónica que coincide con el sentido de circulación del agua y cuando se envía una señal ultrasónica en sentido contrario a la circulación del agua. El Δt es proporcional a la velocidad del agua. La velocidad puede ser calculada mediante la siguiente ecuación.

$$v = \frac{\Delta t * c^2}{2 * D * K_h}$$

Dónde:

Δt : diferencial de tiempo

c^2 : velocidad del sonido en el agua

D: distancia entre sensores piezoeléctricos

K_h : Constante hidráulica

Los medidores ultrasónicos más adaptables son los del tipo no intrusivo (clamp on), que tienen una precisión en el orden del 3% sobre fondo escala (span).

La variable medida de caudal tendrá representación análoga 4-20 mA, y/o discreta para ser enviada al controlador mediante el protocolo Modbus RTU.

2.2. MEDIDOR DE PRESIÓN

Es utilizado para la medición de presión relativa en las descargas de las bombas, así como de los soplantes.

El principio de funcionamiento se basa en que la presión del agua, confinada en una tubería, actúa directamente sobre el sello separador cerámico y los flexiona. El cambio de la capacitancia es proporcional a la presión que se ejerce entre la base y la membrana de cerámica.

La variable medida de presión tendrá representación análoga 4-20 mA, y/o discreta para ser enviada al controlador mediante el protocolo Modbus RTU.

2.3. MEDIDOR DE NIVEL

Existen dos (2) tipos más utilizados en la medición de niveles de agua: los que se basan en sensores de presión hidrostática que sirven cuando existe alguna turbulencia y burbujas. El otro está basado en sensores que utilizan ultrasonido, que son indicados para espejos de agua cuya variación es lenta.

En la PTAP serán más apropiados los medidores del tipo ultrasónico.

La variable medida de nivel tendrá representación análoga 4-20 mA, y/o discreta para ser enviada al controlador mediante el protocolo Modbus RTU.

2.4. MEDIDOR DE PH

El sensor utiliza tres (3) electrodos para medir el pH en forma diferencial, que proporciona una mayor confiabilidad.

La variable medida de presión tendrá representación análoga 4-20 mA, y/o discreta para ser enviada al controlador mediante el protocolo Modbus RTU.

2.5. MEDIDOR DE TURBIEDAD

Se basa en el nivel absorción de luz (en este caso luz láser) por parte de las partículas flotantes en el agua. Serán de dos (2) rangos: de 0 a 1000 NTU, y de 0 a 100 NTU.

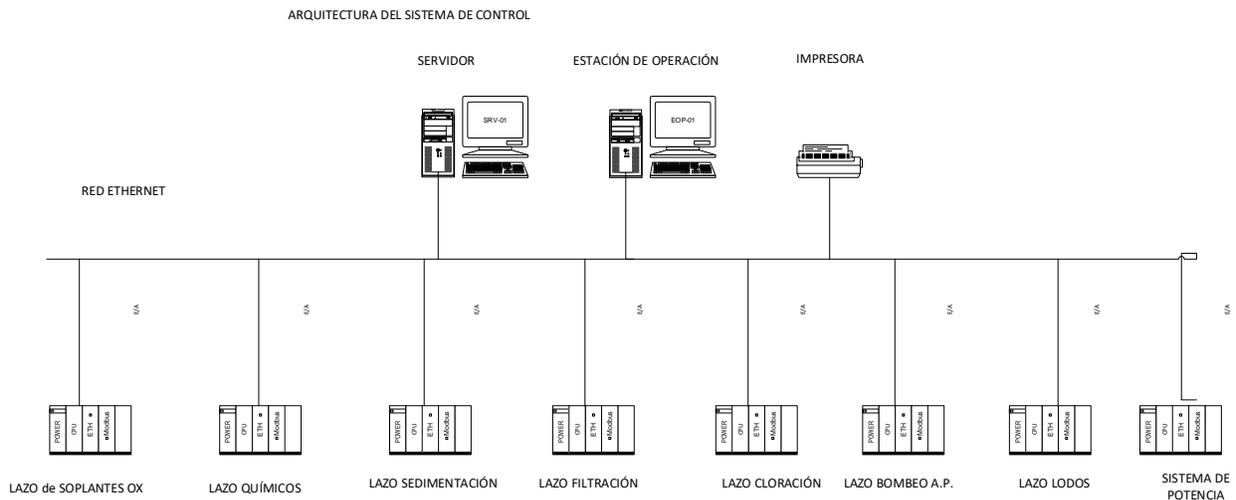
La variable medida de NTU tendrá representación análoga 4-20 mA, y/o discreta para ser enviada al controlador mediante el protocolo Modbus RTU.

2.6. MEDIDOR DE DBO Y DQO

Se basa en una característica de la carga orgánica que absorbe luz UV, así se mide la absorción UV a 254 nm cuya cantidad absorbida indica el nivel de materia orgánica de origen natural y consecuentemente su demanda de oxígeno.

La variable medida de DBO/DQO tendrá representación análoga 4-20 mA, y/o discreta para ser enviada al controlador mediante el protocolo Modbus RTU.

3. SISTEMA DE CONTROL SCADA



El Control Central del Scada está conformado por la Estación de Operación, de Ingeniería y el Servidor Scada. El Control Central se comunica con los PLC de campo por medio de una red Ethernet, que utiliza direcciones MAC (capa 2) de cada nodo. La estructura se denomina Cliente Servidor.

El Sistema de Control en el Campo es del tipo Maestro – Esclavo, significa que es de tipo centralizado o jerárquico ya que tiene la autoridad para conceder el acceso al medio. Así, el que inicia las comunicaciones es el maestro.

Así, cada PLC establece control sobre su instrumentación mediante una red Modbus RTU. La estructura de control se denomina Maestro Esclavo, en la que el PLC es el Maestro y los equipos de campo son los esclavos.

3.1. FUNCIONES DEL SCADA

- Recibir información de todos los PLC que son maestros de los lazos de control
- Recibir confirmación de órdenes y puntos de consigna (set points) enviados a los PLC.
- Enviar y recibir los valores de los puntos de consigna para cada tipo de variable y el control asociado a estas en los PLC.
- Tomar el control de válvulas en caso de emergencias.
- Recibir las alarmas que se generen en los procesos de los lazos de control para que el personal realice acciones correctivas.
- Almacenar todos los datos e información conformando un archivo histórico.
- Procesar todos los datos e información de la red de lazos de control y mediante la programación del HMI en el Centro de Control, presentarlas por medios gráficos y dinámicos que permitan una fácil lectura e interacción con las diversas variables.

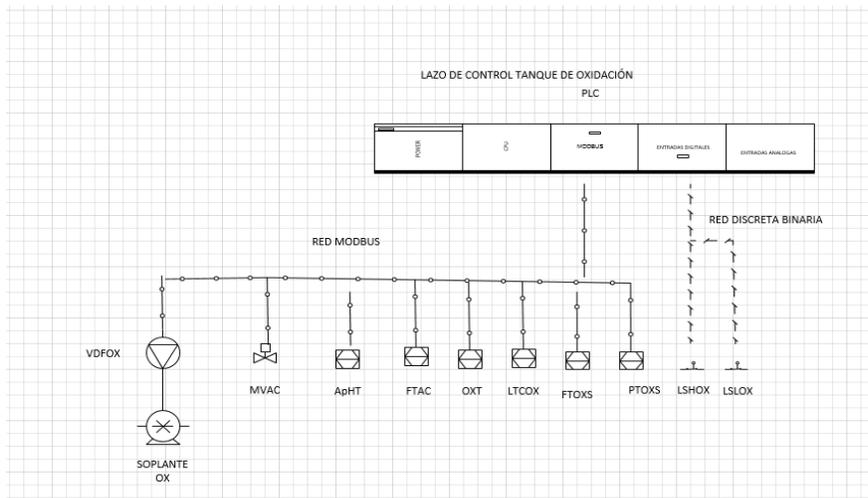
3.2. LISTA DE TAGS

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
FT AC					1	Señal de caudal de ingreso de agua cruda, global
ApHT					1	Señal de medición de pH, global
NTU AC					1	Señal de turbiedad de agua cruda, global
NTU Cnf						Señal de turbiedad de agua decantada, global
SP CP					1	Valor de consigna de caudal de proceso, global.
SP DBO					1	Valor de consigna de DBO

SP SOPX					1	Valor de consigna de temporización de soplante
SP SED					1	Valor de consigna de temporización de sedimentadores
SP CEB					1	Valor de consigna de caudal a bombear
SP POLI						Valor de consigna de polieletrolito a dosificar
SP CENTRIF						Valor de consigna de velocidad de centrífugas
SP BOM SOL						Valor de consigna de velocidad de bomba de sólidos
ECOMM						Estado de comunicaciones
ACK A					1	Reconocimiento de alarmas
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios

4. LAZOS DE CONTROL DE LA PTAP

4.1. LAZO TANQUE DE OXIDACIÓN (PLC SOP)



El proceso de oxidación tiene como finalidad transferir oxígeno al agua que aumenta el oxígeno disuelto cuyo efecto es el de remover compuestos orgánicos. Para lograr dicho cometido se recurre a dos métodos de acción. Uno es la oxidación química con permanganato de potasio (KMnO₃); y el segundo es la aireación forzada.

4.1.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- FT AC Señal de caudal de ingreso de agua cruda en 4-20 mA y discreta (palabra de Modbus). Está asociada al ESCLAVO-OX-1.

- MV AC Señal de control para maniobras de la válvula anular de control de caudal, en 4-20 mA y discreta (palabra Modbus). Está asociada al ESCLAVO-OX-2.
- OXT Señal de medición de DBO/DQO en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-OX-3.
- ApHT Señal de medición de pH en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-OX-4.
- LTCOX Señal de nivel del tanque de oxidación en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-OX-5.
- VDF OX Señal de control al variador de frecuencia que maneja al Soplante, en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-OX-6.
- FT OXS Señal de caudal de aire que sale del Soplante, en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-OX-7.
- PT OXS Señal de presión de aire, en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-OX-8.
- LSH OX Señal discreta binaria de nivel alto del tanque.
- LSL OX Señal discreta binaria de nivel bajo del tanque

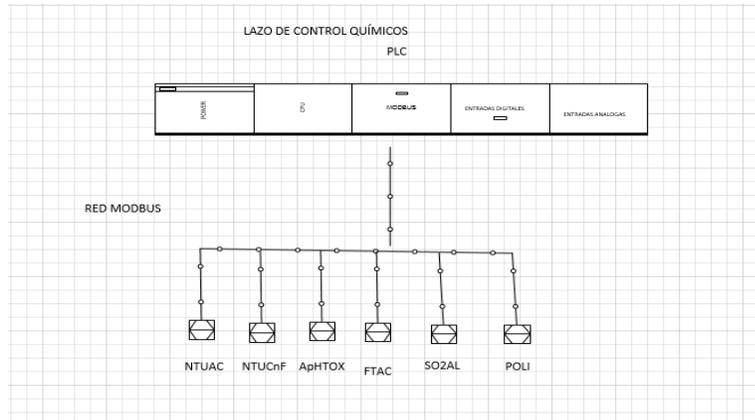
4.1.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR MASTER-OX (PLC-OX)

- Recolectar las mediciones de la instrumentación: caudal, nivel, presión, DBO/DQO, pH, y presentarlas en unidades de ingeniería.
- Conforme al Caudal de Proceso, al caudal medido del agua cruda y al nivel del tanque calcular, con una rutina PID, el porcentaje de apertura de la válvula de control de caudal.
- Conforme al valor de consigna de la DBO/DQO, a la DBO/DQO medida, al pH, calcular, con una rutina PID, la dosificación del permanganato de potasio.
- Temporizar la señal de mando al VDF que maneja el soplante.
- Controlar las maniobras de apertura y cerrado de la válvula seccionadora del soplante.
- Cerrar la válvula de control de caudal en el caso de superar el nivel ALTO-ALTO en el tanque de oxidación .
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que el nivel del tanque esté fuera de los extremos indicados por los LSH-01 y LSL-01.
- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).
- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Almacenar la información de variación en las variables medidas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro del proceso por un lapso de 3 días en casos de fallo de comunicación.
- Recibir del Centro de Control y aplicar los puntos de consigna de operación en el tanque de oxidación.
- Límites para alarmas de rebose ALTO ALTO y tanque vacío BAJO BAJO.
- Permitir los mandos locales de apertura y cerrado recibidos desde la HMI.

4.1.3. TAGS DEL LAZO

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
FT AC			1		1	Señal de caudal de ingreso de agua cruda, global
OXT			1		1	Señal de medición de DBO/DQO
ApHT			1		1	Señal de medición de pH, global
LTCOX			1		1	Señal de nivel del tanque de oxidación
FT OXS			1		1	Señal de caudal de aire que sale del Soplante OX
PT OXS			1		1	Señal de presión de aire
MV AC				1	1	Señal de control para maniobras de la válvula anular de control de caudal, manual/automático/remoto/local/abrir/cerrar/posición/falla.
LSH OX	1					Señal discreta binaria de nivel Alto del tanque
LSL OX						Señal discreta binaria de nivel Bajo del tanque
ITR OX	1					Alarma por intrusión en tablero de control
INT OX	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK A					1	Reconocimiento de alarmas
ECO X					1	Estado comunicaciones.
SI OX	1					Sirena
SP CP					1	Valor de consigna de caudal de proceso, global.
SP DBO					1	Valor de consigna de DBO
SP SOPX					1	Valor de consigna de temporización de soplante
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios global

4.2. LAZO QUÍMICOS



El proceso de coagulación tiene como finalidad reducir los valores de turbiedad del agua cruda por intervención de coagulantes como el sulfato de aluminio y polielectrolito, cuyo efecto es crear bolas de lodos denominadas flóculos que al incrementar se su masa se precipitan al fondo de los sedimentadores.

4.2.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- NTU AC Señal de turbiedad de agua cruda, en 4-20 mA y discreta (palabra Modbus). Está asociada con el ESCLAVO-QUIM-1
- NTU Cnf Señal de turbiedad de agua decantada, en 4-20 mA y discreta. Está asociada con el ESCLAVO-FIL-1.
- FT AC Señal de caudal de agua cruda, en 4-20 mA y discreta. Está asociada con el ESCLAVO OX-1
- ApHTOX Señal de pH de agua cruda, en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-OX-2
- SULFT Señal de bomba dosificadora de sulfato de aluminio, 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-QUIM-2.
- POLI Señal de bomba dosificadora de polielectrolito, en 4-20 mA y discreta. Está asociada al ESCLAVO-QUIM-3

4.2.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-QUIM)

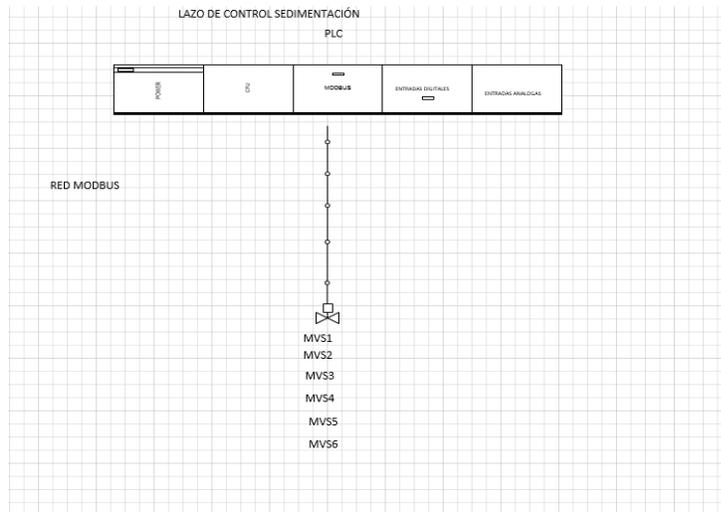
- Recolectar las mediciones de la instrumentación: caudal, nivel, NTU, y presentarlas en unidades de ingeniería.
- Conforme al Caudal de Proceso, al caudal medido del agua cruda, al valor de NTU y pH de agua cruda y decantada, calcular, con una rutina PID, la velocidad de la bomba dosificadora de sulfato de aluminio.
- Conforme al Caudal de Proceso, al caudal medido del agua cruda, al valor de NTU de agua cruda y decantada, calcular, con una rutina PID, la velocidad de la bomba dosificadora de polielectrolito.

- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).
- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Almacenar la información de variación en las variables medidas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro del proceso por un lapso de 3 días en casos de fallo de comunicación.
- Recibir del Centro de Control y aplicar los puntos de consigna de operación en la dosificación.
- Permitir los mandos locales de apertura y cerrado recibidos desde la HMI.

4.2.3. TAGS DEL LAZO

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
NTU AC			1		1	Señal de turbiedad de agua cruda, global
NTU Cnf			1		1	Señal de turbiedad de agua decantada, global
ApHT			1		1	Señal de medición de pH, global
FT AC			1		1	Señal de caudal de agua cruda, global
SULFT				1	1	Señal de bomba dosificadora de sulfato de aluminio, manual/automático/remoto/local/dosificar/posición/falla
POLI				1	1	Señal de bomba dosificadora de polielectrolito, manual/automático/remoto/local/dosificar/posición/falla
ITR QUI	1					Alarma por intrusión en tablero de control
INT QUI	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK A					1	Reconocimiento de alarmas
ECOQ					1	Estado de comunicación
SI QUI	1					Sirena
SP CP					1	Valor de consigna de caudal de proceso, global.
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios, global.

4.3. LAZO SEDIMENTACIÓN



Después del proceso de floculación se han formado los flóculos con la masa suficiente para precipitarse en la solera de los sedimentadores. Debido a que es una acción que no necesita medición de nivel, puede ser temporizada.

4.3.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- MV S1 a MV S6 Maniobras de apertura y cerrado de las válvulas de descarga de las unidades de sedimentación, discreta. Están asociadas a los ESCLAVOS-SED-1/2/3/4/5/6.

4.3.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-SED)

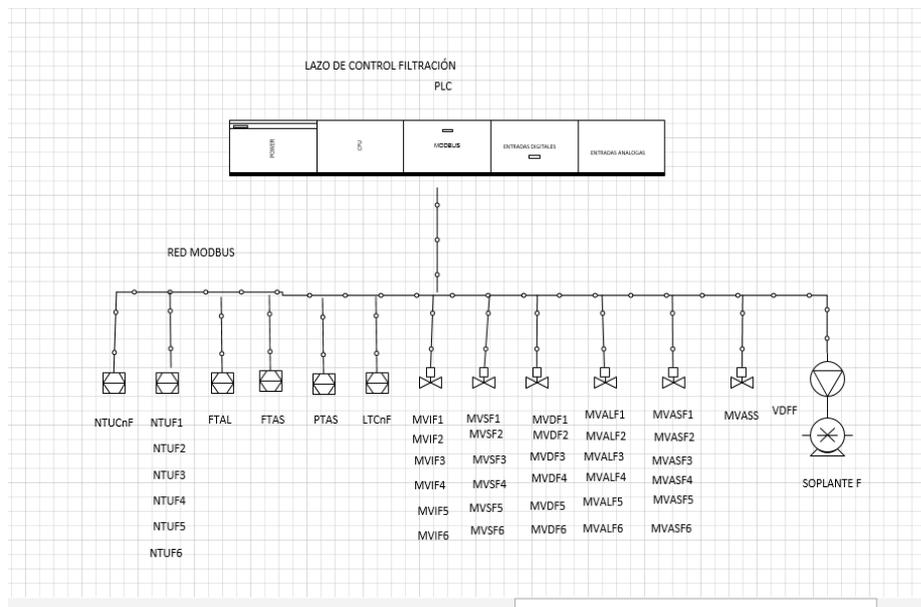
- Recolectar el estado de las válvulas (abierto o cerrado), límites apertura y cerrado.
- Temporizar el estado de apertura de las válvulas.
- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).
- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Permitir los mandos locales de apertura y cerrado recibidos desde la HMI.

4.3.3. TAGS DEL LAZO

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
MVS1/2/3/4/5/6			1		1	Señal de control para maniobras de la válvula de desagüe manual/automático/remoto/local/abrir/cerrar/posición/falla.
ITR SED	1					Alarma por intrusión en tablero de control

INT SED	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK AS					1	Reconocimiento de alarmas
ECOS					1	Estado de comunicación
SI SED	1					Sirena
SP SED					1	Valor de consigna de temporización de Sedimentador
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios, global.

4.4. LAZO FILTRACIÓN



4.4.1. PROCESO DE LAVADO DE LOS FILTROS

Los equipos que componen el subsistema de filtración son los siguientes

EQUIPO	FUNCIÓN
LT CnF	Mide el nivel del canal común de agua que ingresa a los filtros. Dispara la secuencia de lavado cuando el nivel llega a 400 mm de máxima carrera. Está asociado al ESCLAVO-FIL-1.
NTU CnF	Mide la turbiedad del agua en el canal común. Está asociado al ESCLAVO-FIL-2.
NTU CdF	Mide la turbiedad en el canal común de descarga. Según el valor medido sea inferior a 1 NTU termina la secuencia de lavado del filtro. Está asociado al ESCLAVO-FIL-3.
NTU F	Mide la turbiedad del agua filtrada (de cada filtro). La diferencia de las mediciones ante el valor del NTU CnF indica la calidad del lecho filtrante. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-4/5/6/7/8/9.

FT AL	Mide el caudal del agua para lavado. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-10.
FT AS	Mide el caudal de aire del soplante. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-11.
PT AS	Mide la presión de aire del soplante. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-12.
MVI F	Válvula de ingreso de agua decantada al filtro. Están asociados con los ESCLAVOS-FIL-13/14/15/16/17/18.
MVS F	Válvula de salida de agua filtrada (de cada filtro). Están asociados con los ESCLAVOS-FIL-19/20/21/22/23/24.
MVD F	Válvula de drenaje. Están asociados con los ESCLAVOS-FIL-25/26/27/28/29/30.
MVS F	Válvula de ingreso de aire. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-31/32/33/34/35/36.
MVA F	Válvula de ingreso de agua para lavado. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-37/38/39/40/41/42.
VDF F	Variador de frecuencia que maniobra al soplante de los filtros. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-43.
VDF L	Variador de frecuencia que maniobra a la bomba de lavado de los filtros. Está asociado con el ESCLAVO-FIL-44

En la operación de filtración normal el estado de los equipos es el siguiente

EQUIPO	ESTADO
LT CnF	Midiendo carrera del filtro
NTU CnF	Midiendo turbiedad del canal común ingreso
NTU CdF	nulo
NTU F	Midiendo turbiedad de agua filtrada
FT AL	nulo
FT AS	nulo
PT AS	nulo
MVI F	abierta
MVS F	abierta
MVD F	cerrada
MVS F	cerrada
MVA F	cerrada

Eta 1. El LT CnF detecta que el nivel del filtro ha superado el nivel de carrera máximo y dispara la secuencia de lavado del filtro en el orden establecido. El estado es el siguiente.

EQUIPO	ESTADO
LT CnF	Detecta carrera máxima del filtro
NTU CnF	Midiendo turbiedad del canal común ingreso
NTU CdF	nulo
NTU F	nulo
FT AL	nulo
FT AS	nulo
PT AS	nulo
MVI F	cerrada
MVS F	cerrada
MVD F	abierta

MVS F	cerrada
MVA F	cerrada

Etapa 2. Se temporiza dos (2) minutos la apertura de la MVD F. Transcurrido el lapso se cierra la MVD F con el fin de que el nivel del agua esté sobre el canal de descarga por 500 mm.

Etapa 3. El lecho filtrante comienza a esponjarse. El estado de los equipos es el siguiente

EQUIPO	ESTADO
LT CnF	No importa
NTU CnF	Midiendo turbiedad del canal común ingreso
NTU CdF	nulo.
NTU F	nulo
FT AL	nulo
FT AS	Mide caudal de aire
PT AS	Mide presión de aire
MVI F	cerrada
MVS F	cerrada
MVD F	cerrada
MVS F	Abierta, el soplante ingresa aire con una rampa positiva suave por dos (2) minutos
MVA F	cerrada

Etapa 4. Transcurrido el lapso el estado de los equipos es el siguiente.

EQUIPO	ESTADO
LT CnF	No importa
NTU CnF	Midiendo turbiedad del canal común ingreso
NTU CdF	Mide turbiedad en canal de descarga
NTU F	nulo
FT AL	Mide caudal de agua de lavado
FT AS	nulo
PT AS	nulo
MVI F	cerrada
MVS F	cerrada
MVD F	abierta
MVS F	cerrada, el soplante apagado
MVA F	Abierta, la bomba impulsa el agua de lavado con una rampa positiva suave

Etapa 5. El NTU CdF detecta que la turbiedad es menor a una (1) NTU terminando con el lavado del filtro. El estado de los equipos es el siguiente.

EQUIPO	ESTADO
LT CnF	Mide el nivel del canal común de agua decantada
NTU CnF	Midiendo turbiedad del canal común ingreso

NTU CdF	nulo
NTU F	Mide turbiedad de agua filtrada.
FT AL	nulo
FT AS	nulo
PT AS	nulo
MVI F	Abierta
MVS F	abierta
MVD F	cerrada
MVS F	cerrada, el soplante apagado
MVA F	cerrada, la bomba impulsa el agua de lavado apagada.

Si se presentasen dificultades con la medición de turbiedad en el canal de descarga se temporizaría la Etapa 4 por unos ocho (8) minutos o lo que la práctica aconseje. Así se llega a la operación normal de filtración.

4.4.2. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- MVIF1/2/3/4/5/6 Señal de apertura/cerrado de válvula de ingreso de agua decantada hacia los filtros, en 4-mA y discreta
- MVSF1/2/3/4/5/6 Señal de apertura/cerrado de válvula de salida de agua filtrada, en 4-20 mA y discreta.
- MVDF1/2/3/4/5/6 Señal de apertura/cerrado de válvula de desagüe del filtro, en 4-20 mA y discreta.
- MVSF1/2/3/4/5/6 Señal de apertura/cerrado de válvula de salida de aire del soplante, en 4-20 mA y discreta.
- MVALF1/2/3/4/5/6 Señal de apertura/cerrado de válvula de agua para lavado de filtro, en 4-20 mA y discreta.
- LTCnF Señal de nivel de canal de agua decantada al ingreso de filtros, en 4-20 mA y discreta.
- NTUCnF Señal de turbiedad del agua decantada en canal al ingreso de filtros, 4-20 mA y discreta.
- NTU CdF Señal de turbiedad de agua en canal de descarga común, en 4-20 mA y discreta
- NTUF1/2/3/4/5/6 Señal de turbiedad del agua filtrada salida de cada filtro, en 4-20 mA y discreta.
- FTAL Señal de caudal de agua para retro lavado bombeada, en 4-20 mA y discreta.
- FTAS Señal de caudal de aire de salida del soplante, en 4-20 mA y discreta.
- PTAS Señal de presión de aire de salida del soplante, en 4-20 mA y discreta.

4.4.3. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-FIL)

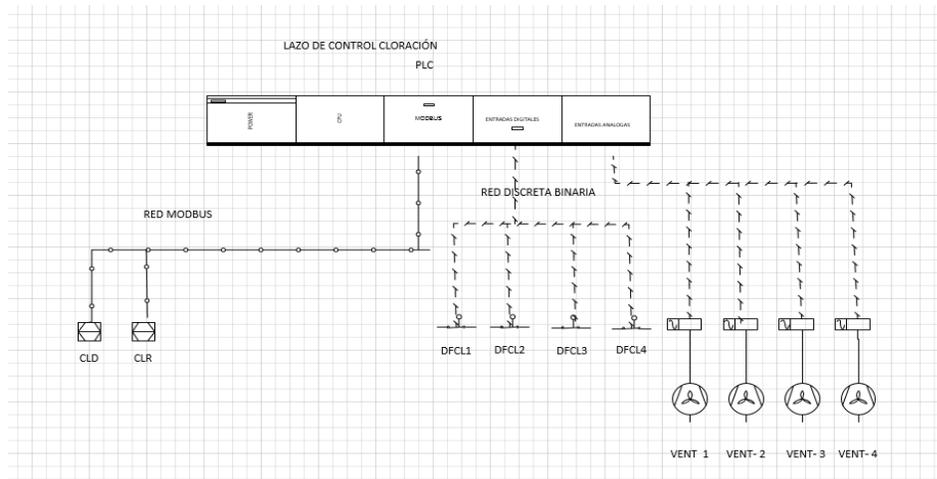
- Recolectar las mediciones de la instrumentación: nivel de agua, NTU en canal de agua decantada/salida de filtros, presión de aire, caudal de aire, y presentarlas en unidades de ingeniería.
- Dependiendo del valor del nivel de agua en el canal de ingreso a los filtros iniciar la secuencia de lavado.
- Controlar las maniobras de apertura/cerrado de válvula de ingreso de agua al filtro.
- Controlar las maniobras de apertura/cerrado de válvula salida de agua del filtro.
- Controlar las maniobras de apertura/cerrado de válvula de desagüe del filtro.
- Controlar las maniobras de apertura/cerrado de válvula de aire del soplante.
- Conforme al punto de consigna de caudal/presión de aire, y el valor medido de caudal/presión, mediante una rutina PID, controlar el encendido/apagado del VDF que maneja el soplante.
- Conforme al punto de consigna de caudal y el valor medido, mediante una rutina PID, controlar el encendido/apagado del VDF que maneja la bomba de retro lavado.
- Temporizar el vaciado del filtro, la inyección aire, la inyección de agua de retro lavado.
- En base a los valores medidos de NTU al ingreso y salida de los filtros determinar el tiempo óptimo de la secuencia de lavado.
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que el nivel del filtro esté fuera de los extremos indicados por el LT- CnFIL .
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que el caudal de agua de retro lavado esté fuera de los extremos indicados por el FT
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que el caudal de aire del soplante esté fuera de los extremos indicados por el FT
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que la presión de aire del soplante esté fuera de los extremos indicados por el PT
- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).
- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Almacenar la información de variación en las variables medidas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro del proceso por un lapso de 3 días en casos de fallo de comunicación.
- Recibir del Centro de Control y aplicar los puntos de consigna de operación en los filtros.
- Permitir los mandos locales de apertura y cerrado recibidos desde la HMI

4.4.4. TAGS DEL LAZO

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
NTU AC			1		1	Señal de turbiedad de agua cruda, global
NTU CnF			1		1	Señal de turbiedad de agua decantada, global
NTU CdF			1		1	Señal de turbiedad de agua en canal de descarga.

MVIF1/2/3/4/5/6					1	Señal de apertura/cerrado de válvula de ingreso de agua decantada hacia los filtros
MVSF1/2/3/4/5/6					1	Señal de apertura/cerrado de válvula de salida de agua filtrada
MVDF1/2/3/4/5/6					1	Señal de apertura/cerrado de válvula de desagüe del filtro
MVASF1/2/3/4/5/6					1	Señal de apertura/cerrado de válvula de salida de aire del soplante
MVALF1/2/3/4/5/6					1	Señal de apertura/cerrado de válvula de agua para lavado de filtro
LTCnF			1		1	Señal de nivel de canal de agua decantada al ingreso de filtros
NTUF1/2/3/4/5/6			1		1	Señal de turbiedad del agua filtrada salida de cada filtro
FTAL			1		1	Señal de caudal de agua para retro lavado bombeada
FTAS			1		1	Señal de caudal de aire de salida del soplante
PTAS			1		1	Señal de presión de aire de salida del soplante
ITR FIL	1					Alarma por intrusión en tablero de control
INT FIL	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK FIL					1	Reconocimiento de alarmas
ECO FIL					1	Estado de comunicación
SI FIL	1					Sirena
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios, global.

4.5. LAZO CLORACIÓN



El proceso de desinfección utiliza el gas cloro para mezclarlo con el agua filtrada en la cámara de contacto. Debido a que el cloro es muy reactivo y en concentraciones bajas es venenoso para el ser humano, lo que obliga utilizar dispositivos de detección fugas que servirán emitir alarmas.

El equipo de dosificación es autónomo aunque informa al controlador (PLC) el valor de dosificación. También hay un equipo que mide el cloro residual en el agua tratada, que informa al controlador de las cantidades de cloro residual que ha medido.

4.5.1. SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- CLD- Señal de dosis de cloro inyectado, en 4-20 mA y discreta (palabra Modbus). Está asociado con el ESCLAVO-CLO-1
- CLR- Señal de cloro residual, en 4-20 mA y discreta. Está asociado con el ESCLAVO-CLO-2.
- DFCL1/2/3/4 Señal de los detectores de fugas, discreta binaria.

4.5.2. FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-CLO)

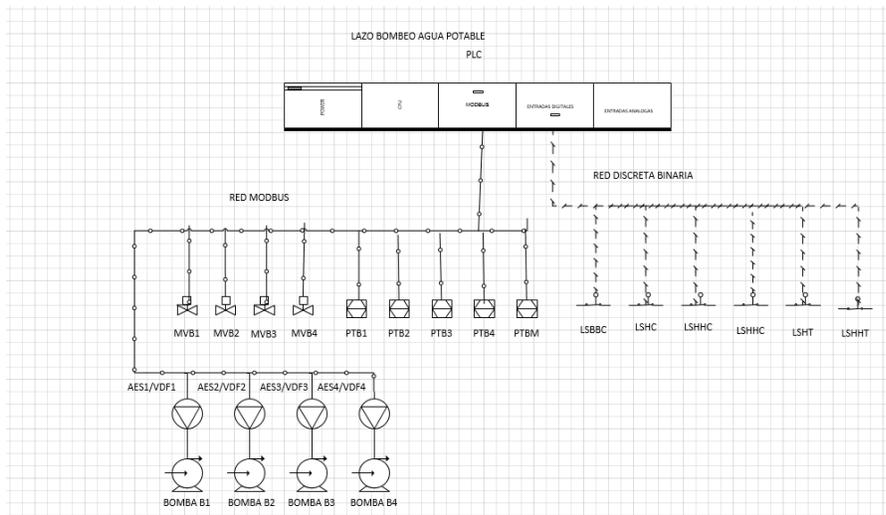
- Recolectar las mediciones de la instrumentación: gas cloro dosificado, cloro residual, y presentarlas en unidades de ingeniería.
- Emitir alarmas audibles y luminosas cuando los detectores de fuga de gas cloro se activen.
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que los detectores de fuga sensen gas cloro en el ambiente
- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).

- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Almacenar la información de variación en las variables medidas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro del proceso por un lapso de 3 días en casos de fallo de comunicación.
- Recibir del Centro de Control y aplicar los puntos de consigna de operación en el tanque de oxidación.

4.5.3. TAGS DEL LAZO

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
CLD			1		1	Señal de dosificación de cloro
CLR			1		1	Señal de medición de cloro residual
DFCL 1/2/3/4	4					Señal de detección de fuga de gas cloro
VENT 1/2/3/4		1				Señal de operación de ventiladores
ITR CLO	1					Alarma por intrusión en tablero de control
INT CLO	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK ACLO					1	Reconocimiento de alarmas
ECOCLO					1	Estado de comunicación
SI CLO	1					Sirena
SP CP					1	Valor de consigna de caudal de proceso, global.
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios, global.

4.6. LAZO BOMBEO AGUA POTABLE



4.6.1. ALGORITMO LÓGICO DE CONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

La lógica funcional que impulsa este algoritmo es sencilla, mantener el nivel del cárcamo de succión debajo de un nivel ALTO deseable. El flujo de afluente continuo la cámara de contacto hacia la estación de bombeo es una variable independiente que se basa en una serie de criterios fuera del alcance del control de la estación de bombeo. Por tanto, la estación de bombeo debe ser capaz de reaccionar a una amplia gama de flujos afluentes.

La estación de bombeo del ejemplo está dimensionada con **cuatro** bombas iguales e independientes. Estas bombas se utilizan para vaciar el cárcamo de succión. Se puede utilizar cualquier combinación de una, dos o tres bombas simultáneamente para realizar esta tarea. El arranque y parada automáticos de las bombas se basa en indicadores de nivel dicho cárcamo de succión. Cuando el pozo se eleva a un nivel designado, las bombas se utilizarán para reducir el nivel a un valor mínimo. Luego, habrá un período de tiempo en el que no se permitirá bombas en funcionamiento hasta que el nivel aumente de nuevo al nivel designado. Para comprender el algoritmo de bombeo general, primero debe comprender algunas definiciones simples y características definitorias del diseño:

Toda la estación de bombeo está siempre en uno de dos modos: AUTOMÁTICO o MANUAL. El modo automático significa que la lógica de control local determinará qué bombas se ponen en marcha / paran y cuándo se ponen en marcha / paran. Mientras está en automático, los cambios a los parámetros que definen el comportamiento lógico pueden realizarse mediante la interfaz local o mediante el maestro SCADA en el Control Central. El modo manual apaga la lógica automática y permite que un operador local arranque y detenga bombas fuera del algoritmo lógico. Mientras que en manual, los cambios de parámetros están permitidos solo a través de la interfaz local y no son aceptados por el maestro SCADA.

Se establece un tiempo mínimo de funcionamiento de la bomba y un tiempo mínimo de inactividad de la bomba para toda la estación de bombeo y se aplica a todas las bombas

asociadas. El tiempo mínimo de funcionamiento de la bomba es la cantidad de segundos que cualquier bomba debe funcionar una vez que ha arrancado. El tiempo mínimo de inactividad de la bomba es la cantidad de segundos que la bomba debe permanecer inactiva antes de que pueda reiniciarse. Estas variables están destinadas a eliminar el ruido de la bomba potencialmente dañino cuando las bombas arrancan y se detienen demasiado rápido.

Cada bomba individual está siempre en uno de los cinco modos de secuencia:

DELANTERA: este modo designa una bomba como la bomba primaria singular para el bombeo de agua.

SIGUIENTE: este modo designa una bomba como la bomba secundaria singular para el bombeo de agua.

ESPERA: este modo designa una bomba como lista para funcionar, pero no como parte de la lógica automática para detener y arrancar bombas.

MANTENIMIENTO: este modo designa una bomba como fuera de línea, no disponible para bombeo automático o manual, y que recibe servicio con algún tipo de actividad de mantenimiento.

FUERA DE LÍNEA: este modo designa una bomba como fuera de línea, no disponible para bombeo automático o manual, pero no en algún modo de mantenimiento esperado. Esta designación generalmente implica una falla significativa.

La estación de bombeo ha sido diseñada de tal manera que **tres** bombas deberían ser suficientes para acomodar incluso un flujo afluente extraordinariamente alto. En un momento dado, una y solo una de las bombas se designa como bomba DELANTERA. Esta designación indica que esta bomba será la primera bomba que se encienda cuando se solicite. Por definición, siempre debe haber una bomba designada como bomba DELANTERA. Así, cualquiera de las **cuatro** bombas puede designarse como bomba DELANTERA. La estación de bombeo está diseñada alrededor de un umbral de bomba DELANTERA de arranque flexible y configurable y un umbral de bomba DELANTERA de parada. Estos umbrales se pueden cambiar para adaptarse a diferentes escenarios de bombeo. Cuando el valor real del nivel del cárcamo de succión excede el umbral de inicio, arrancará la bomba DELANTERA. La bomba DELANTERA permanecerá encendida hasta que el valor real caiga por debajo del umbral de parada de la bomba.

Una y solo una de las bombas puede designarse como bomba SIGUIENTE. Si la bomba DELANTERA no puede reducir el nivel del cárcamo de succión lo suficiente, la bomba SIGUIENTE se pondrá en marcha automáticamente. Ambas bombas funcionarán juntas para reducir el valor de nivel. Al igual que con la bomba DELANTERA, la bomba SIGUIENTE tendrá umbrales de arranque y parada establecidos. Estos umbrales se pueden cambiar para adaptarse a diversas condiciones de flujo del afluente. Cuando el valor real del nivel del cárcamo de succión se eleva por encima del umbral de inicio de la bomba SIGUIENTE, la bomba SIGUIENTE se iniciará automáticamente. La bomba DELANTERA ya debería estar encendida y debería seguir funcionando. La capacidad de bombeo adicional de la bomba SIGUIENTE debería ser suficiente para reducir el valor de nivel por debajo del umbral de parada de la bomba SIGUIENTE. La bomba SIGUIENTE se apagaría automáticamente.

Normalmente, la bomba DELANTERA continuaría funcionando durante todo el ciclo de bombeo de la bomba SIGUIENTE. De hecho, con caudales afluentes más grandes, la bomba SIGUIENTE puede ejecutar su ciclo de bombeo varias veces sin que la bomba DELANTERA se detenga nunca.

Debe recordarse que estos umbrales están designados para la estación de bombeo en su conjunto y no tienen ninguna conexión permanente a ninguna bomba individual. La designación DELANTERA y SIGUIENTE puede volver a designarse entre las tres bombas.

Las designaciones DELANTERA y SIGUIENTE se asignan a una y solo una bomba en un momento dado. La cuarta bomba puede tener varias designaciones alternativas. Normalmente, la tercera bomba se clasifica como EN ESPERA. EN ESPERA indica que la bomba está lista y podría entrar en línea si es necesario. La lógica de control automático nunca arrancará una bomba designada como EN ESPERA. Sin embargo, un operador puede poner en marcha manualmente una bomba en modo de ESPERA. Si la estación de bombeo está en modo AUTO, la bomba de ESPERA funcionará durante el tiempo mínimo de funcionamiento y luego se apagará. Si la estación de bombeo está en modo MANUAL, la bomba funcionará hasta que se apague manualmente.

Si hay un problema con una de las otras bombas, entonces la bomba de ESPERA se puede volver a designar como bomba DELANTERA O SIGUIENTE. La bomba que anteriormente era DELANTERA O SIGUIENTE se designaría como EN ESPERA.

La descripción arriba expuesta manifiesta cómo se designan las bombas y su operación tomando en cuenta los umbrales del cárcamo de succión con el fin de que las bombas no operen en vacío. El tanque de carga tiene dos umbrales importantes: el nivel BAJO con el que debe empezar la operación de bombeo y el nivel ALTO con el que debe cesar la operación de bombeo. Otra condición para detener la operación de bombeo está dada por una pérdida de presión en la línea de conducción causada por la rotura de la tubería.

4.6.1.1. ALGORITMO DE EQUILIBRIO DEL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

A menudo es deseable equilibrar el uso de las bombas individuales dentro de la estación de bombeo para asegurar que ninguna bomba soporta una cantidad desproporcionada de las horas de funcionamiento del bombeo. El método para designar qué bombas deben funcionar normalmente se refiere a la asignación y reasignación automática de las designaciones de bomba DELANTERA, SIGUIENTE y ESPERA. Los algoritmos de equilibrio solo estarán activos mientras la estación de bombeo esté en modo AUTO.

Este escenario se basa en el tiempo de ejecución relativo entre las bombas respectivas.

Para evitar que los algoritmos se desvíen en el estado de la bomba, habrá un solo temporizador de período de evaluación. La duración de este período de evaluación será configurable expresada en segundos con el valor predeterminado asignado a 600 segundos y un valor mínimo aceptable de 10 segundos. Por lo tanto, cada 10 minutos se invocará esta parte del programa y, si corresponde, se cambiarán los estados de las bombas.

4.6.1.2. MODO BASADO EN TIEMPO DE EJECUCIÓN RELATIVO:

Cuando el algoritmo está en modo basado en tiempo de ejecución relativo, el programa activará cada ciclo de evaluación y determinará si es necesario cambiar algún estado de la bomba. Para evaluar esta condición, el programa evaluará los temporizadores de acumulación (horeros) para el valor de tiempo de ejecución de cada bomba. Estos valores se incrementarán cada segundo que el estado de la bomba respectiva indique que la bomba está encendida. Estos valores acumulados serán remanentes y no se restablecerán si el controlador se apaga o se saca del modo de funcionamiento.

El algoritmo utilizará los valores de los tiempos de ejecución acumulados (horeros) de cada bomba para determinar si existe alguna desigualdad "significativa" entre los valores respectivos. Se utilizará un parámetro configurable por el usuario para determinar si los valores del acumulador indican la necesidad de un cambio. Este valor delta se expresará en una cantidad de segundos y estará predeterminado en 900 y tendrá un valor mínimo de 300.

En cada ciclo de evaluación, el programa evaluará los acumuladores (horeros) de la bomba para determinar si se requiere alguna acción:

Evaluación del acumulador (horero)	Acción a realizar
La bomba DELANTERA no tiene el mayor valor de tiempo de funcionamiento acumulado	No se requiere acción.
La bomba de DELANTERA tiene el valor de tiempo de funcionamiento acumulado más grande, PERO la diferencia entre ese valor y los otros dos valores de acumulación es menor que delta	No se requiere acción.
La bomba de DELANTERA tiene el valor de tiempo de funcionamiento acumulado más grande Y la diferencia entre ese valor y los otros valores de acumulación es mayor que delta	Cambie los estados de la bomba de acuerdo con las reglas de la tabla anterior en el modo basado en tiempo absoluto.

4.6.2 OPERACIÓN CON GENERADOR DE EMERGENCIA

Cuando se presenta un corte del suministro de energía (como un apagón) la Transferencia Automática (TTA) ordena la puesta en marcha del generador de emergencia. De manera simultánea la TTA comunica al Scada via el PLC POT de la ocurrencia del evento. También, la TTA comunica al Scada que la Planta está siendo alimentada por el generador de emergencia. A su vez, el Scada comunica al PLC BOM el evento para que este controlador inicie las

maniobras de arranque y parada de las bombas con rampas lentas cuyos tiempos de ejecución sean de por lo menos de una duración de 300 segundos, esto con el fin de disminuir las corrientes que los motores demandan en el arranque y el frenado de parada. De esta manera el generador será capaz de manejar tres (3) bombas al mismo tiempo.

Cuando se restablece el suministro de energía eléctrica la TTA comunica al Scada via el PLC POT que la Planta está siendo abastecida por la red eléctrica exterior. A su vez, el Scada comunica al PLC BOM el fin del estado de emergencia, con lo que este controlador elimina las restricciones de arranque y parada de las bombas.

4.6.3 SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- LS BBC- Señal discreta del nivel BAJO BAJO del cárcamo de succión que impedirá la operación de bombeo, discreta binaria.
- LS HC - Señal discreta de nivel ALTO del cárcamo de succión que permite empezar la operación de bombeo, discreta binaria.
- LSHHC - Señal discreta de nivel ALTO ALTO del cárcamo de bombeo, discreta binaria.
- LSBT- Señal discreta de nivel BAJO BAJO del tanque de carga, discreta binaria.
- LSBT- Señal discreta de nivel BAJO del tanque de carga, discreta binaria.
- LSHHT- Señal discreta de nivel ALTO ALTO del tanque de carga que indica rebose, discreta binaria.
- MV FB1/2/3/4 Señal de apertura/cerrado de válvula de descarga de bomba 1/2/3/4, en 4-20 mA y discreta. Asociados con los ESCLAVOS-BOM-1/2/3/4.
- VDF FB 1/2/3/4. Señal de estado de control de los variadores de frecuencia que maniobran las bombas, señal de estado discreta. Asociados con los ESCLAVOS 5/6/7/8.
- PT FB1/2/3/4 Señal de presión en la descarga de la bomba 1/2/3/4, en 4-mA y discreta (palabra Modbus). Está asociado al ESCLAVO-BOM-9.
- PTBM Señal de presión en la descarga de Múltiple, en 4-mA y discreta (palabra Modbus). Está asociado con el ESCLAVO-BOM-9.

4.6.4 FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC-BOM)

- Recolectar las mediciones de la instrumentación: nivel en el cárcamo de succión, presión de en las descargas de las bombas y el múltiple, y presentarlas en unidades de ingeniería.
- Dependiendo del valor del nivel en el cárcamo de succión habilitar la operación de bombeo.
- Controlar las maniobras de apertura/cerrado de las válvulas de descarga de las bombas.
- Conforme al punto de consigna de presión de la línea de impulsión, y el valor medido de presión, de las señales de nivel tanto del cárcamo de succión como del tanque de carga, controlar el encendido/apagado del AES/VDF que maneja las bombas.

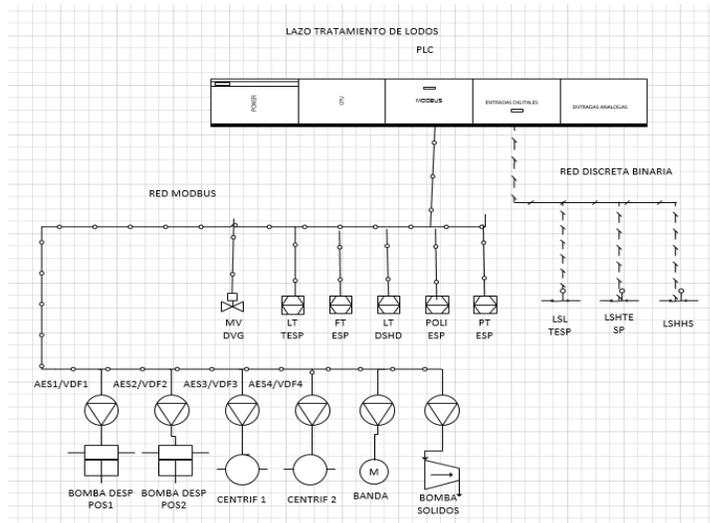
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que los niveles del cárcamo de succión como del tanque de carga estén fuera de los extremos indicados por el LS- interruptores de nivel.
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que la presión en la descarga de las bombas y el múltiple estén fuera de los extremos indicados por el PT
- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).
- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Almacenar la información de variación en las variables medidas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro del proceso por un lapso de 3 días en casos de fallo de comunicación.
- Recibir del Centro de Control y aplicar los puntos de consigna de operación de las bombas.
- Permitir los mandos locales de apertura y cerrado recibidos desde la HMI.

4.6.5 TAGS DEL LAZO

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
FT AP			1		1	Señal de caudal de agua potable bombeada, calculada
PT B1/2/3/4			4		4	Señal de presión en descarga bombas
PT BM			1		1	Señal de presión en múltiple
MV B1/2/3/4					1	Señal de maniobras de válvulas de descarga de bombas manual/automático/remoto/local/abrir/cerrar/posición/falla
VDF FB 1/2/3/4						Controlar el encendido/apagado del VDF 1/2/3/4 que maneja las bombas 1/2/3/4.
LS BBC	1					Nivel BAJO BAJO en Cárcamo de succión (bombeo)
LS HC	1					Nivel ALTO en Cárcamo de succión para empezar bombeo
LS BT	1					Nivel BAJO en Tanque de Carga
LS HHT	1					Nivel ALTO ALTO en Tanque de Carga
ITR EB	1					Alarma por intrusión en tablero de control
INT EB	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK AEB					1	Reconocimiento de alarmas
ECO EB					1	Estado de comunicación
SI EB	1					Sirena
SP CEB					1	Valor de consigna de caudal de a bombear.

OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios, global.
------	--	--	--	--	---	---

4.7 LAZO DE TRATAMIENTO DE LODOS



Los procesos de Sedimentación y Filtración generan lodos en sus drenajes. Dichos lodos contienen los químicos que fueron utilizados en la coagulación que no pueden ser degradados como para cargarlos a la tierra razón por la que es necesario procesarlos física-químicamente para que sean utilizados en zonas diferentes de las tierras de cultivo.

4.7.4 SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- LT ESP Señal de medición de nivel del Tanque de Espesamiento, en 4-20 mA y discreta. Asociado con el ESCLAVO LOD-1
- FT ESP Señal de caudal de lodo que ingresa al Tanque de Espesamiento, en 4-20 mA y discreta. Asociado con el ESCLAVO-LOD-2.
- LT DSHD Señal de nivel en tolva de lodos deshidratados de la bomba de sólidos, en 4-20 mA y discreta. Asociado con el ESCLAVO-LOD-3.
- POLI ESP 1/2 Señal de dosificación de polielectrolito, en 4-20 mA y discreta. Asociado con los ESCLAVOS-LOD-4/5.
- PT ESP Señal de presión en línea de impulsión de lodos, en 4-20 mA y discreta. Asociado con el ESCLAVO-LOD-6.
- MV DVG Señal de maniobra abrir/cerrar para válvula divergente, en 4-20 mA y discreta. Asociada con el ESCLAVO-LOD-7.
- VDF POS 1/2 Señal de control de los variadores de frecuencia que maniobran las bombas dosificadoras de polielectrolito, en 4-20 mA y discreta. Asociada con los ESCLAVOS-LOD-8/9.

- VDF CENTRIF 1/2 Señal de control de los variadores de frecuencia que maniobran las centrifugadoras de lodos, en 4-20 mA y discreta. Asociada con los ESCLAVOS-LOD-10/11.
- VDF BANDA Señal de control del variador de frecuencia que maniobra la banda, en 4-20 mA y discreta. Asociada con al ESCLAVO-LOD-12.
- VDF BSOL Señal de control del variador de frecuencia que maniobra la bomba de sólidos, en 4-20 mA y discreta. Asociada con al ESCLAVO-LOD-13.
- LSL TESP Nivel BAJO BAJO de Tanque de Espesamiento, discreta binaria.
- LSH TESP Nivel ALTO de Tanque de Espesamiento, discreta binaria.
- LSHH TESP Nivel ALTO ALTO de Tanque de Espesamiento, discreta binaria.

4.7.5 FUNCIONES DEL CONTROLADOR (PLC LODOS)

- Recolectar las mediciones de la instrumentación: nivel en el Tanque de Espesamiento, caudal que ingresa al Tanque de Espesamiento, presión en líneas de impulsión, y presentarlas en unidades de ingeniería.
- Dependiendo del valor del nivel en el cárcamo de succión habilitar la operación de bombeo.
- Controlar las maniobras de apertura/cerrado de válvula divergente.
- Conforme al punto de consigna de caudal de ingreso al tanque de espesamiento, y el valor medido de presión, de las señales de nivel tanto del cárcamo de succión como del tanque de espesamiento, controlar el encendido/apagado de los VDF que manejan las bombas de desplazamiento positivo.
- Conforme al punto de consigna, al caudal de ingreso de lodo dosificar el polielectrolito (de forma manual/local/remoto/automática).
- Conforme al punto de consigna maniobrar las centrifugadoras (de forma manual/local/remoto/automática).
- Conforme al punto de consigna maniobrar la banda (de forma manual/local/remoto/automática).
- Conforme al punto de consigna y al nivel de la tolva de sólidos maniobrar la bomba de sólidos (de forma manual/local/remoto/automática).
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que los niveles del cárcamo de succión como del tanque de espesamiento estén fuera de los extremos indicados por los LS-interruptores de nivel.
- Enviar alarmas al Centro de Control en caso de que la presión en la línea de impulsión esté fuera de los extremos indicados por el PT
- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).
- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Almacenar la información de variación en las variables medidas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro del proceso por un lapso de 3 días en casos de fallo de comunicación.

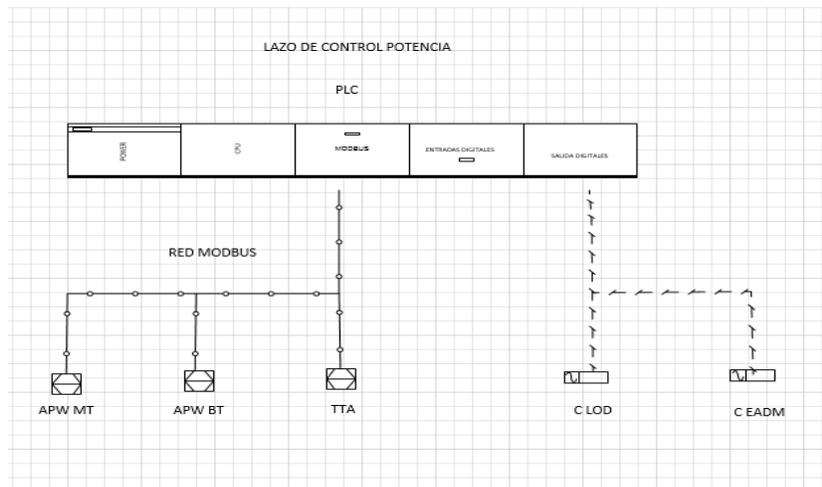
- Recibir del Centro de Control y aplicar los puntos de consigna de operación de las bombas.
- Permitir los mandos locales de apertura y cerrado recibidos desde la HMI

4.7.6 TAGS DEL LAZO

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCION
LT ESP			1		1	Señal de medición de nivel del Tanque de Espesamiento
FT ESP			1		1	Señal de caudal de lodo que ingresa al Tanque de Espesamiento
PT ESP			1		1	Señal de presión en línea de impulsión de lodos
LT DSHD			1		1	Señal de nivel en tolva de lodos deshidratados de la bomba de sólidos
POLI ESP 1/2			1		1	Señal de dosificación de polielectrolito.
MV DVG					1	Señal de maniobras de válvulas divergente manual/automático/remoto/local/abrir/cerrar/posición/falla
VDF POS 1/2					1	Controlar el encendido/apagado del VDF 1/2 que maneja las bombas 1/2.
VDF CENTRIF 1/2					1	Controlar el encendido/apagado del VDF 1/2 que maneja las centrifugadoras 1/2.
VDF BANDA					1	Controlar el encendido/apagado del VDF que maneja la banda transportadora.
VDG B SOL					1	Controlar el encendido/apagado del VDF que maneja la bomba para sólidos
LSL TESP	1					Nivel BAJO BAJO de Tanque de Espesamiento
LSH TESP	1					Nivel ALTO de Tanque de Espesamiento
LSHH TESP	1					Nivel ALTO ALTO de Tanque de Espesamiento
ITR LODOS	1					Alarma por intrusión en tablero de control
INT LODOS	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK ALODOS					1	Reconocimiento de alarmas

ECO LODOS					1	Estado de comunicación
SI LODOS	1					Sirena
SP LODOS					1	Valor de consigna de caudal de a bombear.
SP POLI					1	Valor de consigna de dosificación de polielectrolito
SP CENTRIF					1	Valor de consigna de velocidad de centrifugadoras
SP BOM SOL					1	Valor de consigna de velocidad de bomba de sólidos
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios, global.

4.8 LAZO DE CONTROL DE POTENCIA



Este lazo de control monitorea la energía eléctrica que consume la PTAP presentándola en parámetros de Media Tensión como en Baja Tensión. Es así que adquiere registros de voltaje de línea, corriente, frecuencia, potencia, factor de potencia.

Cuando ocurre un corte en el suministro de energía eléctrica (un apagón) la Transferencia Automática arranca el generador de emergencia para entregar energía eléctrica a las cargas críticas como son los módulos de la PTAP. Así, en caso de presentarse un corte de energía imprevisto (como un apagón) la Transferencia Automática comunica tal estado al controlador (PLC POT) que activado por la Transferencia Automática (TTA) ejecuta una secuencia de comandos para quitar cargas como la Unidad de Tratamiento de Lodos y el edificio de Administración.

El generador entrega energía eléctrica a los módulos de la PTAP hasta que la TTA detecta que la red eléctrica puede suministrar energía. La TTA desconecta al generador y conecta la PTAP a la red eléctrica. Simultáneamente, la TTA comunica al controlador el nuevo estado con lo que este vuelve a ejecutar una secuencia de comandos a fin de conectar las cargas no críticas.

4.8.1 SEÑALES IMPORTANTES LOCALES

- APW MT Señal de estado de los parámetros eléctricos en MT, discreta. Asociado con el ESCLAVO-POT-1
- APW BT Señal de estado de los parámetros eléctricos en BT, discreta. Asociado con el ESCLAVO-POT-2.
- TTA Señal de estado de la Transferencia Automática de Potencia, discreta. Asociado con el ESCLAVO-POT-3.
- C LOD Señal de control para conexión/desconexión de la Unidad de Tratamiento de Lodos, discreta.
- C EADM Señal de control para conexión/desconexión del edificio de Administración, discreta.

4.8.2 FUNCIONES DEL CONTROLADOR

- Recolectar las mediciones de las APW MT y APW BT: voltaje, corriente, frecuencia, potencia, energía consumida y presentarlas en unidades de ingeniería.
- Controlar las maniobras de conexión/desconexión de cargas no críticas dependiendo del contenido del estado de la TTA.
- Enviar valores de alarmas de seguridad y de desempeño del lazo de control de proceso (suministro eléctrico, inundación, intrusión, fallas de comunicación).
- Reconocimiento de usuarios y sus privilegios por medio de la HMI, que tengan capacidad de cambiar los puntos de consigna.
- Almacenar la información de variación en las variables medidas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro del proceso por un lapso de 3 días en casos de fallo de comunicación.
- Permitir los mandos locales de conexión/desconexión de cargas no críticas recibidos desde la HMI.

TAG	DI	DO	AI	AO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
APW MT					1	Señal de estado de los parámetros eléctricos en MT
APW BT					1	Señal de estado de los parámetros eléctricos en BT
TTA					1	Señal de estado de la Transferencia Automática

C LOD		1				Señal de control para conexión/desconexión de la Unidad de Tratamiento de Lodos,
C EADM		1				Señal de control para conexión/desconexión del edificio de Administración
ITR POT	1					Alarma por intrusión en tablero de control
INT POT	1					Alarma por inundación en tablero de control
ACK POT					1	Reconocimiento de alarmas
ECO POT					1	Estado de comunicación
SI POT	1					Sirena
OPER					1	Reconocimiento de operadores y privilegios, global.

5 SISTEMA DE COMUNICACIONES

5.6 RED ETHERNET O LAN

Una red LAN consiste en un medio de transmisión compartido y un conjunto de software y hardware para servir de interface entre dispositivos y el medio y regular el orden de acceso al mismo, lo que se desea conseguir con esta red es tener velocidades altas de transmisión de datos en distancias relativamente medianas.

Al implementar una red Ethernet, se presentan varios conceptos claves por si mismos. Uno es la elección del medio de transmisión los cuales pueden ser par trenzado de cobre, fibra óptica o medios inalámbricos

Otro problema de diseño es cómo realizar el control de acceso, con un medio compartido resulta necesario algún mecanismo para regular el acceso al medio de forma eficiente y rápida. Siendo el más popular el CSMA/CD Ethernet.

El control de acceso al medio a su vez está relacionado con la topología que adopte la red, siendo las más utilizadas el anillo, la estrella y el bus.

De esta manera podemos decir que los aspectos tecnológicos principales que determinan la naturaleza de una red LAN son:

- Topología
- Medio de transmisión
- Técnica de control de acceso al medio

5.6.4 TOPOLOGÍA

En el presente proyecto la más adecuada es la denominada estrella. En este tipo de topología cada estación está directamente conectada a un nodo central.

El funcionamiento del nodo central como dispositivo de conmutación de tramas: una trama entrante se almacena en el nodo y se retransmite sobre un enlace de salida hacia la estación de destino.

5.6.5 CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Todas las LAN se componen de un conjunto de dispositivos que deben compartir la capacidad de transmisión de la red, de manera que se requiere algún método de control de acceso al medio con objeto de hacer un uso eficiente de esta capacidad. Esta es la función del protocolo de acceso al medio (MAC).

Los parámetros clave en cualquier técnica de control de acceso al medio son **dónde y cómo**. El *Dónde* se refiere a si el control se realiza de forma centralizada o distribuida. En un esquema centralizado se diseña un controlador con la autoridad para conceder el acceso a la red. En una red descentralizada, las estaciones realizan conjuntamente la función de control de acceso al medio para determinar dinámicamente el orden en que transmitirán.

El *Cómo* viene impuesto por la topología y es un compromiso entre factores tales como el costo, prestaciones y complejidad. En general se pueden clasificar a las técnicas de control de acceso como síncronas y asíncronas. La aproximación asíncrona se puede subdividir en tres categorías: rotación circular, reserva y competición. Con las técnicas de contención no se realiza un control para determinar de quién es el turno, si no que todas compiten por acceder al medio, esta es una técnica apropiada para el tráfico a ráfagas.

5.6.6 LA TECNOLOGÍA IEEE 802.3

La técnica de control de acceso al medio más ampliamente usada en las topologías en estrella es la de Acceso Múltiple Sensible a la Portadora con detección de Colisiones (CSMA/CD).

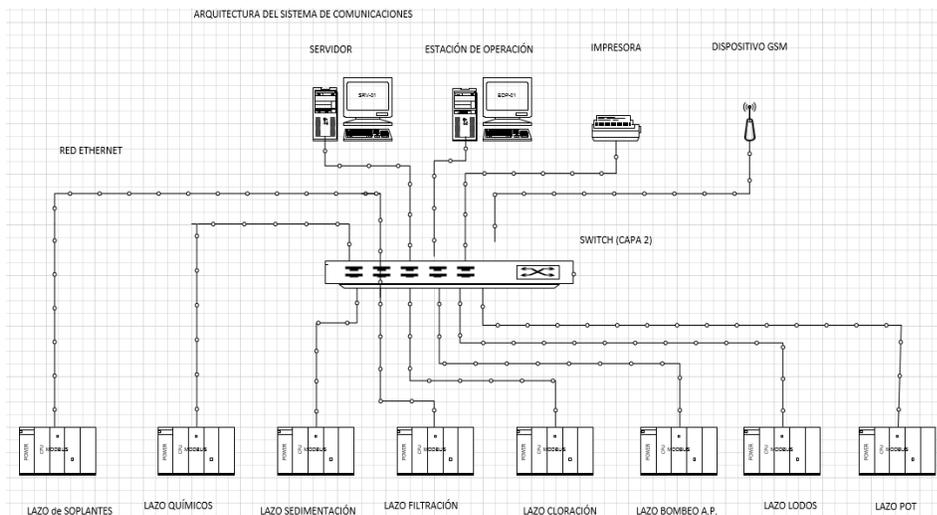
Ethernet proporciona servicios correspondientes a la capa 1 y a la capa 2 del modelo OSI, mientras que IEEE 802.3 especifica la capa física, o sea la capa 1 y la porción de acceso al canal de la capa 2 (enlace), pero no define ningún protocolo de enlace lógico. Tanto Ethernet como IEEE 82.3 se implementan a través de hardware.

Las siguientes reglas son para la técnica CSMA/CD:

1. La estación Transmite si el medio está libre, sino aplica la regla 2

2. Si el medio se encuentra ocupado, la estación continúa escuchando hasta que se encuentra libre el canal, en cuyo caso transmite inmediatamente.
3. Si se detecta una colisión durante la transmisión, las estaciones transmiten una señal de alerta para asegurarse de que todas las estaciones constatan la colisión y cesan de transmitir.
4. Después de transmitir la señal de alerta se espera un intervalo de tiempo de duración aleatoria, tras el cual se intenta transmitir de nuevo (volviendo al paso 1).

5.7 DISEÑO DE LA RED LAN



El sistema está compuesto por un (1) servidor donde se aloja el Scada, por una (1) estación de operación e ingeniería, una (1) impresora tipo láser y ocho (8) PLC. Todos unidos por un (1) switch Ethernet (o sea de capa 2). La mención a la capa 2 se debe a que todas las comunicaciones entre los componentes se las realizará utilizando las direcciones MAC.

5.7.4 ANÁLISIS DE TRÁFICO

5.7.4.1 CUADRO DE TRÁFICO EN EL CENTRO DE CONTROL

Sentido del tráfico

Desde	Hacia	Kbps promedio
Estación de Operación/Ingeniería	Servidor Scada	500
Controlador (PLC)	Servidor Scada	200
Estación de Operación/Ingeniería	Impresora	100

Servidor Scada	Estación de Operación	500
Servidor Scada	Controlador (PLC)	200
Total		1500

De acuerdo con los valores obtenidos se necesita un switch Ethernet 10 Base T. y debido a que es una red sencilla el switch debe ser administrable.

5.7.5 ACCESO AL MEDIO

Es necesario recurrir al modelo OSI para determinar las características del medio físico.

El modelo de 7 capas de la OSI se establece de la siguiente forma:

Capa 1.- FISICA. Se refiere a la transmisión binaria, el medio (cables, fibra óptica), conectores, y todos los elementos físicos que integran la red. Velocidades de datos. Define las características y especificaciones eléctricas y mecánicas para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales.

Capa 2.- ENLACE DE DATOS. Acceso a los medios (direcciones MAC), proporciona un tránsito de datos fiable, ordena las tramas y el control del flujo. El tipo de trama que genera la capa de enlace de datos dependerá de la arquitectura de la red que se está utilizando, como pudiera ser Ethernet, Token Ring o Fddi entre otras. Ejemplo de una trama Ethernet 803.2 estaría formada por los campos:

Preámbulo	Destino	Fuente	Longitud	Dsap	Ssap	Ctrl	DATOS	Fcs
-----------	---------	--------	----------	------	------	------	-------	-----

Merece explicar que:

Dsap. Indica la tarjeta de red de la computadora receptora donde ha de ubicarse la trama (dirección del destinatario).

Ssap. Proporciona la información de punto de acceso al Servicio para la trama (dirección de origen).

Ctrl. Un campo de control lógico de enlace.

FCS. Campo de secuencia de comprobación de trama, contiene el valor CRC para la trama.

5.7.6 TABLA COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO DE MEDIOS FÍSICOS

A – Especificaciones de requerimientos de Cobre / Fibra

Asunto	Su necesidad	Especificación
Distancia de Transmisión	Máximo 100 metros	Cat 5e / 6A
	Máximo 2000 metros	Fibra Multimodo
	Sobre 2000 metros	Fibra Monomodo
Velocidad de datos	100 Mb/s	Cat 5e
	1 Gb/s	Cat 6
	10 Gb/s	Fibra
Ruido Eléctrico	Bajo ruido	Pares trenzado * no apantallado
	Ruido moderado	Pares trenzado * apantallado lámina
	Alto ruido	Pares trenzado * apantallado con malla
Instalación flexible	No	Conductores sólidos
Aplicaciones flexibles continuas	Si	Conductores trenzados
Pares	Mayoría aplicaciones	Cable de 4 pares
	Necesidades especial	Cable de 2 pares

B – Especificación de requerimientos de Chaqueta

Asunto	Especificación
De propósito general para muchas aplicaciones	PVC
Resistencia a rayos ultravioleta o rayos del sol	Cualquiera
Resistencia a aceites	La mayoría
Resistencia a químicos y combustibles	FEP
Temperaturas hasta 150°C	FEP
Amplio rango	FEP
Alto esfuerzo mecánico (abrasión, corte)	Poliuretano
Libre de halógenos	LSZH
Flexibilidad continua	TPE
Resistencia a soldaduras	TPE
Enterrado directamente	Polietileno
Máxima protección mecánica	armado

Cable de Fibra Óptica

Asunto	busque
De propósito general para muchas aplicaciones	PVC
Resistencia añadida a químicos y a abrasión	CPE

C – Especificación de normas, Tipos de Conectores y Comprar versus Construir

Asunto	Especificación
Uso de bandeja	UL PLTC (300 V) UL TC-ER (600V)
Minería	MNSHA
Regulaciones	NEC/CEC y códigos locales

Asunto	Su necesidad	Especificación
IP20 (mayoría de aplicaciones)	Aplicaciones estándar	RJ45
	Servicio pesado	RJ45 con cuerpo metálico
IP67 o Impermeable	Cable de 4 pares	Reforzado ODVA RJ45
	Cable de 2 pares	M12
Cable Blindado	Si	Conector blindado
	No	Conector no blindado

5.7.6.1 DISTRIBUCIÓN DEL CABLEADO

Los tableros de control que estén cercanos al tablero de control Scada, cuya distancia es menor a 100 metros, serán cableados con cable de par trenzado Categoría 6A. Es el caso de los tableros de control de Químicos y Oxidación. Mientras que el resto de tableros de control como son: Sedimentadores, Filtros, Cloración, Estación de Bombeo y Tratamiento de Lodos, serán cableados con cable de fibra óptica multimodo.

Tomando en consideración la distribución del cableado se define el número de puertos y sus características del switch Ethernet; debe tener ocho puertos para cable Cat 6A y 8 puertos para fibra óptica multimodo.

El PLC que integrará los tableros de control no tiene puertos para cable de fibra óptica por lo que es necesario un dispositivo convertidor de medios desde cobre a fibra y viceversa. Tal dispositivo es otro switch de menor número de puertos, cuatro (4) puertos 10 / 100 de cobre y un (1) puerto 100 Base Fibra multimodo.

5.8 EQUIPOS

5.8.4 SERVIDOR Y ESTACIÓN DE OPERACIÓN

En el servidor residirá el Scada y su base de datos. Tanto el servidor como la estación de trabajo estarán basados en un procesador Xeon, Core 9, 80 W, 2.4 Ghz, RAM de 6 GB y HDD de 1 TB.

5.8.5 PLC

Las características más destacadas son: procesador Intel Atom 1 GHz, RAM de 10 Mb, 10/100 Ethernet, SRTP Client Server, Modbus RTU Master / Slave, OPC UA Server, EGD, comunicación serial RS – 485.

5.8.6 SWITCH CORE

Switch Ethernet no administrable de grado industrial con ocho (8) puertos 10/100 Mbps y ocho (8) puertos 100 Base para fibra óptica multimodo.

5.8.7 SWITCH CONVERTIDOR

Switch Ethernet no administrable de grado industrial cuatro (4) puertos 10 / 100 de cobre y un (1) puerto 100 Base Fibra multimodo.