

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCIÓN REY BALDUINO DE BÉLGICA**

ESTUDIO SISTEMA DE CONTROL CLARIFICADOR DE AGUA

Trabajo de Titulación para optar al
título de Técnico Universitario en
Automatización y Control

Alumno: Jorge Bernabé Novoa Salgado

Profesor guía: Sr. Iván Acencio Barrientos

Concepción, Chile

2019

INDICE

INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO 1.....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	17
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
CAPÍTULO 2.....	19
2.1 Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia	20
2.2 Descripción General Proceso de Producción	20
CAPÍTULO 3.....	23
3.1 Descripción del Proceso clarificación de Agua	24
3.2 Descripción de las etapas del Proceso clarificación de Agua	25
3.2.1 Bocatoma	25
3.2.2 Descripción del proceso bocatoma.....	26
3.3 Filtro de arena y antracita	27
3.3.1 Retrolavado filtro de arena y antracita	29
3.3.2 Cámaras de coagulación y floculación	30
3.4 Proceso Productos químicos	32
3.4.1 Proceso de inyección sulfato de aluminio.....	32
3.4.2 Proceso de inyección soda caustica.....	34
3.4.3 Proceso de inyección de polielectrolito	35
3.5 Estanque quince mil, torre de enfriamiento y distribución del agua	37
3.5.1 Torres de enfriamiento	40
3.6 Proceso mejorado clarificación de Agua.....	41
3.7 Descripción de la nueva etapa Tratamiento de Agua.....	42
3.8 Preparación del polímero.....	47
3.9 Procedimiento Startup.....	48
3.9.1 Modo de operación	48
3.9.2 Procedimiento de parada.....	49
CAPÍTULO 4.....	50
4.1 Principales equipos que componen el proceso tratamiento de agua	51
4.2 Instrumentación Proceso Clarificación de Agua.....	52

4.2.1 Definición de instrumentación	52
4.2.2 Definición de sensor	52
4.3 Sensor de pH.....	53
4.3.1 Principio de medición	53
4.3.2 Sensores de pH memosens	54
4.3.3 Datos técnicos sensor pH memosens	55
4.3.4 Conexión sensor pH memosens	55
4.3.5 Ventajas sensor pH memosens.....	56
4.3.6 Conexión entre sensor pH y transmisor Liquiline M CM42	57
4.3.7 conexión en terreno entre sensor pH y transmisor liquiline M CM42	57
4.4 transmisor liquiline m cm42.....	58
4.4.1 Ventajas del transmisor liquiline M CM42	58
4.4.2 Datos técnicos transmisor liquiline M CM42.....	58
4.4.3 Panel de mando transmisor liquiline M CM42	59
4.4.4 Concepto de operación transmisor liquiline M CM42	60
4.4.5 Pantalla transmisor liquiline M CM42.....	61
4.4.6 Mensajes de estado transmisor liquiline M CM42	61
4.4.7 Códigos de alarmas transmisor liquiline m cm42	62
4.4.8 Errores condicionados por el transmisor liquiline M CM42	63
4.5 Sensor de nivel ultrasonico prosonic fmu40.....	63
4.5.1 Principio de medición	64
4.5.2 Ventajas sensor de nivel ultrasónico FMU40	65
4.5.3 Datos técnicos sensor de nivel ultrasónico FMU40	65
4.6 Conexión sensor de nivel ultrasónico FMU40.....	66
4.6.1 Conexión en cabezal del sensor.....	66
4.6.2 Conexionado según protocolo de comunicación.....	67
4.6.3 Conexiones especiales	68
4.6.4 Interfaz de usuario.....	69
4.6.4.1 Símbolos de estado módulo VU 331	69
4.6.5 Funciones teclas módulo VU 331.....	70
4.6.6 Configuración y ajuste de campo módulo VU 331.....	70
4.7 sensor de orp o redox	71
4.7.1 Principio de medición sensor ORP	71
4.7.2 Sensor de Redox memosens	73
4.7.3 Datos técnicos sensor redox memosens.....	74
4.7.4 conexión sensor redox memosens	74
4.7.5 ventajas sensor redox memosens	75
4.7.6 conexión entre sensor redox y transmisor liquiline M CM42.....	75
4.7.7 conexión en terreno entre sensor redox y transmisor liquiline M CM42	76
4.8 caudalimetro fluxus g721	76

4.8.1 Principio de medición caudalímetro fluxus G721	76
4.8.1.1 Cálculo del caudal volumétrico	77
4.8.2 Número de trayectorias de sonido	77
4.8.3 Configuración típica de conexión fluxus	79
4.8.3.1 Cálculo caudal volumétrico normalizado.....	79
4.8.4 Datos técnicos caudalímetro fluxus G721	80
4.8.5 Ventajas caudalímetro fluxus G721	80
4.9 <i>Sensor de turbidez clarity II</i>	81
4.9.1 Principio de medición sensor turbidez clarity II	81
4.9.2 Analizador solu comp II para turbidez.....	82
4.9.2.1 Teclado solu comp II para turbidez	83
4.9.2.2 Ejemplo de navegación y configuración analizador solu comp II para turbidez....	83
4.9.3 Ventajas conjunto clarity II	85
4.9.4 Datos técnicos analizador clarity II	85
4.9.5 Datos técnicos sensor turbidez clarity II	86
4.9.6 Datos técnicos Contenedor de turbidez clarity II	86
4.10 <i>transmisor de temperatura rosemount 644</i>	87
4.10.1 Principio de medición transmisores de temperatura.....	87
4.10.1.1 Principio de medición termómetros de resistencia RTD.....	87
4.10.1.2 Principio de medición termómetros termopares TC.....	88
4.10.2 Especificaciones especiales modo Foundation Fieldbus	88
4.10.2.1 Bloques funcionales.....	88
4.10.2.2 Tiempo de activación.....	89
4.10.2.3 Estado.....	89
4.10.2.4 Fuente de alimentación	89
4.10.2.5 Alarmas.....	89
4.10.2.6 Programador de enlaces activo (LAS, link active scheduler) de refuerzo.....	90
4.10.3 Especificaciones especiales modo Profibus PA.....	90
4.10.3.1 Bloques funcionales.....	90
4.10.3.2 Tiempo de activación.....	90
4.10.3.3 Fuente de alimentación	90
4.10.3.4 Alarmas.....	90
4.10.4 Especificaciones especiales modo HART 4-20 mA	91
4.10.4.1 Fuente de alimentación	91
4.10.4.2 Modo de fallo de hardware y software	91
4.10.4.3 Nivel de saturación y alarma personalizadas	91
4.10.4.4 Tiempo de activación.....	92
4.10.4.5 Protección externa contra transitorios y protección contra transitorios T1	92
4.10.5 Precisión de medición transmisor de temperatura modo HART, FF y PF PA.....	92
4.10.6 Diagrama de conexión transmisor de temperatura Rosemount 644.....	93
4.10.7 Dimensiones y terminal transmisor de temperatura Rosemount 644.....	94

4.11 bombas dosificadoras	95
4.11.1 Datos técnicos bomba dosificadora	95
4.11.1.1 Placa de datos	95
4.11.1.2 Temperatura de fluido permitida	96
4.11.1.3 motor	96
4.11.2 Accesorios, montaje bomba dosificadora	97
4.11.2.1 Accesorios bomba dosificadora	97
4.11.2.2 Montaje bomba dosificadora	98
4.11.2.3 Controlador de diafragma	99
CAPÍTULO 5	100
5.1 sistema de control distribuido delta v	101
5.1.1 Definición DCS	101
5.1.2 Definición Delta V	101
5.1.3 Propiedades Delta V	101
5.1.4 Arquitectura sistema Delta V	102
5.1.4.1 El hardware	102
5.1.4.2 Estación de trabajo	103
5.1.4.3 Red de control	103
5.1.4.4 Fuente de alimentación	103
5.1.4.5 Controlador	104
5.1.4.6 Subsistemas de entradas y salidas I/O	105
5.2 software sistema distribucion delta v	107
5.2.1 Configuration studio	108
5.2.1.1 Delta explorer	108
5.2.1.2 Control studio	110
5.2.2 Delta V operate	111
5.2.2.1 Delta V operate configure	111
5.2.2.2 Delta V operate run	113
5.2.3 Delta V diagnostic	114
5.3 protocolo de comunicación fieldbus foundation	116
5.3.1 Definición del protocolo fieldbus foundation	116
5.3.1.1 Fieldbus Foundation H1	116
5.3.1.2 Fieldbus Foundation HSE	117
5.3.2 Estructura fieldbus foundation H1	118
5.3.2.1 Nivel físico	118
5.3.2.2 Nivel de enlace	119
5.3.2.3 Nivel de aplicación	120
5.4 protocolo de comunicación profibus	121
5.4.1 Tecnología profibus	121
5.4.2 Perfiles de comunicación	121

.....	121
5.4.3 Arquitectura protocolar profibus	122
5.4.4 Capas modelo OSI utilizadas en versiones profibus.....	122
5.4.4.1 Profibus DP (Decentralized Periphery).	122
5.4.4.2 Profibus PA (Process Automation).	122
5.4.4.3 Profibus FMS (Fieldbus Message Specification).	123
5.4.5 Lógica de transmisión profibus.....	123
5.4.5.1 Transmisión RS-485 para profibus PD/FMS	123
5.4.5.2 Transmisión IEC 1158-2 profibus PA.....	124
5.5 ejemplo de comunicación	125
5.5.1 Procedimiento para carga de mapa de datos en Gateway de comunicación de bombas dosificadora.....	125
5.5.2 Navegación a través del menú de VDF de bombas.....	130
5.5.2.1 Visualización y modificación de IP en bombas dosificadoras.....	130
CAPÍTULO 6.....	132
6.1 <i>Parametros y normas</i>	133
6.2 <i>NOrma Chilena 409</i>	133
6.2.1 Alcance y campo de aplicación NCh 409.....	133
6.2.2 Tolerancia para parámetros críticos NCh 409	133
6.2.3 Clasificación de las fuentes	134
6.3 <i>Parámetros principales de medición</i>	134
6.4 <i>desinfeccion</i>	136
6.5 <i>Procedimiento de calibracion de instrumentos</i>	137
6.5.1 Inicio del procedimiento	137
6.5.2 Inicio de mantención de instrumentos	137
6.5.3 Inicio de calibración y verificación de instrumentos.....	138
CONCLUSIÓN	143
ANEXO	145
7.1 <i>Glosario</i>	146
7.1.1 Tag de equipos	146
7.1.2 Tag de instrumentos	147

ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Diagrama del proceso planta Celulosa Arauco Valdivia.....	20
Ilustración 2.2 Diagrama tratamiento de agua Efluentes.....	22
Ilustración 3.3 Proceso Tratamiento de agua.....	24
Ilustración 3.4 Panel de control proceso captación de agua desde rio cruces.	25
Ilustración 3.5 Panel de control proceso filtro de agua.	27
Ilustración 3.6 Sistema de inyección de polímeros para cada deposito.	28
Ilustración 3.7 Proceso de filtrado al interior de cada deposito.....	29
Ilustración 3.8 Sistema de retrolavado del proceso filtro de arena.	29
Ilustración 3.9 Sistema de retrolavado al interior de cada deposito.....	30
Ilustración 3.10 Proceso de coagulación y floculación.	31
Ilustración 3.11 Panel de control proceso productos químicos.....	32
Ilustración 3.12 Sistema de inyección sulfato de aluminio.	33
Ilustración 3.13 Sistema de inyección soda caustica.....	35
Ilustración 3.14 Sistema de inyección de polielectrolito.....	36
Ilustración 3.15 Panel de control sistema distribución de agua.	37
Ilustración 3.16 Sistema de control proceso distribución y torre de enfriamiento. .	39
Ilustración 3.17 Torres de enfriamiento clarificador de agua.....	40
Ilustración 3.18 Proceso nuevo clarificación de agua.	41
Ilustración 3.19 Diagrama del proceso clarificación de agua.	42
Ilustración 3.20 Separador lamelar supersttler.....	44
Ilustración 3.21 Sistema de filtrado lamelas.....	45
Ilustración 3.22 Sistema barredor de lodo zickert lamelas.	46
Ilustración 3.23 Sistema extracción de lodo lamelas.	46
Ilustración 4.24 Ecuación de Nernst.....	53
Ilustración 4.25 Principio de medición sensor de pH.....	54
Ilustración 4.26 Pines de conexión sensor de pH memosens.	55
Ilustración 4.27 Conexión sensor y transmisor pH memosens.	57
Ilustración 4.28 Conexión caja derivación sensor pH y transmisor.....	57
Ilustración 4.29 Transmisor liquiline m cm42.....	59
Ilustración 4.30 Mandos de navegación en transmisor liquiline m cm42.	60
Ilustración 4.31 Pantalla transmisor liquiline m cm42.....	61
Ilustración 4.32 Principio de medición sensor nivel ultrasónico.	64

Ilustración 4.33 Conexión cabezal sensor de nivel ultrasónico fmu40.	66
Ilustración 4.34 Conexión cabezal protocolo Hart de dos y cuatro hilos sensor de nivel ultrasónico fmu40.	67
Ilustración 4.35 Conexión cabezal protocolo profibus y FF sensor de nivel ultrasónico fmu40.	68
Ilustración 4.36 Pines del conector sensor de nivel ultrasónico fmu40 en protocolos profibus y fieldbus foundation.	68
Ilustración 4.37 Display sensor de nivel ultrasónico fmu40.	69
Ilustración 4.38 Símbolos de estado display vu 331.	69
Ilustración 4.39 Configuración módulo vu 331.	71
Ilustración 4.40 Ecuación de Nernst para redox.	72
Ilustración 4.41 Constante de temperatura ecuación de Nernst.	72
Ilustración 4.42 Ecuación potencial de oxidación.	72
Ilustración 4.43 Pines de conexión sensor redox memosens.	74
Ilustración 4.44 Diagrama de conexión sensor, transmisor.	75
Ilustración 4.45 Conexión caja de derivación sensor, transmisor.	76
Ilustración 4.46 Principio de medición caudalímetro fluxus g721.	77
Ilustración 4.47 Ecuación caudal volumétrico.	77
Ilustración 4.48 Tipos de instalación transductores caudalímetro fluxus g 721.	78
Ilustración 4.49 Configuración típica caudalímetro fluxus g721.	79
Ilustración 4.50 Ecuación caudal volumétrico normalizado.	79
Ilustración 4.51 Principio medición sensor turbidez clarity II.	82
Ilustración 4.52 navegación menú analizador solu comp de turbidez.	82
Ilustración 4.53 teclado analizador solu comp de turbidez.	83
Ilustración 4.54 Principio medición termómetros RTD.	87
Ilustración 4.55 Principio de medición termómetros termopares TC.	88
Ilustración 4.56 Conexión transmisor de temperatura Rosemount 644.	93
Ilustración 4.57 Conexión transmisor de temperatura para FF Rosemount 644.	93
Ilustración 4.58 Terminales de conexión transmisor de temperatura para Hart Rosemount 644.	94
Ilustración 4.59 Terminales de conexión transmisor de temperatura para FF y Profibus Rosemount 644.	94
Ilustración 5.60 Hardware del Sistema Delta V.	102
Ilustración 5.61 Fuente de Alimentación del Sistema DeltaV.	103
Ilustración 5.62 Controlador.	104

Ilustración 5.63 Leds del controlador.....	104
Ilustración 5.64 Interfaz de E/S.....	105
Ilustración 5.65 Leds de las tarjetas E/S analógicas.....	107
Ilustración 5.66 Leds de las tarjetas E/S Discretas.	107
Ilustración 5.67 Inicio a DeltaV Explorer.....	108
Ilustración 5.68 Pantalla DeltaV Explorer.....	109
Ilustración 5.69 Niveles de jerarquía lógica en DeltaV Explorer.	109
Ilustración 5.70 Inicio a Control Studio.	110
Ilustración 5.71 Pantalla Control Studio.....	111
Ilustración 5.72 Pantalla del DeltaV Operate (Configure).	112
Ilustración 5.73 Botón “Launch DeltaV Operate”.	113
Ilustración 5.74 Accediendo a DeltaV Operate (Run).	113
Ilustración 5.75 Pantalla DeltaV Operate (Run).	114
Ilustración 5.76 Accediendo a Diagnostics.	115
Ilustración 5.77 Pantalla Diagnostics.	115
Ilustración 5.78 Diagnostics de DeltaV.....	116
Ilustración 5.79 Red fieldbus foundation, niveles HSE y H1.....	117
Ilustración 5.80 Modelo OSI para Fieldbus Foundation.	118
Ilustración 5.81 Modelo OSI para Profibus.	121
Ilustración 5.82 Esquema topología Gateway.	125
Ilustración 5.83 Conexión entre laptop y Gateway.....	126
Ilustración 5.84 Ubicación de carpeta jesco.	126
Ilustración 5.85 Selección carpeta Compositor.....	126
Ilustración 5.86 Ejecutar aplicación compasitorMTCDm2Profi.exe.	127
Ilustración 5.87 Configuración dirección IP.....	127
Ilustración 5.88 Configuración de carga datos al Gateway.	128
Ilustración 5.89 Jumper.	129
Ilustración 5.90 Actualización datos dispositivo.	129
Ilustración 5.91 Ejecutar actualización.....	130
Ilustración 5.92 Error de instalación.	130
Ilustración 5.93 Display bomba dosificadora.	131
Ilustración 5.94 Navegación menú bomba dosificadora.	131
Ilustración 5.95 Fin de navegación menú bombas dosificadoras.....	131
Ilustración 6.96 Parámetros organolépticos.....	135

Ilustración 6.97 Ecuación de error porcentual de medición.	139
Ilustración 6.98 Desarrollo ecuación de error porcentual de medición.	140
Ilustración 6.99 Display transmisor sensor pH.	141
Ilustración 6.100 Descripción Tag de equipos.	146
Ilustración 6.101 Descripción Tag de instrumentos.	147
Ilustración 6.102 Interpretación siglas de instrumentación.	148

TABLAS

Tabla N°1 Datos técnicos sensor pH memosens.....	55
Tabla N°2 Identificación cables de conexión sensor pH memosens.....	55
Tabla N°3 Mensajes de estado transmisor liquiline M CM42.....	61
Tabla N°4 Códigos de alamas transmisor liquiline M CM42.....	63
Tabla N°5 Errores transmisor liquiline M CM42.	63
Tabla N°6 Funciones teclas módulo VU 331.	70
Tabla N°7 Datos técnicos sensor Redox memosens.	74
Tabla N°8 Identificación cables de conexión Redox memosens.	74
Tabla N°9 Datos técnicos caudalímetro fluxus G721.	80
Tabla N°10 Navegación y configuración analizador solu comp II para turbidez... 84	
Tabla N°11 Bloques funcionales.....	89
Tabla N°12 Rango disponibles alarmas en mA.	91
Tabla N°13 Precisión de medición transmisor de temperatura.....	92
Tabla N°14 Identificación placa de datos bomba dosificadora.	95
Tabla N°15 Temperatura de fluido bombas dosificadora.....	96
Tabla N°16 Placa de datos motor bomba dosificadora.	96
Tabla N°17 Accesorios bomba dosificadora.	97
Tabla N°18 Montaje bomba dosificadora.....	98
Tabla N°19 Controlador de diafragma bomba dosificadora.....	99
Tabla N°20 Característica del módulo de control.	104
Tabla N°21 Entradas análogas.	105
Tabla N°22 Salidas análogas.	106
Tabla N°23 Entradas discretas.	106
Tabla N°24 Salidas discretas.	106
Tabla N°25 Tipos de cables.	119
Tabla N°26 Velocidad de transmisión.....	123
Tabla N°27 Dirección IP bombas dosificadoras para Profibus.	128
Tabla N° 28 Parámetros turbidez.	135
Tabla N°29 Tabla de valores buffer patrón.	139
Tabla N°30 Identificación de Tag áreas y equipos.	147
Tabla N°31 Descripción siglas de instrumentación.	148

TERMINOLOGIA

- Clarificación: Proceso de separación de pequeñas cantidades de sólidos en un líquido por filtración o por centrifugado.
- Bocatoma: Nombre dado por planta a la etapa de succión de agua desde el Rio Cruces.
- Batería de Pozos: Nombre dado por planta a la etapa de succión de agua desde las napas subterráneas en caso de emergencia
- Antracita: Material granulado utilizado como un excelente medio de filtración para clarificación de agua en uso potable o industrial. Es un carbón mineral de color negro brillante con gran dureza la cual presenta un mayor contenido en carbón, hasta un 95%.Debido a la forma especial de sus granos permite que el material en suspensión sea retenido en profundidad.
- Set point: Punto en que la señal se establece bajo ciertos parámetros.es un punto de consigna para valores de la señal de la variable.
- Flóculo: En ingeniería de tratamientos de agua corresponde a un grumo de materia orgánica formado por añadidura de sólidos en suspensión.
- Coagulación: En el campo del tratamiento de aguas, la coagulación es el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales, que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas.se llama coagulante al producto utilizado para la neutralización.
- Floculación: Proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién
- Poliectrolito: Químicos que ayuda a unir más rápidamente entre si los coágulos en el proceso formados por la unión de las partículas presentes en el agua del rio cruces, para formar partículas de mayor tamaño y peso denominadas flóculos.
- Gradiente: Diferencia de intensidad de una energía o de un efecto en dos momentos o puntos distintos.
- Sedimentación: Hace referencia a la materia que, después de haber estado en suspensión en un líquido, termina en el fondo por su mayor gravedad.
- Pistón hidráulico: Los cilindros hidráulicos son mecanismo que constan de un cilindro dentro del cual se desplaza un embolo o pistón, y que transforma la presión de un líquido mayormente de en energía mecánica a través de un recorrido lineal.

- Desplazamiento positivo: La altura de carga que se obtiene es independiente de la velocidad. La capacidad es aproximadamente proporcional a la velocidad. Eficiencia uniforme sobre un amplio rango de cargas.
- Calibración: Corresponde a comparar la medición entregada por el sistema de medición propiamente tal con otra magnitud física llamada patrón (para el caso de los pH, el patrón corresponde al buffer) la cual debe tener una trazabilidad comprobable.
- Verificación: Corresponde a una etapa posterior a la realización de una calibración y consiste en confirmar el cumplimiento de requerimientos normales expresados en tolerancias utilizando evidencia objetiva. Puede incluir cálculos y comparaciones contra especificaciones.
- Patrón: Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para que sirva de referencia.
- Ajuste de instrumento de medición: Operación destinada a llevar un instrumento de medición a un estado de funcionamiento adecuado para su utilización. El ajuste puede ser automático, semiautomático o manual.
- Rango Nominal: Es el rango de las indicaciones que pueden obtenerse mediante ajustes particulares de los controles de un instrumento de medida. Se expresa normalmente por los límites inferiores y superiores de las mediciones (por ejemplo, 100°C a 2000°C). Cuando el límite inferior es cero, el rango nominal se expresa habitualmente solo por el límite superior (por ejemplo, un rango nominal de 0V a 100V, se expresa como 100V).
- Span (o intervalo de medición): Corresponde al módulo de la diferencia entre los dos límites del rango nominal (por ejemplo, para un rango de -10V a +10V, el Span o intervalo de medida es 20V).
- Buffer: Solución líquida, químicamente estable y amortiguadora capaz de mantener su condición por un periodo de tiempo pese a su posible contaminación.
- Medio: Proceso en el cual se encuentra inmerso el sensor.
- Operador: Técnico encargado de manejar y hacer que funcione ciertos aparatos.
- Depósito de Agua Clarificada: Estanque utilizado para almacenar el agua tratada.
- Retrolavado: Sistema denominado para remover contaminantes sólidos en las cámaras del proceso filtro de arena.
- Agua Potable: Agua que cumple con los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos prescritos en esta norma que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano.

- Color verdadero: Impresión visual causada por las materias disueltas en el agua
- Toxico: Que es venenoso o que puede causar trastornos o la muerte a consecuencia de las lesiones debidas a un efecto químico.
- Organolépticos: Que produce una impresión sensorial. Que se percibe con los sentidos (untuosidad, aspereza, sabor, brillo, etc.), a diferencia de las propiedades químicas, microscópicas, etc.

INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los años, y en la medida que los procesos evolucionaban se hizo indispensable la tecnología necesaria para mantener los estándares operacionales tales como productividad, seguridad y mantención sin dejar de lado rapidez, calidad y la capacidad de mantener la continuidad de los procesos a su máximo potencial. A raíz de la complejidad de las máquinas y equipos nace la necesidad de introducir la tecnología idónea para alcanzar la eficiencia en los procesos industriales, bajo esta carencia se incorpora el concepto de la automatización en las industrias.

La correcta aplicación de la automatización trae consigo una serie de efectos favorables para la empresa, como: eficiencia, calidad y cantidad de los productos, seguridad para los empleados, tema muy importante ya que esta tecnología posee la capacidad de liberar al trabajador de interactuar directamente en procesos altamente riesgosos para su salud, evitando la posibilidad lesiones, enfermedades y acciones en las cuales el trabajador tiene un alto porcentaje de arriesgar su vida, sumado a esto, se obtiene grandes beneficios en la conservación operativa de las máquinas, equipos, mano de obra, siempre con el objetivo de aprovechar al máximo los insumos con el mínimo de pérdida.

Al implementar la automatización en las empresas, se incorpora el concepto de la instrumentación industrial sistema implementado en las industrias para supervisar directamente del proceso las variables involucradas y monitorear que estas se mantengan en los valores y rangos establecidos.

A través de la instrumentación podemos obtener valores reales de las variables provenientes del proceso a las cuales se le realiza un seguimiento constante ante cualquier cambio brusco previniendo eventualidades que pueden afectar el proceso, tales como: pH, Nivel, Presión, Temperatura, Conductividad, Flujo etc, todo dependerá del proceso en el cual estén inmerso.

En la medida que se desarrolle el estudio del clarificador de agua, se enfatizará en aspectos como; el proceso de producción, la comunicación entre equipos, y el proceso que componen el sistema. Además, referido a la comunicación se describirá el protocolo de utilizado correspondiente a Delta V, el cual es responsable de mantener que los instrumentos y equipos involucrados en un proceso interactúen entre sí, manteniendo fluida la interacción entre operador, maquina, instrumentación y variables del proceso. Finalmente, se incorporaron normas que establecen los parámetros de calidad agua y se resaltara la importancia que tiene el instrumentista del punto de vista de la mantención de los equipos en el proceso.

CAPÍTULO 1

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia dentro de su gran abanico de procesos consta de un sistema denominado Clarificación de Agua el cual es utilizado para abastecer distintas etapas del proceso y diversas áreas dentro de la planta con agua potable. Como medida de control del proceso se toman muestras de agua filtrada diariamente, el agua es llevada al área química donde se analiza *pH* y *Turbidez* logrando observar que el agua ingresada a proceso no cumple con la estandarización de limpia lo que trae como consecuencia problemas en el proceso, ya que los equipos quedan contaminados con metales ferrosos, y el agua que llega a los insumos del personal no es apta para lavado o consumo. La finalidad del proceso filtro de arena es entregar un agua con el menor porcentaje de contaminantes o aditivos provenientes del Rio Cruces, esto se realiza para evitar daños en los equipos y que esta sea consumida por el personal de planta, agua que con la ayuda de algunos aditivos se torna apta para el proceso y consumo. Con los estudios correspondientes se llega a la conclusión que el proceso de filtrado existente en planta no basta ya que el agua en la etapa final llega fuera de estándar.

1.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Como mejora Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia incorpora una nueva etapa al proceso de clarificación de Agua el cual dará un tratamiento especial al agua proveniente del rio. Con esto se eliminarán las impurezas dejadas con el tratamiento anterior el cual contara con procesos físicos y químicos, los que ayudaran al agua proveniente del rio a obtener un pH más neutro, logrando la optimización del líquido para el proceso y el consumo.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar estudio del sistema de Clarificación de Agua implementado en Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia.

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Descripción del proceso de producción de Celulosa Arauco S.A Planta Valdivia.
- ❖ Descripción de las etapas del proceso Clarificación de Agua.
- ❖ Identificar equipos e instrumentación críticos que forman parte del proceso tratamiento de agua.
- ❖ Estudio de la instrumentación seleccionada contemplando manuales, data sheet, sistema de mantención, planos, etc.

- ❖ Identificar y estudiar el protocolo de comunicación usado en el proceso de Clarificación de Agua
- ❖ Estudio de Parámetros y Normas utilizadas en el proceso de clarificación de agua.

CAPÍTULO 2

2.1 CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A PLANTA VALDIVIA

Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia inicio sus operaciones en febrero del año 2004, culminando un proceso iniciado hace 20 años, cuando ARAUCO desarrollo un programa de plantaciones forestales en la Región de los Ríos. La construcción y la puesta en marcha de la planta contempló la evaluación de diferentes ubicaciones posibles, la elaboración y aprobación de dos estudios de Impacto Ambiental y la obtención de los correspondientes permisos y autorizaciones, lo que culmino con una instalación industrial que consta con los más altos estándares ambientales

Desde su puesta en operación, ARAUCO dedico tanto recursos humanos como financieros al mejoramiento continuo del desempeño ambiental de esta planta, poniendo especial énfasis en la gestión de sus efluentes, materia de la mayor preocupación para la empresa, la comunidad y las autoridades, debido a la sensibilidad del ecosistema vecino a la planta, el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en el Rio Cruces.

Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia se compone por una gerencia de planta, la cual se subdivide en cuatro subgerencias; Mantenición e Ingeniería, Administración, Producción y Medio Ambiente y a su vez consta de un jefe de Prevención de Riesgos, la Subgerencia de Mantenición e Ingeniería Tiene cuatro Superintendencias; Mantenición Mecánica, Electro-Control, Planificación e Ingeniería, la Subgerencia de Administración tiene una Superintendencia de Abastecimiento y contratos que incluye Recursos Humanos, Contabilidad y Costos, por último la Subgerencia de Producción tiene tres Superintendencias; Línea de Fibra, Línea de Licor y Técnica.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL PROCESO DE PRODUCCIÓN

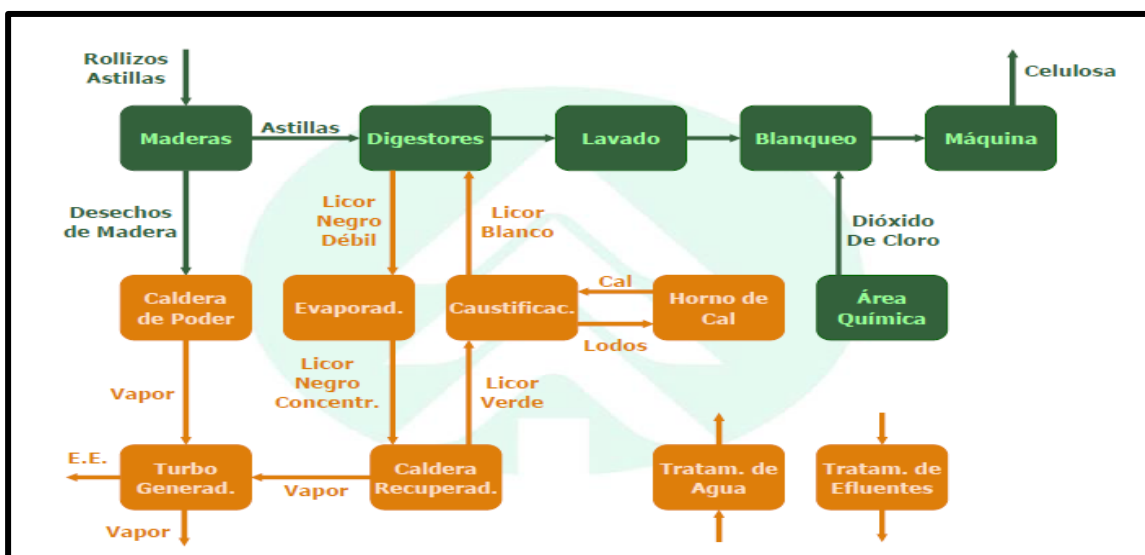


Ilustración 2.1 Diagrama del proceso planta Celulosa Arauco Valdivia.

El proceso de producción de Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia inicia con el acopio de rollizos en el patio de madera, éstos rollizos son descortezados y lavados para luego ser procesados en astillas donde posteriormente son almacenados en dos depósitos que aseguran la continuidad de los procesos. La astilla antes de ingresar a la cadena de proceso es seleccionada mediante un clasificador, que mediante harneros selecciona el tamaño adecuado y separa los materiales extraños, desde allí una correa transportadora las deposita en los Digestores para la fase de cocción. En los Digestores la astilla se mezcla con el Licor Blanco que contiene Soda Caustica, Sulfuro de Sodio y Agua, así a 170 grados centígrados las fibras de madera se separan por la disolución de la lignina obteniendo pulpa de celulosa cruda. Esta pulpa cruda pasa por varias etapas de lavado que permiten recuperar los restos de licor de cocción que se ha convertido en Licor Negro ya que contiene residuos orgánicos derivados de la cocción de la madera.

El Licor Negro recuperado es procesado en la línea de evaporadores para ser quemado en la Caldera Recuperadora generando vapor de alta presión, el que junto con el vapor proveniente de la Caldera de Poder genera tanto la energía térmica como la eléctrica proveniente del Turbo Generador que requieren los procesos. El proceso Kraft permite recuperar prácticamente la totalidad de los productos químicos reutilizándolos en los procesos en el Área Química.

En el fondo de la Caldera Recuperadora se recolecta una fracción inorgánica del Licor Negro que es recombinada químicamente convirtiéndose en Licor Verde compuesto por Carbonato y Sulfuro de Sodio que, finalmente, en la etapa de Caustificación el Licor Verde vuelve a transformarse en Licor Blanco el cual es reutilizado en la cocción de la madera. Los lodos de la filtración son enviados a un Horno de Calcinación Rotatorio para regenerar el Óxido de Calcio utilizado en la Caustificación. La pulpa lavada ingresa al Área de Blanqueo pasando por una etapa de Deslignificación con oxígeno que retira los últimos restos de lignina para disminuir el uso de químicos en blanqueo.

En el Área de Blanqueo se utiliza la tecnología E.C.F (sin cloro elemental) que es reconocida por su bajo impacto ambiental. El uso de Dióxido de Cloro en el blanqueo E.C.F elimina la generación de dioxinas. Luego de pasar por tres etapas de blanqueo con Dióxido de Cloro y una con Soda Caustica la pulpa ya blanca llega al Área de Maquina Formadora que, mediante prensado y secado con aire caliente se va transformando en una hoja continua la cual en la última etapa del proceso es cortada y embalada en fardos de 250 [Kgr] lista para ser distribuida.

Por último, Celulosa Arauco y Constitución S.A planta Valdivia posee un excelente Tratamiento de Agua la cual es utilizada en diversos procesos de la producción para posteriormente ser devuelta al medio ambiente en óptimas condiciones.

Este método inicia con el tratamiento primario que consiste en remover las partículas mediante un clarificador gravitacional tras remover la mayor cantidad de partículas inicia el tratamiento secundario o biológico el cual aplica un sistema de lodos activados el cual es capaz de remover la materia orgánica disuelta y para finalizar el agua es sometida a un tratamiento terciario que utiliza la coagulación de partículas con sulfato de aluminio y su posterior separación por flotación para lograr una purificación adicional del efluente y un sistema de filtro de discos para controlar los sólidos suspendidos después del Tratamiento Terciario. Antes de devolver el agua mediante un difusor a su cauce esta es analizada para asegurar la calidad del agua hp, minerales, Blanqueado, etc.

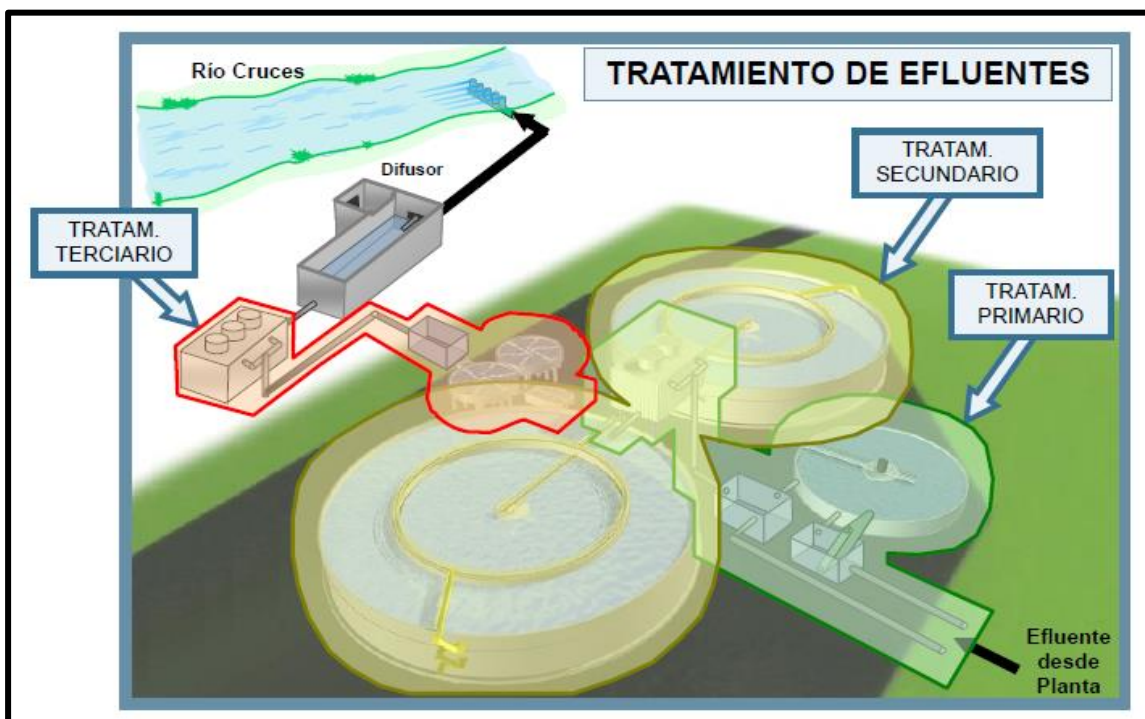


Ilustración 2.2 Diagrama tratamiento de agua Efluentes.

CAPÍTULO 3

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CLARIFICACIÓN DE AGUA

Para llevar a cabo el proceso *clarificación* de Agua Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia consta con varias etapas esenciales para alcanzar su cometido, una de estas etapas consiste en la succión del agua proveniente del Río Cruces por medio de unas bombas ubicadas en un sector fuera de planta llamado bocatoma, luego el agua succionada viaja por medio de ductos llegando a la etapa denominada filtro de arena donde por medio de unos lechos filtrantes separan el agua de toda materia orgánica y restos de sedimentos provenientes del río, en paralelo a esta etapa se incorporan los aditivos químicos que son los encargados de desinfectar el agua y llevarla a un pH cercano a neutro, una vez realizado esto el agua es enviada nuevamente por ductos a un estanque de almacenamiento llamado estanque quince mil donde queda almacenada, es enfriada y distribuida, ya sea, para proceso o consumo general.

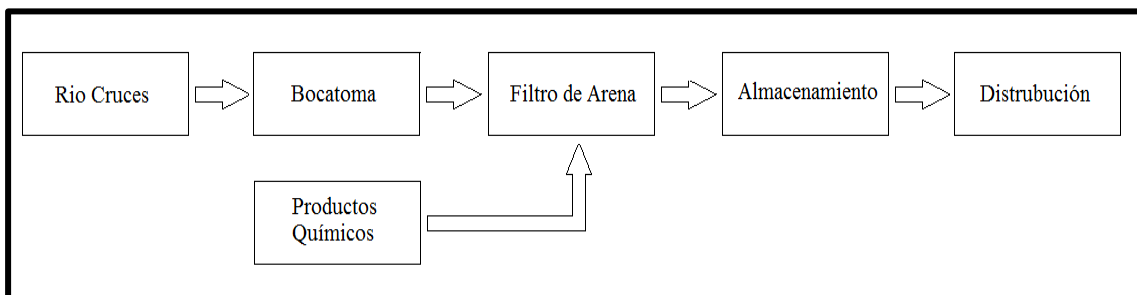


Ilustración 3.3 Proceso Tratamiento de agua.

- Río Cruces: Fuente de Alimentación para el proceso.
- Bocatoma: Succión de agua hacia el proceso.
- Filtro de Arena: Proceso de filtrado de agua y retrolavado de cámaras.
- Almacenamiento: Depósitos de agua fresca y agua de Planta
- Distribución: Inyección de agua clarificada a proceso y consumo.
- Productos Químicos: Añaden productos que ayudan al proceso de Clarificación.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO CLARIFICACIÓN DE AGUA

A continuación, se describirán las etapas insertas en el proceso Clarificación de Agua que posee Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia para abastecer con agua sus procesos y consumo general.

3.2.1 Bocatoma

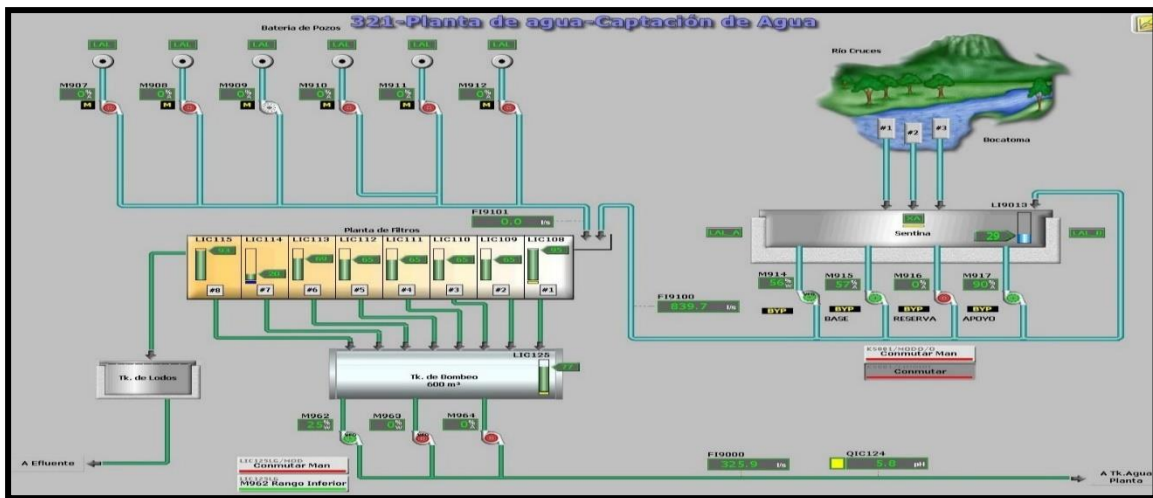


Ilustración 3.4 Panel de control proceso captación de agua desde rio cruces.

Para llevar a cabo esta primera etapa del proceso Purificación de Agua Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia consta de dos fuentes para suministrar este recurso a sus procesos, las cuales se describen a continuación:

La primera fuente de agua que posee para abastecer sus procesos es el Río Cruces. Este recurso es extraído directamente del río por medio de unas bombas ubicadas en bocatoma las que succionan el agua a través de tubos, los cuales se encuentran inmersos en el río, el agua succionada es depositada en un estanque para luego ser distribuida a la etapa siguiente filtro de arena.

Como segunda fuente de agua con que cuenta la planta, son unas napas subterráneas que solo son utilizadas en caso de emergencia y ante bajas de caudal que pueda presentar el Río Cruces. El agua de estas napas subterráneas, denominadas *Batería de Pozos*, son extraídas a través de bombas en dirección al proceso, pero con la diferencia que está agua no es almacenada en una cámara, sino que pasa directamente a la etapa filtro de arena.

3.2.2 Descripción del proceso bocatoma

Todo sistema de monitoreo y de control sobre la captación de agua y bocatoma se hace desde la sala de operaciones, este control se realiza mediante su respectivo protocolo de comunicación Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia utiliza el protocolo Profibus PA, Fieldbus Foundation y Hart para establecer la comunicación entre los equipos y el proceso. Como plataforma operacional se utiliza DCS (Sistema de Control Distribuido) basado en DeltaV, sistema creado exclusivamente para Celulosa Arauco contemplando la parte software y hardware para tener un sistema de control propio basado en windows donde cada equipo es registrado en esta plataforma y así tener control total

El proceso de captación de agua inicia succionando agua proveniente del Río Cruces utilizando unas bombas denominadas “Sentinas” ubicadas en bocatoma en dirección a una cámara previa al ingresar a los filtros de arena. Para realizar el trabajo de succión Celulosa Arauco posee cuatro bombas para esta labor, dos de estas bombas son de partida directa y las dos bombas restantes poseen variador de frecuencia.

Las bombas de partida directa (321-21-914 / 321-21-915) succionan agua del rio constantemente para mantener los consumos de planta, este consumo es controlado por una de las dos bombas que posee variador de frecuencia (321-39-916)la que se encarga de mantener los niveles de succión en los rangos o en el set-point establecido por el operador, la segunda bomba que posee variador de frecuencia (321-39-916) se encuentra en “Standby” en caso de que la primera bomba falle.

3.3 FILTRO DE ARENA Y ANTRACITA

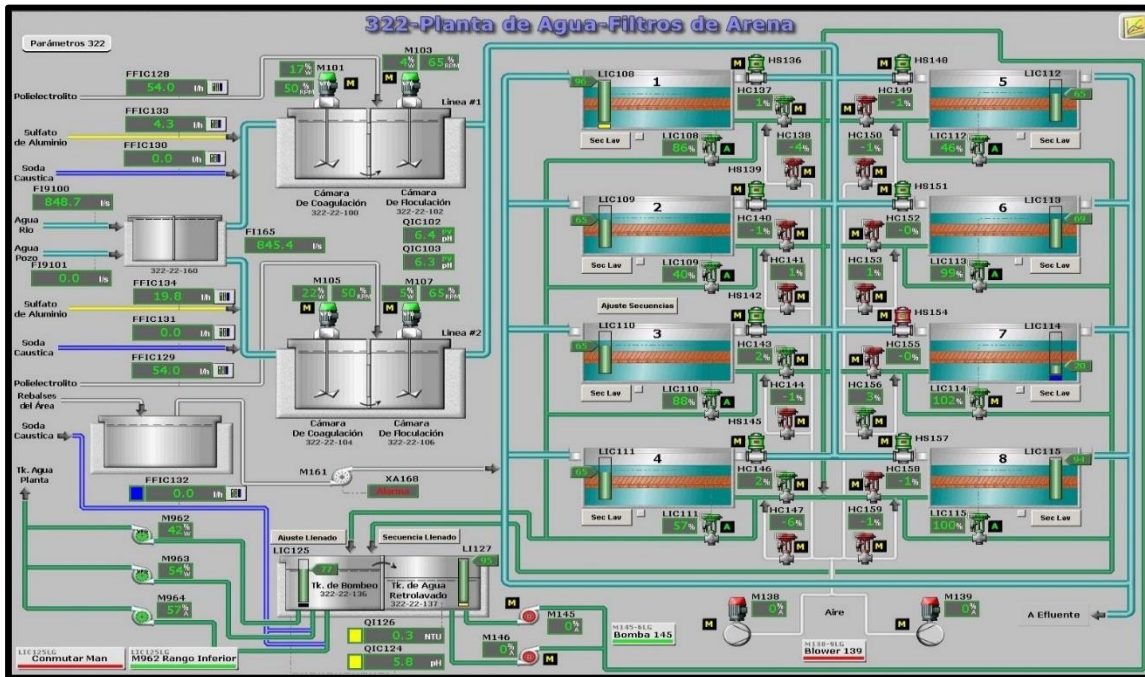


Ilustración 3.5 Panel de control proceso filtro de agua.

En esta parte del proceso el agua proveniente desde bocatoma es bombeada y dirigida por medio de ductos en dirección a los filtros de arena, en esta etapa para lograr clarificar el agua proveniente del río, adecuarla para los procesos y que esta sea consumida debe ser sometida a un tratamiento de productos químicos y procesos físicos. El agua del río antes de pasar por los filtros de arena es depositada en las cámaras de coagulación y floculación donde se le adhieren soda caustica, sulfato de aluminio y polielectrolito todos elementos químicos necesarios para la clarificación del agua, una vez mezclado y homogenizado, el agua pasa por los filtros de arena cuya función es retener el material pesado suspendido en el agua debido al tratamiento químico y así obtener una adecuada agua para el proceso y consumo.

Una vez que el agua de río es mezclada con los químicos soda caustica, sulfato de aluminio y polielectrolito se encuentra en condiciones para ingresar a la etapa filtro de arena. Este proceso consta de ocho cámaras cuya función es limpiar el fluido proveniente de las cámaras de floculación por medio de filtración. El proceso de filtrado inicia con el agua ingresando por la parte superior de los estanques, la cual decanta sobre un lecho filtrante de arena fina y *antracita* que en el interior de la cámara simula un falso fondo, por el cual el agua traspasa quedando atrapados los flóculos, materia orgánica, restos de sedimentos y el material pesado provenientes del tratamiento químico sobre el lecho granulado formado por la *antracita* y la arena fina, el agua filtrada o clarificada queda depositada en el fondo del estanque donde será dirigida a la etapa siguiente.

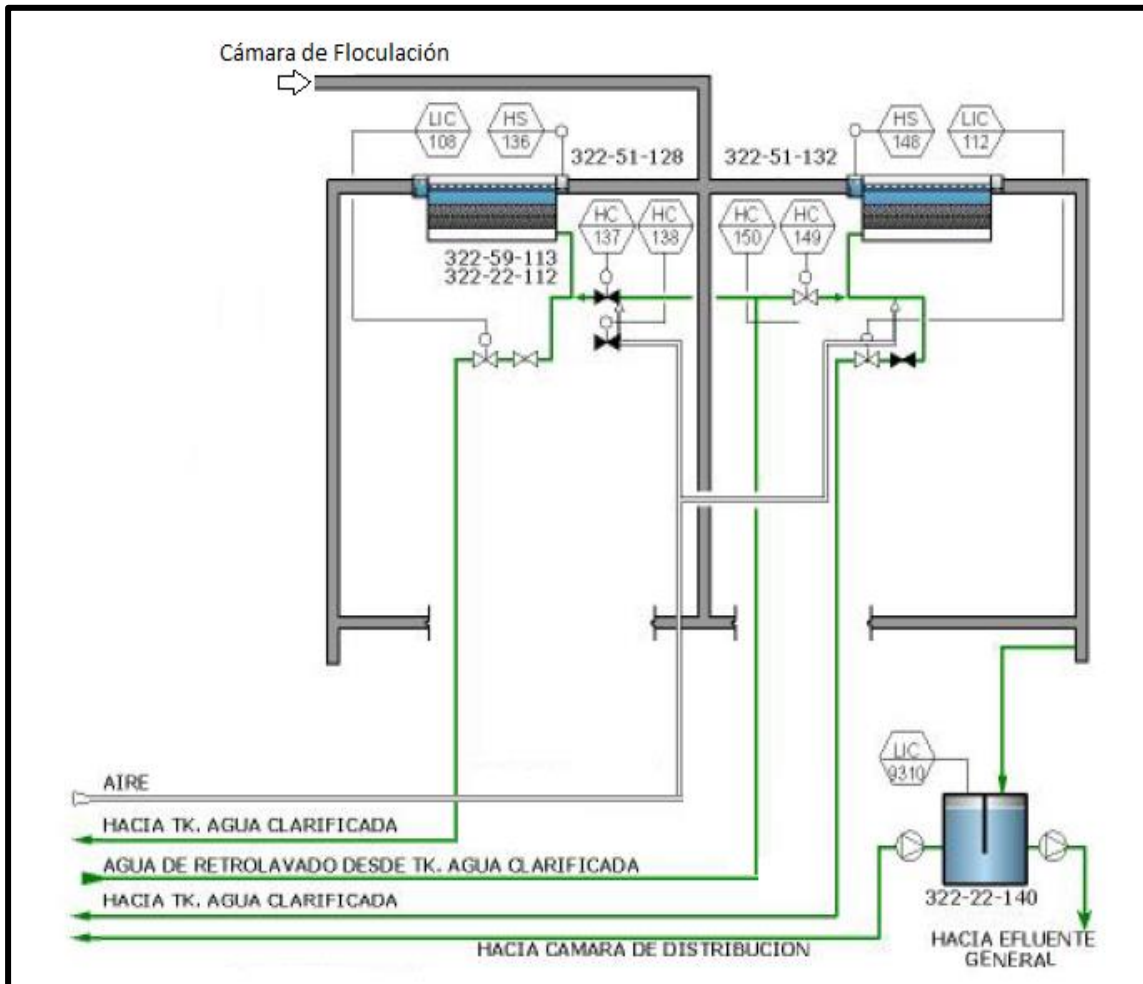


Ilustración 3.6 Sistema de inyección de polímeros para cada depósito.

En el proceso de Clarificación de Agua, el agua proveniente del estanque de floculación es direccionada a los filtros de arena, con la apertura de la válvula On-Off (322-HS 136) el agua ingresa a la cámara uno del filtro de arena (322-22-112) donde por decantación en el lecho de arena fina y antracita el agua inicia su proceso de filtrado.

Una vez que el agua proveniente del estanque de floculación termina su proceso de filtración por decantación, esta queda depositada al fondo de la cámara del proceso filtro de arena donde es dirigida a la etapa de almacenamiento, enfriamiento y distribución. Para monitorear y mantener los niveles del agua en función al *set-point* al interior de la cámara se utiliza el instrumento (322-LIC-108) correspondiente a un Control Indicador de Nivel el que abre la válvula on- off (322-HS-139) cuando los niveles visualizados por el operador son óptimos en dirección a la etapa siguiente del proceso. Misma lógica de proceso se replica en las otras siete cámaras que forman parte del ciclo filtro de arena.

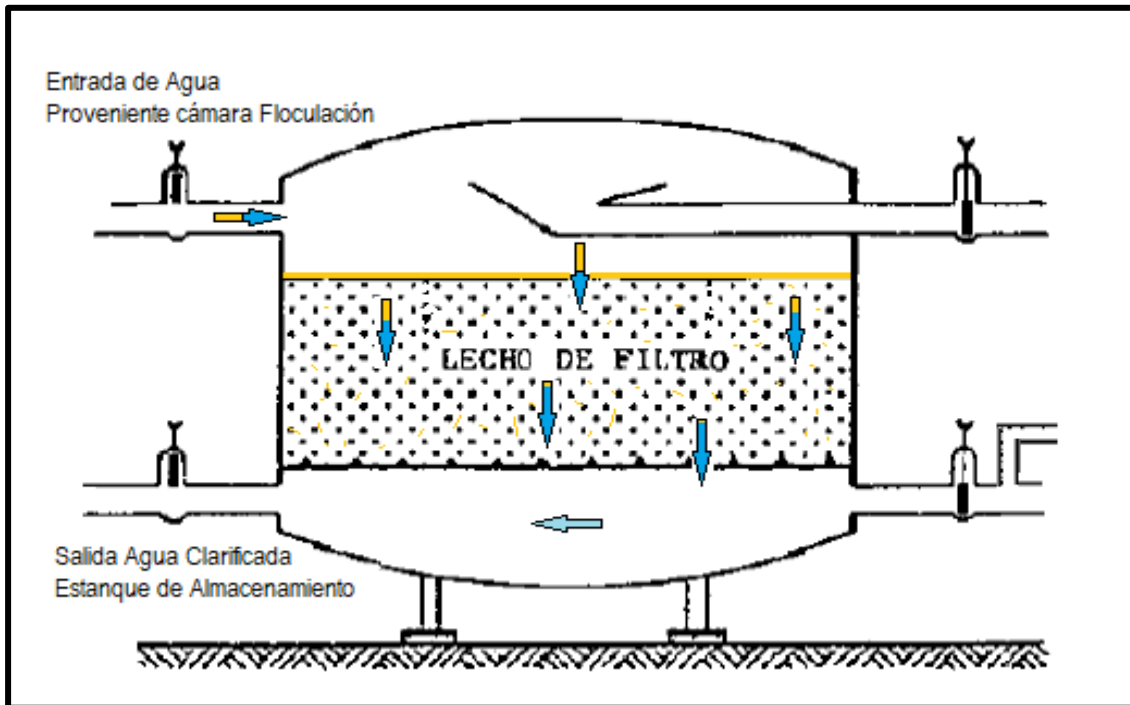


Ilustración 3.7 Proceso de filtrado al interior de cada deposito.

3.3.1 Retrolavado filtro de arena y antracita

Para el mantenimiento de los filtros de arena Celulosa Arauco en esta etapa cuenta con un sistema de *Retrolavado* con el propósito de limpiar el lecho de arena y antracita ubicado al interior del estanque quitando la sobre acumulación de *flóculos* para que esta pueda seguir filtrando el agua.

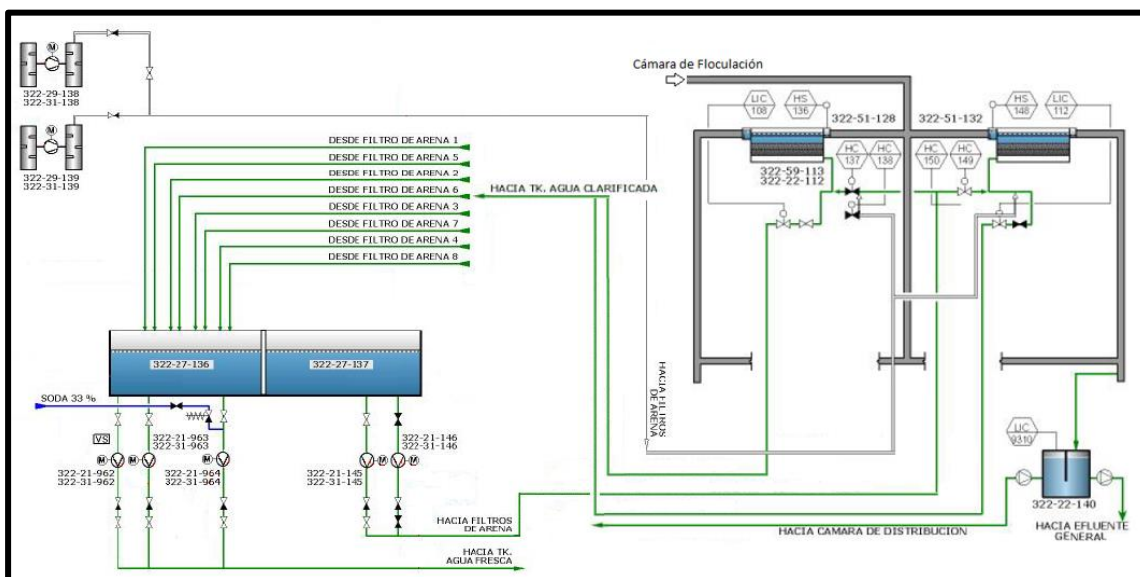


Ilustración 3.8 Sistema de retrolavado del proceso filtro de arena.

El proceso inicia inyectando agua limpia proveniente del *Depósito de Agua Clarificada* (322-27-137) mediante las bombas (322-21-146 / 322-21-145) impulsadas por el motor (3322-31-146 / 322-31-145) cuyo flujo ingresa por la parte inferior del estanque filtro de arena abriendo la válvula (322-HC-137 / 322-HC-149) a medida que el nivel del

agua sube al interior de este se remueve el material acumulado en los lechos de arena y antracita durante el proceso de filtración del agua del río. Para lograr remover el máximo de material sobre el lecho de arena y antracita a estas cámaras de le inyectan aire a presión desde los compresores sopladores (322-29-138 / 322-29-139) impulsados por el motor (322-31-138 / 322-31-139) el cual fluye en forma de burbujeo haciendo más fácil el desprendimiento del material adherido al lecho filtrante.

Una vez que el nivel está a tope dentro de la cámara con el material en suspensión se inicia la extracción del agua y lodo abriendo la válvula (322-HC-132) la cual dirige el agua hasta el estanque Efluente General (322-22-140) donde se le da un tiempo de reposo al agua para proporcionar una decantación del lodo, el cual es derivado al tratamiento de lodo primario de efluentes, el agua del estanque es dirigida a la cámara de distribución donde iniciará nuevamente el proceso químico y filtro de arena. Misma lógica de proceso se replica en las otras siete cámaras que forman parte del ciclo Retrolavado.

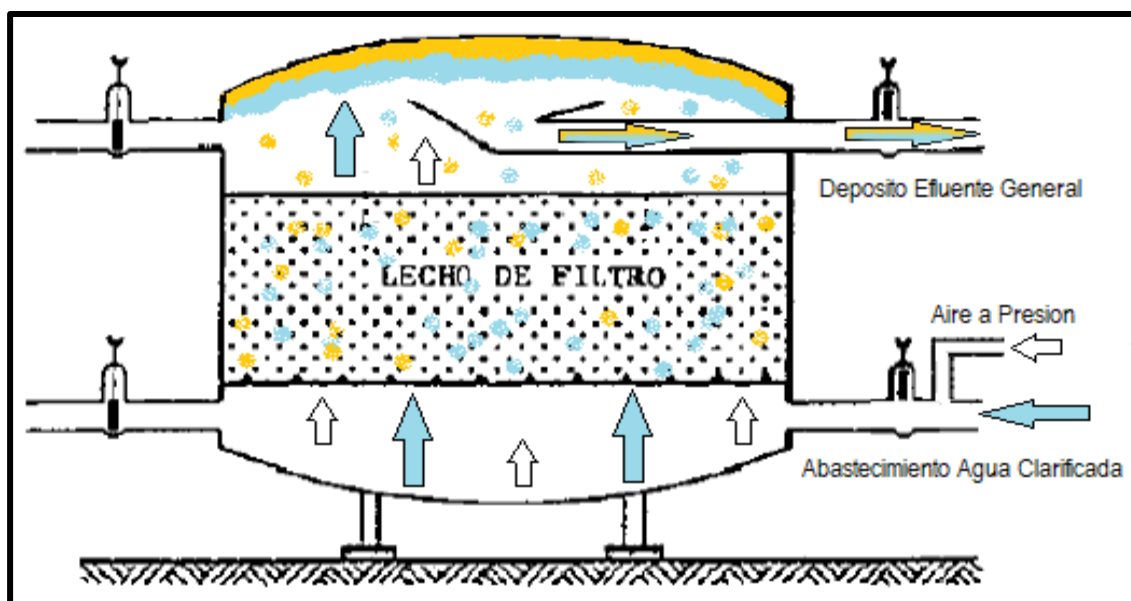


Ilustración 3.9 Sistema de retrolavado al interior de cada deposito.

3.3.2 Cámaras de coagulación y floculación

La etapa filtro de arena posee un proceso previo para el agua del río, el cual consta de unas cámaras en las cuales se deposita el agua y es allí donde se le agregan los productos químicos los cuales son mezclados mediante agitadores y posteriormente ingresa a los filtros de arena.

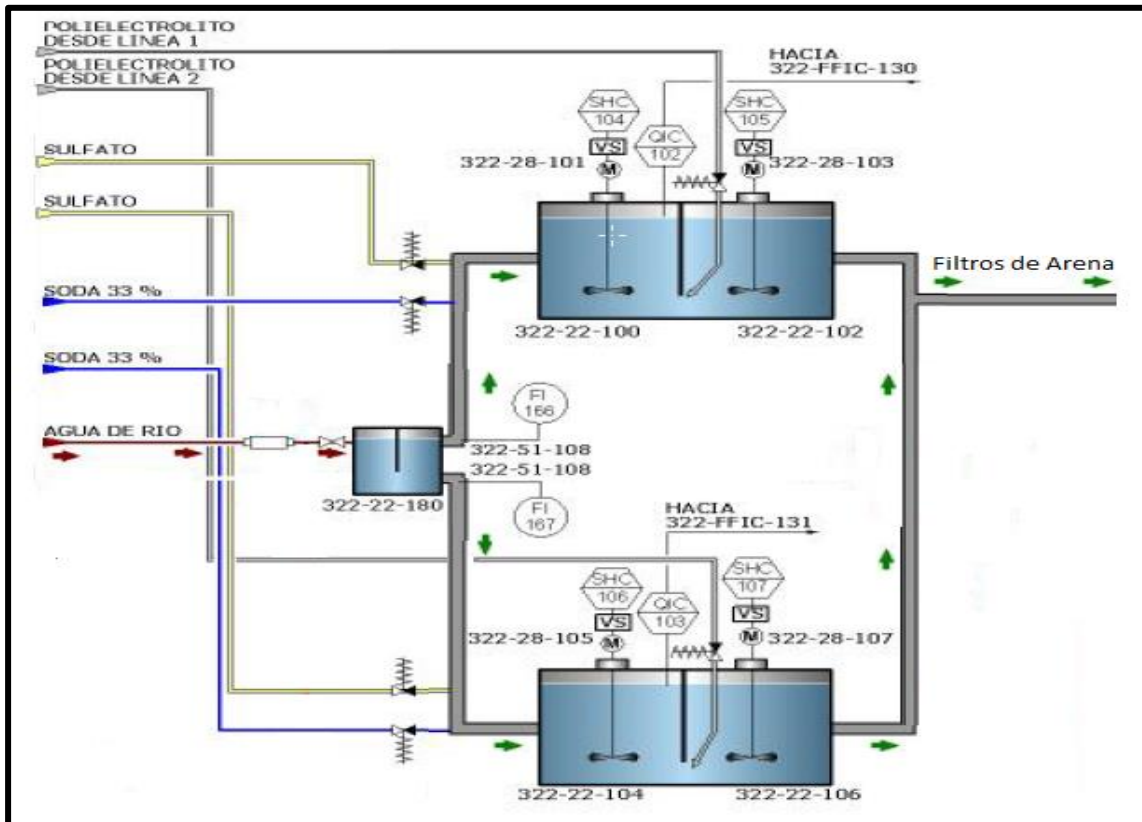


Ilustración 3.10 Proceso de coagulación y floculación.

El agua del río Cruces depositada en el estanque de distribución (322-22-180) fluye desde ahí hacia las cámaras de Coagulación y Floculación. Una vez que el agua del río es depositada en las cámaras de *coagulación* (322-22-100 / 322-22-104) desde la etapa de Productos Químicos es inyectado en las líneas sulfato de aluminio y soda caústica para ser mezclados por el agitador (322-28-101 / 322-28-105).

Una vez que la mezcla entre sulfato de aluminio y soda caústica está homogenizada, ésta es monitoreada y controlada con el instrumento (322-QIC-103 / 322-QIC-103) el que tiene como objetivo regular el nivel de pH dentro de la cámara antes de pasar a la cámara siguiente. Una vez que el nivel de pH se encuentra en función del set-point visualizado por el operador, esta fluye desde la cámara de coagulación hacia la cámara de *floculación* (322-22-102 / 322-22-106) a través de la zona inferior del panel de separación, para luego inyectar y mezclar polielectrolito con la ayuda del agitador (322-28-103 / 322-28-106). Terminada esta parte del proceso el agua tratada hace ingreso a la etapa de filtros de arena.

3.4 PROCESO PRODUCTOS QUÍMICOS

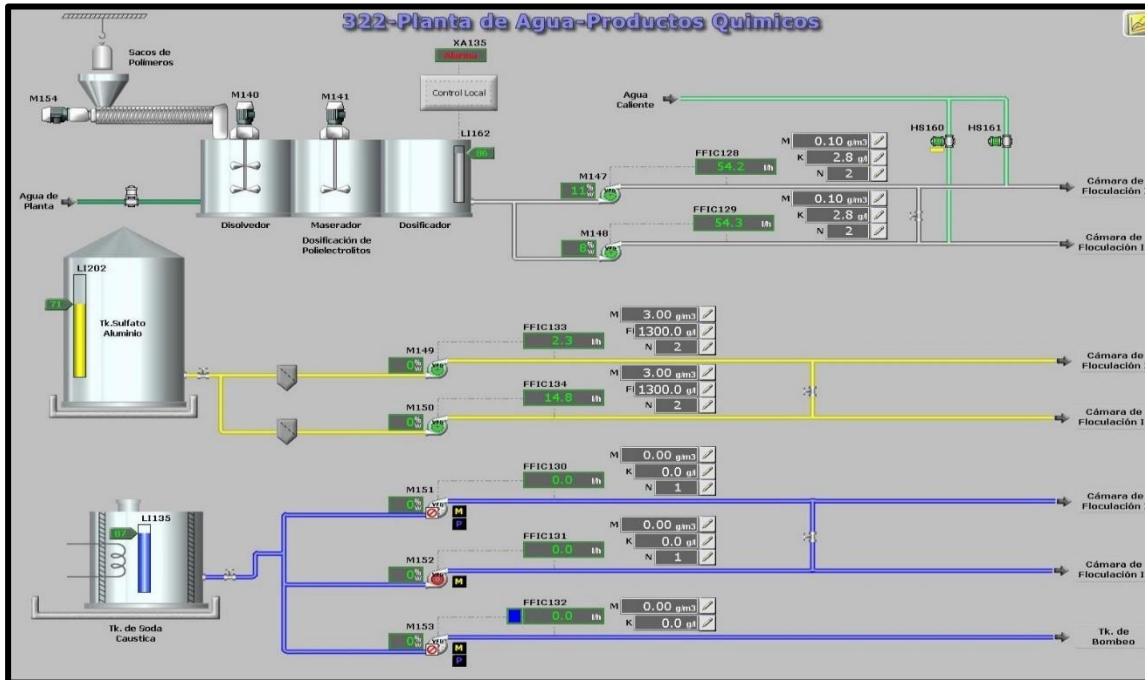


Ilustración 3.11 Panel de control proceso productos químicos.

Una vez que el agua del río es succionada en bocatoma esta es dirigida a la etapa filtro de arena, pero antes de llegar a la etapa correspondiente el agua es acumulada en la cámara de distribución, desde ahí se redirigen a la cámara de coagulación y floculación donde se le agregan los productos químicos.

La función de este sistema es simplemente proporcionar los componentes necesarios para ayudar a clarificar el agua proveniente del río cruces, los químicos usados en esta parte del proceso son sulfato de aluminio, soda Caustica y polielectrolito.

3.4.1 Proceso de inyección sulfato de aluminio

Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia en su proceso Clarificación del Agua utiliza el Sulfato de Aluminio que es adherido al proceso en la etapa de Productos Químicos, este tiene la función de coagulante que sirve para unir entre si las partículas cargadas negativamente que le otorgan turbidez al agua del río (color) de esta manera se forman grupos de partículas denominadas “coágulos”. La coagulación se hace mediante la neutralización por el agente coagulante de las cargas negativas que repelen las partículas entre sí.

El estanque (385-22-212) que hace referencia al depósito de sulfato de aluminio el cual tiene adosado el instrumento (322- LI-202) que es el encargado de indicar los niveles del producto químico al interior del estanque, cuyo nivel es visualizado en la sala de

operaciones en forma de porcentaje. Una vez que los niveles de sulfato de aluminio son los adecuados este es bombeado por dos bombas de sulfato de aluminio en dirección al depósito de coagulación, la bomba (322-21-149) inyecta flujo de sulfato de aluminio que viaja por la línea uno de coagulación y la bomba (322-21-150) inyecta el mismo producto que viaja por la línea dos. El sulfato de aluminio es dirigido hacia cada uno de los estanques de coagulación proceso previo ejercido al agua del rio, para posteriormente ingresar a la etapa de filtro de arena.

Para monitorear y controlar el flujo de Sulfato de Aluminio que pasa por las líneas uno y dos en dirección a los depósitos de coagulación, como medida de control en terreno existen dos instrumentos encargados de esta labor. Los instrumentos FIC que corresponde a un control indicador de flujo los que realizan una medición del volumen de fluido que pasa a través de la línea hacia las cámaras de coagulación, el instrumento (322-FIC-133) mide el flujo que pasa por la línea uno de coagulación y el instrumento (322-FIC-134) mide el flujo corresponde a la línea dos.

De esta forma el sulfato de aluminio es dirigido hacia los estanques de coagulación etapa previa al filtro de arena donde estos se almacenan, se mezclan y son homogenizados para ser derivado al proceso siguiente.

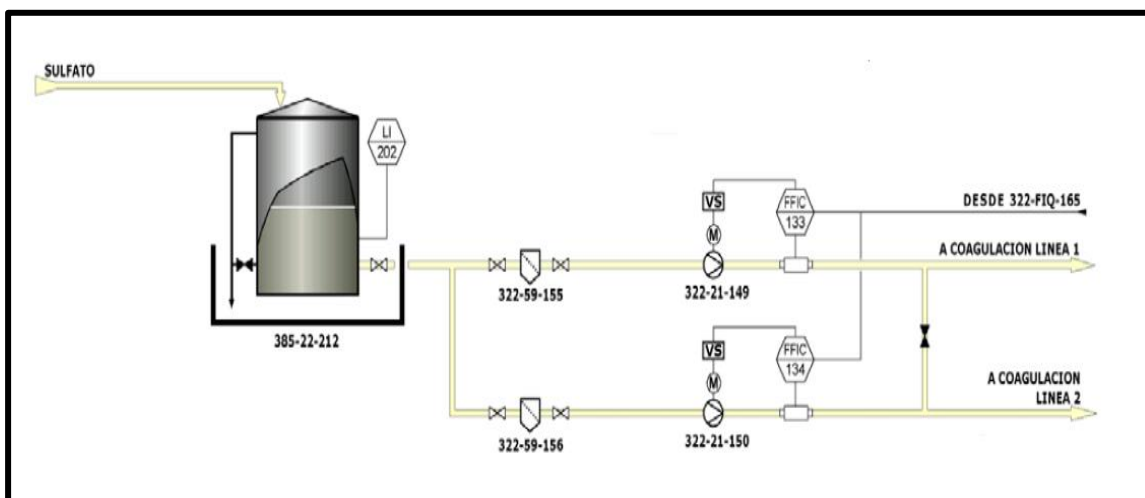


Ilustración 3.12 Sistema de inyección sulfato de aluminio.

- 385-22-212: Estanque de Sulfato de Aluminio.
- 322-LI-202: Indicador de Nivel estanque de Sulfato de Aluminio.
- 322-21-149: Bomba de Sulfato de Aluminio línea uno.
- 322-21-150: Bomba de Sulfato de Aluminio línea dos.
- 322-FIC-133: Controlador Indicador de Flujo Sulfato de Aluminio línea uno.
- 322-FIC-134: Controlador Indicador de Flujo Sulfato de Aluminio línea dos.

3.4.2 Proceso de inyección soda caustica

Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia para su proceso Clarificación del Agua utiliza soda caustica que es adherida al proceso en la etapa de “Productos Químicos” la cual tiene como finalidad controlar el pH en la etapa de floculación, etapa previa al filtro de arena y controlar el pH en la etapa final del agua de planta

El estanque (385-22-105) que hace referencia al depósito de soda caustica el cual posee adosado el instrumento (322- LI-135) que es el encargado de indicar los niveles del producto químico al interior del estanque, cuyo nivel es visualizado en la sala de operaciones en forma de porcentaje. Una vez que los niveles de soda caustica son los adecuados esta es bombeada por tres bombas de soda caustica en dirección al depósito de coagulación, la primera bomba (322-21-151) y la segunda bomba (322-21-152) inyecta soda caustica a través de la línea uno y dos de coagulación, la tercera bomba (322-21-153) bombea flujo de soda caustica por la línea tres correspondiente al control de pH en dirección a el estanque de almacenamiento para poder neutralizar el agua del río en los depósitos y ser distribuida.

Como sistema de monitoreo y control del flujo de la soda caustica que viaja a través de las líneas en dirección a los depósitos de coagulación la planta utiliza como medida de control en terreno tres instrumentos. Los instrumentos FIC que corresponde a un control indicador de flujo los que realizan una medición del volumen de fluido que pasa a través de la línea hacia las cámaras de coagulación, el instrumento (322-FIC-130) corresponde a la línea uno de coagulación, el instrumento (322-FIC-131) corresponden a la línea dos de coagulación y el instrumento (322-FIC-132) corresponde a la línea tres correspondiente al control de pH.

De esta forma la Soda Caustica es dirigida hacia los estanques previos a la etapa Filtro de Arena donde estos se almacenan, se mezclan y son homogeneizados para ser derivado al proceso siguiente.

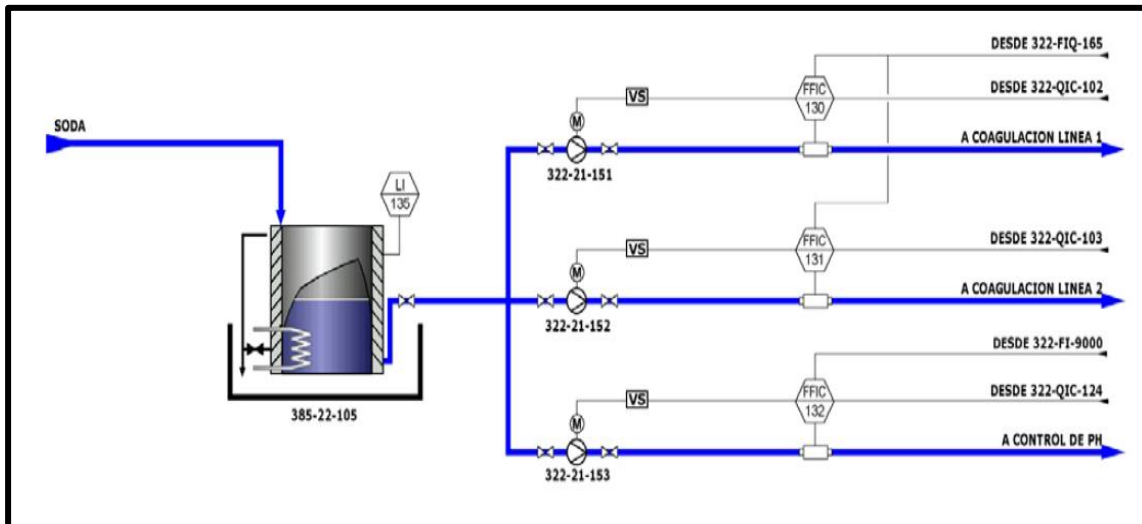


Ilustración 3.13 Sistema de inyección soda caustica.

- 385-22-105: Estanque de Soda Caustica.
- 322-LI-135: Indicador de Nivel estanque Soda Caustica.
- 322-21-151: Bomba de Soda Caustica línea uno.
- 322-21-152: Bomba de Soda Caustica línea dos.
- 322-21-153: Bomba de Soda Caustica línea tres control de pH.
- 322-FIC-130: Controlador Indicador de Flujo Soda Caustica línea uno.
- 322-FIC-131: Controlador Indicador de Flujo Soda Caustica línea dos.
- 322-FIC-132: Controlador Indicador de Flujo Soda Caustica línea tres control de pH.

3.4.3 Proceso de inyección de polielectrolito

Para la clarificación del agua se utiliza el Polielectrolito, que es adherido al proceso en la etapa de productos químicos el cual tiene como finalidad unir entre si los “coágulos” formados por la unión de las partículas presentes en el agua del rio cruces, para formar partículas de mayor tamaño y peso denominadas “flóculos”. Estos flóculos son retenidos y desechos en la etapa siguiente filtro de arena.

Esta parte del proceso inicia con el acopio del producto llamado *polielectrolito* en una tolva de recepción (322-28-154) donde se deposita el polielectrolito en estado sólido, una vez depositado este es trasladado mediante un tornillo de alimentación de polielectrolito hacía el estanque de mezcla de polielectrolito (322-22-142) que con la ayuda de un agitador de dos aspas impulsado por el motor (322-28-140) diluye el polielectrolito con el agua caliente proveniente del proceso de planta .Cuando el polielectrolito está disuelto pasa a la siguiente cámara, denominada estanque de acondicionamiento (322-22-143) se utiliza un agitador de una sola aspa impulsado por el motor (322-28-141) la función en esta cámara es proporcionar un tiempo de residencia y

de homogenización al polielectrolito, cuando el polielectrolito está listo para ir a proceso es depositado en la cámara de alimentación de bombas (322-22-144) para su distribución.

Una vez que el polielectrolito se encuentra mezclado este es bombeado por dos bombas de polielectrolito en dirección al depósito de floculación, la primera bomba (322-21-147) y la segunda bomba (322-21-148) inyectan polielectrolito a través de la línea uno y dos de floculación y para controlar el flujo de polielectrolito se utiliza como medida de control en terreno dos instrumentos. Los instrumentos FIC que corresponde a un control indicador de flujo los que realizan una medición del volumen de fluido que pasa a través de la línea hacia las cámaras de floculación, el instrumento (322-FIC-128) corresponde a la línea uno de floculación, el instrumento (322-FIC-129) corresponden a la línea dos de floculación.

De esta forma el polielectrolito es dirigido hacia los estanques previos a la etapa filtro de arena donde estos se almacenan, se mezclan y son homogeneizados para ser derivado al proceso siguiente.

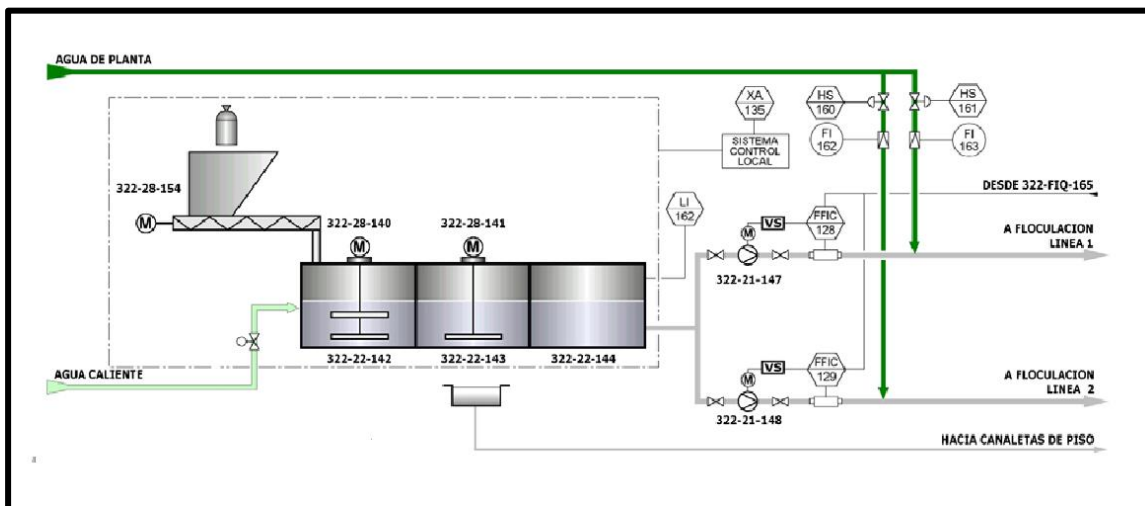


Ilustración 3.14 Sistema de inyección de polielectrolito.

- 322-28-154: Tolva de recepción de Polielectrolito.
- 322-22-142: Estanque de mezcla de Polielectrolito.
- 322-28-140: Motor agitador estanque de mezcla de Polielectrolito.
- 322-22-143: Estanque de acondicionamiento.
- 322-28-141: Motor agitador estanque de acondicionamiento.
- 322-22-144: Estanque para alimentación de Bombas
- 322-21-147: Bomba de Polielectrolito línea uno.
- 322-FIC-128: Controlador Indicador de Flujo Polielectrolito línea uno.
- 322-21-148: Bomba de Polielectrolito línea dos.
- 322-FIC-129: Controlador Indicador de Flujo Polielectrolito línea dos.

3.5 ESTANQUE QUINCE MIL, TORRE DE ENFRIAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

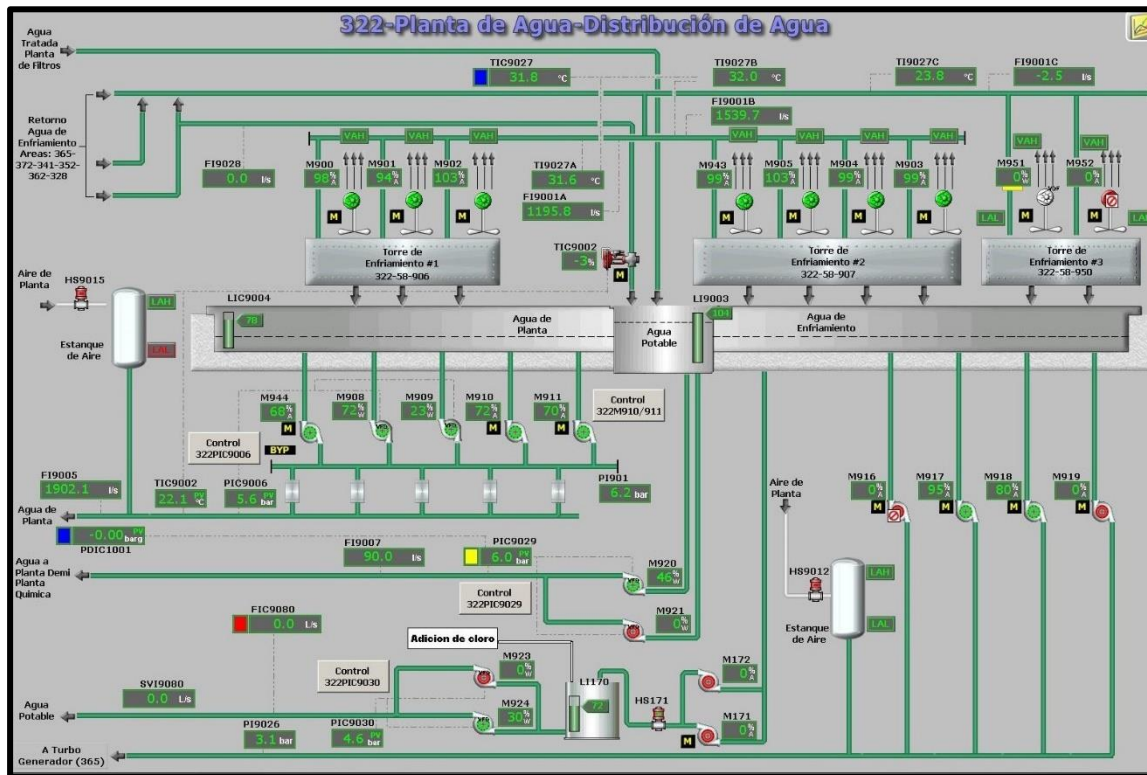


Ilustración 3.15 Panel de control sistema distribución de agua.

Una vez que el agua del río termina su proceso de filtrado, desde la cámara de Agua Clarificada donde es depositada el agua limpia esta es encaminada al estanque de Agua Fresca (estanque quince mil) donde es almacenada. Usando el método de rebalse el agua pasa desde el estanque de Agua Fresca al estanque de Agua de Planta donde inicia su proceso de enfriamiento mediante aire con la finalidad de disminuir la temperatura que ha adquirido por el tratamiento, para luego ser inyectada a través de bombas a proceso y consumo.

Una vez que el agua proveniente de los filtros de arena termina el proceso de filtrado mediante el lecho de arena fina y antracita es depositada en la cámara de Agua Clarificada (322-27-136) la cual fluye en dirección al depósito de Agua Fresca mediante las tres bombas de transferencia (322-21-962 / 322-21-963 / 322-21-964) impulsadas por sus respectivos motores (322-31-962 / 322-31-963 / 322-31-964) controladas por el operador, a su vez en una de las tres líneas de transferencia como medida de control se inyecta soda caustica proveniente del proceso químico línea tres control pH para ajustar, monitorear y controlar el pH al agua clarificada en la etapa final.

El Agua proveniente de las cámaras de Agua Clarificada es vertida en el depósito de agua fresca más conocido como estanque Quince Mil el cual posee un instrumento de nivel (322-LI-9003) el que está encargado de vigilar que el nivel del estanque se encuentren dentro de los parámetros establecidos por el operador. El agua depositada en el estanque de agua fresca pasa al depósito de agua de planta (322-22.925) en forma de rebalse el cual posee el instrumento (322-LIC-9004) con él se ejerce control sobre el nivel de agua en esta cámara y de la alimentación en la etapa de succión para así mantener fluido el flujo de agua del proceso y que no existan déficit para alimentar la planta.

Para alimentar con agua los procesos dentro de la planta se utilizan el conjunto de bombas (322-21-944 / 322-21-908 / 322-21-909 / 322-21-910 y 322-21-911) los que inyectan el flujo hacia los filtros (322-59-944 / 322-59-912 / 322-59-913 / 322-59-914 y 322-59-915) los que a modo de seguridad filtran una vez más el agua tratada para evitar el paso de cualquier material pesado que afecte al proceso. Terminado con el filtrado el agua fluye en dirección a proceso por su respectiva línea de descarga donde se encuentran ubicados tres instrumentos de medición y control, un indicador de flujo (322-FI-9005) para determinar el volumen de fluido que pasa a través de la línea, un indicador de temperatura (322-TI-9002) para constatar que la temperatura sea la adecuada para el ingreso a proceso y un indicador de presión (322-PI-9006) con el cual verifica la presión de la línea y evidenciar posibles fugas de agua.

El agua clarificada es utilizada para enfriar el sistema de Turbos Generadores que posee Celulosa Arauco sistema en base a vapor para producir energía eléctrica, las bombas de enfriamiento que transfieren el agua al condensador de los turbos generadores corresponden a (322-21-916 / 322-21-917 / 322-21-918 y 322-21-919) cada bomba posee un indicador de presión en sus líneas (322-PI-916 / 322-PI-917 / 322-PI-918 y 322-PI-919) las que monitorean la presión de agua dentro de las líneas y posibles fugas de agua. Antes de ingresar el agua clarificada a los turbos generadores pasa por la Planta Demi donde se desmineraliza el agua para dejarla ultra pura y con conductividad prácticamente cero.

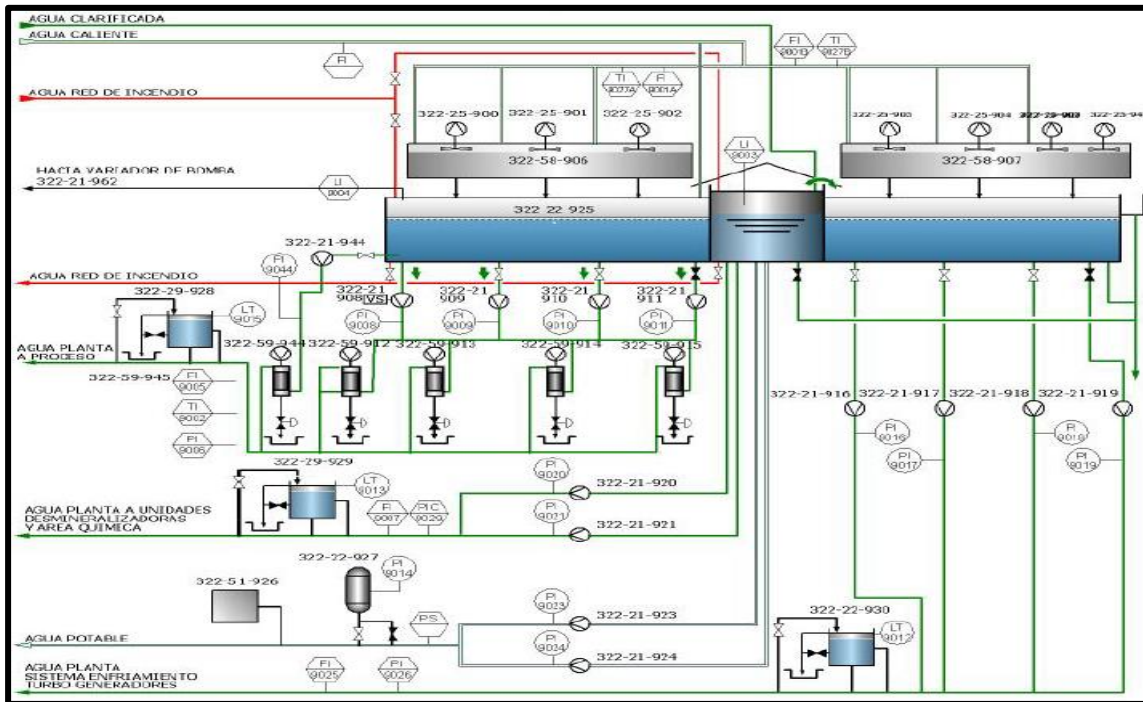


Ilustración 3.16 Sistema de control proceso distribución y torre de enfriamiento.

El área química también es abastecida con agua limpia para alimentar sus procesos mediante las bombas (322-21-920 / 322-21-921) las cuales poseen sus respectivos instrumentos de medición y control. Para monitorear la presión de agua dentro de las líneas se utilizan los indicadores de presión (322-PI-9020 / 322-PI-921) y su indicador de flujo (322-FI-9007).

Para abastecer con agua potable la planta y esta sea consumida, el agua es extraída del depósito de agua de planta por medio de las bombas (322-21-171 / 322-21-172) las cuales redireccionan el agua a la cámara de acondicionamiento de agua, donde se le añade cloro como parte final del tratamiento para que esta sea consumida sin problemas. La cámara de acondicionamiento de agua posee un indicador de nivel (322-LI-170) con el cual el operador visualiza y mantienen el nivel del estanque dentro de los parámetros en relación al set-point.

Una vez que el estanque de acondicionamiento se encuentra en los niveles óptimos, el agua es inyectada según el consumo dentro de la planta por las bombas (322-21-923 / 322-21-924) y como medida de control de fugas, la línea poseen instrumentos de presión (322-PI-9026) junto con el controlador (322-PIC-9030) y para tener control sobre el flujo de agua poseen los instrumentos (322-FIC-9080). Como medida de seguridad las líneas de alimentación de agua de planta, agua fresca y agua de enfriamiento poseen instaladas en sus circuitos eliminadores de golpes de arietes en caso de que queden fuera de servicio las bombas de transferencia y se pierda presión de las líneas.

3.5.1 Torres de enfriamiento

El sistema de enfriamiento y almacenamiento de agua de planta, enfría el agua caliente proveniente de los intercambiadores de calor del proceso, con aire del ambiente que es succionado por el ventilador inducido colocado horizontalmente en la parte superior de la torre de enfriamiento.

Para enfriar el agua de planta caliente, primeramente el agua se divide en gotas en las boquillas atomizadoras para generar una película de agua que entra en contacto con el aire ambiente. Debido a la menor humedad del aire ambiente, respecto al aire adyacente a la película de agua, se genera un *gradiente* de temperatura desde la película de agua hacia el aire. El agua de planta almacenada, que cae por rebalse desde el estanque de agua fresca, se mezcla con el agua de planta fría en las torres de enfriamiento para ser enviada hacia el proceso por medio de bombas de transferencia.

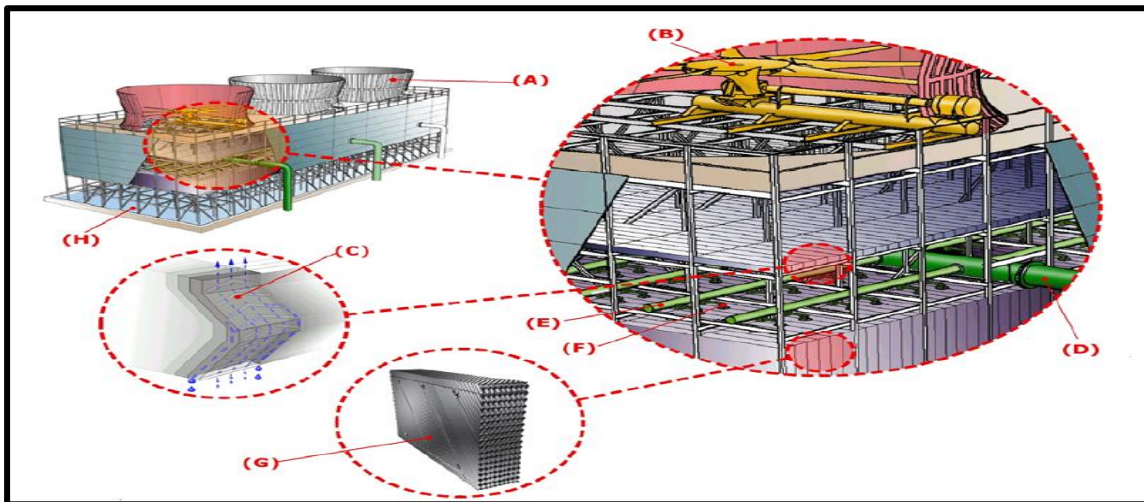


Ilustración 3.17 Torres de enfriamiento clarificador de agua.

- A. Chimenea del ventilador: Conduce el aire húmedo hacia a la atmosfera.
- B. Ventilador de Tiro Inducido: Succiona aire seco desde la atmosfera.
- C. Eliminador de Gotas: Captura las gotas de agua arrastradas por el aire húmedo.
- D. Colector de Agua de Planta Caliente: Recibe el agua de planta que retorna de proceso.
- E. Ductos para Distribución de Agua: Distribuyen el agua en la sección de la torre de enfriamiento.
- F. Boquillas Atomizadoras: Atomizan el agua de planta caliente.
- G. Relleno de la Torre: Incremente el área de contacto entre el agua de planta caliente y el aire.
- H. Pileta de Fondo: Recolecta el agua de planta fría de cada torre de enfriamiento.

3.6 PROCESO MEJORADO CLARIFICACIÓN DE AGUA

Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia en su necesidad de mejorar el proceso de Clarificación de Agua nombrado anteriormente decide incorporar una nueva etapa al proceso denominada Tratamiento de Agua.

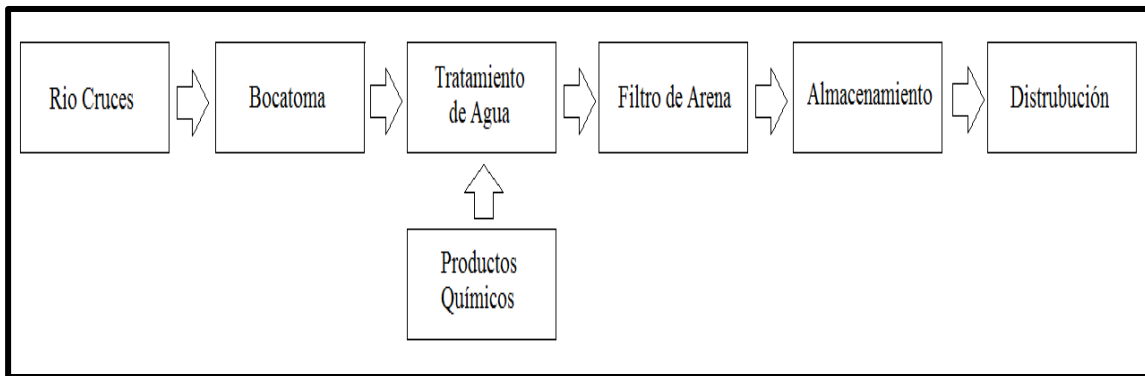


Ilustración 3.18 Proceso nuevo clarificación de agua.

- Rio Cruces: Fuente de Alimentación para el proceso.
- Bocatoma: Succión de agua hacia el proceso.
- Tratamiento de Agua: Proyecto nuevo Nordic Water.
- Filtro de Arena: Proceso de filtrado de agua y retrolavado de cámaras.
- Almacenamiento: Depósitos de agua fresca y agua de Planta
- Distribución: Inyección de agua clarificada a proceso y consumo.
- Productos Químicos: Añaden productos que ayudan al proceso de Clarificación.

3.7 DESCRIPCIÓN DE LA NUEVA ETAPA TRATAMIENTO DE AGUA

Al implementar la etapa tratamiento de agua al proceso de Clarificación Celulosa Arauco busca eliminar los residuos de material pesado que no fueron eliminados en el agua en su totalidad. A continuación, se explicara las etapas interna de este tratamiento.

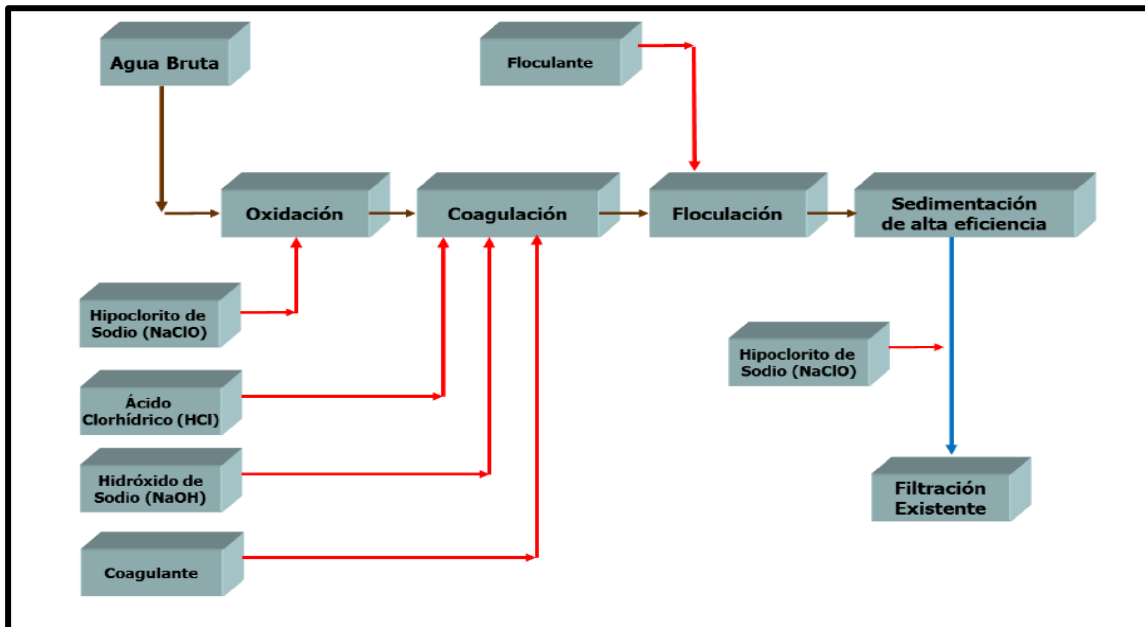


Ilustración 3.19 Diagrama del proceso clarificación de agua.

Una de las mejoras que trae esta implementación es la adición de un nuevo producto químico al proceso, el cual cumplirá la función de eliminar los residuos de material pesados en el agua, proceso denominado Oxidación

Desde bocatoma el agua bruta es inyectada a la nueva etapa Tratamiento de Agua, donde ingresa a la etapa adición de productos químicos esta parte del proceso consta de tres cámaras donde se añadirán los productos químicos para lograr separar los residuos minerales y desinfectar el agua bruta proveniente del río. La primera cámara donde se da inicio al proceso se denomina etapa de oxidación. La oxidación es una operación unitaria responsable de disolver el fierro y manganés adheridos en el agua, esta oxidación se realiza con la adición de hipoclorito de sodio, que a su vez se utiliza como pre-desinfectante del agua

Una vez que el producto químico es vertido sobre el agua bruta en la etapa de oxidación se inicia el mezclado de estos dos agentes mediante el agitador (332-38-201) el cual mezcla los elementos hasta tener una mezcla homogénea. Como medida de control al interior de la cámara se encuentra instalado el instrumento (322-AIT-333) un medidor potencial de oxi-reduccion el cual indicará cuando los valores de máximos y mínimos sean alcanzados.

Terminada la primera etapa de oxidación el agua pasa a la siguiente etapa del proceso denominada etapa de coagulación. En la cámara de coagulación se adicionan PAC (Poliectrolito) y sulfato de aluminio la mezcla de estos productos desestabilizan las partículas coloidales el agua, para unir entre si las partículas cargadas negativamente que le otorgan turbidez al agua del rio (color) de esta manera se forman grupos de partículas denominadas “coágulos”. La coagulación se hace mediante la neutralización por el agente coagulante de las cargas negativas que repelen las partículas entre sí preparándolas para su separación en el tratamiento siguiente.

El estanque de coagulación posee el agitador (332-28-202) que posibilita una mezcla homogénea con los productos químicos, y entrega un gradiente de energía que colabora con la coagulación, la cantidad de coagulante añadido será proporcional al caudal de entrada de la planta.

En la fase final del proceso de Productos Químicos el agua ingresa a la etapa de floculación, en esta cámara se agrupan las partículas eléctricamente desestabilizadas (coágulos) colocándolas en contacto una con otras de forma a permitir el aumento de su tamaño físico, llamados flocos, susceptibles de ser removidas por sedimentación y filtración.

Para mayor efectividad en la floculación se da un tiempo de detención a la mezcla antes de seguir con el proceso, dentro de la cámara de floculación se subdivide en tres donde se deja reposar la mezcla un total treinta minutos, o sea, diez minutos de reposo en cada cámara, donde cada estanque de floculación posee su agitador (322-28-203 / 322-28-204 / 322-28-205) provistos de Variador de Frecuencia (VDF), cuyas frecuencias serán definidas a través de Jar Test. La adición de floculante es hecha con agitación lenta, durante el Startup se definirá si la adición del floculante será en el estanque uno o dos o en ambos simultáneamente, respecto a la dosificación del floculante este será en función del caudal de entrada.

Para regular el pH del agua bruta proveniente del rio cruces entre un rango deseable de 6,5 a 7 de pH lo más cercano a neutro y mantener esos valores se adiciona hidróxido de sodio (NaOH, Soda Cáustica) o ácido clorhídrico (HCl). Para ayudar en la optimización de los procesos de coagulación y floculación la adición de hidróxido de sodio se realiza en la etapa de oxidación, de ser necesario también se echará este producto en la cámara de coagulación o en ambos simultáneamente, eso será definido al momento del Startup, respecto al producto químico ácido clorhídrico se verterá al proceso en la en la cámara de coagulación.

Cabe mencionar que una vez terminado todo el proceso de Tratamiento de Agua, el agua clarificada pasa a la etapa de filtrado de arena, aquí ya no es necesario la adición de los productos químicos como lo era en el proceso antiguo, pero a modo de tener un agua con mayor porcentaje de limpieza y a modo de complementar el proceso el agua es pasada de igual manera por el lecho de arena fina y antracita.

Luego que el agua del río termina con la adición y mezclado de los productos químicos pasa a la etapa de Sedimentación con la finalidad de separar el agua de los agentes contaminantes (flocos). Se trata de un estanque cuyas dimensiones son cuarenta coma nueve metros de largo por catorce metros de ancho donde está instalado el separador “Lamelar SuperSettler” compuesto de un conjunto de placas inclinadas para promover la *sedimentación* de alta eficiencia, las lamelas instaladas de forma paralela e inclinadas facilitan que el área proyectada sea mucho mayor que el área del estanque sedimentador donde el área proyectada es la que finalmente es utilizada para la sedimentación.

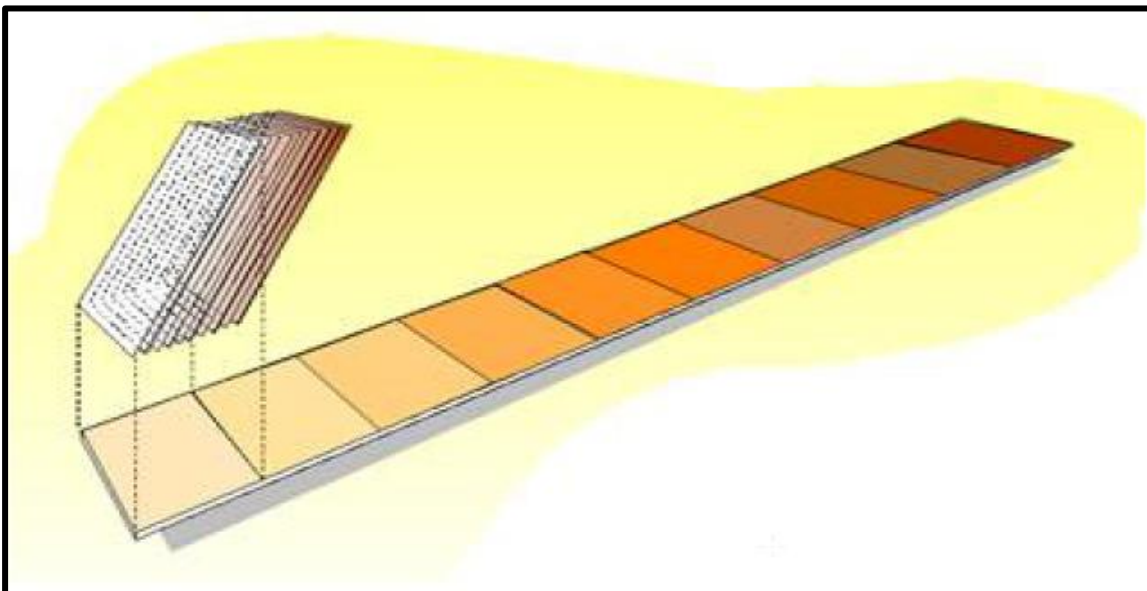


Ilustración 3.20 Separador lamelar supersttler.

El área proyectada provista por el conjunto de lamelas es de cuatro mil cuatrocientos metros cuadrados en total, considerando el caudal nominal de tres mil seiscientos metros cúbicos por hora la tasa de aplicación hidráulica es de cero coma ochenta y dos metros cúbicos por metro cuadrado hora.

El principio de operación de este proceso es de contra flujo, lo que significa que el flujo del fluido y del lodo que serán separados no entraran en conflicto debido al espacio entre las placas lamelares de cincuenta milímetros las que aseguran una operación confiable.

El agua proveniente con flocos de la etapa anterior ingresa al separador Lamelar a través de aperturas laterales donde el flujo es distribuido uniformemente dentro de cada compartimiento lamelar. El agua clarificada asciende y es llevada a las canaletas de salida a través de vertederos triangulares donde el agua es guiada por canaletas para luego por gravedad llega hasta los filtros de arena, el lodo separado sedimenta y se deposita en el fondo del estanque donde es colectado y guiado hacia uno de los lados del estanque.

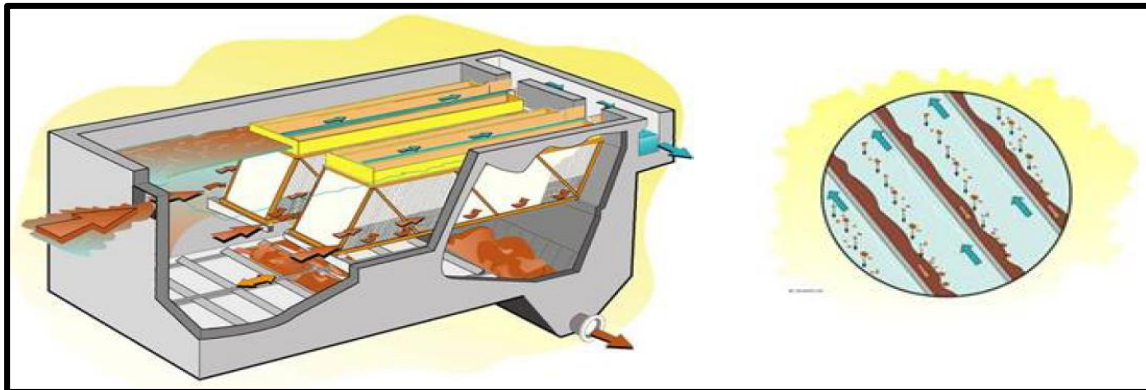


Ilustración 3.21 Sistema de filtrado lamelas.

Terminada la separación de los flocos el lodo sobrante es encaminado a la etapa remoción de lodo donde será extraído mediante un barredor de lodo y enviado al estanque de efluentes general donde se le dará un tratamiento especial.

El lodo proveniente de la etapa de sedimentación es depositado en el fondo del estanque del tratamiento de agua donde se remueve a través del “Barredor de Lodo de Fondo Zickert” este sistema cuenta con dos barredores los cuales poseen un movimiento alternado para el frente y hacia atrás. El tipo de perfil de los barredores facilita los movimientos alternados y la extracción del lodo, el movimiento hacia atrás pasa por debajo del lodo y en su movimiento hacia delante empuja el lodo, para esta acción se requiere que la velocidad del movimiento para atrás sea el doble de velocidad que el movimiento hacia adelante.

Los barredores son accionados a través de barras y articulaciones comandadas por un *pistón hidráulico* cada uno, cada pistón es accionado mediante una unidad hidráulica y comandados con el panel de control. La unidad hidráulica posee dos motores uno para cada barredor, cada motor comanda un pistón hidráulico que es equipado con un sensor de presión el que asegura la integridad del barredor. Con respecto al panel de control comanda los barredores y posee dos unidades lógicas. En la pantalla visualizada por el operador en la sala de control es posible configurar los tiempos de accionamiento y leer mensajes de alarma, el protocolo de comunicación para esta interfaz es Profibus, el cual provee señales de status y alarmas para el DCS.

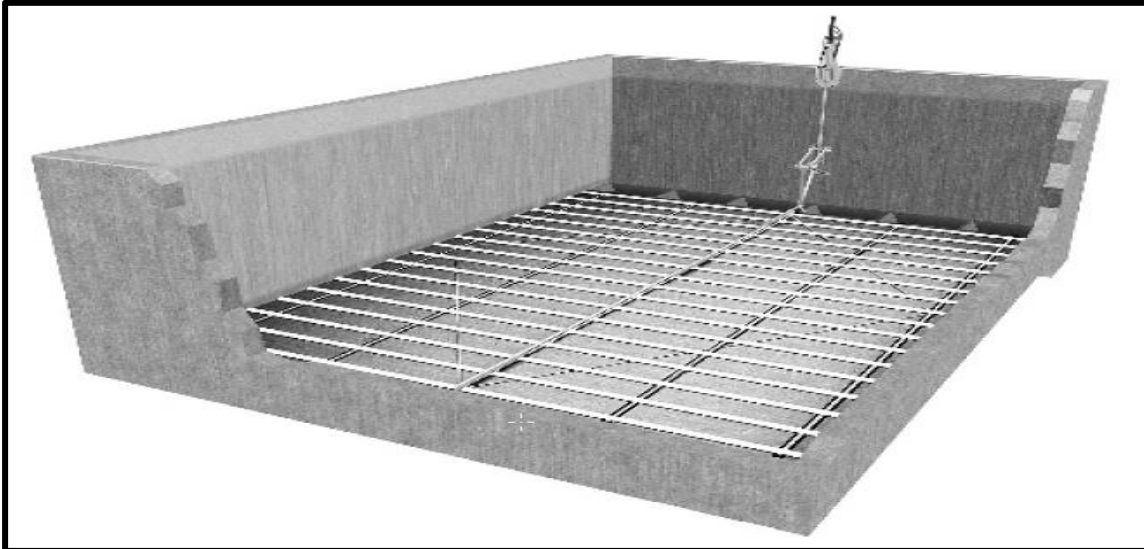


Ilustración 3.22 Sistema barredor de lodo zickert lamelas.

Para extraer el lodo removido por los barredores Zickert del fondo del estanque tratamiento de agua se utiliza un conjunto de sifones. Los sifones cumplen la función de extraer el lodo arrastrado por los barredores, el conjunto consta de veinte tubos instalados verticalmente y cada tubo está conectado a un tubo menor de aire comprimido en la pared del estanque sedimentador dentro del canal colector de lodo. El flujo de lodo es conducido hasta el espesador de lodo comandado por una válvula motorizada que cuenta con un actuador eléctrico.

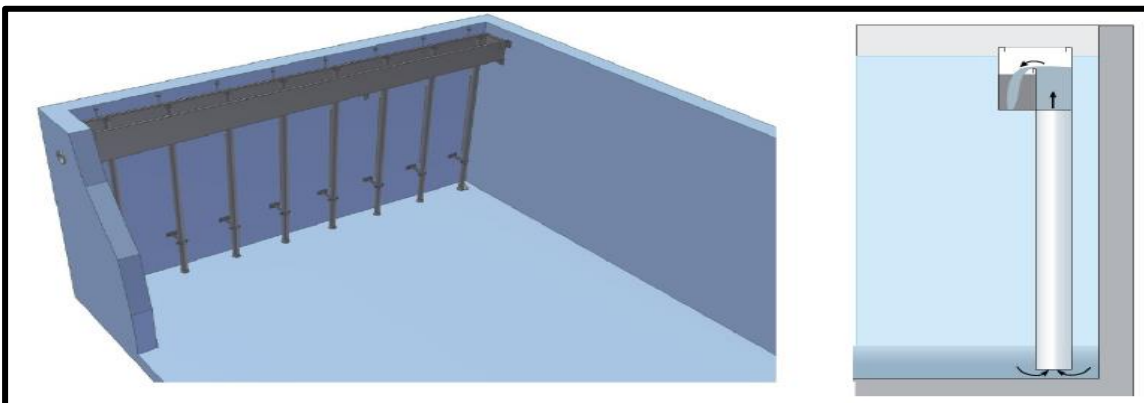


Ilustración 3.23 Sistema extracción de lodo lamelas.

Usando el efecto sifón el lodo es dirigido a la cámara de espesor de lodo desde el colector de lodo. El espesador está compuesto por sedimentadores lamelares de alta eficiencia a modo de optimizar el área superficial, así como su eficiencia, en él, el lodo aumenta su concentración y es retirado desde el fondo del espesador por medio de un barredor circular de fondo que es accionado por nivel de bajo lodo y nivel muy bajo de agua para su parada, el lodo es enviado hacia un estanque ecualizador.

El lodo es retirado del estanque espesador a través de *Bombas de Lodo de desplazamiento positivo del tipo helicoidal*. Existen dos bombas de este tipo instaladas, siendo una de ellas de reserva, el control sobre estas bombas es mediante variadores de frecuencia para modular el caudal de lodo cuya frecuencia de trabajo será definida en el Startup.

3.8 PREPARACIÓN DEL POLÍMERO

En la etapa de Adición de Productos Químicos el preparador de polímero Polypack es el encargado de llevar el polímero a una cierta concentración, lo tornará activo y listo para el uso como floculante, la capacidad de producción de polímero de en esta etapa es de mil litros por hora.

Esta etapa consta de tres cámaras y dos agitadores que están instalados en las dos primeras cámaras. En la tercera cámara existe una llave de nivel de agua que comanda los ciclos de llenado, la entrada del agua se da a través de una válvula solenoide y el polímero en emulsión es bombeado por unas bombas de desplazamiento positivo tipo diafragma, donde una de ellas bombea y la otra esta de reserva.

La primera etapa es para la preparación y la siguiente para la maduración de la solución, estas dos cámaras son vasos comunicantes y la solución de polímero es descargada en la tercera cámara, desde allí la solución del polímero (floculante) es bombeada por las bombas de floculante.

La inyección de los productos químicos a proceso se hace mediante las Bombas Dosificadoras las que están instalados en estaciones de bombeo con sus respectivos accesorios. Estas estaciones deben ser conectadas a los compartimientos de productos químicos a través de mangueras de acople rápido, entre los accesorios está disponible una columna de calibración que cumple una función doble: calibrar el flujo real de cada bomba e identificar visualmente el nivel del producto químico en los compartimientos. El conjunto de bombas dosificadoras se compone de los siguientes elementos: bandeja, dos bombas una en servicio y otra de reserva, amortiguadores de pulsaciones, válvula de contrapresión, válvula de seguridad, columna de calibración y acople rápido. La cantidad de cada producto químico inyectado a las cámaras será determinada a través de Jar Test.

3.9 PROCEDIMIENTO STARTUP

- ✓ Probar todos los sistemas de dosificación con agua sin lazo de control probando los caudales reales con columna de calibración, después que sabemos que la señal es lineal se ponen en lazo.
- ✓ Se prueba el sistema de preparación de polímero
- ✓ Se cargan los productos químicos.
- ✓ Se da entrada al agua bruta a caudal mínimo.
- ✓ Mientras sube el nivel dentro de los estanques y de sedimentación se prueban los lazos de las bombas dosificadoras.
- ✓ Se aumenta paulatinamente el caudal de agua bruta a modo de verificar la linealidad de respuesta de las bombas dosificadoras.
- ✓ Con los estanques, llenos en niveles operativos se prenden los agitadores.
- ✓ Cuando empieza a salir líquido por las canaletas de las lamelas, se prenden y se prueban los dos barredores para verificar funcionamiento.

3.9.1 Modo de operación

El proceso tratamiento de agua proyecto Nordic Water puede operar bajo dos modos de operación automáticos, modo uno y modo dos, pero se recomienda operar siempre en modo uno. El modo uno consiste en que todas las bombas de dosificación seguirán la señal del caudalímetro a la entrada de la planta donde las dosis de productos químicos serán predefinidas a través de Jar Test y proporcionales al caudal de entrada de la planta. Los instrumentos de medición de potencial de oxi-reducción y de pH emitirán alarmas de niveles bajo o alto, en caso que se visualicen alarmas de nivel bajo o alto de estos instrumentos se deberá proceder con la verificación en terreno del valor medido con un instrumento calibrado y decidir si se necesita una corrección en la cantidad del producto químico o el mantenimiento de los elementos sensores.

El modo dos consiste en que el operador ingresa con un valor de set point de dosificación, en mV para medidores de oxi-reducción y unidad de pH para medidores de pH. Las bombas dosificadoras perseguirán este set point. Existirán alarmas de nivel alto y bajo donde serán definidos de la misma forma que el modo uno en el Startup.

El Jar Test corresponde a una dosificación de los productos químicos donde se establecen las cantidades idóneas de cada producto antes de ingresar a proceso, una vez definidas estas cantidades, se ajustan los parámetros correspondientes y se da inicio el proceso de inyección de productos químicos en las respectivas cámaras.

3.9.2 Procedimiento de parada

- ✓ Definir operación modo uno.
- ✓ Se disminuye paulatinamente el caudal de la planta hasta cortar la entrada de agua bruta.
- ✓ Los agitadores de los estanques de Oxidación, Coagulación y Floculación deben ser detenidos.
- ✓ Se debe esperara sesenta minutos después del cierre de caudal de agua bruta, se prenden los espesadores, se abre la válvula On-Off y se verifica en terreno si en el canal de los sifones hay lodo fluyendo hacia el Espesador.
- ✓ Se espera que no haya más lodo para apagar los barredores de lodo y la válvula On-Off.
- ✓ Después del cierre de la válvula On-Off se debe esperara treinta minutos y prender el barredor de lodo junto con la bomba de lodo.
- ✓ Se verifica que no hay más lodo en el Espesador y luego se detienen el barredor y la bomba de lodo.

CAPÍTULO 4

4.1 PRINCIPALES EQUIPOS QUE COMPONEN EL PROCESO TRATAMIENTO DE AGUA

Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia conceptualizando el proceso Tratamiento de Agua, proyecto Nordic Water, contempla los siguientes equipos como críticos en cada una de sus etapas.

En la etapa de preparación y de mezclado de los productos químicos en las cámaras de oxidación, coagulación y floculación los equipos críticos que componen esta parte del proceso son los agitadores ya que son los encargados de homogenizar el agua bruta proveniente del río con los productos, parte fundamental que da inicio al tratamiento del agua.

Los instrumentos críticos asociados a este proceso son los siguientes, tenemos los medidores de Caudal (caudalímetro) los que se encuentran al inicio y en la parte final del proceso para monitoreado y controlado el flujo. Dentro de la cámara de oxidación y en canal de salida del agua Clarificada encontramos el instrumento medidor de potencial de oxi-reducción (ORP), en la cámara de coagulación hallamos el instrumento medidor de pH con el cual se verifica el porcentaje de neutralización del agua y controladores de nivel asociados a diferentes estanques dentro del proceso.

- ❖ Sedimentadores Lamelares: Lamelas, Vertederos, Canales de Clarificado.
- ❖ Barredores de Lodo de Fondo Zickert: Perfiles Barredores, Pistón Hidráulico, Unidad Hidráulica, Panel de Control.
- ❖ Sifones Extractores de Lodo: Sifones, Tuberías de Aire Comprimido, Válvula On-Off.
- ❖ Espesador de Lodo: Lamelas, Barredor de Lodo.
- ❖ Remoción de Lodo: Bombas Desplazamiento Positivo.
- ❖ Dosificación de Productos Químicos: Bombas Dosificadoras una en servicio y otra de reserva para cada producto químico.
- ❖ Preparador de Polímero: Bombas de Polímero en emulsión de alta viscosidad una en servicio y otra de reserva y agitadores.

4.2 INSTRUMENTACIÓN PROCESO CLARIFICACIÓN DE AGUA

4.2.1 Definición de instrumentación

La instrumentación del punto de vista industrial se basa en una estructura que reúne un conjunto de instrumentos que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetitividad de las mediciones. Con la ayuda de la instrumentación podemos convertir, transmitir, revisar, registrar y controlar variables provenientes directamente de un proceso, o sea, ayuda a transformar una variable física de interés en una forma apropiada para visualizar su comportamiento, a esto lo llamamos medición.

La medición asigna un valor específico a una variable física, es decir, cuantifica esta variable en unidades de medida como: amperes, volts, grado centígrado, pascal, litros, etc. Los instrumentos de medición y control permiten mantener y regular estas constantes en condiciones idóneas según los requerimientos del proceso o en condiciones que el operador estime convenientes.

4.2.2 Definición de sensor

El sensor es un dispositivo fundamental para la instrumentación el cual está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia, es decir, nos permiten captar la información del medio físico que se encuentre inmerso, en caso de las industrias del proceso. Los sensores se encargan de transformar las variables de la magnitud a medir en una señal eléctrica acondicionada de tal manera que pueda ser recibida en su destino.

La señal de salida de un sensor por lo general va a un indicador, a un registrador o a un controlador. Existen una gran variedad de sensores según la variable que se requiera medir, por ejemplo: presión, temperatura, nivel, flujo, velocidad, corriente, frecuencia, viscosidad, radiación, pH, conductividad, humedad entre otras. Cuando los sensores poseen salidas digitales ya sea cero y uno, son llamados interruptores y cuando estos poseen salidas análogas más de dos posibles salidas se llaman transmisores.

4.3 SENSOR DE PH

4.3.1 Principio de medición

El valor del pH se usa como unidad de medición del nivel de acidez (H+) o alcalinidad (OH-) de un producto líquido. El elemento sensible al pH de los electrodos de vidrio es una bombilla de vidrio que suministra un potencial electroquímico que depende del valor de pH del producto. Este potencial se genera porque los pequeños iones H+ penetran a través de la capa exterior de la membrana mientras los iones con carga negativa más grandes permanecen en la solución. Las sondas de vidrio para pH contienen un sistema de referencia integrado Ag/AgCl que funciona como el electrodo de referencia requerido.

El valor del pH se calcula a partir de la diferencia de potencial entre el sistema de referencia y el sistema de medición utilizando la ecuación de Nernst. El potencial (voltaje) que se produce en la fase límite formada por la membrana de vidrio y la fase de agua, puede calcularse mediante la ecuación de Nernst: La ecuación de Nernst define el cambio de potencial (59.16mV a 25°C) cuando el PH cambia de un valor al siguiente. Se llama gradiente del electrodo y cambia a medida que el electrodo envejece. La ecuación de Nernst se presenta como:

$$E = E_o - \left[\frac{R * T}{n * F} \right] * \log \left(\frac{1}{H^+} \right)$$

Ilustración 4.24 Ecuación de Nernst.

E= Diferencia de potencial o voltaje.

E_o= Potencial Redox estándar a pH= 7.0

R= Constantes de los gases perfectos (8.31439 joule/mol and °C).

T= Temperatura absoluta en ° kelvin. (273,15 + 25 °C = 298,15 ° Kelvin)

F= Constante de Faraday (96493 Coulomb/equivalent).

n= Valencia del ion a ser medido (Hydrogen=1).

H+= Actividad del ion, actividad del ion de Hidrogeno.

La temperatura “T” juega un rol importante en la ecuación de Nernst como una variable cuantitativa. El potencial se incrementa con el incremento de la temperatura 1°C corresponde a 0,2 [mV] y a 0,0033 de pH.

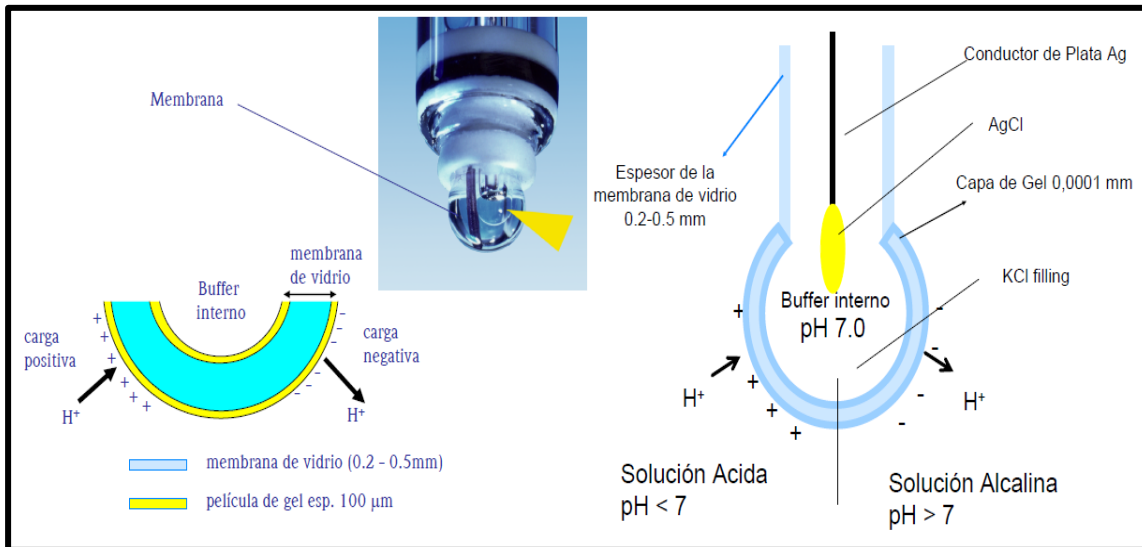


Ilustración 4.25 Principio de medición sensor de pH.

El electrodo de vidrio es un electrodo no convencional, cuya diferencia de potencial se desarrolla a través de una membrana que conecta iónicamente dos disoluciones, una interna propia del electrodo y otra externa que es la de medida. Este potencial es sensible a los cambios en la actividad del ion hidrógeno en la disolución problema.

4.3.2 Sensores de pH memosens

Los sensores de pH memosens son los utilizados en el Tratamiento Clarificador de Agua por las siguientes características: El motivo principal del uso de ese tipo de sensores se debe a la conexión inductiva que posee entre el electrodo y el cable de alimentación, ya que, al no tener contacto metálico para transmitir los datos se descarta un punto importante de falla que es la filtración de humedad en el conector debido a que son totalmente hermético a las condiciones de proceso. Otra de las cualidades que posee este tipo de sensor es que no es necesario calibrar el instrumento en el mismo lugar de trabajo, este puede ser retirado de proceso y ser calibrado en un laboratorio para luego ser llevado a terreno o instalar otro sensor ya pre calibrado, ya que, estos sensores poseen una memoria integrada la cual guarda la última calibración realizada por el mantenedor, cualidad ideal para salvar la salud de los trabajadores ante malas condiciones de tiempo como lo es en Celulosa Arauco y Constitución S.A Planta Valdivia.

La particularidad de alarmar fallas es otra cualidad que posee este tipo de sensores, cuando existe pérdida de conexión entre el electrodo y el transmisor, en terreno el display de este mismo se visualizará de color rojo y valor de pH visualizado por el operador quedará congelado sin variación alguna.

4.3.3 Datos técnicos sensor pH memosens


	Principio de medición	Electrodo de vidrio. Electrodo compacto de gel con sistema de referencia de doble cámara, electrolito puente de nitrato de potasio y diafragma PTFE.
	Aplicación	Agua, agua residual, Proceso.
	Características	Resistente contra envenenamiento por electrolitos y electrodo de gel repelente a la suciedad incluyendo conexión a proceso NTP 3/4".
	Rango de medición	PH 0-14.
	Diseño	Electrodo compacto en carcasa PPS con conexión a proceso NTP 3/4".
	Material	PPS / vidrio / PTFE.
	Dimensiones	Longitud: 120 [mm].
	Temperatura de proceso	-10°C-110°C / 14°F-230°F
	Presión de proceso	Máx: 10 bar – 145 psi.
	Sensor de temperatura	Pt1000.
	Conexión	Conector memosens.
	Índice de protección	IP68.

Tabla N°1 Datos técnicos sensor pH memosens.

4.3.4 Conexión sensor pH memosens

Identificación cables de conexión Sensor Memosens

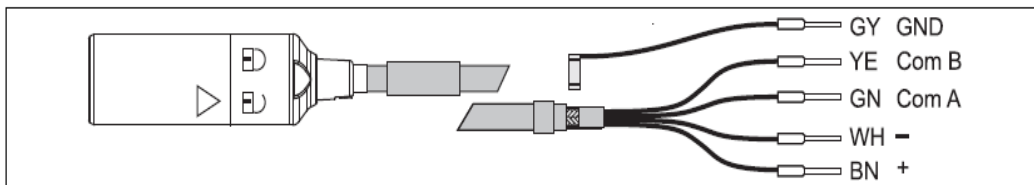


Ilustración 4.26 Pines de conexión sensor de pH memosens.

1	GY (Gray)	Cable de color Gris	Protección contra fugas	Tierra
2	YE (Yellow)	Cable de color Amarillo	Señal de comunicación	COM B
3	GN (Green)	Cable de color Verde	Señal de comunicación	COM A
4	WH (White)	Cable de color Blanco	Alimentación	Polaridad Negativa
5	BN (Brown)	Cable de color Marrón	Alimentación	Polaridad Positiva
6	Precisión del valor medido	pH	0,01 pH	
7	Error máximo en la medición	pH	0,02 pH	

Tabla N°2 Identificación cables de conexión sensor pH memosens

4.3.5 Ventajas sensor pH memosens

- ✓ Apropiado para la instalación en caudal y inmersión
- ✓ Estable a largo plazo: El segundo puente electrolito para una mayor protección contra iones que contaminan el electrodo como S^{2-} o CN^- .
- ✓ Una carcasa robusta de polímero protege contra daños mecánicos.
- ✓ Membrana plana opcional apta para caudales rápidos y productos fibrosos.
- ✓ Seguridad de proceso máxima gracias a una transmisión de señal inductiva y sin contacto
- ✓ Posibilita el mantenimiento predictivo gracias al almacenamiento de datos específicos de proceso en el sensor
- ✓ Costes de operación reducidos debido a un tiempo de parada del proceso minimizando y una vida útil del sensor alargada.

4.3.6 Conexión entre sensor pH y transmisor Liquiline M CM42

Conexión en bornes del transmisor

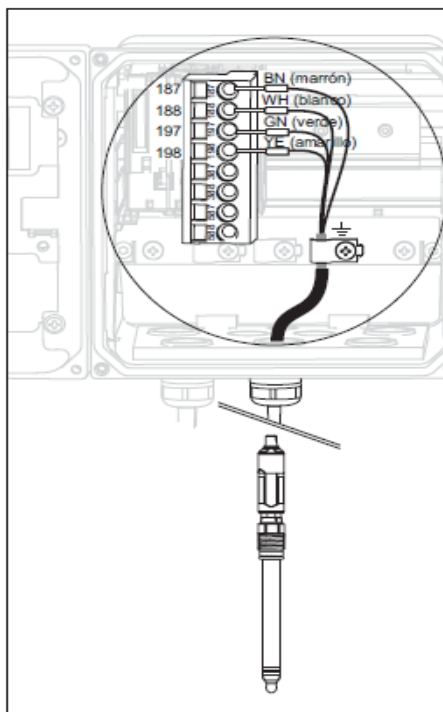


Diagrama de conexión

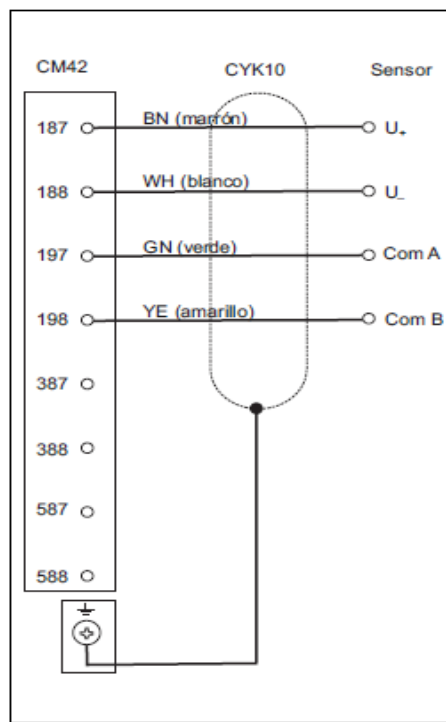
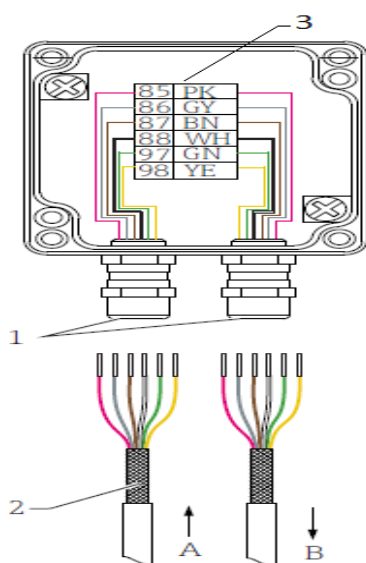


Ilustración 4.27 Conexión sensor y transmisor pH memosens.

4.3.7 conexión en terreno entre sensor pH y transmisor liquiline M CM42



Caja de conexiones en terreno	
Junction Box	
1	Prensa estopa
2	Blindaje cable de conexión
3	Bornera de Conexión
A	Entrada cable Transmisor
B	Salida cable Sensor
GY	No es necesaria su conexión
PK	No es necesaria su conexión

Ilustración 4.28 Conexión caja derivación sensor pH y transmisor.

4.4 TRANSMISOR LIQUILINE M CM42

El Liquiline es un transmisor robusto para la medición de pH/Redox, conductividad u oxígeno disuelto en todas las aplicaciones de proceso. Es la mejor opción para entornos exigentes, ya sea en aplicaciones higiénicas, zonas explosivas o zonas de seguridad funcional. El concepto de funcionamiento intuitivo de Liquiline simplifica la puesta en marcha, el manejo y el mantenimiento, lo que le ahorra tiempo todos los días. La rapidez en la conmutación de los parámetros y la integración directa en el sistema le permiten adaptarse exactamente a sus tareas de medición.

4.4.1 Ventajas del transmisor liquiline M CM42

- ✓ Puesta en marcha sencilla mediante el menú de inicio rápido y el navegador
- ✓ La tecnología memosens permite la conexión del tipo “plug & play” con sensores memosens.
- ✓ El sistema de mantenimiento predictivo detecta cuando es necesario limpiar, calibrar o sustituir sensor.
- ✓ Indicación activa de desconexión de cables, mediante un fotodiodo rojo alarma inmediatamente los errores.
- ✓ Pues en marcha guiada mediante pantalla gráfica y textos claros y sencillos.

4.4.2 Datos técnicos transmisor liquiline M CM42

- Medición principal: pH / ORP.
- Aplicación: Transmisor modular de dos hilos para todas las áreas de ingeniería y proceso.
- Características: Carcasa plástica extremadamente robusta y la versión de acero inoxidable higiénico esta diseñadas para las siguientes aplicaciones:
Procesos químicos, Industria Farmacéutica, Tecnología de alimento y Aplicaciones en áreas peligrosas.
- Principio de medición: Conexión de sensores memosens análogos y digitales.
- Diseño: Dependiendo de la versión posee una o dos salidas de corriente análogas o puede estar conectada a Field buses de acuerdo con Foundation Fieldbus, Profibus PA y protocolo Hart. Transmisor desarrollado de acuerdo al estándar IEC 61508.
- Material: Carcasa de plástico o acero con sellos EPDM.
- Dimensiones: Carcasa plástica 144x144x159[mm]/Carcasa acero inoxidable 174x174x145[mm].
- Índice de protección: IP66 y IP67.
- Entrada: Transmisor de uno o dos canales.

- Salida: 0/4-20 [mA], HART, Profibus, FF.
- Tensión de alimentación: 9-32 [Vdc]

4.4.3 Panel de mando transmisor liquiline M CM42

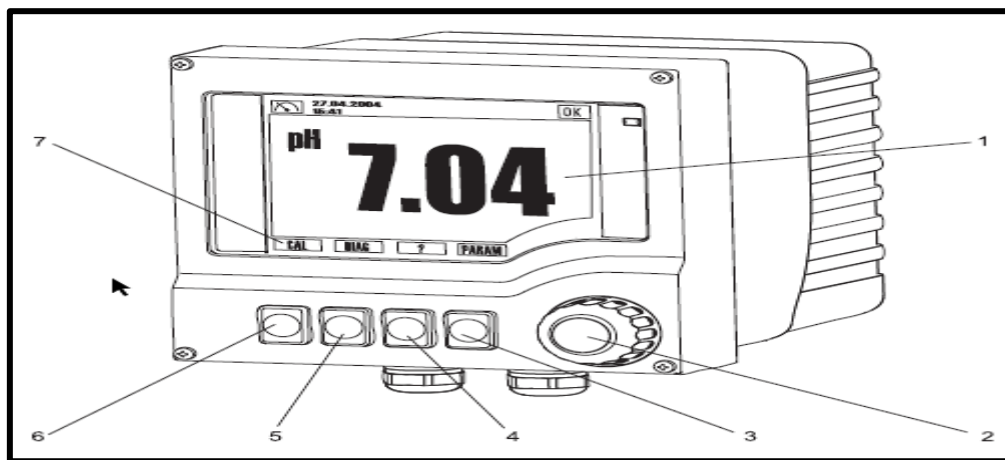


Ilustración 4.29 Transmisor liquiline m cm42.

1. Pantalla.
2. Navegador: Girar=desplazamiento del cursor, Presionar=selección.
3. Teclas de función: las opciones incluidas en cada tecla varían dependiendo de cada menú.
4. Tecla de función.
5. Tecla de función.
6. Tecla de función.
7. Función de las teclas en cada menú.

4.4.4 Concepto de operación transmisor liquiline M CM42

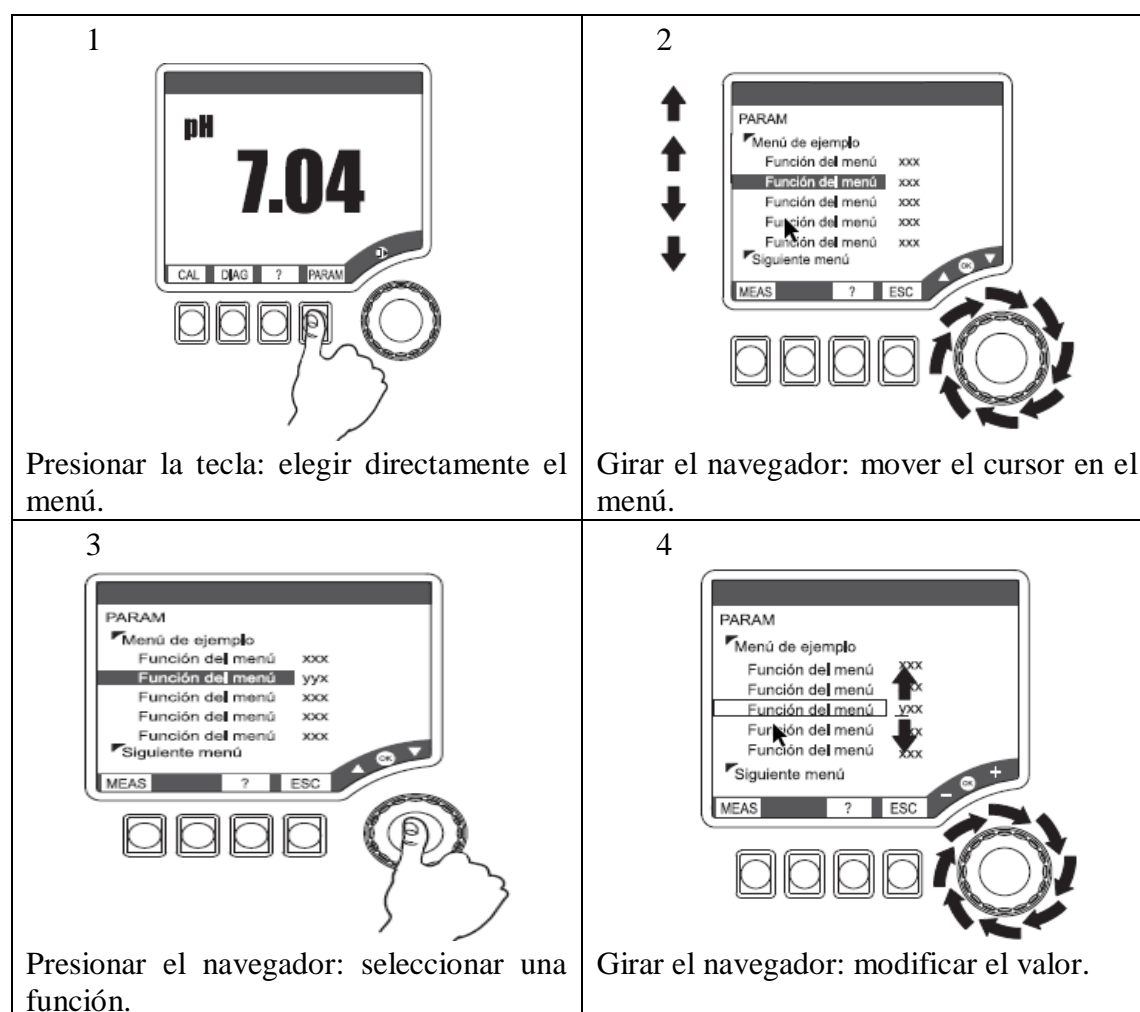


Ilustración 4.30 Mandos de navegación en transmisor liquiline m cm42.

- Si pulsa la tecla correspondiente, está seleccionando directamente el menú.
- Si gira el navegador desplaza el cursor por el menú.
- Si pulsa el navegador está seleccionando la función deseada.
- Si gira el navegador está modificando el valor.
- Si pulsa el navegador está eligiendo el nuevo valor.

4.4.5 Pantalla transmisor liquiline M CM42



Ilustración 4.31 Pantalla transmisor liquiline m cm42.

1. Barra de estado.
2. Campo de pantalla y parametrización.
3. Asignar las funciones de las teclas softkey.

4.4.6 Mensajes de estado transmisor liquiline M CM42

	Símbolo del menú Medir.
	El aparato funciona correctamente, no se detectan alarmas ni advertencias.
	Advertencia de servicio, se recomienda el procedimiento de mantenimiento, el aparato funciona pero la fiabilidad del valor de medición es limitada.
	Alarma que comunica un error, el aparato no funciona o el valor de medición obtenido no es fiable.
17.03.2009 16:59	Pantalla de fecha y de hora en el menú medir.
	Si se selecciona la opción “encendido” para la función “Hold”, el valor de medición se congela.
	Símbolo para el modo simulación.
	Este símbolo aparece cuando el aparato comunica activamente a través del bus de campo.

Tabla N°3 Mensajes de estado transmisor liquiline M CM42.

4.4.7 Códigos de alarmas transmisor liquiline m cm42

Núm.	Mensaje de pantalla	-Prueba o posible corrección.
F003	Sonda temp. Defectuosa	-Comprobar cableado.
F011	Sensor sin comunicación	-Comprobar la cadena de medida con un nuevo señor.
F012	Sensor defectuoso	-Comprobar los ajustes del sensor utilizado.
F013	Tipo sensor equivoco	
F100	Alarma de vidrio SCS	-Verificar si el electrodo de vidrio presenta roturas. -Comprobar temperatura del medio. -Comprobar si la cabeza encajable del electrodo esta húmeda y se car si fuera necesario.
F101	Alarme ref. SCS	-Comprobar si el electrodo de referencia está sucio o dañado. -Limpiar el electrodo de referencia.
F102	Alarma de vidrio Gw SCS	-Impedancia de la membrana de vidrio es demasiado baja. -Verificar el pH del sensor y sustituir si fuera necesario.
F103	Alarma referencia Gw SCS	-Impedancia de referencia demasiado alta. -Comprobar elemento referencia. -Sustituir electrodo de referencia o cambiarlo.
F104	Voltaje de servicio oscila	
F170	Intern S. (xxxxxxxx)	-Contactar con el servicio técnico. Comunicar el número y el mensaje del error. -Las equis (xxxxxxxx) sustituyen el texto del mensaje de error.
F201	Sin comunicación, Transmisor	-Probar con un nuevo módulo de transmisor (CPU).
F202	Transmisor defectuoso	
F203	Transmisor equivocado	
F500	Software no valido	-Contactar con el servicio técnico.
F502	Intern C. (xxxxxxxx)	-Contactar con el servicio técnico. Comunicar el número y el mensaje del error. -Las equis (xxxxxxxx) sustituyen el texto del mensaje de error.
F510	Parámetro no valido	-Comprobar parametrización y adaptarla.
F513	Intern CFW (xxxxxxxx)	-Contactar con el servicio técnico. Comunicar el número y el mensaje del error. -Las equis (xxxxxxxx) sustituyen el texto del mensaje de error.

F520	Sin comunicación SA	-Repetir la inicialización. Se repite el error, contactar con servicio técnico.
F800	Intern P. (xxxxxxx)	-Contactar con el servicio técnico. Comunicar el número y el mensaje del error. -Las equis (xxxxxxx) sustituyen el texto del mensaje de error.
F810	PV superado	-Línea de medida interrumpida. -sensor al aire. -Colchón de aire en la porta sondas. -Comprobar la cadena de medida. -Falta de compensación potencial en medida simétrica. -PV= Valor de proceso.
F811	PV no alcanzado	
F812	Temperatura superada	
F813	Temperatura no alcanzada	

Tabla N°4 Códigos de alamas transmisor liquiline M CM42.

4.4.8 Errores condicionados por el transmisor liquiline M CM42

Problema	Posible causa	Prueba o posible corrección
Pantalla oscura	No hay tensión de alimentación	Comprobar si está disponible.
	CPU defectuoso	Sustituir CPU, teniendo en cuenta la versión.
Pantalla está encendida, pero: -no se observa ningún cambio en la pantalla -el aparato no se puede manejar	Cable incorrecto del modulo	Comprobar el modulo y el cable
	Sistema operativo en estado no permitido	Apagar y encender el aparato.

Tabla N°5 Errores transmisor liquiline M CM42.

4.5 SENSOR DE NIVEL ULTRASONICO PROSONIC FMU40

El sensor Prosonic FMU40 es apto para la medición de nivel no invasiva en fluidos, pastas, materiales granulados de grano grueso y medición de caudal en canales abiertos o vertederos.

El transmisor compacto con tecnología a dos hilos o cuatro hilos puede usarse en aplicaciones con depósitos de almacenamiento o agitadores, en escombreras y en cintas transportadoras. La curva envolvente puede visualizarse en el indicador de campo para un fácil diagnóstico. Función de linealización (hasta 32 puntos) para la conversión del valor medido a cualquier unidad de longitud, volumen o caudal. El Prosonic M es un equipo de medición compacto que permite realizar mediciones continuas y sin contacto del nivel.

Según el tipo de sensor, el rango de medida puede llegar hasta los 15 m con líquidos y hasta 7 m con áridos. Utilizando la función de linealización, el Prosonic M puede efectuar también mediciones de caudal en canales abiertos y vertederos de medida.

4.5.1 Principio de medición

Principio basado en el tiempo de retoro de la señal el sensor del Prosonic M emite impulsos ultrasónicos hacia la superficie del producto. Al incidir los impulsos sobre la superficie, éstos se reflejan y vuelven al sensor. El Prosonic M mide el tiempo “t” que transcurre entre la emisión y la recepción de un impulso. El instrumento utiliza este tiempo “t” y la velocidad del sonido “c” para calcular la distancia “D” entre la membrana del sensor y la superficie del producto, siendo:

$$D = \frac{c \times t}{2}$$

Dado que el instrumento conoce la distancia de vacío E indicada por el usuario, puede determinar el nivel partir de:

$$L = E - D$$

Por medio de un sensor de temperatura integrado, el equipo tiene asimismo en cuenta los cambios que sufre la velocidad de sonido debido a las variaciones de temperatura.

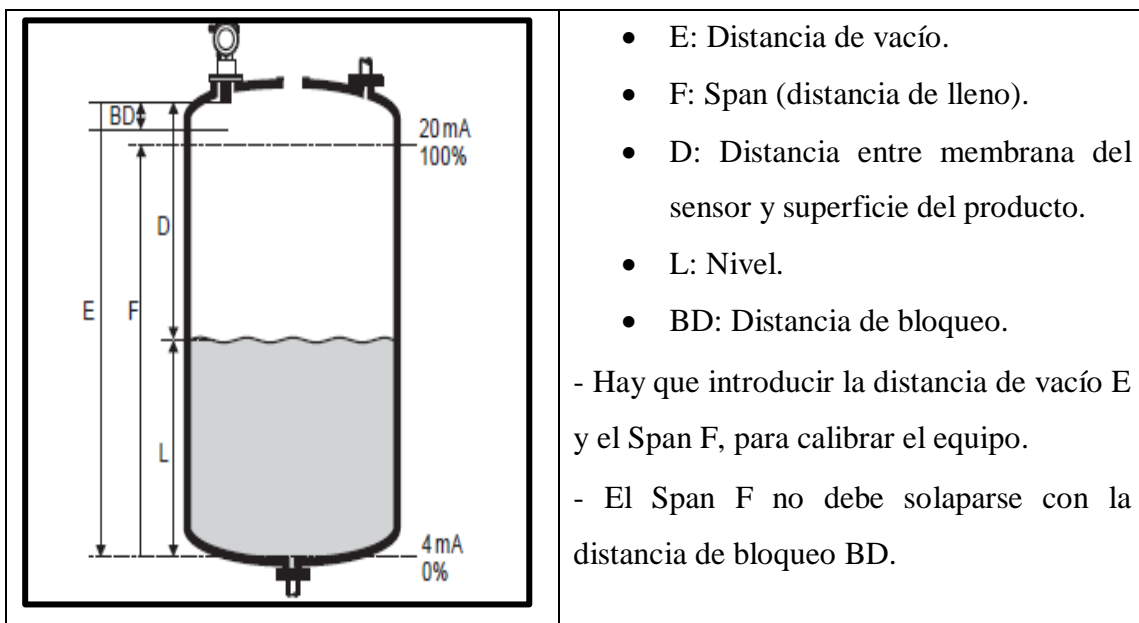


Ilustración 4.32 Principio de medición sensor nivel ultrasónico.

4.5.2 Ventajas sensor de nivel ultrasónico FMU40

- ✓ Medición no invasiva fiable.
- ✓ Puesta en marcha rápida y sencilla gracias al manejo guiado por menú desde el indicador de campo, de cuatro líneas de texto plano y que se puede seleccionar en siete idiomas.
- ✓ Curvas envolventes en el indicador de campo para un diagnóstico fácil.
- ✓ Sensor compacto y sellado hermético.
- ✓ Sensor de fluoruro de polivinilideno "PVDF" resistente a productos químicos agresivos.
- ✓ Calibración sin llenado o descarga.
- ✓ Sensor de temperatura integrado para la corrección automática de la temperatura en función de la velocidad del sonido.

4.5.3 Datos técnicos sensor de nivel ultrasónico FMU40

- ✓ Medición principal: Ultrasónico.
- ✓ Característica / Aplicación: Compact ultrasonic transmitter.
- ✓ Suministro / Comunicación: 2/4 wire (HART); PROFIBUS PA; FOUNDATION Fieldbus.
- ✓ Temperatura ambiente: -40°C...+80°C / -40°F...+176°F.
- ✓ Temperatura de proceso: -40°C...+80°C / -40°F...+176°F.
- ✓ Principales partes húmedas: PVDF.
- ✓ Conexión a proceso: G 7 NPT 1 1/2"
- ✓ Distancia de bloqueo: 0.25m (0.38ft)
- ✓ Comunicación: 4-20 [mA] HART; PROFIBUS PA; FOUNDATION Fieldbus.
- ✓ Certificados / Aprobaciones: ATEX, FM, CSA, INMETRO, NEPSI.
- ✓ Rango máx. con líquidos: 5 m.
- ✓ Frecuencia de trabajo: Aprox. 70 [kHz].
- ✓ Resolución en el valor medido: 1[mm].
- ✓ Error de medición: ± 2mm o 0,2% de la distancia fijada para la medición (calibración de vacío).
- ✓ Presión de proceso: 0.7- 3 bar / 10-44 Psi.
- ✓ Tipo de protección: IP68.

4.6 CONEXIÓN SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO FMU40

4.6.1 Conexión en cabezal del sensor

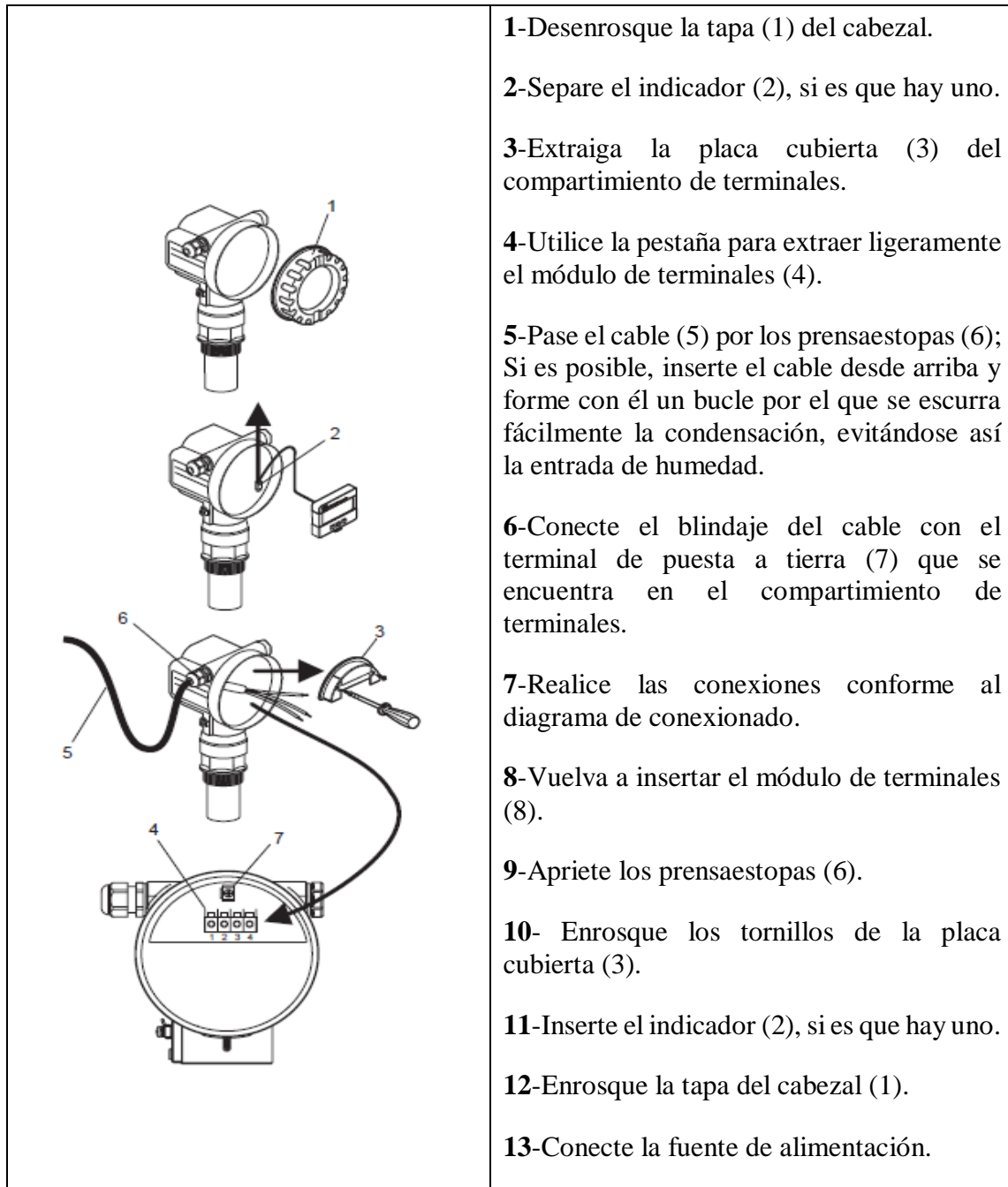


Ilustración 4.33 Conexión cabezal sensor de nivel ultrasónico fmu40.

4.6.2 Conexionado según protocolo de comunicación

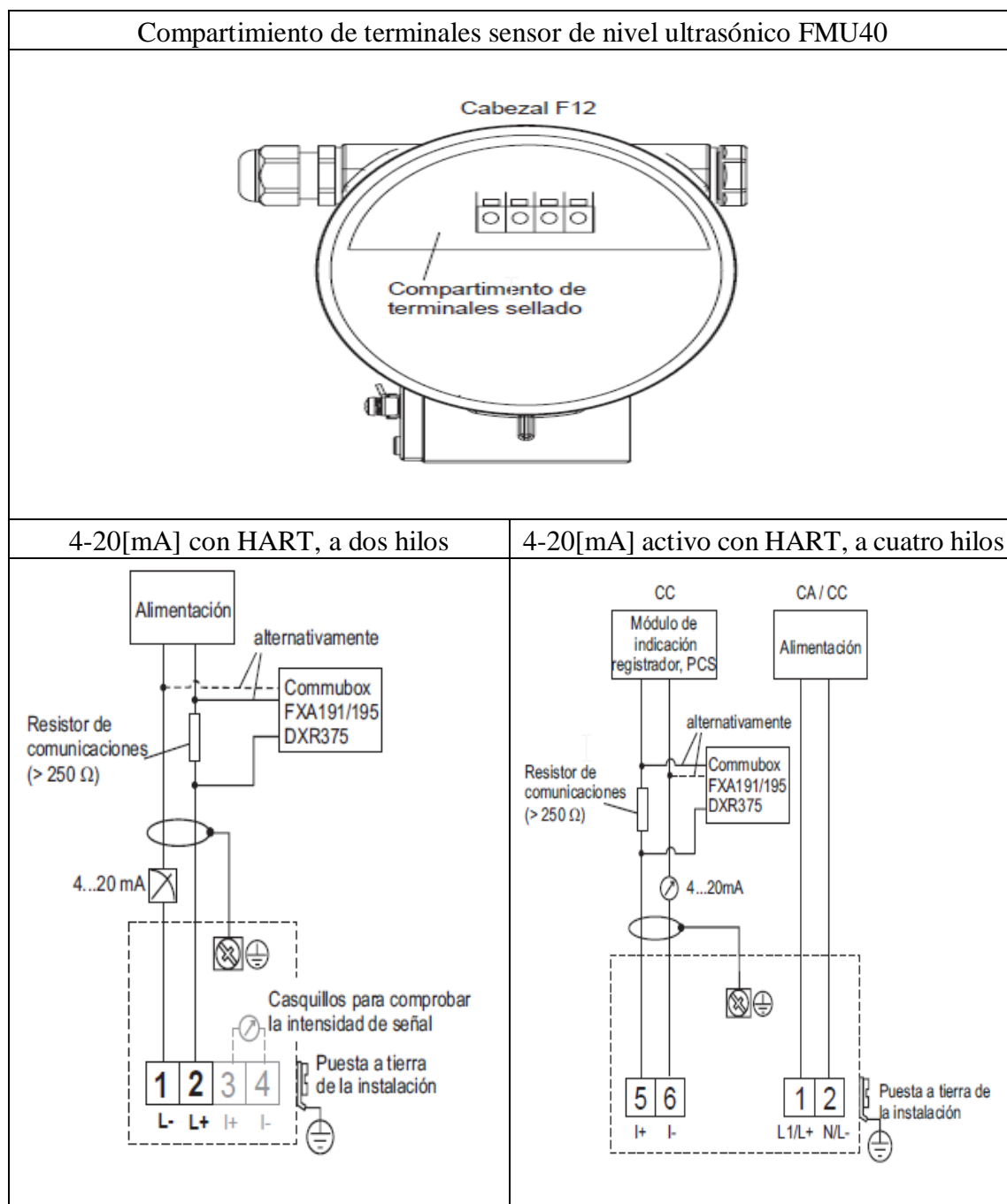


Ilustración 4.34 Conexión cabezal protocolo Hart de dos y cuatro hilos sensor de nivel ultrasónico fmu40.

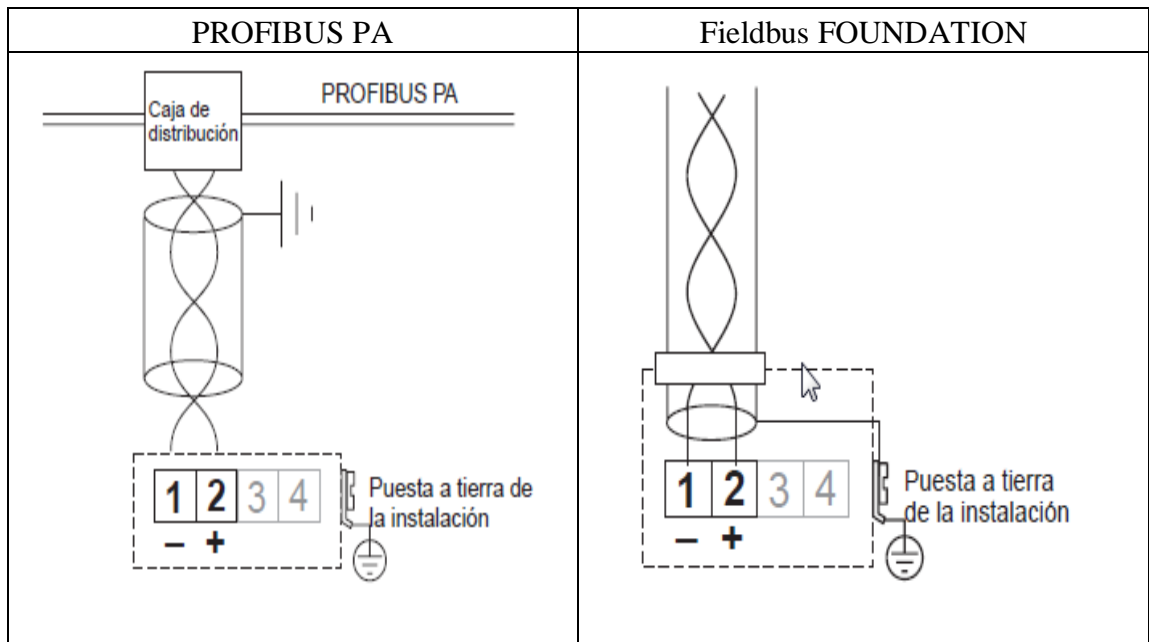


Ilustración 4.35 Conexión cabezal protocolo profibus y FF sensor de nivel ultrasónico fmu40

4.6.3 Conexiones especiales

Asignación de patillas para conector M12 PROFIBUS PA		
Conector M12	Patilla	Asignación
	1	Tierra
	2	Señal +
	3	Señal -
	4	Sin conectar
Asignación de patillas para conector 7/8" Fieldbus FOUNDATION		
	1	Señal -
	2	Señal +
	3	Sin Conectar
	4	Tierra

Ilustración 4.36 Pines del conector sensor de nivel ultrasónico fmu40 en protocolos profibus y fieldbus foundation.

4.6.4 Interfaz de usuario

El módulo VU 331, que permite realizar operaciones de configuración y está provisto de un indicador de cristal líquido, se encuentra debajo de la cubierta del cabezal. El valor medido puede observarse directamente a través de la ventanilla de vidrio de la cubierta del cabezal. Pero para configurar el equipo, tendrá que abrir la cubierta

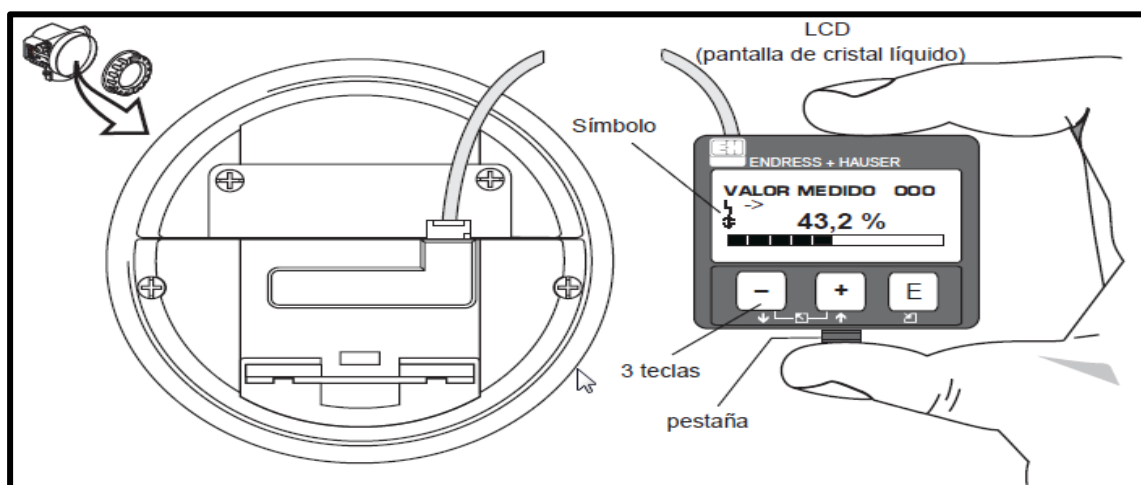


Ilustración 4.37 Display sensor de nivel ultrasónico fmu40

4.6.4.1 Símbolos de estado módulo VU 331





Símbolo en el Indicador	Continuo	Intermitente		
				
Significado	Alarma	Advertencia	Comunicación	Bloqueo de seguridad

Ilustración 4.38 Símbolos de estado display vu 331.

4.6.5 Funciones teclas módulo VU 331

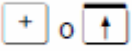
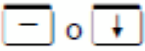
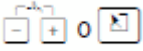

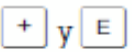
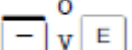
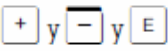
Teclas	Asignación
	Navegación ascendente en la lista de selección, cambia el valor numérico dentro de una función.
	Navegación descendente en la lista de selección, cambia el valor numérico dentro de una función.
	Desplazarse hacia la izquierda en un grupo funcional.
	Desplazarse hacia la derecha en un grupo funcional; confirmar.
 	Ajuste del contraste del indicador de cristal líquido.
	Bloqueo / desbloqueo del hardware. Si el hardware está bloqueado, el instrumento no puede configurarse mediante el indicador o comunicación. El hardware sólo puede desbloquearse mediante el indicador, deberá introducir para ello un parámetro de desbloqueo.

Tabla N°6 Funciones teclas módulo VU 331.

4.6.6 Configuración y ajuste de campo módulo VU 331

El indicador de cristal líquido VU 331 permite configurar directamente el instrumento mediante tres teclas, todas las funciones del equipo pueden ajustarse a través de un sistema de menú. El menú consta de grupos funcionales y funciones, en una función pueden leerse o ajustarse parámetros de aplicación, el menú guía al usuario por todo el procedimiento de configuración.

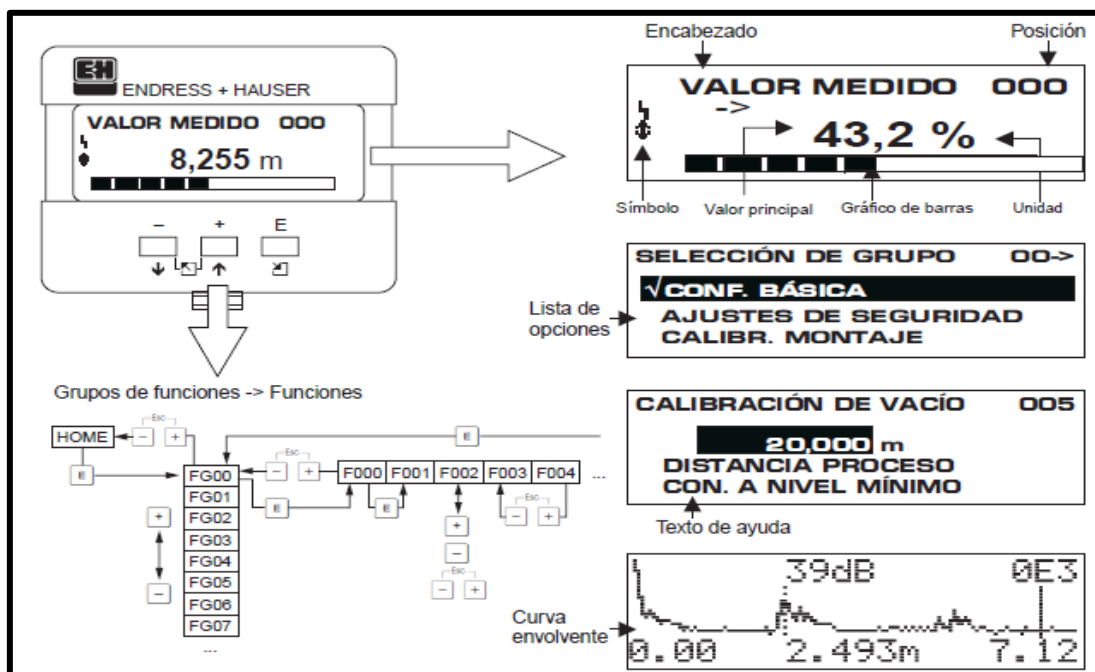


Ilustración 4.39 Configuración módulo vu 331.

4.7 SENSOR DE ORP O REDOX

4.7.1 Principio de medición sensor ORP

El potencial de reducción de oxidación (ORP) también conocido como “REDOX”, es una medida que refleja la capacidad de una molécula para oxidar o reducir otra molécula. La oxidación es la pérdida de electrones, por lo que los oxidantes aceptan electrones de otras moléculas, la reducción es la ganancia de electrones por lo que los reductores donan electrones a otras moléculas.

El potencial de reducción de la oxidación se mide como una sola tensión en mili volts [mV] y para que exista una reacción Redox en el sistema debe haber una especie que ceda electrones y otra que las acepte, donde los oxidantes tienen un valor de ORP positivo y al captar electrones queda con carga negativa, mientras que los reductores tienen un valor de ORP negativo y al ceder electrones queda con carga positiva. El cálculo de potencial está sujeto a la ecuación de Nernst.

Ecuación de Nernst:

$$E = E_0 + \frac{R \times T}{n \times F} \ln \frac{[Cox]}{[Cred]}$$

Ilustración 4.40 Ecuación de Nernst para redox.

E= Diferencia de potencial o voltaje.

E_0 = Potencial Redox estándar a pH= 7.0

R= Constantes de los gases perfectos (8.31439 joule/mol and °C).

T= Temperatura absoluta en ° kelvin. (273,15 + 25 °C = 298,15 ° Kelvin)

F= Constante de Faraday (96493 Coulomb/equivalent).

n= Valencia del ion a ser medido (Hydrogen=1).

Cox; Cred= Concentración o actividad de los agentes oxidantes o reductores.

La Temperatura “T” juega un rol importante en la ecuación de Nernst como una variable cuantitativa, el potencial se incrementa con el incremento de la temperatura. Las constantes tienen un valor numérico específico a una temperatura dada y eliminando el logaritmo resulta:

$$E = E_0 * \left(\frac{0,059}{n} \right) * \frac{Cox}{Cred}$$

Ilustración 4.41 Constante de temperatura ecuación de Nernst.

El potencial “E” depende de la cantidad de agentes oxidantes comparado con la de agente reductor. Empleando electrodos de platino o de oro, la concentración de la forma reducida o metálica del electrodo es constante resultando:

$$E = E_0 * \left(\frac{0,059}{n} \right) * Cox$$

Ilustración 4.42 Ecuación potencial de oxidación.

Luego el potencial “E” que se mide, es directamente proporcional a la oxidación del electrodo metálico producida por la sustancia.

4.7.2 Sensor de Redox memosens

Los sensores de Redox memosens son los utilizados en el Tratamiento Clarificador de Agua, el motivo principal del uso de ese tipo de sensores se debe a la conexión inductiva que posee entre el electrodo y el cable de alimentación, ya que, al no tener contacto metálico para transmitir los datos se descarta un punto importante de falla que es la filtración de humedad en el conector debido a que son totalmente hermético a las condiciones de proceso. Otra de las cualidades que posee este tipo de sensor es que no es necesario calibrar el instrumento en el mismo lugar de trabajo, este puede ser retirado de proceso y ser calibrado en un laboratorio para luego ser llevado a terreno o instalar otro sensor ya pre calibrado, ya que, estos sensores poseen una memoria integrada la cual guarda la última calibración realizada por el mantenedor, cualidad ideal para salvar guardar la salud de los trabajadores ante malas condiciones de tiempo como lo es en Celulosa Arauco.

La particularidad de alarmar fallas es otra cualidad que posee este tipo de sensores, cuando existe pérdida de conexión entre el electrodo y el trasmisor, en terreno el display de este mismo se visualizará de color rojo y valor de pH visualizado por el operador quedará congelado sin variación alguna.

4.7.3 Datos técnicos sensor redox memosens


	Principio de medición	Electrodo compacto de gel con sistema de referencia de doble cámara, electrolito puente de nitrato de potasio y diafragma PTFE, anillo de platino.
	Aplicación	Agua, agua residual, Proceso.
	Características	Resistente contra envenenamiento por electrolitos y electrodo de gel repelente a la suciedad incluyendo conexión a proceso NTP 3/4".
	Rango de medición	-1500 [mV] / +1500 [mV]
	Diseño	Electrodo compacto en carcasa PPS con conexión a proceso NTP 3/4".
	Material	PPS / vidrio / PTFE.
	Dimensiones	Longitud: 120 [mm].
	Temperatura de proceso	-10°C-110°C / 14°F-230°F
	Presión de proceso	Máx: 10 bar – 145 psi.
	Sensor de temperatura	Pt1000.
	Conexión	Conector memosens.
	Índice de protección	IP68.

Tabla N°7 Datos técnicos sensor Redox memosens.

4.7.4 conexión sensor redox memosens

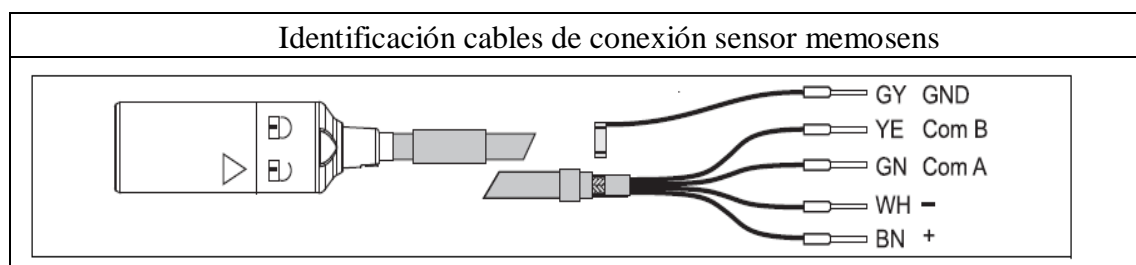


Ilustración 4.43 Pines de conexión sensor redox memosens.

1	GY (Gray)	Cable de color Gris	Protección contra fugas	Tierra
2	YE (Yellow)	Cable de color Amarillo	Señal de comunicación	COM B
3	GN (Green)	Cable de color Verde	Señal de comunicación	COM A
4	WH (White)	Cable de color Blanco	Alimentación	Polaridad Negativa
5	BN (Brown)	Cable de color Marrón	Alimentación	Polaridad Positiva

Tabla N°8 Identificación cables de conexión Redox memosens.

4.7.5 ventajas sensor redox memosens

- ✓ Apropiado para la instalación en caudal e inmersión
- ✓ Estable a largo plazo: El segundo puente electrolítico para una mayor protección contra iones que contaminan el electrodo como S^{2-} o CN^- .
- ✓ Una carcasa robusta de polímero protege contra daños mecánicos.
- ✓ Membrana plana opcional apta para caudales rápidos y productos fibrosos.
- ✓ Seguridad de proceso máxima gracias a una transmisión de señal inductiva y sin contacto
- ✓ Posibilita el mantenimiento predictivo gracias al almacenamiento de datos específicos de proceso en el sensor
- ✓ Costes de operación reducidos debido a un tiempo de parada del proceso minimizando y una vida útil del sensor alargada.

4.7.6 conexión entre sensor redox y transmisor liquiline M CM42

Conexión en bornes del transmisor

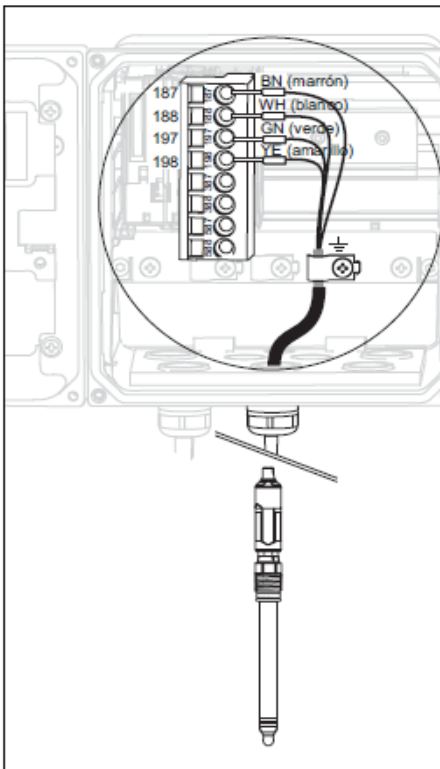


Diagrama de conexión

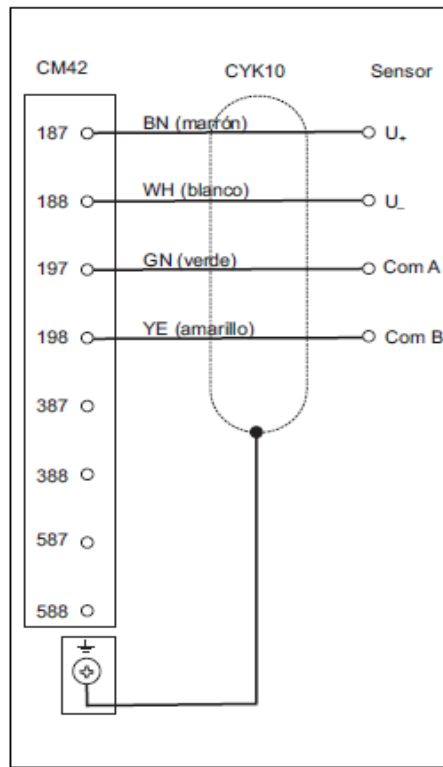
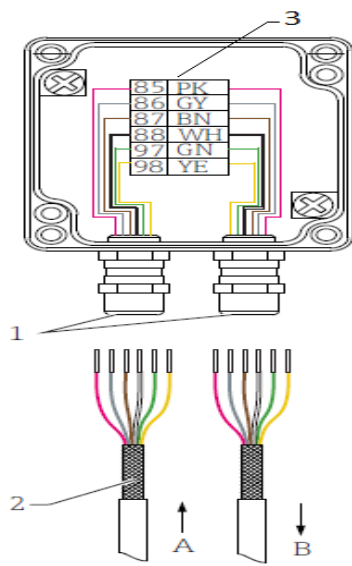


Ilustración 4.44 Diagrama de conexión sensor, transmisor.

4.7.7 conexión en terreno entre sensor redox y transmisor liquiline M CM42



Caja de conexiones en terreno Junction Box	
1	Prensa estopa
2	Blindaje cable de conexión
3	Bornera de Conexión
A	Entrada cable Transmisor
B	Salida cable Sensor
GY	No es necesaria su conexión
PK	No es necesaria su conexión

Ilustración 4.45 Conexión caja de derivación sensor, transmisor.

4.8 CAUDALIMETRO FLUXUS G721

4.8.1 Principio de medición caudalimetro fluxus G721

Se emplean señales ultrasónicas para medir el caudal de un fluido en un tubo en base al principio de la diferencia de tiempo de tránsito. Un transductor instalado en el tubo emite las señales ultrasónicas que son recogidas por un segundo transductor. Las señales son emitidas, alternativamente, en la dirección de flujo como en la dirección contraria, dado que el fluido en el que se propagan las ondas ultrasónicas se encuentra en movimiento, el tiempo de tránsito de las señales ultrasónicas es más corto en dirección de flujo que en dirección contraria.

Se mide la diferencia de tiempo de tránsito Δt , que permite determinar la velocidad media de flujo en el trayecto recorrido por las señales ultrasónicas. Aplicando una corrección del perfil es posible calcular el valor medio de la velocidad de flujo relativo a la superficie de la sección, que es proporcional al caudal volumétrico. Los microprocesadores integrados controlan la totalidad del ciclo de medición, tras ser recibidas, se comprueba si las señales ultrasónicas captadas pueden ser empleadas para la medición y si son fiables, las interferencias se eliminan.

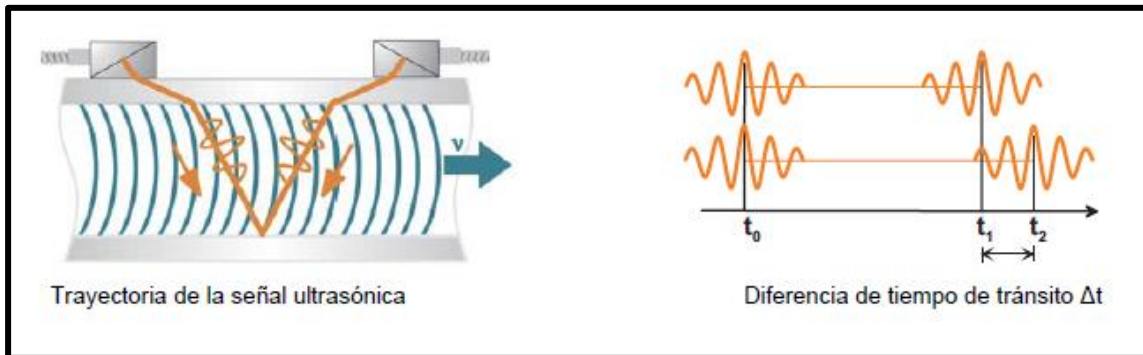


Ilustración 4.46 Principio de medición caudalímetro fluxus g721.

4.8.1.1 Cálculo del caudal volumétrico

$$\dot{V} = k_{Re} \cdot A \cdot k_a \cdot \Delta t / (2 \cdot t_{fl})$$

Ilustración 4.47 Ecuación caudal volumétrico.

V: Caudal volumétrico.

k_{Re} : Factor de calibración fluido mecánica.

A: Superficie de la sección transversal del tubo.

k_a : Factor de calibración acústica.

Δt : Diferencia de tiempo de tránsito.

t_{fl} : Tiempo de tránsito en el fluido.

4.8.2 Número de trayectorias de sonido

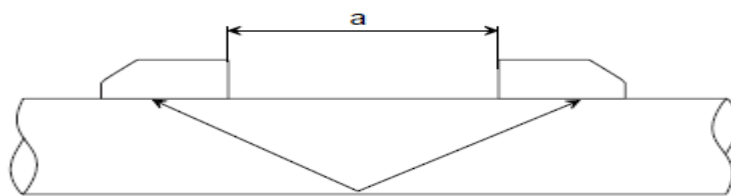
El número de trayectorias de sonido es el número de recorridos de la señal ultrasónica atravesando el fluido en el tubo. En dependencia del número de trayectorias de sonido, existen los siguientes tipos de montaje:

- Configuración en modo de reflexión: El número de trayectorias de sonido es par. Ambos transductores se montan al mismo lado del tubo, es sencillo posicionar correctamente los transductores.
- Configuración en modo diagonal: El número de trayectorias de sonido es impar. Ambos transductores se montan en lados opuestos del tubo. Si el fluido, el tubo o los recubrimientos atenúan fuertemente la señal, se emplea la configuración en modo diagonal con una trayectoria de sonido.

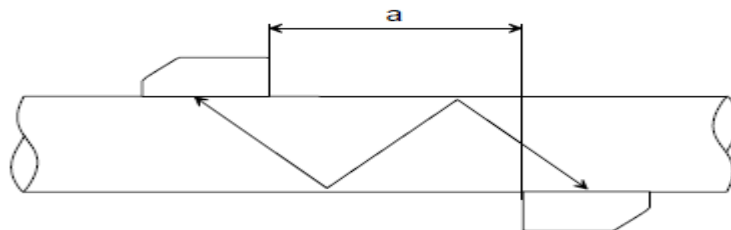
El tipo de montaje elegido depende de la aplicación. Aumentando el número de trayectorias de sonido, se consigue elevar la exactitud de la medición, si bien aumenta también la atenuación de la señal. El transmisor determina automáticamente el número óptimo de trayectorias de sonido para los parámetros de la aplicación.

Es posible fijar los transductores al tubo en la configuración en modo de reflexión y en la configuración en modo diagonal con los porta-transductores. Con ello se puede adaptar óptimamente el número de trayectorias de sonido a la aplicación.

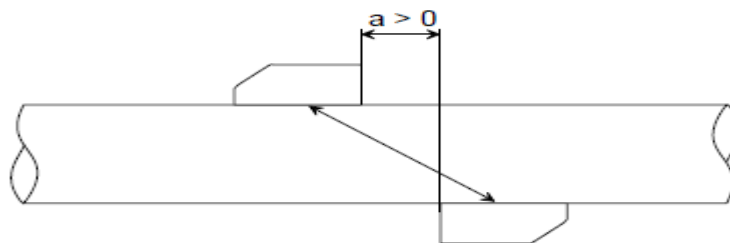
Letra "a" corresponde a la distancia entre transductores



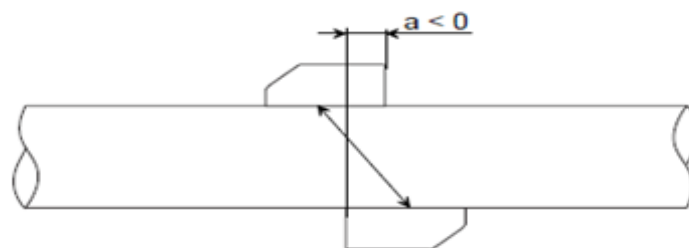
Configuración en modo de reflexión,
número de trayectorias de sonido: 2



Configuración en modo diagonal,
número de trayectorias de sonido: 3



Configuración en modo diagonal,
número de trayectorias de sonido: 1



Configuración en modo diagonal, número de trayectorias de sonido: 1,
distancia negativa entre transductores

Ilustración 4.48 Tipos de instalación transductores caudalímetro fluxus g 721.

4.8.3 Configuración típica de conexión fluxus

Ejemplo de una configuración típica en modo de reflexión de las entradas a un dispositivo externo de medición de presión y temperatura de funcionamiento para el cálculo del caudal volumétrico normalizado.

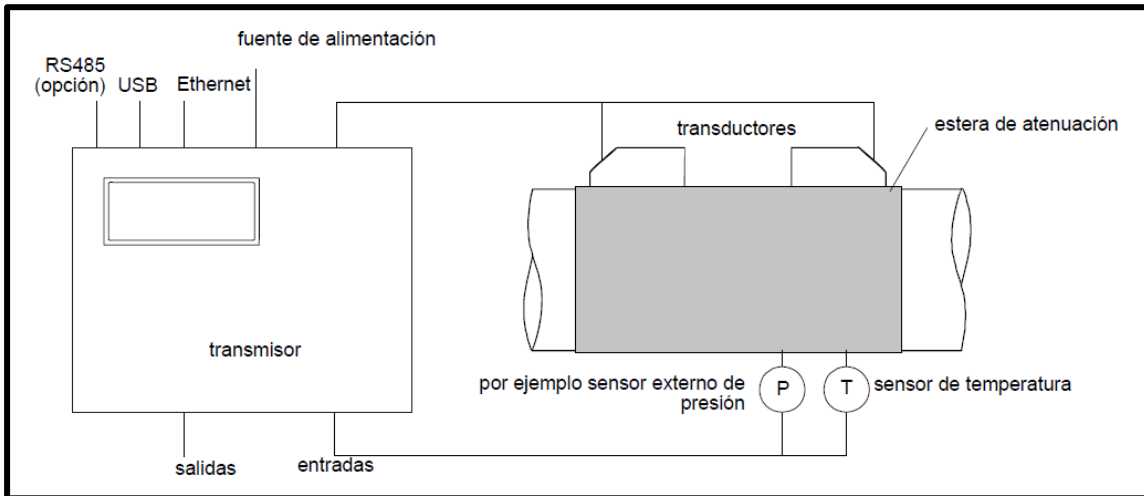


Ilustración 4.49 Configuración típica caudalímetro fluxus g721.

4.8.3.1 Cálculo caudal volumétrico normalizado

$$\dot{V}_N = \dot{V} \cdot p/p_N \cdot T_N/T \cdot 1/K$$

Ilustración 4.50 Ecuación caudal volumétrico normalizado.

\dot{V}_N : Caudal volumétrico normalizado.

\dot{V} : Caudal volumétrico de funcionamiento.

p_N : Presión normalizada (valor absoluto).

P : Presión de funcionamiento (valor absoluto).

T_N : Temperatura normalizada en K.

T : Temperatura de funcionamiento en K

K : Coeficiente de compensación del gas, relación entre los factores de compresibilidad baja las condiciones de funcionamiento y bajo las condiciones normales Z/z_N .

4.8.4 Datos técnicos caudalimetro fluxus G721

Principio de medición :	Principio de correlación de la diferencia de tiempo de tránsito ultrasónico.
Velocidad de flujo:	0,01-35 [m/s], dependiendo del diámetro del tubo.
Repetibilidad:	0,15% de la lectura \pm 0,01 [m/s].
Fluido:	Todos los gases conductores; nitrógeno, aire, oxígeno, hidrógeno, argón, helio, etileno, propano.
Caudal volumétrico (exactitud):	\pm 1-3% de la \pm 0,01 [m/s] dependiendo de la aplicación. \pm 0,5% de la lectura \pm 0,01 [m/s] con calibración en campo.
Fuente de alimentación:	100-250 [V] / 50-60 [Hz]. 20-32 [Vdc] o 11-16 [Vdc].
Consumo de potencia:	15 [Watts].
Atenuación:	0-100 [s], ajustable.
Ciclo de medición	100-1000 [Hz]
Tiempo de respuesta	1 [s] / 20 [ms]
Material de la carcasa:	Acero inoxidable.
Grado de protección:	IP66.
Peso:	5,1 [Kg]
Temperatura ambiente:	-40 / +60 °C.
Pantalla:	128 x 64 dots, iluminación de fondo.
Idioma menú:	Inglés, alemán, francés, español, ruso, polaco, holandés.

Tabla N°9 Datos técnicos caudalimetro fluxus G721.

4.8.5 Ventajas caudalimetro fluxus G721

- Instalación sin interrupción del proceso y prácticamente libre de mantenimiento (no requiere intervenciones frecuentemente en zonas peligrosas).
- Alta seguridad operativa sin riesgo de pérdidas.
- Certificado para el funcionamiento en áreas peligrosas (ATEX, IECEx zona 2) Capacidad SIL2.
- Gran velocidad de respuesta para capturar incluso flujos altamente pulsantes.
- Lectura de las medidas precisas y repetibles, incluso con caudales extremadamente bajos.
- Mediciones fiables incluso de barro, líquidos con arrastre gaseoso o gases húmedos.

4.9 SENSOR DE TURBIDEZ CLARITY II

4.9.1 Principio de medición sensor turbidez clarity II

La turbidez se refiere a lo clara o turbia que pueda estar el agua, se tiene un nivel de turbidez bajo si el agua está clara en cambio el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez, esta turbidez no es la medida directa de las partículas suspendidas en el agua, sino una medida del efecto de dispersión que las partículas tienen sobre la luz, se introduce radiación óptica a un sistema de dispersión, los sólidos disueltos la transforman en otro tipo de energía y reducen su intensidad a este efecto se le conoce como absorción que es la relación entre la energía inicial y la final. El tamaño de partícula, la configuración, el color, y el índice de refracción determinan la distribución espacial de la intensidad de la luz dispersada alrededor de la partícula, las partículas mucho más pequeña que la longitud de onda de la luz de incidente, que típicamente es expresada en nanómetros (nm), dispersan la luz en todas las direcciones con una intensidad aproximada mente igual, sin embargo, las partículas más grandes que la longitud de onda de la luz de incidente, forman un modelo espectral que causa una gran dispersión de la luz en otras direcciones, lejanas al haz de luz incidente.

Este patrón de dispersión e intensidad del rayo de luz transmitido a través de la muestra también pueden ser afectados por las partículas que absorben las ciertas longitudes de onda de la luz transmitida desde que la luz es dispersada en una nueva dirección, es variablemente dependiente del tamaño de la partícula, la medida de la luz transmitida a través de la muestra produce resultados variables. Además, el cambio de la luz transmitida es muy leve y dificulta la distinción de ruidos electrónicos al medirse turbiedades bajas. Son también difíciles de medir las muestras con alta turbiedad debido a la múltiple dispersión de la luz transmitida por varias partículas en el fluido.

Para solucionar estos problemas, los turbidímetro principalmente miden la dispersión de la luz en un ángulo de 90 grados al rayo incidente emitido y relacionan esta lectura con la turbiedad. Este ángulo es considerado muy sensible a la luz dispersa por partículas en la muestra. Se pueden usar sensores adicionales para detectar la luz dispersa en otros ángulos para mejorar la resolución del instrumento y eliminar errores introducidos por colores naturales y por la variabilidad de la fuente lumínica

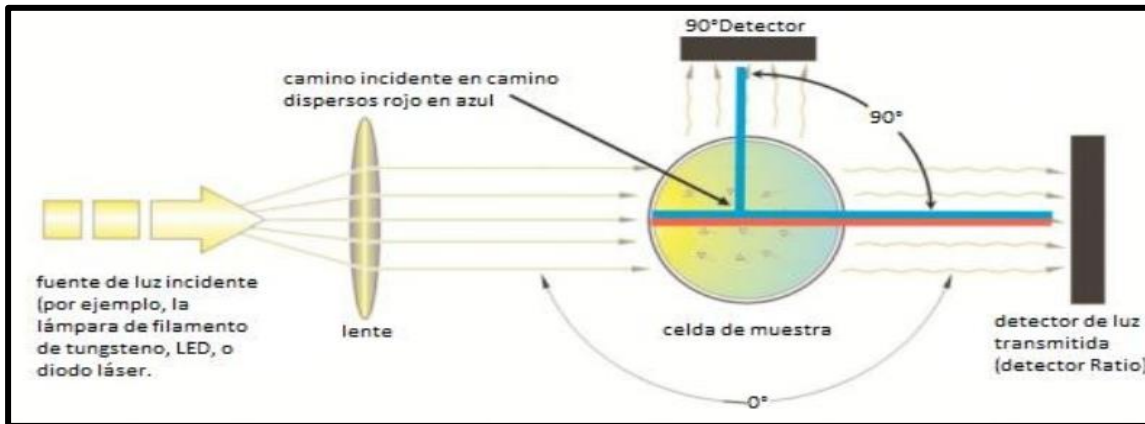


Ilustración 4.51 Principio medición sensor turbidez clarity II.

4.9.2 Analizador solu comp II para turbidez

El analizador Solu Comp II provisto con el Clarity II tiene una pantalla de dos líneas, la pantalla se puede personalizar para satisfacer la comprensión del usuario. La vista A es la pantalla predeterminada para un solo sensor, la vista B es la pantalla predeterminada para dual sensores. Las pantallas son auto explicativas y guían al usuario paso a paso a través del procedimiento y navegación dentro del panel.

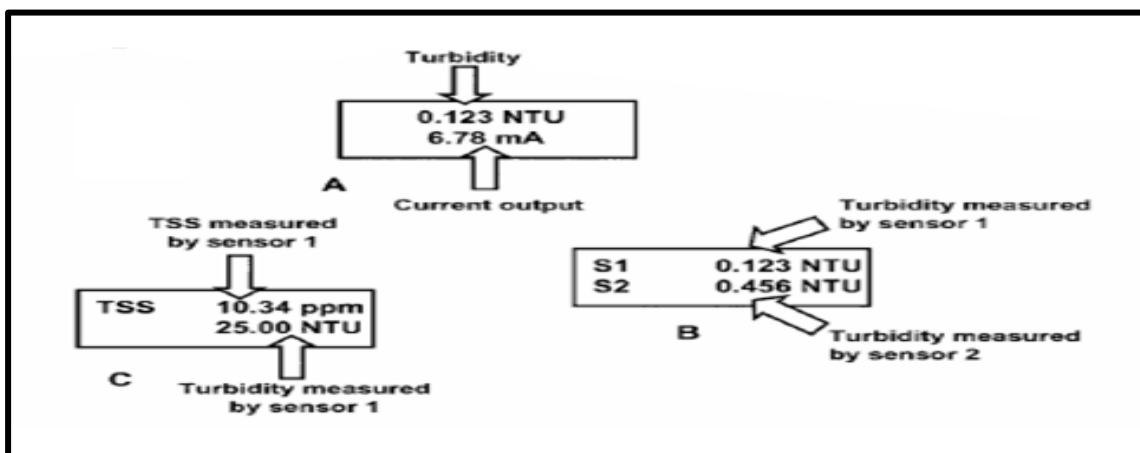


Ilustración 4.52 navegación menú analizador solu comp de turbidez.

La pantalla A muestra la turbidez y la salida de corriente para el sensor uno, si el analizador había sido configurado para medir sólidos suspendidos totales (TSS), las unidades mostradas serían ppm o mg / L, las unidades TSS son seleccionables por el usuario. La pantalla B muestra la turbidez medida por el sensor uno (S1) en la primera línea y la turbidez medida por el sensor dos (S2) en la segunda línea. A pesar de que las pantallas A y B son probablemente las más útiles, otras pantallas están disponibles, por ejemplo, la pantalla C muestra el valor TSS en la primera línea y el valor de turbidez medida en NTU (Unidad Nefelométrica de turbidez) calculados en la segunda línea.

4.9.2.1 Teclado solu comp II para turbidez

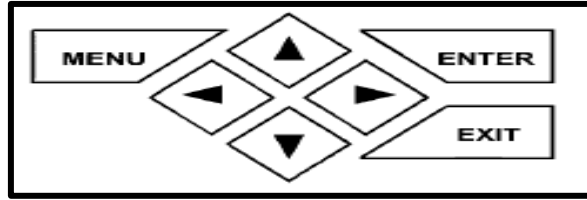


Ilustración 4.53 teclado analizador solu comp de turbidez.

Cuatro teclas de flecha mueven el cursor por la pantalla, una palabra parpadeante o numeral muestra la posición del cursor, las teclas de flecha también se utilizan para cambiar el valor de un numeral presionando ENTER almacena números y configuraciones y mueve la pantalla a la siguiente pantalla, presionando EXIT vuelve a la pantalla anterior sin almacenar cambios, presionando MENU siempre hace que aparezca la pantalla del menú principal y presionando MENU seguido de EXIT hace que aparezca la pantalla principal.

4.9.2.2 Ejemplo de navegación y configuración analizador solu comp II para turbidez

La configuración y calibración del analizador Solu Comp II es fácil, en el siguiente ejemplo se describe cómo moverse en los menús de programación y también se describe cómo asignar valores de turbidez a sensor de Salidas de 4-20 mA.

1		Presione MENÚ para Calibrar, esta iniciara a parpadear lo que significa que el cursor está en Calibrar.
2		Para asignar valores de turbidez a las salidas actuales, el submenú de Programa debe estar abierto, presione ▼. El cursor se mueve a Programa (Programa parpadeando). Presione ENTER. Al presionar ENTER, se abre el submenú Programa.
3		El submenú Programa permite al usuario configurar salidas, alarmas y un código de seguridad, así como elegir entre turbidez o TSS. Cuando se abre el submenú, las salidas parpadean, lo que significa que el cursor está en Salidas. Presione ▼ o ► (o cualquier tecla de flecha) para mover el cursor por la pantalla. Mueva el cursor a >> y presione ENTER para hacer que aparezca una segunda pantalla con más elementos del programa. Hay tres pantallas en el menú de Programa. Al presionar >> y ENTER en la tercera pantalla, la pantalla vuelve a la primera pantalla (Salidas, Alarmas, Medición)
4		Para la práctica, asigne valores de turbidez a las salidas de 4 y 20 mA para el sensor. Mueva el cursor a Salidas y presione ENTER.


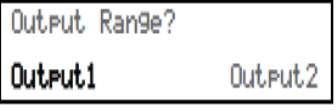
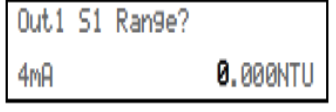
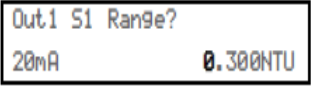
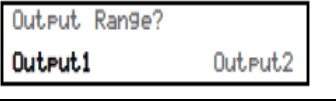
5		Aparece la pantalla que se muestra a la izquierda. El cursor está en el Rango de salida (parpadeando). El rango de salida se usa para asignar valores a la salida de corriente baja y alta. Presione ENTER.
6		Para un analizador de entrada dual, aparece la pantalla que se muestra a la izquierda. El analizador de entrada dual tiene dos salidas, una para cada sensor. Mueva el cursor a la salida deseada y presione ENTER. Para este ejemplo, elija Salida 1. Para un analizador de entrada único, esta pantalla no aparece. En cambio, aparece la pantalla en el paso 7.
7		Aparece la pantalla que se muestra a la izquierda. Out1 S1 en la línea superior significa que la salida 1 (Out1) está asignada al sensor 1 (S1). Para un analizador de entrada dual, cualquiera de las salidas puede asignarse a cualquiera de los sensores (las asignaciones de salida y del sensor se realizan en el menú de configuración de salida que se muestra en el paso 5). Use el rango Out1 S1? pantalla para asignar un valor de turbidez a la salida de 4 mA.
7.1		Use las teclas de flecha para cambiar el pH al valor deseado. Presione ◀ o ▶ para mover el cursor de un dígito a otro. Presione ▲ o ▼ para aumentar o disminuir el valor del dígito. Si mantiene presionado ▲ o ▼, el número se desplazará continuamente hacia arriba o hacia abajo.
7.2		Para mover el punto decimal, presione ◀ o ▶ hasta que el cursor esté en el punto decimal. Presione ▲ para mover el punto decimal a la derecha. Presione ▼ para mover el punto decimal a la izquierda.
7.3		Presione ENTER para almacenar la configuración.
8		Aparece la pantalla que se muestra a la izquierda. Use esta pantalla para asignar un valor de pH de escala completa a la salida de 20 mA Use las teclas de flecha para cambiar la turbidez al valor deseado. Presione ENTER para almacenar la configuración.
9		Aparece la pantalla que se muestra a la izquierda. Para asignar valores de turbidez a las corrientes baja y alta para la salida 2, seleccione Salida 2 y siga las instrucciones
10		Para regresar al menú principal, presione MENÚ. Para volver a la pantalla principal, presione MENÚ y luego SALIR, o presione EXIT repetidamente hasta que aparezca la pantalla principal. Para volver a la pantalla anterior, presione EXIT.
11		Use el código de seguridad para evitar cambios accidentales o no deseados en la configuración del programa, las pantallas y la calibración.

Tabla N°10 Navegación y configuración analizador solu comp II para turbidez.

4.9.3 Ventajas conjunto clarity II

- ✓ Resultados de medición como en el laboratorio: monitorización fiable y de alta precisión de la calidad de su agua, incluso con los niveles de turbidez más bajos.
- ✓ Medición de turbidez sin pérdida de producto: las mediciones higiénicas en línea preservan hasta la última gota del agua del proceso.
- ✓ Funcionamiento sin supervisión: su diseño inteligente ofrece funcionalidades de auto limpieza sofisticada y minimiza las tareas de mantenimiento.
- ✓ Verificación y calibración inteligentes: absolutamente seguro, sin líquidos, sin formazina.
- ✓ Gran flexibilidad, manejo sencillo: único sensor para todos los puntos de medición y todos los entornos de instalación.
- ✓ Control de proceso mejorado: tiempos de respuesta del sensor adaptables a cada aplicación.

4.9.4 Datos técnicos analizador clarity II

- ✓ Material: Policarbonato.
- ✓ Dimensiones: Versión de montaje en panel: 6.10 X 6.10 X 3.72 in (155 X 155 X 94.5 mm) / Versión de montaje en tubería / pared: 6.23 X 6.23 X 3.23 in (158 X 158 X 82 mm).
- ✓ Pantalla: Pantalla retro iluminada de dos líneas y 16 caracteres, la pantalla se puede personalizar para cumplir con los requisitos individuales.
- ✓ Código de seguridad: Posee un código de 3 dígitos que evita cambios accidentales o no autorizados en la configuración y calibración del instrumento.
- ✓ Unidades: Turbiedad (NTU, FTU o FNU); sólidos suspendidos totales TSS (mg / L, ppm o sin unidades).
- ✓ Métodos de calibración: Estándar preparado por el usuario, estándar preparado comercialmente o muestra tomada y para sólidos totales en suspensión, el usuario debe proporcionar una ecuación de calibración lineal.
- ✓ Temperatura y humedad ambiente: De 0 a 50 °C, (32 a 122 ° F); RH 10 a 90% (sin condensación).
- ✓ Alimentación: De 85 a 265 [Vca] / 47,5 a 65,0 Hz.

- ✓ Salidas: El analizador de simple entrada tiene salida única. El analizador de entrada dual tiene salidas duales. Las salidas son de 0-20 mA o 4-20 mA aisladas. La carga máxima es de 600 ohmios. La amortiguación de la salida con una constante de tiempo de 5 segundos es seleccionable por el usuario.
- ✓ Precisión de salida: 0.05 mA.
- ✓ Alarmas: La placa de relés de alarma opcional incluye tres alarmas, la alarma tres se puede configurar como alarma de falla en lugar de una alarma de proceso. Cada relé se puede configurar de forma independiente, la lógica de alarma (baja o alta) y la banda muerta son programables por el usuario.
- ✓ Relés: Forma C, unipolar, de doble tiro, sellado con epoxi.
- ✓ Terminales de cableado de campo: Bloques de terminales extraíbles para potencia, salidas analógicas y sensores.
- ✓ Rangos de medición: 0-200 NTU.
- ✓ Resolución de medición: 0.001 NTU.

4.9.5 Datos técnicos sensor turbidez clarity II

- ✓ Método de medición: EPA 180.1 o ISO 7027 con led de 860 nm fuente.
- ✓ Vida de la lámpara incandescente: dos años.
- ✓ Vida del Led: cinco años.
- ✓ Precisión después de la calibración a 20.0 NTU: 0-1 NTU \pm 2% de lectura o \pm 0.015 NTU, el que sea mayor / 0 - 20 NTU \pm 2% de lectura.
- ✓ Presión máxima: 30 psi.
- ✓ Temperatura: 40 - 95 ° F (5 - 35 ° C).

4.9.6 Datos técnicos Contenedor de turbidez clarity II

- ✓ Dimensiones: 18.1 x 4.1 inch / 460 x 104 [mm].
- ✓ Entrada: El accesorio de compresión acepta tubos de 1/4 pulgadas.
- ✓ Drenaje: El accesorio de púas acepta tubos de 3/8 pulgadas.; la conexión se puede quitar para proporcionar 1/4 pulgada NPT. Debe drenar a la atmósfera.
- ✓ Temperatura de muestra: 40-95°F / 5-35 °C.
- ✓ Presión mínima de entrada: 3,5 psi proporcionará un flujo de muestra de aproximadamente 250 ml / min.
- ✓ Presión máxima de entrada: 30 psi. No bloquee el tubo de drenaje.
- ✓ Flujo de muestra recomendado: 250-750 [mL/min].

4.10 TRANSMISOR DE TEMPERATURA ROSEMOUNT 644

4.10.1 Principio de medición transmisores de temperatura

4.10.1.1 Principio de medición termómetros de resistencia RTD

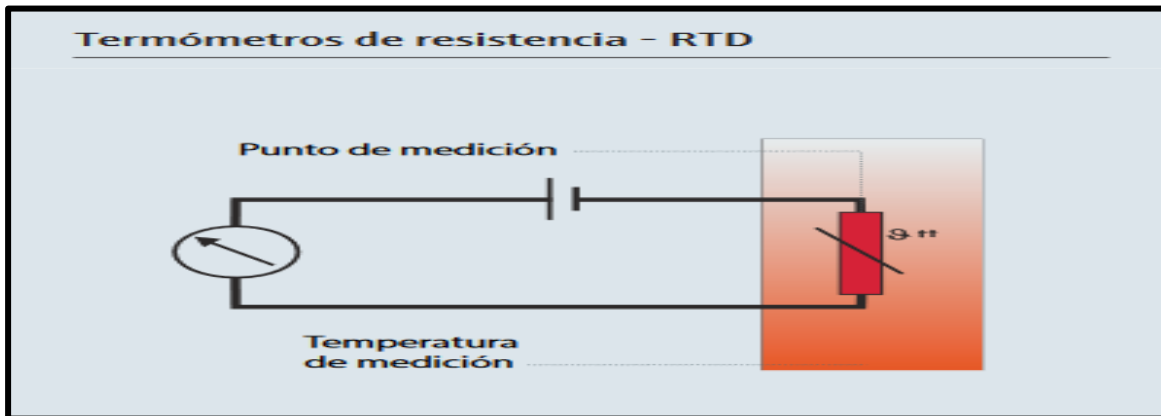


Ilustración 4.54 Principio medición termómetros RTD.

En los termómetros de resistencia (RTD), la resistencia eléctrica varía con la temperatura. Son apropiados para la medición de temperatura entre -200°C y 600°C aproximadamente y destacan por su alta precisión en la medición y su estabilidad a largo plazo, sensores fabricados bajo los estándares clase A de la norma IEC 60751.

El sensor de resistencia que más se utiliza es la sonda Pt100 el cual consiste en una resistencia de medición sensible a cambios de temperatura, elaborada de platino y que presenta una resistencia de cien ohm a cero grados Celsius que presenta un coeficiente de temperatura fija de $\alpha = 0,003851^{\circ}\text{C}$. Los sensores Pt100 se fabrican en distintos formatos:

- Sensor de hilo bobinado en cerámica: Un tubo de cerámico encierra un bobinado doble de hilo capilar de platino ultra puro. El tubo está sellado en los extremos superior e inferior por un recubrimiento protector de cerámica, estos sensores presentan alta estabilidad a largo plazo con características de resistencia y estabilidad en un rango de temperaturas hasta 600°C .
- Sensores de capa fina: Comprende una capa muy fina de platino, de tan solo un μm , depositada al vacío sobre una base de cerámica y dotada posteriormente de una estructura por fotolitografía. Los conductores de platino emergentes forman la resistencia del sensor, las ventajas que presenta con respecto a las versiones de hilo bobinado son sus dimensiones más reducidas y su mayor resistencia a las vibraciones, estos sensores de capa fina se utilizan para mediciones de temperatura hasta 500°C .

4.10.1.2 Principio de medición termómetros termopares TC

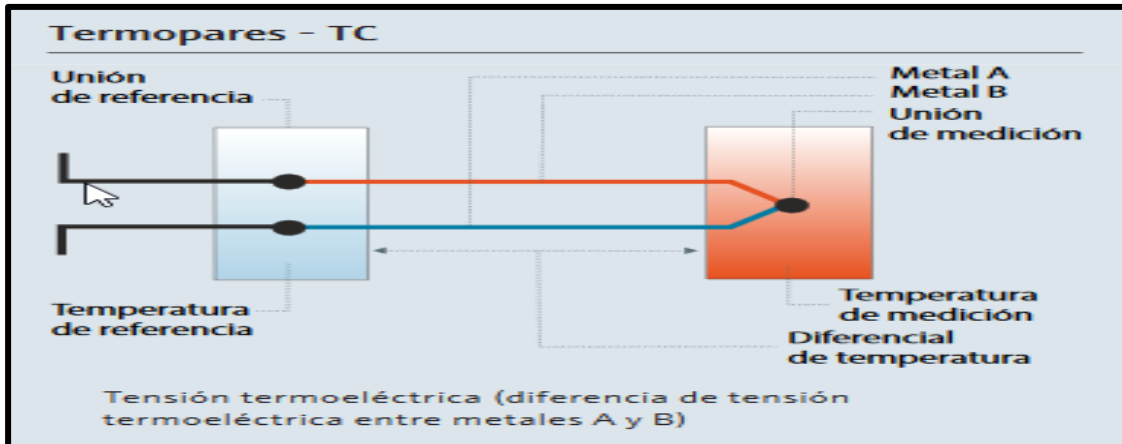


Ilustración 4.55 Principio de medición termómetros termopares TC.

Un termopar es un componente formado por dos metales diferentes que están en contacto en un extremo, en el extremo libre se establece un potencial eléctrico (fuerza termoeléctrica) por efecto “Seebeck” si el extremo de contacto y los extremos libres se hallan a temperaturas distintas.

Con la ayuda de las denominadas tablas de referencia para termopares (IEC 60584), se puede deducir la temperatura que hay en el extremo de contacto, unión de medición. Los termopares son adecuados para la medición de temperatura en un rango entre 0°C y + 1800°C, estos sensores se destacan por su tiempo rápido de respuesta y su alta resistencia a vibraciones.

4.10.2 Especificaciones especiales modo Foundation Fieldbus

4.10.2.1 Bloques funcionales

- Bloques de recursos: Este bloque contiene información del transmisor físico, incluyendo memoria disponible, identificación del fabricante, tipo de dispositivo, etiqueta de software e identificación única.
- Bloque de transductores: Este bloque contiene los datos de medición de temperatura. Incluye información acerca del tipo y configuración del sensor, unidades técnicas, linealización, reajuste del rango, amortiguación, corrección de temperatura y diagnóstico.
- Bloque de la pantalla de cristal: El bloque de cristal líquido se utiliza para configurar la pantalla local, si se está utilizando una pantalla de cristal líquido.

- Entrada analógica (AI): Procesa la medición y la hace disponible en el segmento del Fieldbus / Permite el filtrado, las alarmas y los cambios de unidades técnicas.
- Bloque PID: El transmisor ofrece la funcionalidad de control con un bloque funcional PID en el transmisor. El bloque PID se puede utilizar para realizar controles individuales de lazo, cascada o pre alimentado en campo.

Bloque	Tiempo de ejecución (milisegundos)
Recurso	-
Transductor	-
Bloque LCD	-
Entrada analógica 1	45
Entrada analógica 2	45
PID 1	60

Tabla N°11 Bloques funcionales.

4.10.2.2 Tiempo de activación

Se hace alusión al funcionamiento dentro de las aplicaciones por debajo de veinte segundos después de aplicar la alimentación cuando el valor de amortiguación está ajustado a cero segundos.

4.10.2.3 Estado

Si el autodiagnóstico detecta un sensor fundido o un fallo en el transmisor, el estado de la medición se actualizara adecuadamente. El estatus puede enviar la salida AI a un valor seguro.

4.10.2.4 Fuente de alimentación

La alimentación sobre Foundation con suministro de alimentación Fieldbus estándar. El transmisor funciona entre 9,0 y 32,0 [Vcc] y 12 [mA] máximo.

4.10.2.5 Alarmas

El bloque funcional AI permite al usuario configurar alarmas a HI-HI (alta-alta), HI (alta), LO (baja) o LO-LO (baja-baja) con ajustes de histéresis.

4.10.2.6 Programador de enlaces activo (LAS, link active scheduler) de resfuerzo

El transmisor está clasificado como un comando de enlace del dispositivo, lo que significa que puede funcionar como un programador de enlaces activo (LAS, Link Active Scheduler) si el dispositivo maestro de enlace actual falla o se quita del segmento.

Se usa el host u otra herramienta de configuración para descargar la programación para la aplicación al dispositivo maestro de enlace. Si no hay un maestro de enlace primario, el transmisor reclamará en LAS y proporcionará control permanente para el segmento H1.

4.10.3 Especificaciones especiales modo Profibus PA

4.10.3.1 Bloques funcionales

- Bloque físico: Este bloque contiene información del transmisor físico, inclusive identificación del fabricante, tipo de dispositivo, etiqueta de software e identificación única.
- Bloque de transductores: Este bloque contiene los datos de medición de temperatura. Incluye información acerca del tipo y configuración del sensor, unidades técnicas, linealización, reajuste del rango, amortiguación, corrección de temperatura y diagnóstico.
- Bloque de entrada análoga (AI): El bloque de entrada analógica procesa la medición y la pone a disposición en el segmento Profibus. Permite el filtrado, las alarmas y los cambios de unidades técnicas.

4.10.3.2 Tiempo de activación

Se hace alusión al funcionamiento dentro de las aplicaciones por debajo de veinte segundos después de aplicar la alimentación cuando el valor de amortiguación está ajustado a cero segundos.

4.10.3.3 Fuente de alimentación

Alimentado a través de Profibus con fuente de alimentación Fieldbus estándar. El transmisor funciona entre 9,0 – 32,0 [Vcc] y 12 [mA] máximo.

4.10.3.4 Alarmas

El bloque funcional AI permite al usuario configurar alarmas a HI-HI (alta-alta), HI (alta), LO (baja) o LO-LO (baja-baja) con ajustes de histéresis.

4.10.4 Especificaciones especiales modo HART 4-20 mA

4.10.4.1 Fuente de alimentación

Se requiere una fuente externa. Los transmisores funcionan a una tensión de terminal de transmisor de 12.0 a 42.4 [Vcc] (con carga de 250 ohmios, se requiere una fuente de alimentación de 18.1 [Vcc]). Los terminales de alimentación del transmisor tienen una especificación de 42.4 [Vcc]. La comunicación HART requiere una resistencia del lazo entre 250 y 1.100 ohmios. Se recomienda no comunicarse con el transmisor cuando la alimentación sea inferior a 12.0 [Vcc] en los terminales del transmisor.

4.10.4.2 Modo de fallo de hardware y software

El transmisor de temperatura 644 presenta diagnóstico de alarma activados por el software y un circuito independiente diseñado para proporcional salida de alarma de respaldo en caso de que el software del microprocesador falle. El usuario puede seleccionar la dirección de la alarma (HI-alta / LO- baja) usando el interruptor del modo de fallo, su ocurre un fallo, la posición del interruptor determina la dirección en la que se activará la salida (HI-alta o LO- baja).

El interruptor se alimenta en el convertidor de digital a analógico (D / A), el cual activa la salida de alarma correcta incluso si el microprocesador falla. Los valores a los que el software del transmisor coloca su salida en modo de fallo dependen de si este está configurado para funcionamiento en modo estándar, personalizado o en conformidad con NAMUR NE 43.

Rango disponible para la alarma medido en mA			
	Estándar	Cumple con NAMUR- NE 43	I (2): Variable del proceso / Salida de corriente.
Salida lineal:	$3,9 \leq I^{(2)} \leq 20,5$	$3,8 \leq I \leq 20,5$	
Fallo alto:	$21,75 \leq I \leq 23$	$21,5 \leq I \leq 23$	
Fallo bajo:	$3,5 \leq I \leq 3,75$	$3,5 \leq I \leq 3,6$	

Tabla N°12 Rango disponibles alarmas en mA.

4.10.4.3 Nivel de saturación y alarma personalizadas

Con el código de opción C1, se puede efectuar en fábrica una configuración sobre pedido, para valores aceptables, de los niveles de alarma y saturación. Estos valores también se pueden configurar en campo mediante un comunicador de campo.

4.10.4.4 Tiempo de activación

Funcionamiento dentro de las especificaciones por debajo de 5.0 segundos después de aplicar la alimentación cuando el valor de amortiguación está ajustado a cero segundos.

4.10.4.5 Protección externa contra transitorios y protección contra transitorios T1

El protector contra transitorios del Rosemount 470 evita daños causados por transitorios inducidos por relámpagos, soldaduras o equipo eléctrico pesado. El protector contra transitorios T1 ayuda a evitar daños al transmisor debido a señales transitorias inducidas en el cableado del lazo por relámpago, soldaduras, equipos eléctricos pesados o conmutadores. Los sistemas electrónicos de protección contra transitorios se contienen en un conjunto adicional que se acopla al bloque de terminales del transmisor y el conjunto de lengüeta de conexión a tierra externa se incluye con el protector contra transitorios, esta protección ha sido probada según la siguiente norma:

- IEEE C62.41-1991 (IEEE 587) /categorías de localización B3, cresta de 6 kV/3 kA (onda 1,2 50 Ω s, 8 20 Ω s, onda combinada) cresta de 6 kV/0,5 kA (onda anular, 100 kHz) EFT, resta de 4 kV, 2,5 kHz, 5*50 nS.
- Resistencia del lazo añadida por el protector: 22 ohmios máximo
- Voltajes de bloqueo nominales 90 [V] (modo común), 77 [V] (modo normal)

4.10.5 Precisión de medición transmisor de temperatura modo HART, FF y PF PA

Cuando se usa una entrada del sensor Pt100 ($\alpha = 0,00385$) con un Span de cero a cien grados Celsius:

HART	Precisión digital	$\pm 0,15$ °C.
	Precisión D / A	$\pm 0,03\%$ de 100 °C o $\pm 0,03$ °C.
	Precisión total	$\pm 0,18$ °C.
Foundation Fieldbus	Precisión total	$\pm 0,15$ °C.
	No corresponde efectos de precisión D / A.	
Profibus PA	Precisión total	$\pm 0,15$ °C.
	No corresponde efectos de precisión D / A.	

Tabla N°13 Precisión de medición transmisor de temperatura.

4.10.6 Diagrama de conexión transmisor de temperatura Rosemount 644








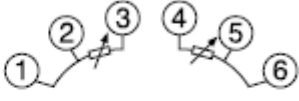

HART	
Entrada individual	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Termorresistencia de 2 hilos y Ω</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Termorresistencia de 3 hilos y Ω</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Termorresistencia de 4 hilos y Ω</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Termopar y mV</p>  </div> </div>
Doble entrada	 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Termorresistencia doble de 2 hilos y Ω</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Termorresistencia doble de 3 hilos y Ω</p>  </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; width: 100%;"> <p>Termopar doble y mV</p>  </div>

Ilustración 4.56 Conexión transmisor de temperatura Rosemount 644.





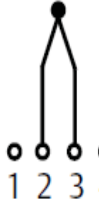




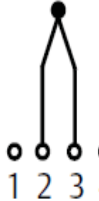
Foundation Fieldbus	
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <p>Termorresistencia de 2 hilos y Ω</p> <p>Termorresistencia de 3 hilos y Ω^*</p> <p>Termorresistencia de 4 hilos y Ω</p> <p>Termopar y mV</p> </div>
Profibus PA	
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <p>Termorresistencia de 2 hilos y Ω</p> <p>Termorresistencia de 3 hilos y Ω^*</p> <p>Termorresistencia de 4 hilos y Ω</p> <p>Termopar y mV</p> </div>

Ilustración 4.57 Conexión transmisor de temperatura para FF Rosemount 644.

4.10.7 Dimensiones y terminal transmisor de temperatura Rosemount 644

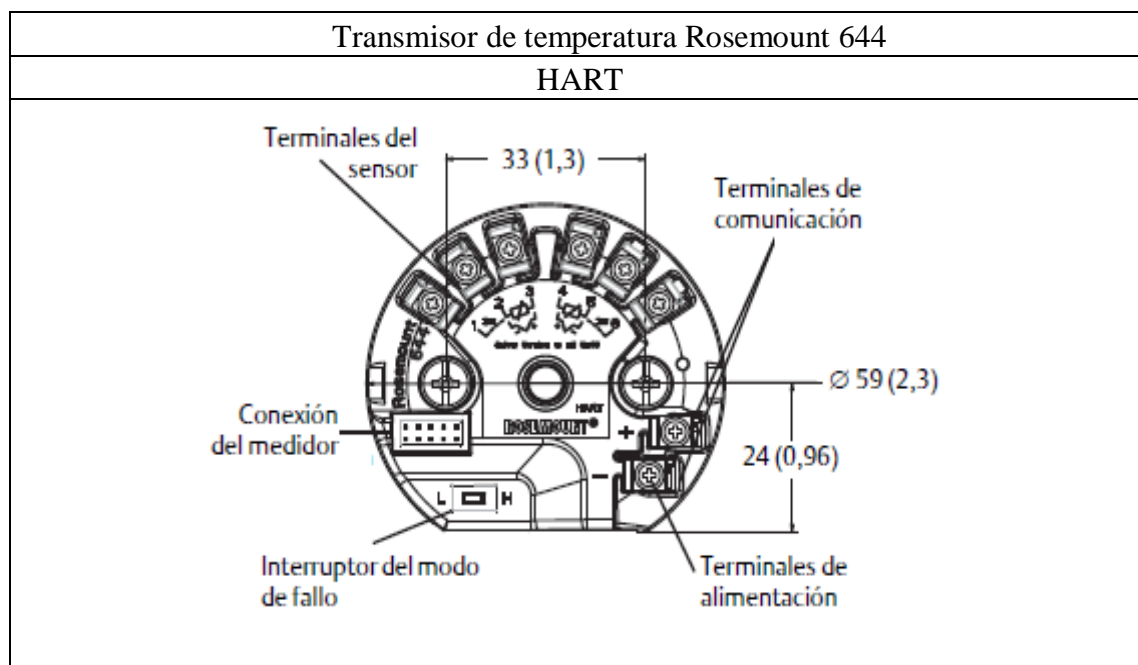


Ilustración 4.58 Terminales de conexión transmisor de temperatura para Hart Rosemount 644.

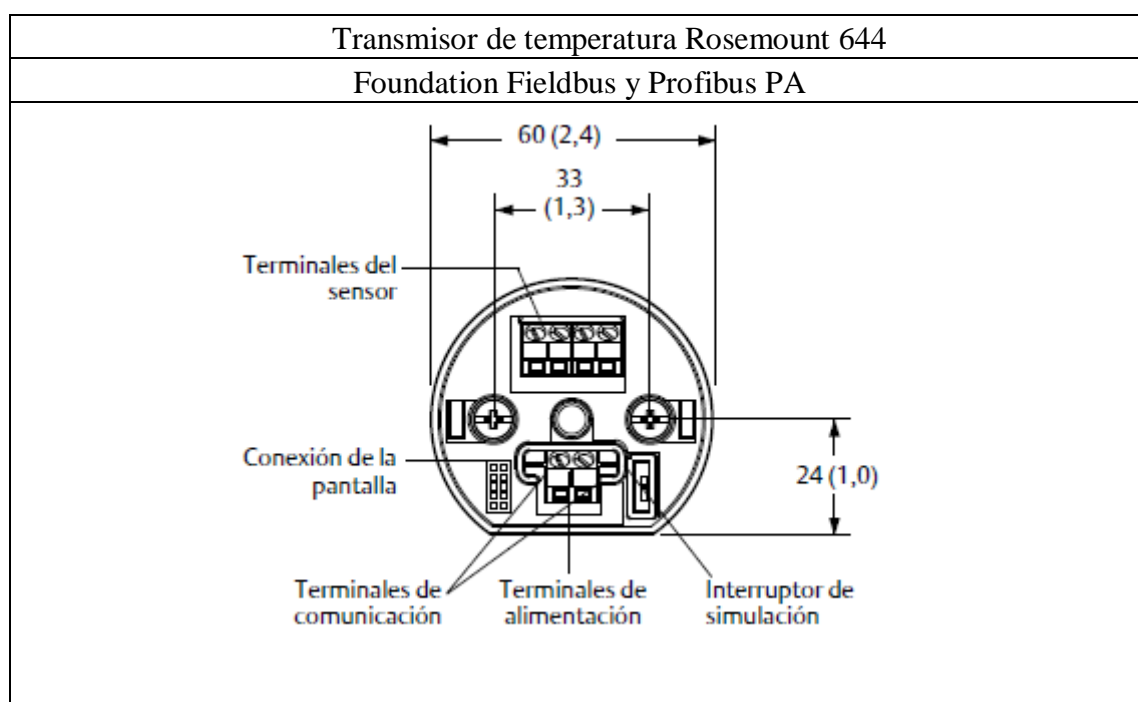


Ilustración 4.59 Terminales de conexión transmisor de temperatura para FF y Profibus Rosemount 644.

4.11 BOMBAS DOIFICADORAS

Las bombas dosificadoras de diafragma accionadas a motor juegan un papel importante en una dosificación confiable y precisa de líquidos en ciclos de proceso ya que son apropiadas para aplicaciones de baja presión y altas cantidades de dosificación. Estas bombas dosificadoras se utilizan en varias ramas de la industria que trabajan con químicos líquidos – sin excluir medios tóxicos y altamente agresivos, gracias al fuerte motor de vástago con ajuste de capacidad manual o automática los medios transportados tales como ácidos, floculantes son dosificados de manera precisa y confiable.

De ser necesario las bombas dosificadoras pueden ser controladas por medio de una entrada digital o análoga, ante cualquier variación en el circuito de control la bomba posee varias funciones adicionales; reporte remoto del ciclo, consenso de operación extremo, monitoreo de nivel, reporte de fallas por medio de un relé y monitoreo de ruptura de diafragma

4.11.1 Datos técnicos bomba dosificadora

4.11.1.1 Placa de datos

Identificación	
Nº	Descripción.
1	Denominación de tipo.
2	Modelo.
3	Capacidad máxima [l/h].
4	Voltaje [V].
5	Frecuencia [Hz].
6	Numero de producto.
7	País de fabricación.
8	Código de año y semana.
9	Marcas de aprobación
10	Presión máxima [bar].
11	Número de serie




Tabla N°14 Identificación placa de datos bomba dosificadora.

4.11.1.2 Temperatura de fluido permitida

Material del cabezal dosificador	Temperatura de fluido mínimo	Temperatura de fluido máximo	
		P < 10 bar	P < 16 bar
	[°C]	[°C]	[°C]
PVC	0	40	20
Acero Inoxidable DIN 1.4571*	-10	100	100
Acero Inoxidable DIN 2.4610*	-10	100	100
PP	0	40	20
PVDF**	-10	60	20

Tabla N°15 Temperatura de fluido bombas dosificadora.

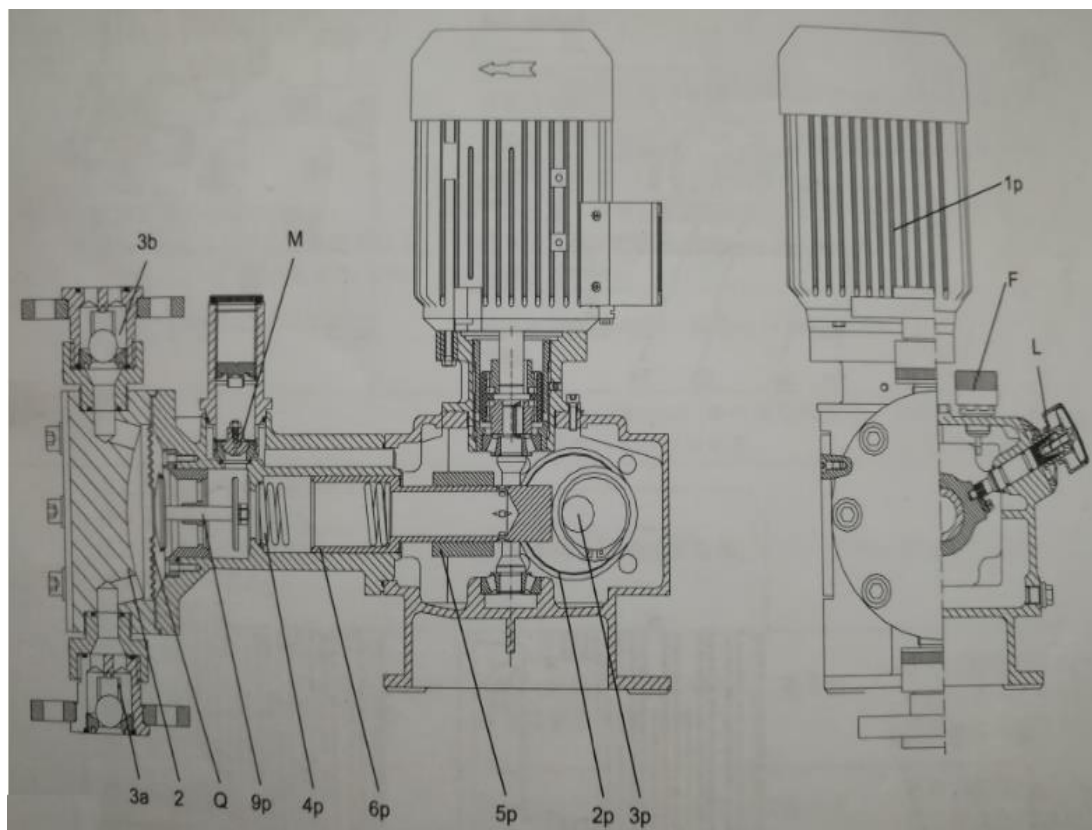
4.11.1.3 motor

Modelo bomba dosificadora DMH				
Información	Valor	DMH 25X	DMH 28X	DMH 22X
Potencia de salida	[KW]	0.25	0.55	0.65
Velocidad	[RPM]	1500		
Corriente nominal	[A]	1.8	2.2	8
Voltaje	[V]	230		
Tensión de red		DIN EC 60038		
Frecuencia	[Hz]	50		
Modo operativo		S1		
Tipo de protección		IP55		
Clase de aislamiento		F		
Eficiencia del motor		Eficiencia IE4		
Diámetro flange	[mm]	90	105	120
Eje	[mm]	11x23	14x30	19x40
Enfriamiento		IC 411		

Tabla N°16 Placa de datos motor bomba dosificadora.

4.11.2 Accesorios, montaje bomba dosificadora

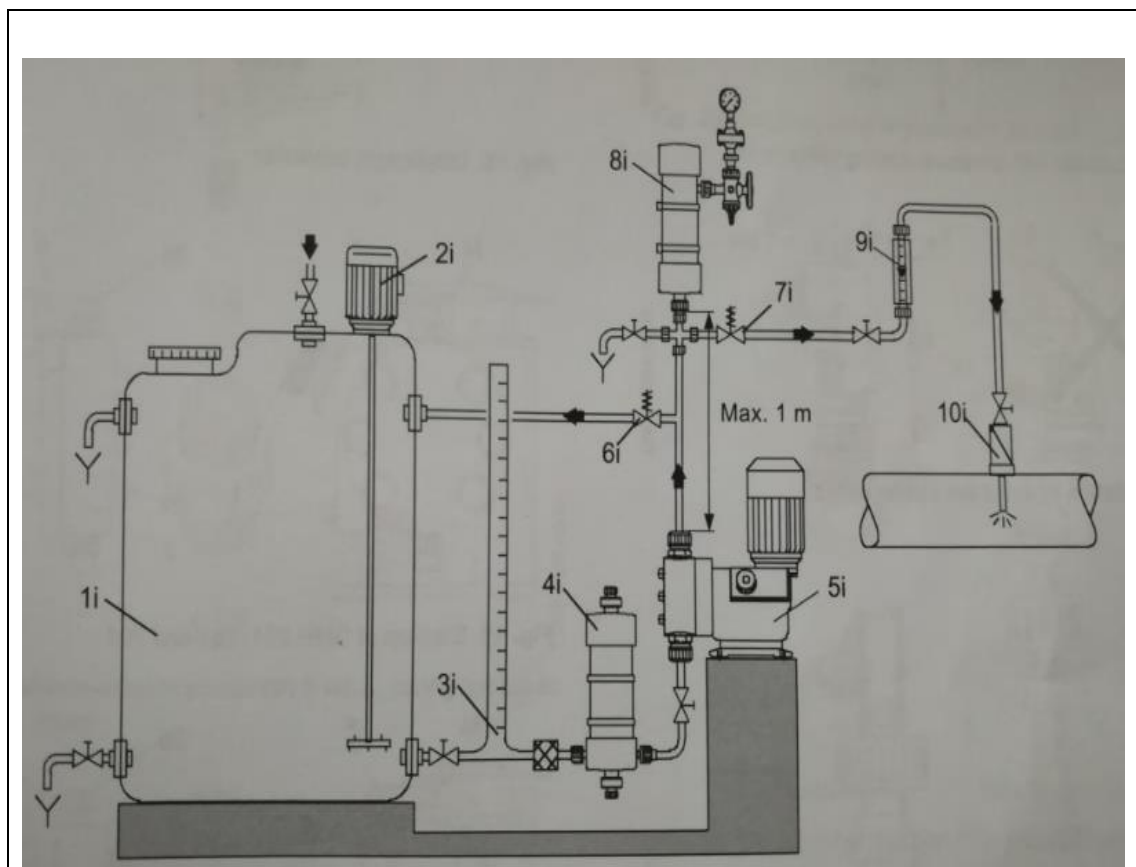
4.11.2.1 Accesorios bomba dosificadora



Ítem	Componentes	Ítem	Componentes
1p	Motor	E	Válvula de desgasificación
2p	Engranaje del tornillo sin fin	9p	Sistema de protección diafragma
3p	Excéntrica	Q	Diafragma dosificador
4p	Muelle de recuperación	2	Cabezal dosificador
5p	Conector deslizante	3a	Válvula de aspiración
6p	Pistón	3b	Válvula de descarga
7p	Cigüeñal	L	Ruleta de ajuste longitud de carrera
M	Válvula combinada de sobre presión y desgasificación	F	Tornillo de relleno de aceite con varilla para medición de nivel

Tabla N°17 Accesorios bomba dosificadora.

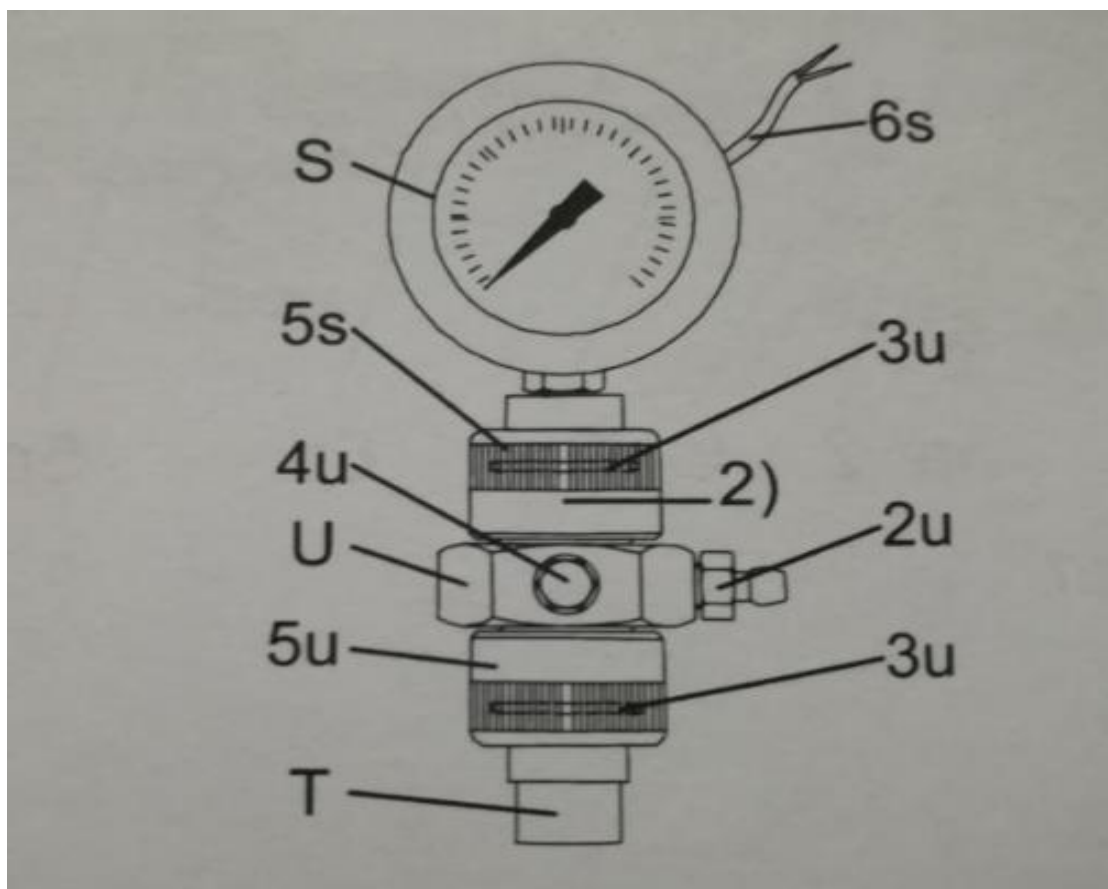
4.11.2.2 Montaje bomba dosificadora



Ítem	Componentes	Ítem	Componentes
1i	Depósito de dosificación	6i	Válvula de escape
2i	Agitador eléctrico	7i	Válvula de seguridad
3i	Dispositivo de extracción	8i	Amortiguador de pulsaciones
4i	Amortiguador de pulsaciones de aspiración	9i	Vaso graduado
5i	Bomba dosificadora	10i	Unidad de inyección

Tabla N°18 Montaje bomba dosificadora.

4.11.2.3 Controlador de diafragma



Ítem	Componentes
S	Manómetro de contacto
5s	Tuerca de unión
6s	Salida de contacto
T	Válvula esférica de retención
U	Pieza de conexión
2u	Tornillo de purga
3u	Juntas tóricas
4u	Conexión para el cable a tierra
5u	Tuerca de unión

Tabla N°19 Controlador de diafragma bomba dosificadora.

CAPÍTULO 5

5.1 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO DELTA V

5.1.1 Definición DCS

El sistema de control distribuido (DCS) ha sido desarrollado para resolver la adquisición de grandes volúmenes de información y su tratamiento en centros de supervisión y mando, y la actuación en tiempo real sobre el proceso a controlar.

Se trata de un sistema abierto, que permite la integración con equipos de otros fabricantes que realicen funciones específicas y hace la función de canalizador de todos los datos recogidos, para que a través de líneas de comunicación de alta velocidad queden a disposición de los usuarios de la planta.

5.1.2 Definición Delta V

Delta V es un sistema de control distribuido (DCS) perteneciente a la compañía Fisher Rosemount. Este sistema ofrece un software y hardware de fácil uso para control avanzado de plantas industriales, y ejecuta los algoritmos de control del proceso comunicando los datos del proceso al puesto de trabajo del operador. El sistema DELTA V se puede implementar tanto en plantas discretas como en plantas analógicas, realizando también control en elementos que trabajan con buses de campo.

La comunicación entre el controlador y las estaciones de trabajo se realiza mediante una red Ethernet redundante implementada para evitar la pérdida de comunicación. Delta V permite definir alarmas y monitorear las variables controladas y manipuladas. Éstas variables se pueden medir o graficar en una interfaz gráfica amigable para el operador.

5.1.3 Propiedades Delta V

- Su diseño está orientado a buses, tiene como buses nativos: Foundation Fieldbus H1, AS-I bus, Profibus DP, HART, y DeviceNet, además de sus entradas /salidas básicas.
- Soporta el estándar IEC 1804-3, o EDDL (Electronic Device Description Language), que permite que todos los parámetros de un dispositivo electrónico estén accesibles al sistema.
- Puede configurarse para unas pocas entradas /salidas hasta más de 30.000.
- Conectividad con otros sistemas del tipo OPC y XML.
- Técnicas avanzadas de control, como son: Control difuso (Fuzzy), control con redes neuronales, control predictivo, sintonización de lazos PID o controles Fuzzy, detección de mal funcionamiento de lazos, control estadístico y multivariable,

optimizador de tiempo real, monitoreo de funcionamiento de equipos, simulación, y otros.

- Técnicas Plug&Play para un rápido reconocimiento y configuración de los dispositivos, como los puertos USB.
- Adquiere una biblioteca de módulos de control reusable (incluye faceplate, despliegues de detalles y una configuración de históricos) para simplificar el esfuerzo de la configuración inicial.
- Exhibe una Interfaz gráfica de navegación similar a Windows.
- Software y hardware se preocupan de darle seguridad e integridad al sistema.
- Ayuda integrada y documentación online en cada una de las aplicaciones.
- Posee un Asistente de Configuración, el cual lo guía a través de la configuración del proceso, estructurando el sistema mientras este enseña lo fundamental.

5.1.4 Arquitectura sistema Delta V

A continuación se analiza de forma separada el hardware y el software, de modo que para el hardware sea más fácil la definición de sus componentes y para el software poder detallar las alternativas que posee a nivel de operación e implementación.

5.1.4.1 El hardware

El hardware de control Delta V está compuesto por:

- ✓ Estación de Trabajo (una o más).
- ✓ Redes de Control (opcionalmente redundante).
- ✓ Fuente de Alimentación (opcionalmente redundante).
- ✓ Controladores (opcionalmente redundante).
- ✓ Subsistemas de entradas y salidas I/O.

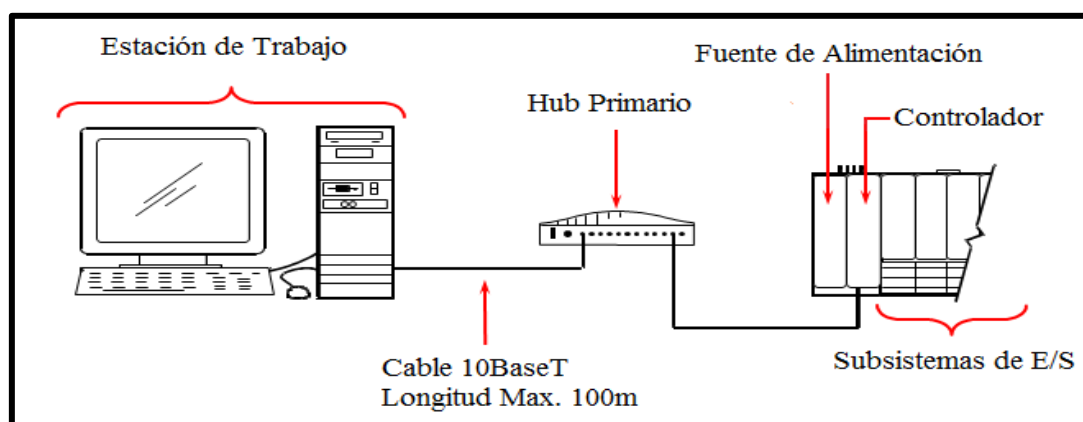


Ilustración 5.60 Hardware del Sistema Delta V.

5.1.4.2 Estación de trabajo

La estación de trabajo (Workstation) está formada por un computador personal con Windows XP, conectada a la Red de Control DeltaV. Se usa para diseñar estrategias de control, operar el proceso y ejecutar diagnósticos del sistema DeltaV en línea.

5.1.4.3 Red de control

Es una red de comunicaciones que conecta varios nodos en el sistema DeltaV. Un nodo es un dispositivo tal como un controlador o estación de trabajo DeltaV en la Red de Control. La Red de Control es una red de área local Ethernet aislada (LAN), que puede ser redundante. Ethernet son especificaciones IEEE 802.2 & 802.3, las cuales describen como las computadoras se comunican por un medio en un ambiente de área local.

5.1.4.4 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación del sistema Delta V consta de las siguientes opciones:

- ✓ La fuente de alimentación de sistema CA/CD acepta entrada 85–264 VCA/47–63 Hz.
- ✓ La fuente de alimentación de Sistema CD/CD solo acepta entrada 12VDC.
- ✓ La fuente de alimentación de sistema DUAL CD/CD acepta entrada 12 o 24 VDC.

Fuente de alimentación Bulk para sistema CD/CD:

- ✓ Fuente de alimentación Bulk de CA a 12VCD
- ✓ Fuente de alimentación Bulk de CA a 24VCD

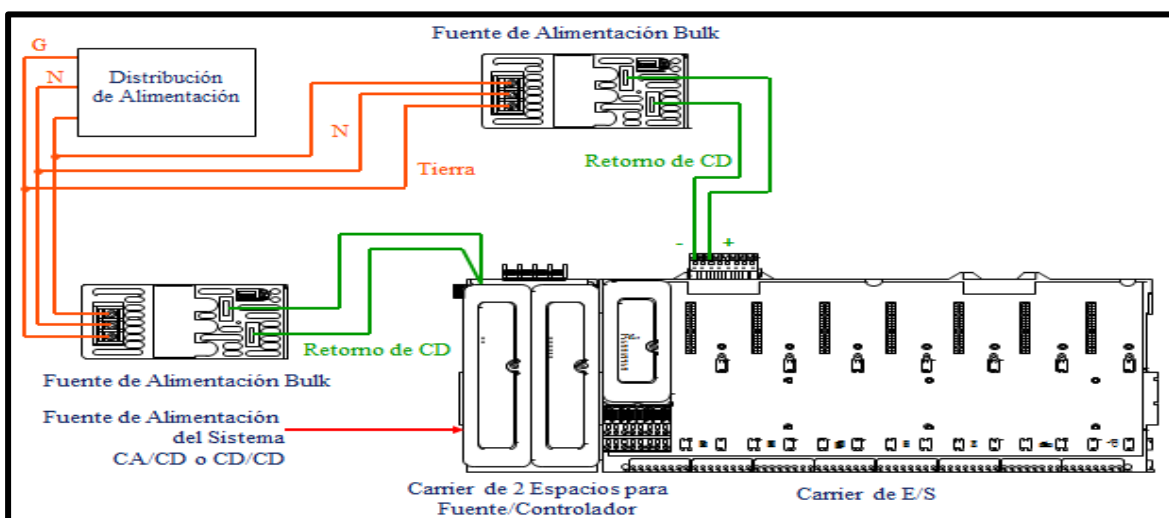


Ilustración 5.61 Fuente de Alimentación del Sistema DeltaV.

5.1.4.5 Controlador

- ✓ Computador del sistema DeltaV que ejecuta algoritmos para controlar el proceso e informar de su estado al operador.
- ✓ El controlador se monta en la ranura derecha del Carrier de dos espacios para Fuente/Controlador como se muestra a continuación.

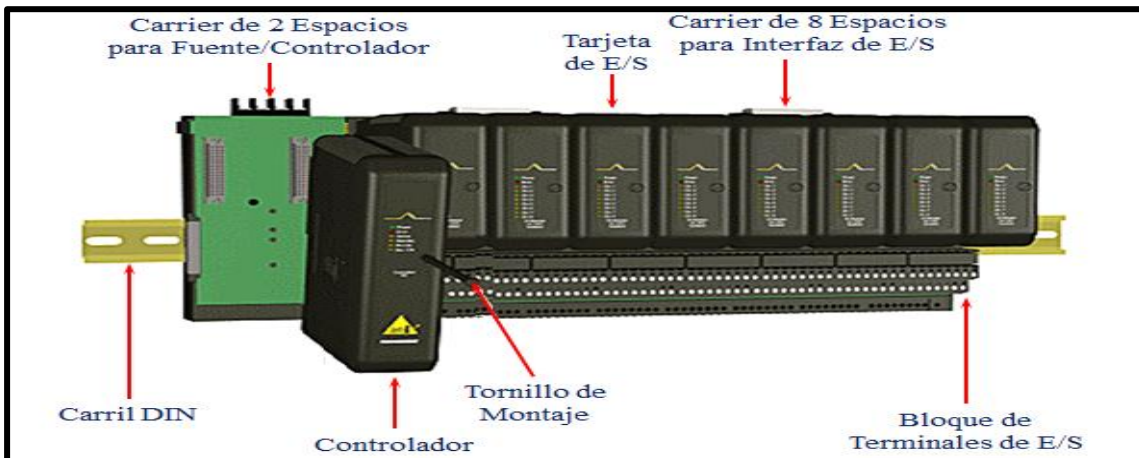


Ilustración 5.62 Controlador.

Soporte de hardware de E/S del controlador	64 tarjetas de E/S
Soporte de software del controlador	Hasta 750 DTS's por Controlador
Máximo general del Sistema DeltaV	Hasta 30000 DTS's
Nota: DTS (Device Signal Tag) es un tag entregado a una señal específica que es recibida o enviada al dispositivo de campo.	

Tabla N°20 Característica del módulo de control.

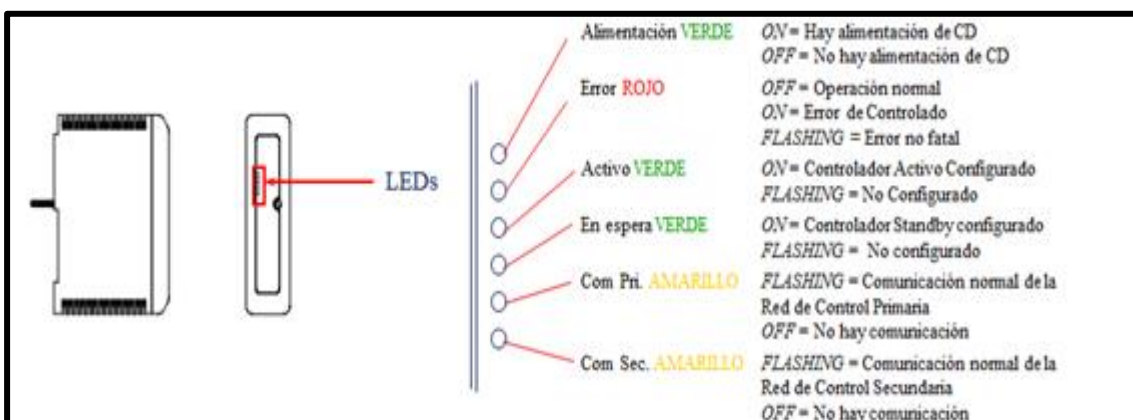


Ilustración 5.63 Leds del controlador.

5.1.4.6 Subsistemas de entradas y salidas I/O

El subsistema de E/S incluye Interfaces de E/S montadas en uno o más Carrier de ocho espacios para Interfaz de E/S y una fuente de alimentación opcional que proporciona energía a los dispositivos de campo.

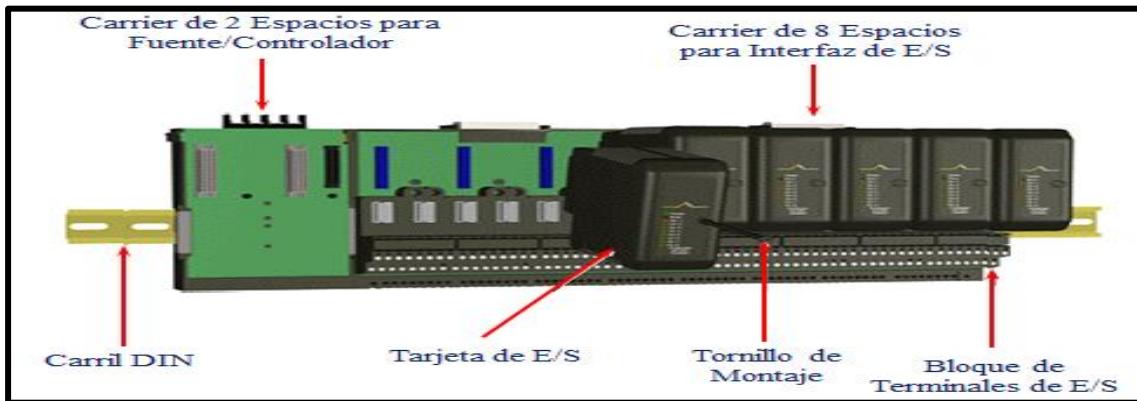


Ilustración 5.64 Interfaz de E/S.

La interfaz de entradas y salidas I/O está conformada por los siguientes componentes:

- ✓ Bloque de Terminales de E/S, que se monta en el Carrier de E/S para proporcionar terminales tipo tornillo para el cableado de campo.
- ✓ Tarjeta de E/S, que se monta en el bloque de terminales de E/S que se encuentra en el Carries de Interfaz de E/S. La tarjeta convierte las señales de campo a un formato digital para control y comunicación.

Entradas analógicas
Serie 2 AI, 8 Canales, 4 – 20 mA, HART
AI, 16 Canales, 4 – 20 mA, HART
AI, 8 Canales, 4 – 20 mA, HART
AI, 4 Canales, Entrada Aislada (Termopar, RTD, MVolt, Ohms, Voltaje)
AI, 8 Canales, 4 – 20 mA
AI, 8 Canales, 1 – 5 volt
AI I.S., 8 Canales, 4 – 20 mA, HART
RTD, 8 Canales
Termopar, 8 Canales

Tabla N°21 Entradas análogas.

Salidas analógicas
Serie 2 AO, 8 Canales, 4 – 20 mA, HART
AO, 8 Canales, 4 – 20 mA, HART
AO, 8 Canales, 4 – 20 mA
AO I.S., 8 Canales, 4 – 20 mA
AO I.S., 8 Canales, 4 – 20 mA, HART

Tabla N°22 Salidas análogas.

Entrada discreta
DI, 8 Canales, 24 VDC, Aislada
Serie 2 DI, 8 Canales, 24 VDC, Contacto Seco
DI, 8 Canales, 24 VDC, Contacto Seco
DI, 8 Canales, 120 VCA, Aislada
DI, 8 Canales, 120 VCA, Contacto Seco
DI, 8 Canales, 230 VCA, Aislada
DI, 8 Canales, 230 VCA, Contacto Seco
DI de Alta Densidad, 32 Canales, 24 VDC, contacto Seco
DI I.S., 16 Canales, Alimentación I.S. de 12 VDC
Multifunción, 4 Canales, DI o Entrada de Pulsos
SOE (Secuencia de Eventos), 16 Canales, DI Estándar o SOE

Tabla N°23 Entradas discretas.

Salida discreta
DO, 8 Canales, 120/230 VCA, Aislada
DO, 8 Canales, 120/230 VCA, High Side
DO 8 Canales, 24 VDC, Aislada
Serie 2 DO, 8 Canales, 24VDC, High Side
DO 8 Canales, 24 VDC, High Side
DO de Alta Densidad, 32 Canales, 24 VDC, High Side
DO I.S., 4 Canales, Alimentación I.S. de 12 VDC
Fieldbus H1 y Series 2 H1
Profibus DP
Serial Card, 2 puertos, RS232/RS485

Tabla N°24 Salidas discretas.

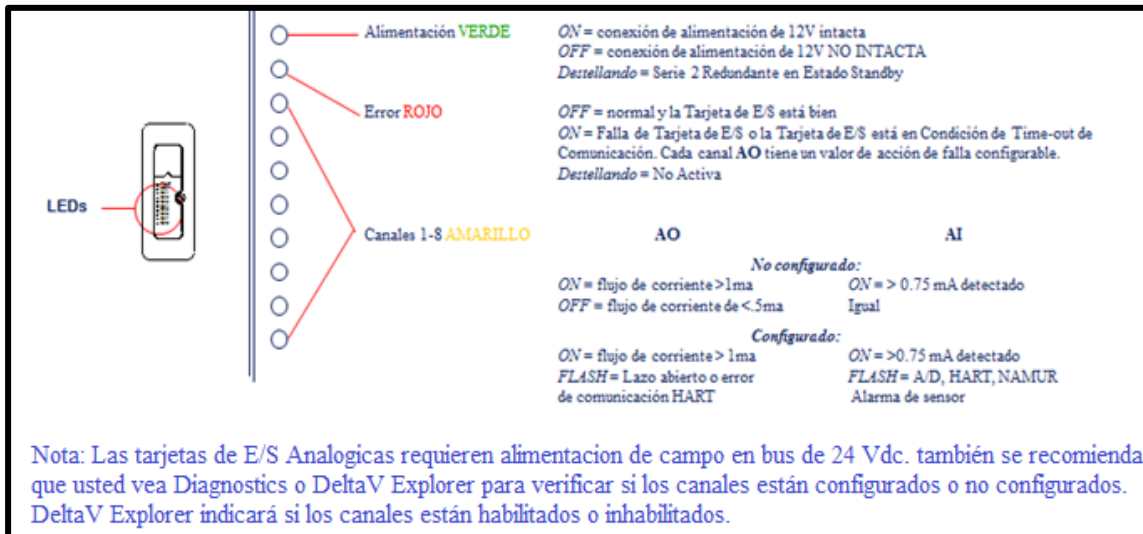


Ilustración 5.65 Leds de las tarjetas E/S analógicas.

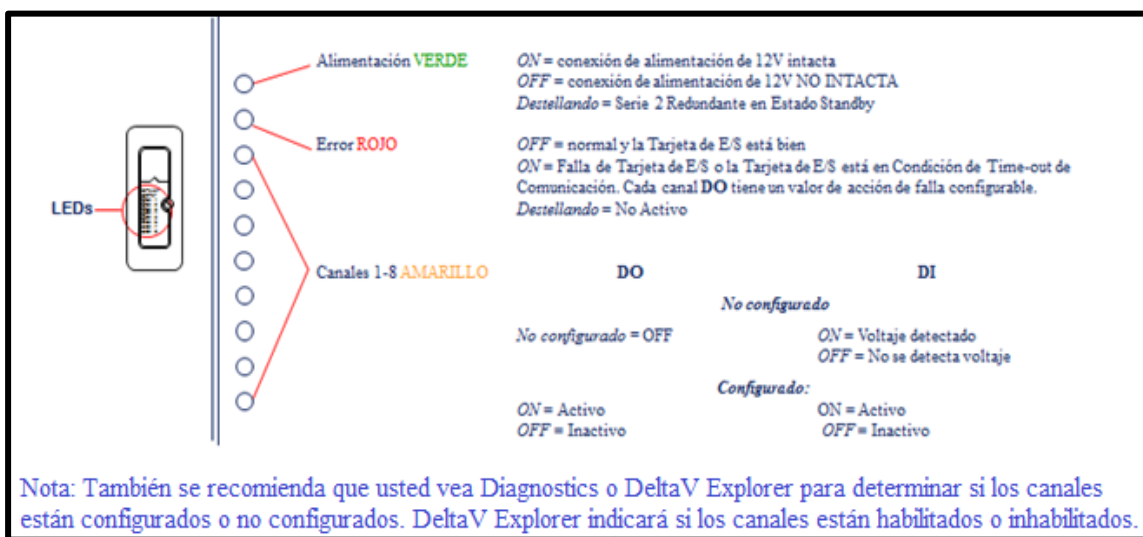


Ilustración 5.66 Leds de las tarjetas E/S Discretas.

5.2 SOFTWARE SISTEMA DISTRIBUCION DELTA V

El software Delta V cuenta con una gran variedad de aplicaciones, las cuales proporcionan ayuda en diversos ámbitos, tales como configuración, operación, documentación y optimización de los procesos. Posee una librería de módulos de control predeterminadas, tecnología Plug&play para modificar el hardware y emplea técnicas Drag&Drop para configuración y modificación. Cuenta también con asistencia y documentación online.

A continuación se detallan los tres paquetes de software principales:

- Configuration Studio.
- DeltaV Opérate.
- Diagnostics.

5.2.1 Configuration studio

Esta parte del software la componen dos programas Delta Explorer y Control Studio.

5.2.1.1 Delta explorer

Esta aplicación permite definir y configurar los componentes del sistema, como áreas, nodos, módulos y alarmas. Permite también visualizar la estructura y esquema general del sistema. Tiene una apariencia similar a la del explorador de Windows.

Delta V explorer permite realizar las siguientes funciones:

- ✓ Configurar hardware del sistema
- ✓ Crear, copiar y mover módulos
- ✓ Agregar y editar los tipos de alarma y sus prioridades
- ✓ Editar los parámetros de seguridad
- ✓ Editar las propiedades de la red, del controlador y de la estación de trabajo.
- ✓ Abrir otros programas de DeltaV como por ejemplo el Control Studio o el DeltaV Operate.
- ✓ Importar y exportar datos desde o hacia una hoja de cálculo en Excel.

A continuación se muestra los pasos a seguir para acceder a Delta V Explorer:

- ❖ Hacer click en Start → DeltaV → Engineering → DeltaV Explorer:

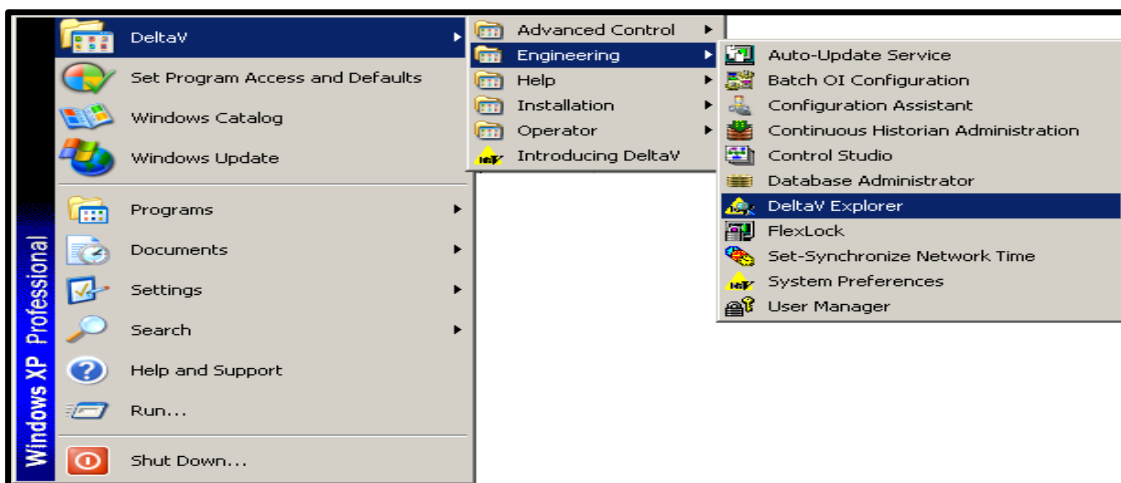


Ilustración 5.67 Inicio a DeltaV Explorer.

- ❖ Deberá aparecer la siguiente pantalla:

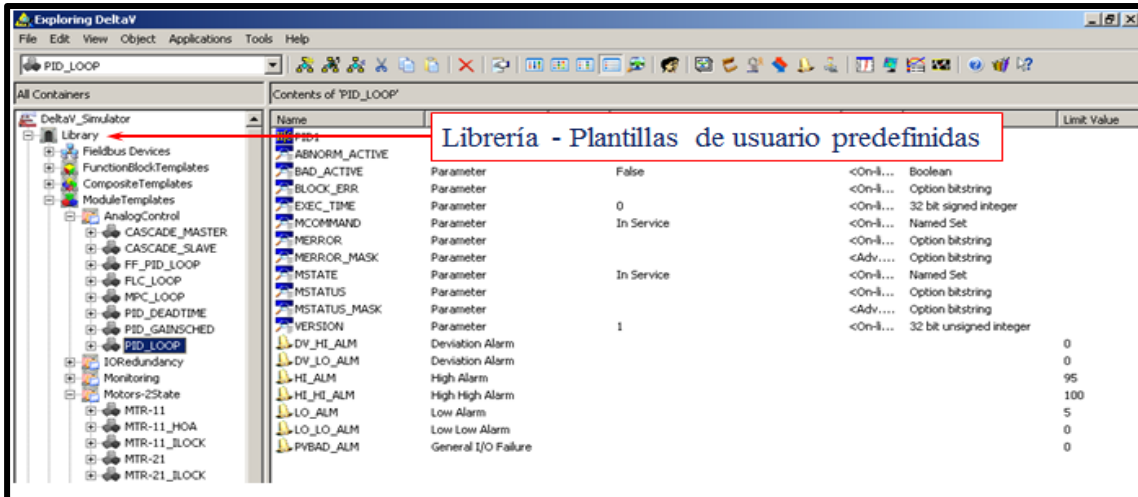


Ilustración 5.68 Pantalla DeltaV Explorer.

DeltaV soporta jerarquía lógica para grandes sistemas que incluye los siguientes niveles:

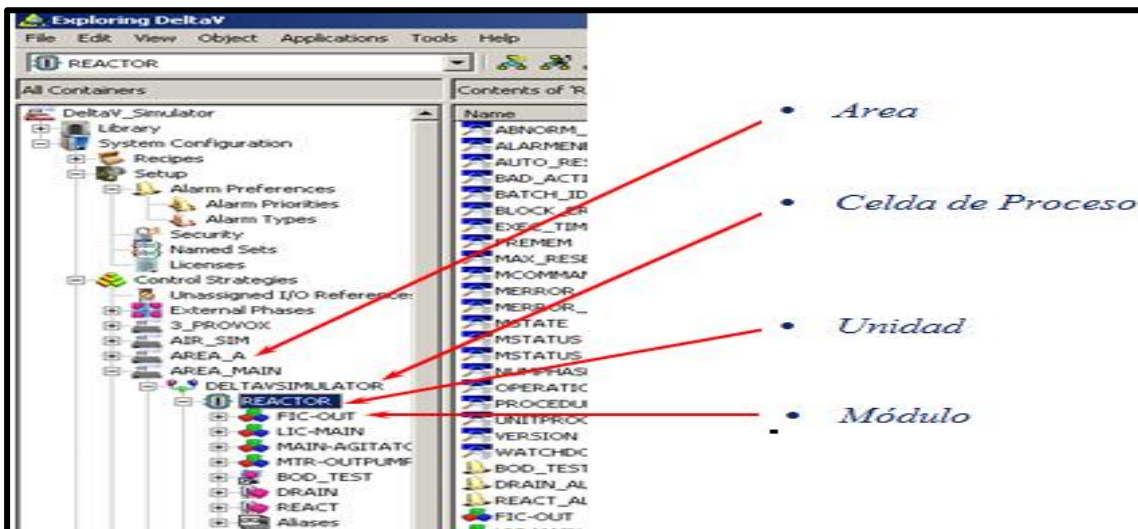



Ilustración 5.69 Niveles de jerarquía lógica en DeltaV Explorer.

- ❖ **Área:** División lógica de un sistema de control de proceso. Las áreas representan típicamente ubicaciones de planta o funciones principales de procesamiento.
- ❖ **Celda de proceso:** Puede estar basado en clase (disponible para Batch Executive) o no estar basado en clase. La celda de proceso se puede usar para organizar las unidades y módulos dentro de un área de planta.
- ❖ **Unidad:** La adición de módulos de control a un módulo de unidad le permite a usted tomar ventaja de las técnicas avanzadas de alarmas.
- ❖ **Módulo:** Vincula los algoritmos, desplegados, E/S, condiciones y otros caracteres (parámetros) al equipo. Los módulos pueden residir en cualquier nivel de la jerarquía.

5.2.1.2 Control studio

Este software se utiliza para diseñar y modificar los Módulos y plantillas que conforman la estrategia de Control. Gráficamente se puede construir un módulo arrastrando elementos desde una paleta, luego se conectan los elementos para dar origen a un nuevo algoritmo de control para el modulo.

Control Studio utiliza ya sean Bloques de Función (function blocks) para control continuo o diagramas de Función Secuencial (Sequential Function Charts, SFC) que se utiliza para control secuencial.

- ❖ Se puede ingresar al Control Studio de dos formas:
- ❖ **Opción 1:** Haciendo click en el botón “Launch Control Studio”  desde el Delta V Explorer.
- ❖ **Opción 2:** Hacer click en Start → DeltaV → Engineering → Control Studio

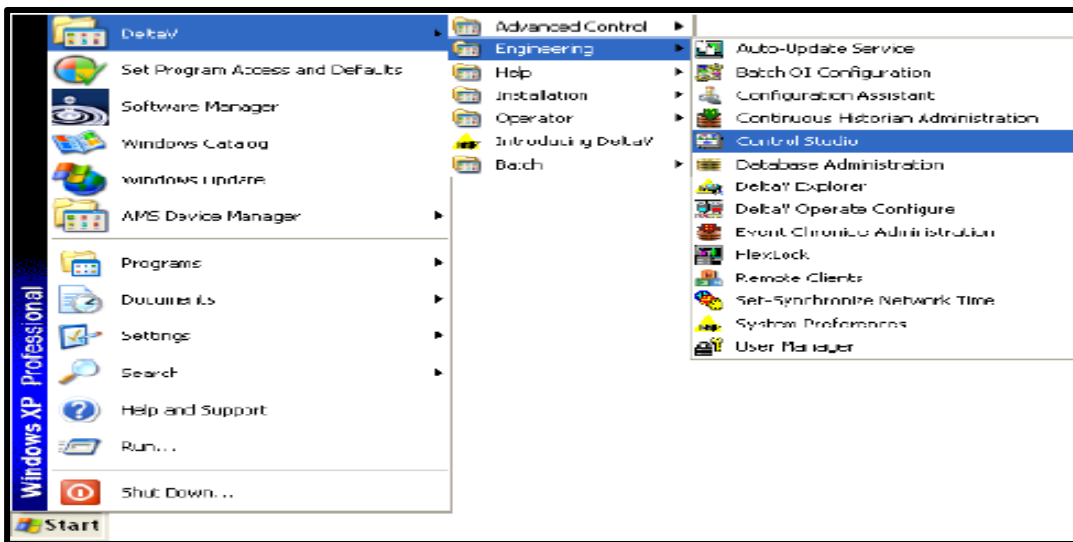


Ilustración 5.70 Inicio a Control Studio.

Al ingresar de cualquiera de las dos formas, debería aparecer la siguiente pantalla:

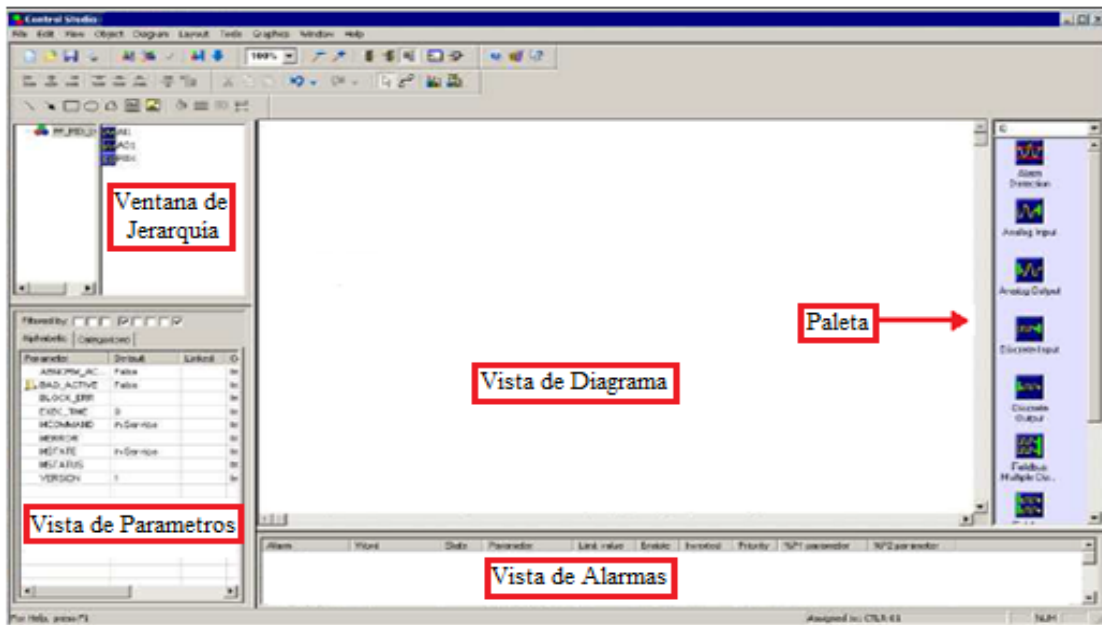


Ilustración 5.71 Pantalla Control Studio.

- ❖ **Ventana de jerarquía:**(Hierarchy View): Despliega los contenidos, ya sea de los diagramas de bloque de funciones o diagramas de Función Secuencial (SFC).
- ❖ **Vista del Diagrama:**(Diagram View): Es el área de trabajo en donde se construyen las estrategias de control para el módulo de control.
- ❖ **Vista de los Parámetros:** (Parameter View): Muestra los parámetros que corresponden al bloque de función seleccionados en el Diagram View.
- ❖ **Paleta:** (Palette): Contiene bloques de funciones, parámetros y otros bloques personalizados que pueden ser arrastrados al Diagram View, para diseñar las estrategias de control.
- ❖ **Vista de las Alarmas:** (Alarm View): Es el área en la cual se muestran y se crean las alarmas predefinidas o creadas por el usuario.

5.2.2 Delta V operate

El software DeltaV Operate puede funcionar en dos modos, en modo de configuración (“Configure”) o en modo de ejecución (“Run”).

5.2.2.1 Delta V operate configure

El modo Configure se utiliza para construir los gráficos del proceso simulado. Se puede incorporar texto, gráficos, animaciones y sonidos.

Se puede ingresar a este modo de tres formas:

- ❖ **Opción 1:** Hacer click en Start → DeltaV → Engineering → DeltaV Operate Configure.
- ❖ **Opción 2:** Desde el DeltaV Operate (Run), hacer click derecho en el área de trabajo y seleccionar Quick Edit.
- ❖ **Opción 3:** Desde el DeltaV Operate (Run), pulsando CTRL-W.

A continuación se muestra la pantalla de DeltaV Operate en modo configure:

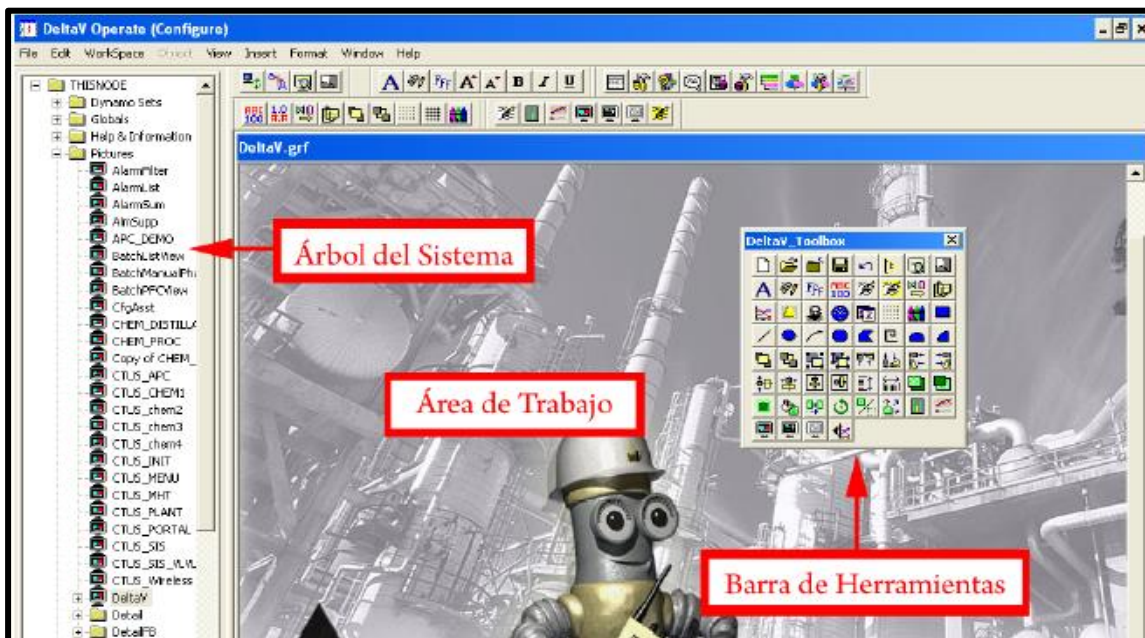



Ilustración 5.72 Pantalla del DeltaV Operate (Configure).

- ❖ **Árbol del Sistema:** Está compuesto de cinco carpetas:
 1. **Dynamo Sets:** Proporciona imágenes prediseñadas y objetos que se utilizan en el diseño de la pantalla HMI.
 2. **Globals:** Contiene las variables globales, variables definidas por el usuario y otras variables del sistema que se utilizan en DeltaV Operate.
 3. **Help & Information:** Proporciona acceso a la librería DeltaV, también proporciona ayuda para la automatización de interfaces para el lenguaje Visual Basic.
 4. **Pictures:** Contiene imágenes definidas por el usuario operador. Proporciona también cuadros de muestra, incluyendo muchas plantillas de caratulas, pantallas, cuadros de detalle de alarmas, etc. que pueden ser modificados y utilizados para el trabajo en muchas aplicaciones de proceso.
 5. **Schedules:** Contiene los horarios definidos por el usuario.
- ❖ **El Área de Trabajo:** contiene el documento que se está trabajando.
- ❖ **Barra de Herramientas:** contiene elementos que permiten al usuario modificar el documento.

5.2.2.2 Delta V operate run

En el modo Run, los operadores del sistema de control utilizan esos gráficos configurados para el monitoreo y el mantenimiento del proceso.

Para ingresar, se puede hacer de las siguientes formas:

- ❖ **Opción 1:** Pulsar el botón  desde el DeltaV Explorer.

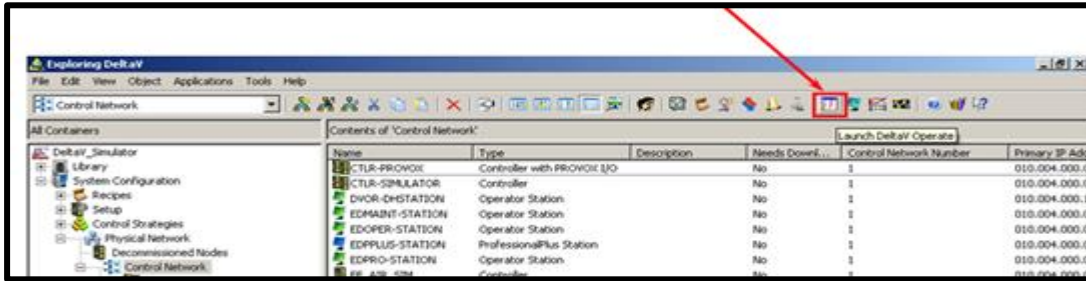


Ilustración 5.73 Botón "Launch DeltaV Operate".

- ❖ **Opción 2:** Hacer click en Start → DeltaV → Operator → DeltaV Operate

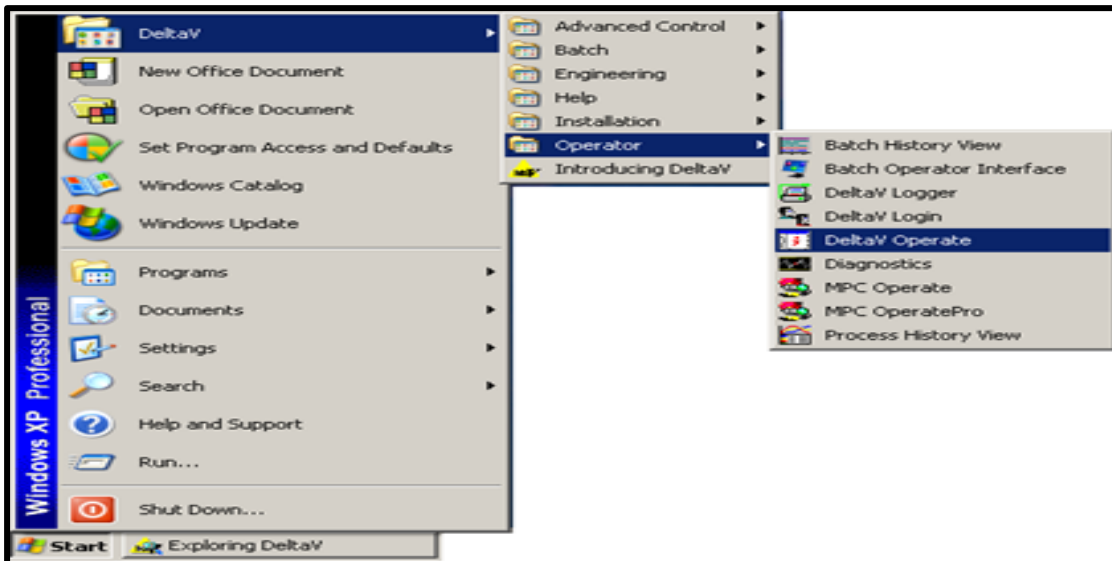


Ilustración 5.74 Accediendo a DeltaV Operate (Run).

- ❖ **Opción 3:** Desde el DeltaV Operate (Configure), haciendo click derecho en el Área de Trabajo y seleccionando Quick Edit.
- ❖ **Opción 4:** Desde el DeltaV Operate (Configure), cerrando las ventanas que estén abiertas y pulsando CTRL-W.

A continuación se muestra la pantalla de DeltaV Operate (run):




Ilustración 5.75 Pantalla DeltaV Operate (Run).

- ❖ **Barra de herramientas:** Consta de un conjunto de botones gráficos que proporcionan acceso rápido a las aplicaciones usadas frecuentemente.
- ❖ **Área de trabajo:** una representación gráfica de la planta y sus datos actuales de operación.
- ❖ **Área de alarmas:** despliega las cinco alarmas de mayor prioridad de izquierda a derecha.
- ❖ Nota: Los parámetros de operación, tales como salidas y Setpoints se cambian desde el área de trabajo.

5.2.3 Delta V diagnostic

La aplicación Diagnostics de DeltaV captura y registra eventos de diagnóstico a medida que ocurren, permitiendo tener acceso inmediato a la información general o detallada del sistema.

Se puede acceder a DeltaV Diagnostics de dos formas:

- ❖ **Opción 1:** Hacer click en el botón  ubicado en el DeltaV Explorer.
- ❖ **Opción 2:** Hacer click en Start → DeltaV → Operator → Diagnostics.

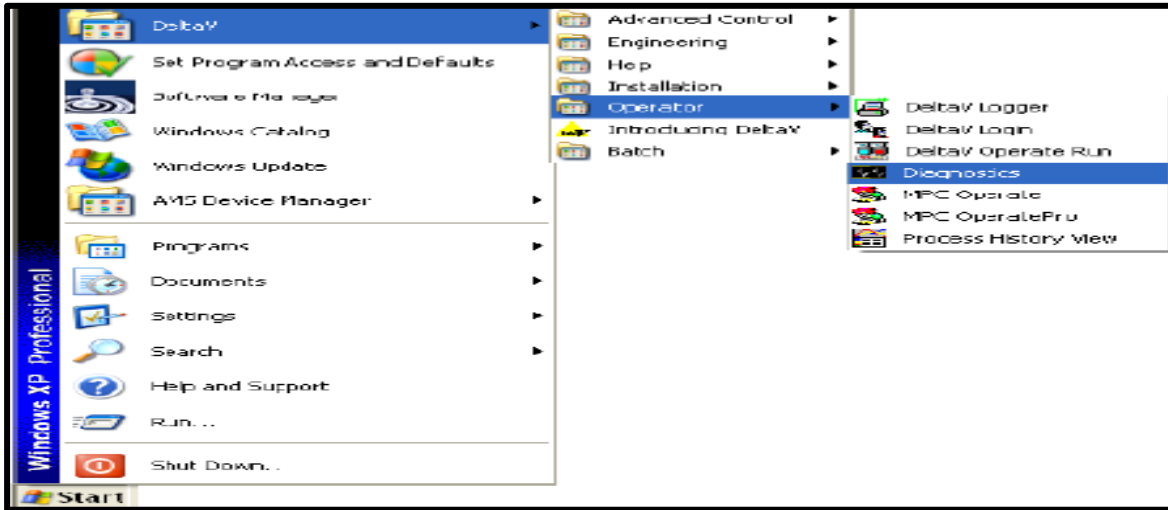


Ilustración 5.76 Accediendo a Diagnostics.

Al acceder por cualquiera de las dos formas mencionadas anteriormente, debería aparecer la siguiente pantalla:

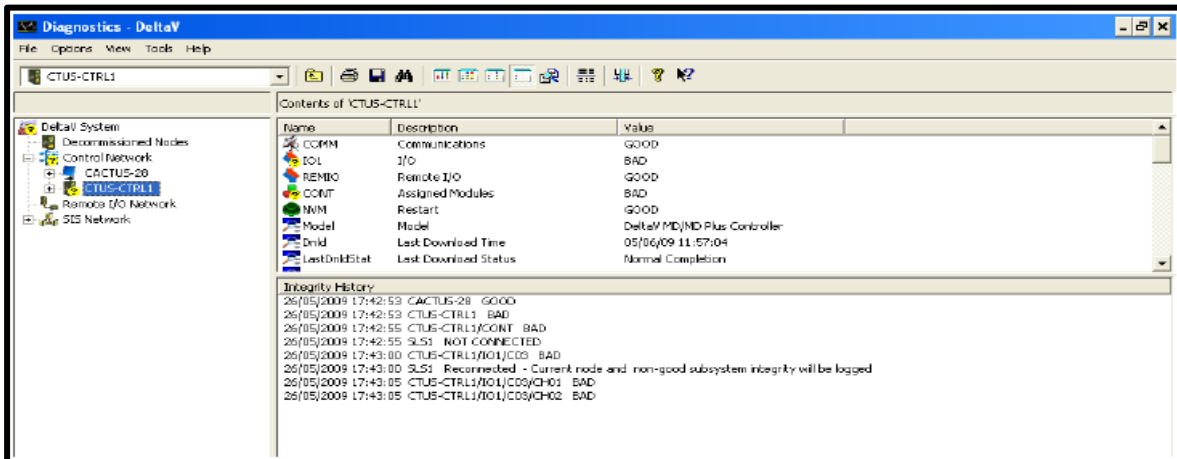


Ilustración 5.77 Pantalla Diagnostics.

- ❖ Cuando se ejecuta la aplicación Diagnostics, el árbol contendrá los nombres de los iconos de los nodos de la red de control de su sistema. El árbol proporciona información (iconos) sobre todos los nodos.
- ❖ El nivel Control Network (Red de Control) del árbol muestra un resumen de la integridad y estadística de comunicación para todos los nodos, como se muestra en la siguiente imagen.

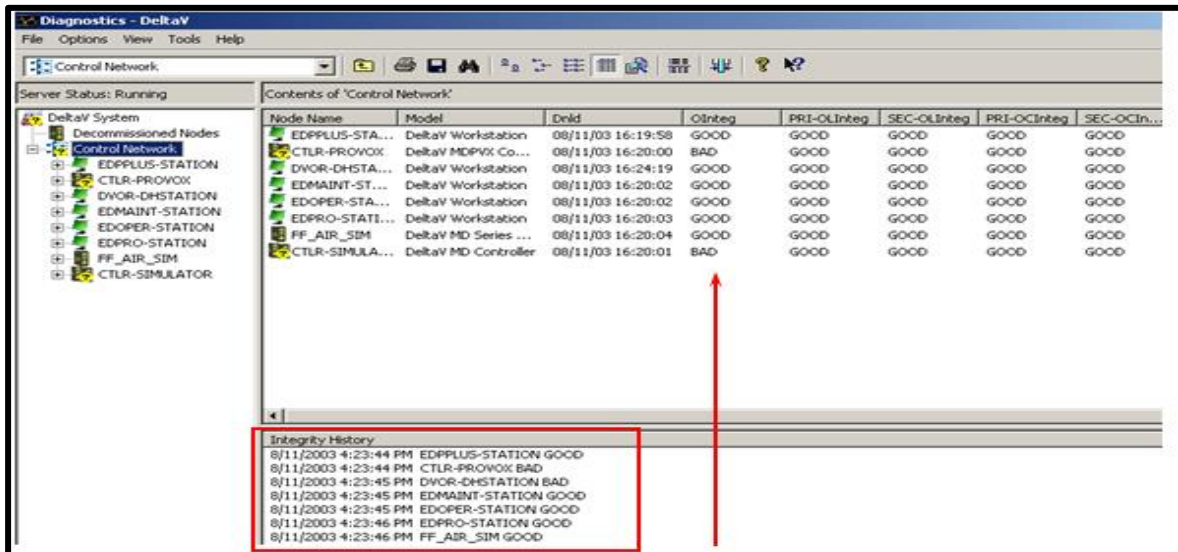


Ilustración 5.78 Diagnostics de DeltaV.

5.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN FIELDBUS FOUNDATION

5.3.1 Definición del protocolo fieldbus foundation

Es un protocolo de comunicación digital para redes industriales, específicamente utilizado en aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de proceso y automatización. Está orientado principalmente a la interconexión de dispositivos en industrias de procesos continuos.

Fieldbus Foundation se diferencia de cualquier otro protocolo de comunicaciones, porque en vez de estar pensado simplemente como un medio de transmisión de datos, está diseñado para resolver aplicaciones de control de procesos, actualmente están definidas dos versiones Fieldbus Foundation H1 y Fieldbus Foundation HSE.

5.3.1.1 Fieldbus Foundation H1

Se basa en la norma IEC 11158-2 que establece una comunicación de 31.25 [Kbps] y un voltaje mínimo de 9 [V] en el dispositivo de campo. Mediante la utilización de módulos de conexión, se pueden utilizar tanto la topología de árbol como la topología de estrella y una combinación de ambas.

El número de dispositivos conectados al bus de campo en una zona intrínsecamente segura tiene un máximo de 32. En el caso de zonas de riesgo de explosiones, la cantidad de dispositivos por línea se ve reducida, debido a las limitaciones en la fuente de alimentación. En el mercado ocupa un lugar similar al de Profibus PA mientras que PA

está mucho más extendido en Europa, H1 tiene su origen y su área de mayor distribución en América y Asia.

5.3.1.2 Fieldbus Foundation HSE

Está basado en la tecnología Ethernet, existen versiones de 100 [Mbps] y 1 [Gbps], tanto para fibra óptica como para par trenzado y se usa principalmente una topología en estrella, pero de ser necesario, puede soportar también topología de anillo. Se puede confeccionar una red mediante dispositivos de hardware comercial, tales como routers, hubs, swiths, cables, conectores, etc. A continuación se muestra una red Fieldbus Foundation, en la cual se muestra en qué nivel del sistema se encuentran las versiones H1 y HSE

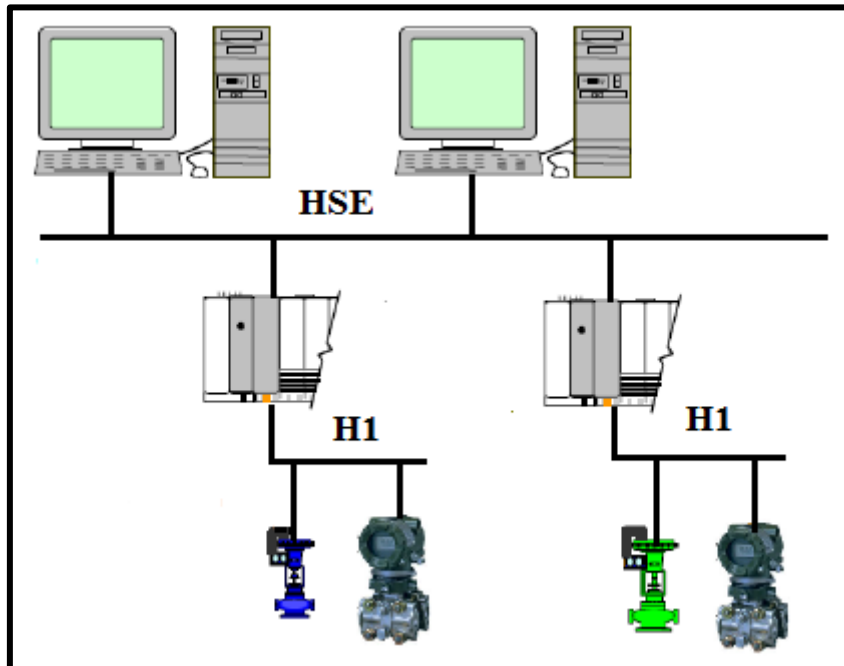


Ilustración 5.79 Red fieldbus foundation, niveles HSE y H1.

Según lo observado en la figura podemos determinar que para los dispositivos de campo tales como posicionadores de válvulas y transmisoras se utiliza el protocolo H1, y para dispositivos de mayor jerarquía tales como variadores de velocidad se debe utilizar el protocolo HSE.

5.3.2 Estructura fieldbus foundation H1

Los buses de campo se basan en el modelo OSI (Open System Interconection), y utilizan tres niveles de los siete que este posee. A continuación se detallan los tres niveles mencionados anteriormente:

- ✓ Nivel físico.
- ✓ Nivel de enlace (Stack de comunicaciones).
- ✓ Nivel de aplicación (usuario).

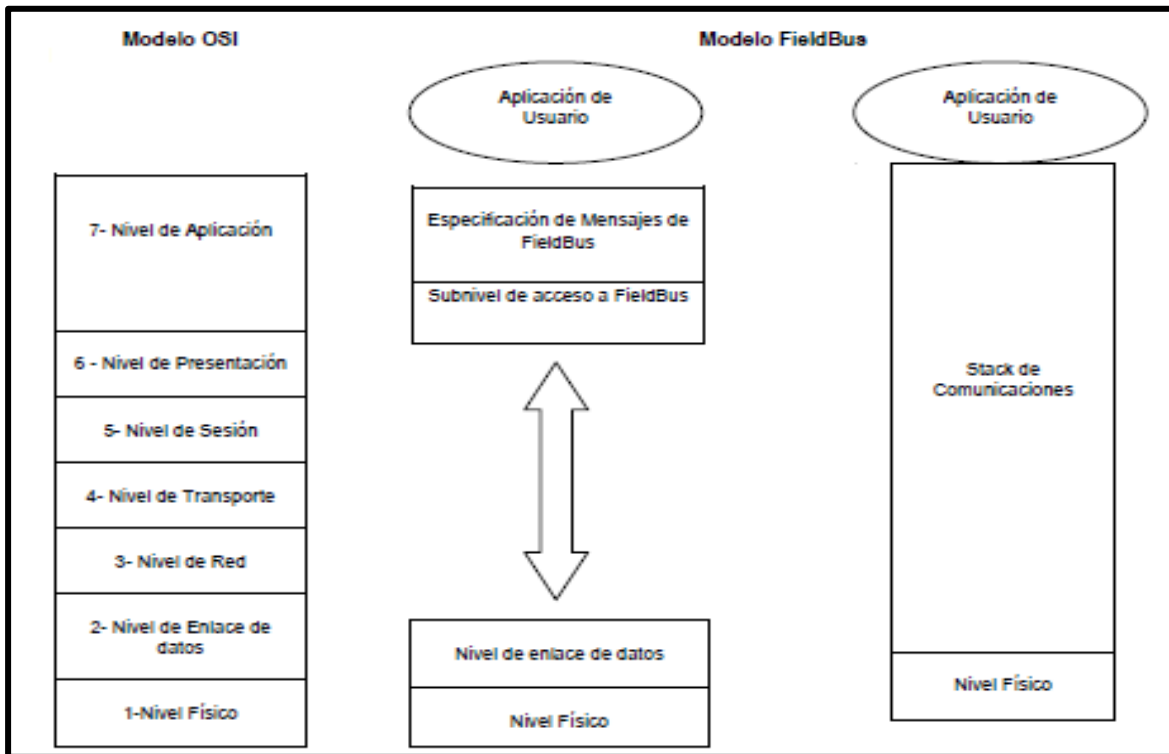


Ilustración 5.80 Modelo OSI para Fieldbus Foundation.

5.3.2.1 Nivel físico

El nivel físico indica cuantos dispositivos se pueden conectar en un segmento o canal de transmisión, en nuestro caso (FF H1) se pueden conectar hasta 32 dispositivos, se especifica también el número de estaciones repetidoras, las cuales no pueden exceder 4 repetidoras por segmento.

Este nivel define el medio físico a utilizar según especificaciones establecidas por IEC (Internacional Electromechanical Commission) y por ISA (International Society of Automation), a continuación se muestra una tabla de tipos de cables y longitud de segmentos permitidos.

Tipo	Descripción	Tamaño	Longitud máxima
A	Par trenzado apantallado	#18 AWG	1900 m
B	Múltiple par trenzado con apantallamiento completo	#22 AWG	1200 m
C	Múltiple par torcido sin apantallar	#26 AWG	400 m
D	Doble cable sin apantallamiento y sin torsión	#16 AWG	200 m

Tabla N°25 Tipos de cables.

5.3.2.2 Nivel de enlace

Establece el control de acceso al medio (FAS) y la especificación de mensajes (Fieldbus Messaging Services, FMS) incluyendo el control de flujo y de errores. Para no llevar la línea a un caos de mensajes, un aparato especial llamado Programador Activo de Enlace (Link Active Scheduler, LAS) envía un mensaje especial a cada instrumento y así especificar qué instrumento puede transmitir, lo que corresponde al paso de testigo para la transmisión. Esto forma parte del nivel de enlace de datos (DLL) y actúa según la norma DLL de IEC/ISA

El LAS controla y temporiza las comunicaciones en el bus, utilizando varios testigos y comandos que envía de forma rotativa a todos los dispositivos. También se encarga de autodetectar los dispositivos recién conectados o los que están fallando, configurando así un sistema “plug and play”. La función LAS puede ser llevada por dispositivos de campo normales y otros especializados, que reciben el nombre de “Link Master”, por lo tanto, en un bus puede haber varios dispositivos Link Master de manera que si llegara a fallar en LAS, pueda ser reemplazado por alguno de ellos. Los dispositivos que no son aptos para llevar un LAS, son conocidos como “Basic Devices” (Dispositivos Básicos)

Las comunicaciones en Fieldbus Foundation pueden ser de dos tipos:

Transmisión de datos Programada: El LAS transmite constantemente un paquete de sincronización TD (Time Data), de esta manera, la transmisión se inicia y termina en el instante preciso, pues los tiempos de duración están perfectamente sincronizados y establecidos.

Considerando que no puede haber más de una tarea simultánea que implique acceso al Bus, para que no hayan colisiones, es solo un dispositivo el que puede transmitir cuando el LAS le cede el control del Bus mediante el paso del Testigo (Token). El LAS se asegura de que el testigo recorra todos los dispositivos de la lista de activos.

Transmisión no programada: Transmitida sólo bajo demanda. Las transmisiones de diagnóstico, configuración, etc. se realizan de forma no programada. Cuando el bus está desocupado, ya sea porque los dispositivos se encuentren en espera o realizando otras tareas, el LAS permite el uso del bus por transmisiones no programadas.

Al final de cada transmisión verifica si hay tiempo para hacer algo antes de la siguiente transmisión programada. De ser así elige entre ceder el testigo a alguien, comprobar si tiene información programada o no para transmitir, enviar un paquete de sincronización, etc.

5.3.2.3 Nivel de aplicación

En este nivel el software interactúa con los equipos conectados y se encarga de la forma en que se van a recoger datos desde un dispositivo y cómo escribirlos en el mismo, así como también efectuar alguna labor mediante un dispositivo. Advierte cuando los dispositivos son básicos y cuando tienen capacidad de arbitrar el Bus (Link Master), ya que sólo un dispositivo avanzado puede arbitrar el bus a la vez. Como se explicó antes puede haber más de un Link Master, pero solo arbitrará el bus en caso de que el otro falle.

La capa de aplicación representa sus funciones a través de tres bloques:

- **Bloque Fuente:** Describen las características del dispositivo como nombre, número de serie, entre otros. Solo hay un único bloque fuente o recurso por cada dispositivo.
- **Bloque de función:** Se encarga de cómo va a trabajar el sistema.
- **Bloques Transductores:** Los Bloques Transductores desacoplan a los Bloques de Función de los detalles hardware de un determinado dispositivo y realizan todas las operaciones necesarias para dar el valor del sensor al Bloque de Función y/o hacer los cambios en las salidas que indique el Bloque de Función. Estos bloques manejan información importante acerca de fechas de calibraciones, tipos de sensores, unidades de conversión y precisión. Habitualmente va uno por cada bloque de I/O.

5.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS

5.4.1 Tecnología profibus

Profibus es un estándar de comunicaciones, siendo uno de los buses de campo abiertos que cumple con todos los requerimientos en un rango muy amplio de aplicaciones, orientado a satisfacer las necesidades de automatización y control de procesos.

Hay que señalar que campo abierto se refiere al intercambio de datos entre distintas estaciones de producción usando diferentes redes de datos, sin dejar de mencionar a la OSI (Organización Internacional de Estandarización) quien aprueba esta comunicación como ISO 7498, siendo el modelo básico para las comunicaciones abiertas (Modelo ISO/OSI). Profibus fue establecida como norma nacional alemana DIN 19245 en 1989 y posteriormente, como norma europea EN 50170 en 1996. Además de poseer especificaciones de buses de campo de normas internacionales como la IEC 61158.

5.4.2 Perfiles de comunicación

Profibus ofrece protocolos de comunicaciones según la aplicación tanto para alta velocidad como para grandes cantidades de direccionamiento, ya sea para el caso de los sensores y actuadores, como también para buses con largos tiempos de respuesta para aplicaciones de comunicación compleja, de esta manera se adapta de acuerdo a las condiciones de la industria. Para referirnos a estos perfiles es necesario repasar las capas del modelo OSI y sus características.

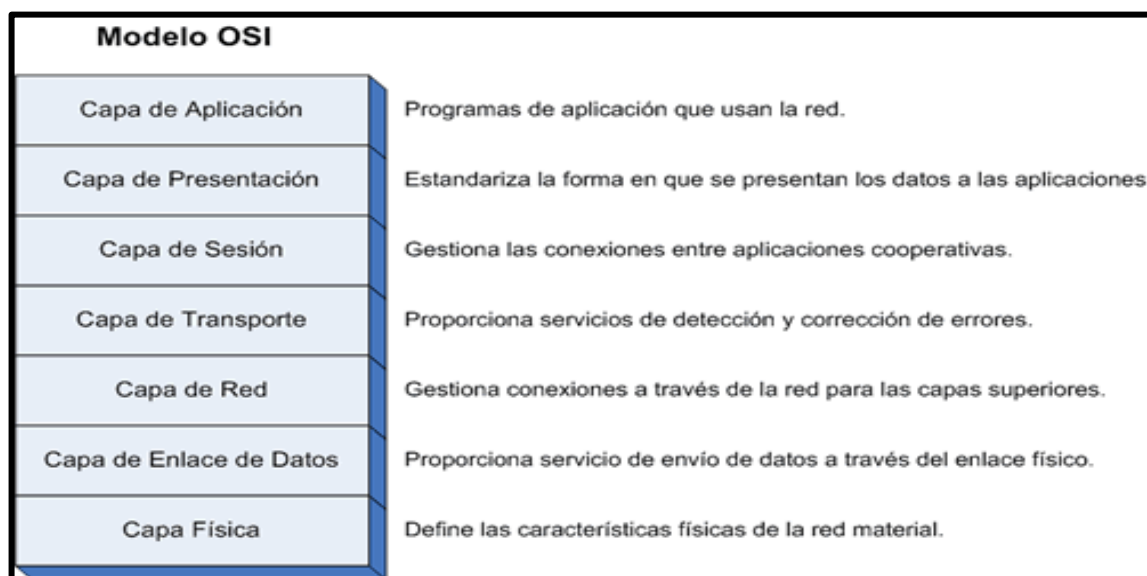


Ilustración 5.81 Modelo OSI para Profibus.

5.4.3 Arquitectura protocolar profibus

La arquitectura Profibus está basada en normas internacionalmente reconocidas orientada al sistema OSI (Open System Interconnection), modelo de referencia de acuerdo con la norma internacional SO 7498. En este modelo cada capa de la transmisión realiza tareas definidas de forma precisa las capas más utilizadas por Profibus y sus tipos son:

- ❖ La Capa 1 o Capa física: Donde se especifican las condiciones físicas de la red o bus, ya sea niveles de tensión y de corriente, tipo de cable y conectores, codificación de tramas de datos. En DP y FMS se utiliza la interfaz RS-485 y dispositivos de fibra óptica, pero en Profibus PA se utiliza IEC 1158-2.
- ❖ La Capa 2 o Capa de Enlace (FDL – Fieldbus Data Link) define el protocolo de acceso al bus y se encarga de establecer el orden de circulación del testigo una vez inicializado el bus, adjudicando el testigo en el arranque, en caso de pérdida del mismo, o en caso de adición o eliminación de estaciones activas.
- ❖ La Capa 7 o Capa de aplicación define las funciones de aplicación.

5.4.4 Capas modelo OSI utilizadas en versiones profibus

5.4.4.1 Profibus DP (Decentralized Periphery).

- ✓ Perfil con características de simplicidad y rapidez para el intercambio de datos entre dispositivos maestros y maestros/esclavos.
- ✓ Posee un tiempo de ciclo menor a 10 ms.
- ✓ Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLC) o terminales.
- ✓ Tiene definido los Niveles 1 (Capa Física) y 2 (Capa de Enlace de Datos) del Modelo OSI.
- ✓ Implementación física con RS485 a través de par trenzado o fibra óptica.
- ✓ Redes Mono y Multi maestro.

5.4.4.2 Profibus PA (Process Automation).

- ✓ Diseñado para procesos de automatización, en los que se enlazan dispositivos de campo con PLC o controladores.
- ✓ Utiliza el mismo protocolo de transmisión que profibus DP.
- ✓ Posibilita la conexión de dispositivos de campo en zonas de riesgo de explosión (Zonas EX) en las que se requiere una red intrínsecamente segura (estándar IEC 1158-2).
- ✓ Tiene definido los Niveles 1 (Capa Física) y 2 (Capa de Enlace de Datos) Del

Modelo OSI, al igual que profibus DP.

5.4.4.3 Profibus FMS (Fieldbus Message Specification).

- ✓ Diseñada para proveer facilidades de comunicación entre varios PLC o controladores en el nivel de producción.
- ✓ Posee un tiempo de ciclo menor a 100 ms.
- ✓ Permite de igual modo que profibus PA la comunicación en zonas con riesgo de explosión, utilizando el respectivo acoplador FMS/PA Link.
- ✓ Tiene definido los Niveles 1 (Capa Física), 2 (Capa de Enlace de Datos) y además el nivel 7 (Capa de Aplicación) del Modelo OSI.
- ✓ Comunicaciones Multi-Maestro y Maestro-Esclavo.
- ✓ Comunicaciones Punto a Punto, Broadcast y Multicast.

5.4.5 Lógica de transmisión profibus

En la transmisión para el Protocolo Profibus es de vital importancia mantener sus requerimientos generales como seguridad de transmisión, distancia y velocidad lo que para ello recomienda lo siguiente:

5.4.5.1 Transmisión RS-485 para profibus PD/FMS

Es la transmisión más frecuentemente utilizada por Profibus, esta tecnología de transmisión es conocida como H2 su área de aplicación incluye todas las áreas en las que se requieren alta velocidad de transmisión y una instalación sencilla. Algunas de sus características son:

- Velocidad de transmisión de 9.6 Kbit/seg. a 12 Mbit/seg. Se seleccionará una para todos los dispositivos.
- La estructura de la red es linear, con par trenzado.
- Conexión máxima de 32 estaciones sin repetidor (127 con repetidor).
- Longitud máxima del cable dependiente de la velocidad de transmisión

Distancias basadas en la velocidad de Transmisión							
Veloc.Baudios (Kbit/seg)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	2000
Distancia	1200[m]	1200[m]	1200[m]	1000[m]	400[m]	200[m]	100[m]

Tabla N°26 Velocidad de transmisión.

Profibus nos advierte de algunas precauciones que debemos tener al momento de implementar una transmisión RS-485:

- Hay que asegurarse de no torcer las líneas de datos.
- Se recomienda el uso de líneas de datos escudadas para mejorar la compatibilidad electromagnética (EMC).
- Se recomienda mantener las líneas de datos separadas de los cables de alto voltaje.

5.4.5.2 Transmisión IEC 1158-2 profibus PA

La tecnología de transmisión IEC 1158-2 cumple los requerimientos idóneos para las industrias químicas y petroquímicas, ya que, posee una seguridad intrínseca y permite a los dispositivos de campo ser conectados al bus. Es una tecnología principalmente usada por Profibus PA y suele conocerse como H1 la cual se basa en los siguientes principios:

- Cada segmento tiene sólo una fuente de energía.
- No se produce ningún tipo de alimentación cuando una estación está enviando datos.
- Los dispositivos actúan como sumideros pasivos de corriente.
- Se permiten redes con estructura linear, en árbol y estrella.
- Para incrementar la fiabilidad, se pueden diseñar segmentos de bus redundantes.

Para Profibus las características más importantes de este tipo de transmisión son:

- Transmisión de datos digital, asíncrona, codificación Manchester.
- Velocidad de transmisión 31.25 kbit/seg.
- Seguridad de los datos: prueba de error al principio y al final.
- Cable de dos líneas trenzadas.
- Opción de alimentación a distancia.
- Conexión de 32 estaciones por segmento (máximo de 126 con repetidor).
- Posibilidad de expansión hasta 4 repetidores.
- La estructura de la red es linear, en árbol o una combinación de ambas.

5.5 EJEMPLO DE COMUNICACIÓN

La red de comunicación creada para comunicar las bombas dosificadoras con el sistema de control distribuido de planta utiliza el equipo denominado Gateway para traspasar los datos que entrega cada bomba por su protocolo de comunicación MODBUS TCP al protocolo de comunicación PROFIBUS DP, por lo cual cada bomba es una pequeña red MODBUS a través del medio Ethernet con una parte del Gateway, es decir cada bomba tiene una dirección IP en base a octetos que se comunican con la dirección IP del Gateway. Por otro lado todos los Gateway están comunicados a una misma red PROFIBUS DP, con topología Deisy Chain, que llegan a la tarjeta maestra del gabinete DCS en sala eléctrica 20 de efluentes. Esta red profibus pasa por unos conversores de medio que se encuentran en el rack de comunicaciones de la sala 22B, donde el medio RS-485 es traspasado al medio fibra óptica hasta sala eléctrica 20.

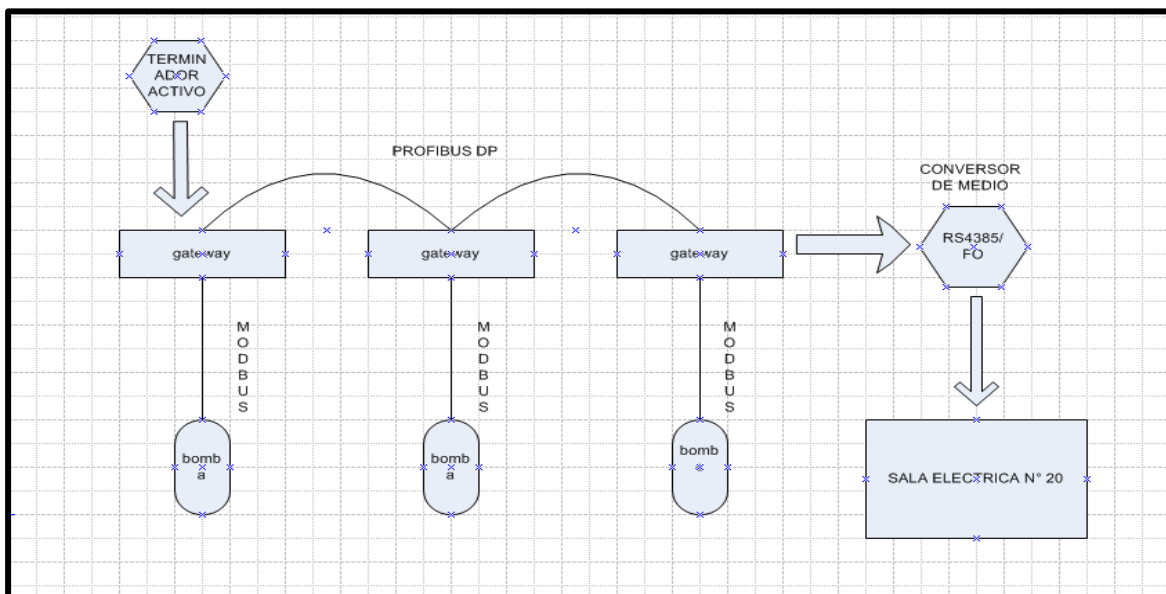


Ilustración 5.82 Esquema topología Gateway.

Todas las bombas pueden tener la misma IP, puesto que cada bomba es una red única punto a punto con su Gateway. Además no pueden trabajar dos bombas de un mismo químico simultáneamente, el operador solo tiene la opción de trabajar con una o con otra.

5.5.1 Procedimiento para carga de mapa de datos en Gateway de comunicación de bombas dosificadora.

El medio de conexión que posee cada Gateway con un pc es a través de un cable serial. En caso de que sea necesario cambiar un Gateway o por que llegase a fallar la comunicación entre la bomba y el Gateway se debe realizar el siguiente procedimiento:

- ❖ Conectar la laptop al puerto serial del Gateway. El conector debe ser un cable serial con los dos extremos de conexión tipo hembra.

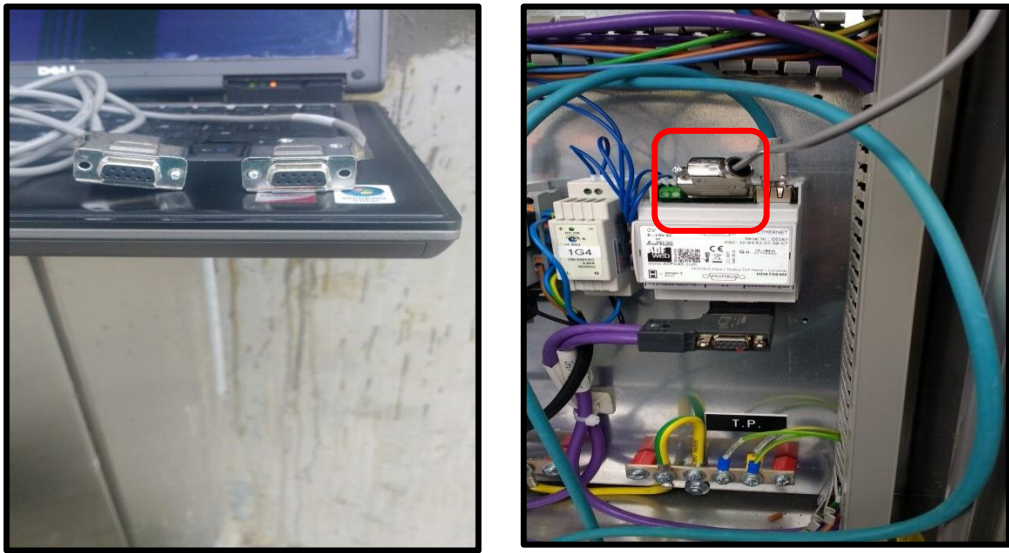


Ilustración 5.83 Conexión entre laptop y Gateway.

- ❖ Abrir la carpeta “jesco” ubicada en el escritorio del pc.

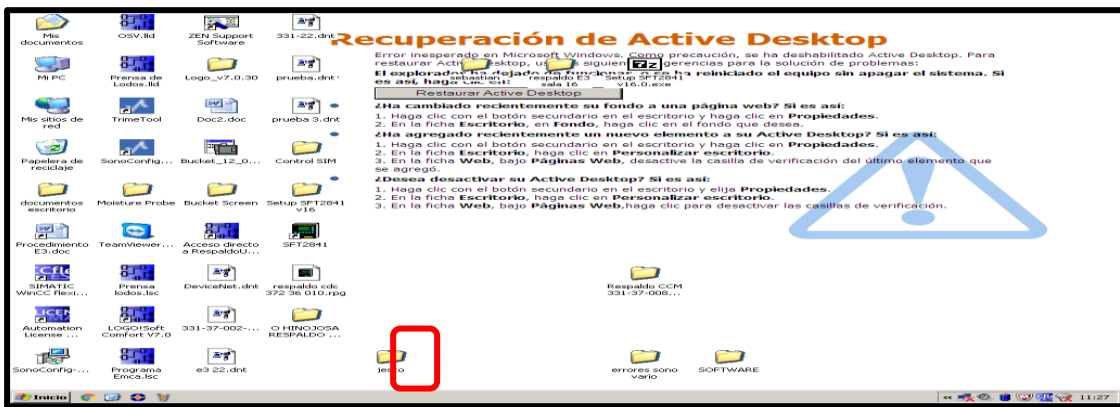


Ilustración 5.84 Ubicación de carpeta jesco.

- ❖ Seleccionar carpeta “compositor”.

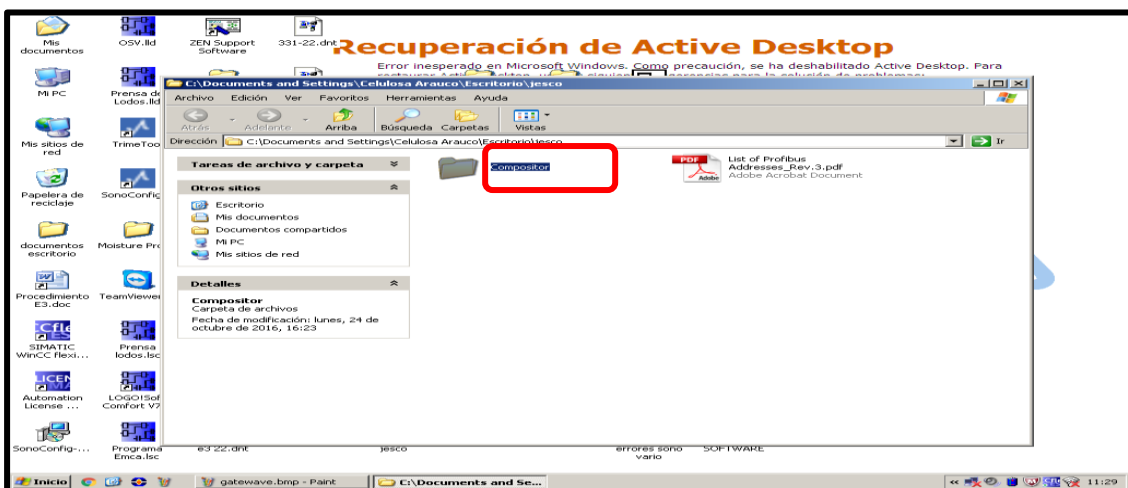


Ilustración 5.85 Selección carpeta Compositor.

- ❖ Luego seleccionar la aplicación “compositorMTCdM2Profi.exe”.

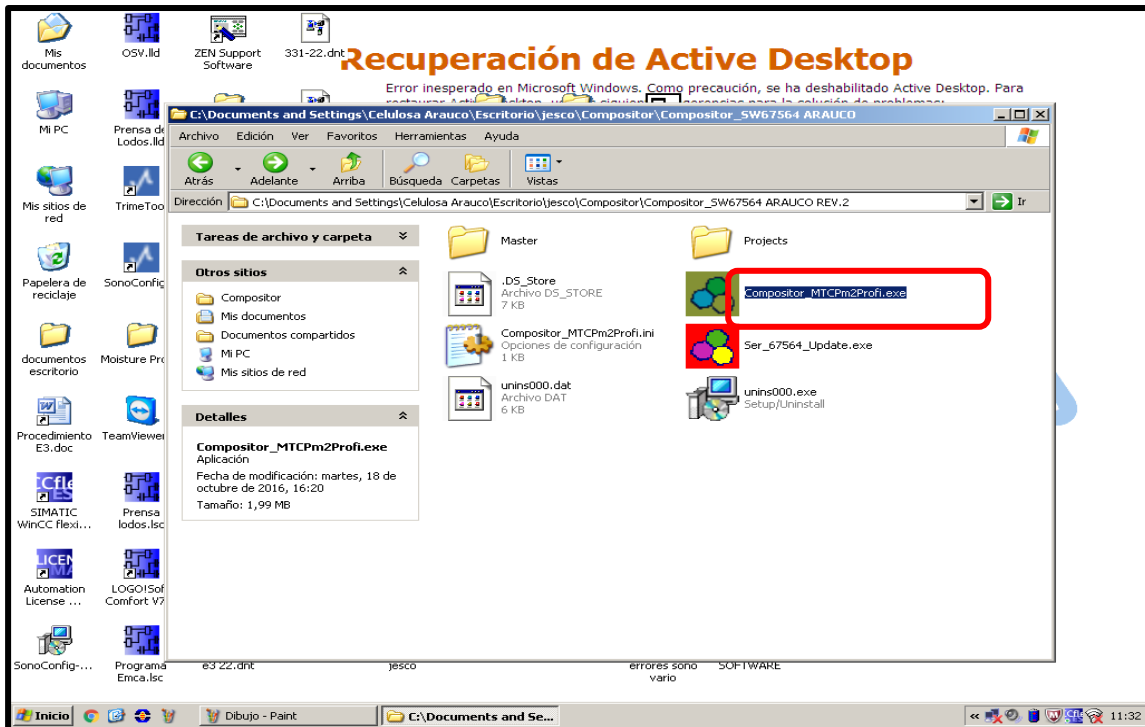


Ilustración 5.86 Ejecutar aplicación compasitorMTCdM2Profi.exe.

- ❖ Una vez ejecutado el programa se debe seleccionar el proyecto correspondiente para cada bomba de acuerdo a su dirección Profibus DP. Cada proyecto tiene las configuraciones de comunicación para cada dispositivo.

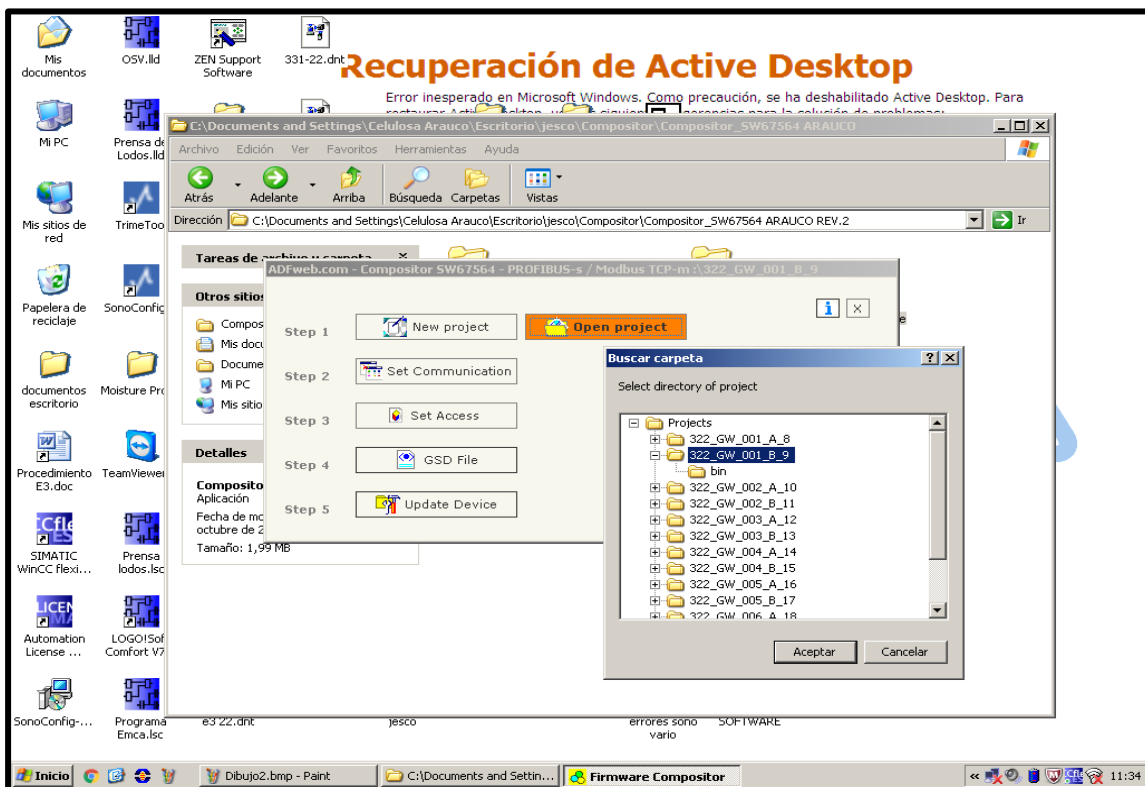


Ilustración 5.87 Configuración dirección IP.

Las direcciones PROFIBUS correspondientes a cada bomba se detallan a continuación:

322-31-222: 8	322-31-219: 15
322-31-223: 9	322-31-220: 16
322-31-216: 10	322-31-221: 17
322-31-217: 11	322-31-226: 18
322-31-233: 12	322-31-227: 19
322-31-234: 13	322-31-224: 20
322-31-218: 14	322-31-225: 21

Tabla N°27 Dirección IP bombas dosificadoras para Profibus.

- ❖ Luego seleccionar Update Device y se abrirá una ventana con la configuración de comunicación para cargar el mapa de datos al Gateway. Se debe seguir el procedimiento que indica la ventana.

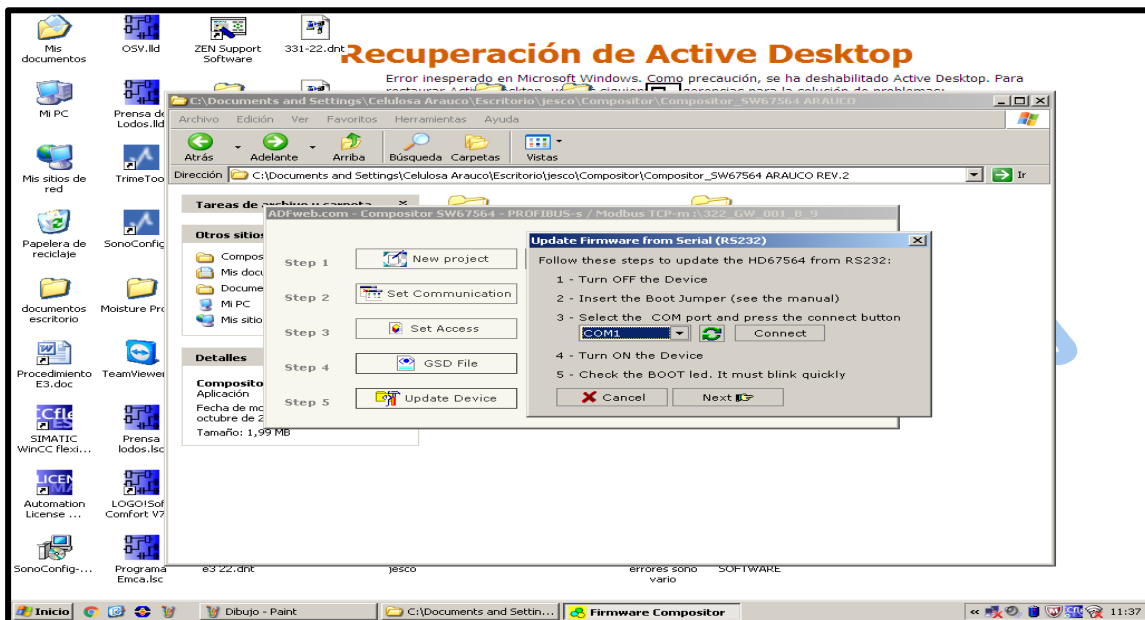


Ilustración 5.88 Configuración de carga de datos al Gateway.

En esta aplicación se pueden revisar los datos de que enviaran de un lado a otro, es decir comando desde DCS hacia las bombas e información de caudal desde la bomba hacia DCS. Además de las configuraciones de red, esto es direccionamiento IP por el lado de MODBUS, direccionamiento PROFIBUS DP, velocidades de transmisión, etc. También se encuentran los archivos GSD de cada Gateway, todas estas configuraciones son modificables en caso de que haya que realizar cambios de IP por ejemplo:

- ❖ Se debe conectar el jumper que aparece en la siguiente imagen en los pines que se encuentran en la parte inferior del Gateway. Para realizar esto primero se debe desenergizar el equipo. Sin el Jumper el equipo permanece bloqueado para configuraciones o carga de parámetros.

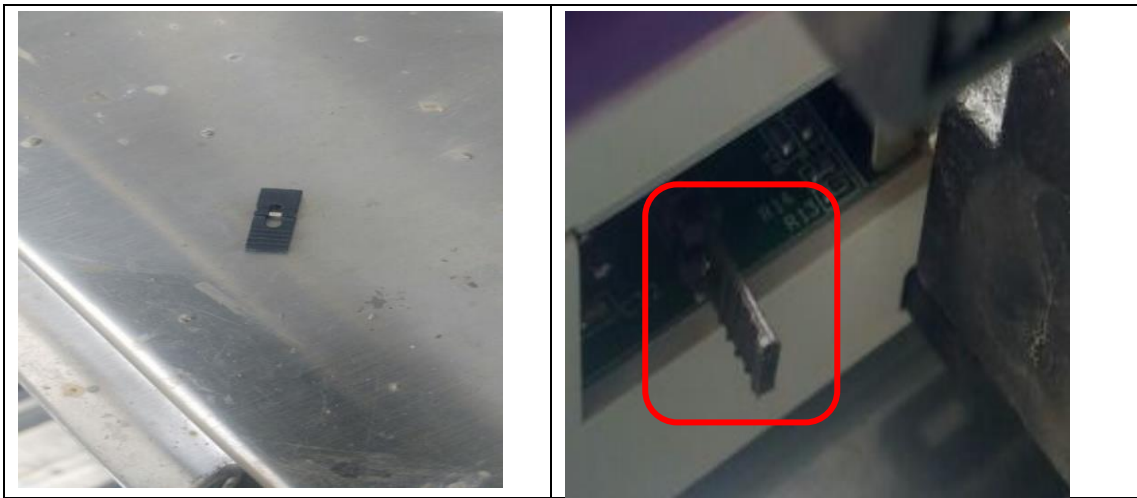


Ilustración 5.89 Jumper.

- ❖ Al presionar NEXT aparece lo siguiente:

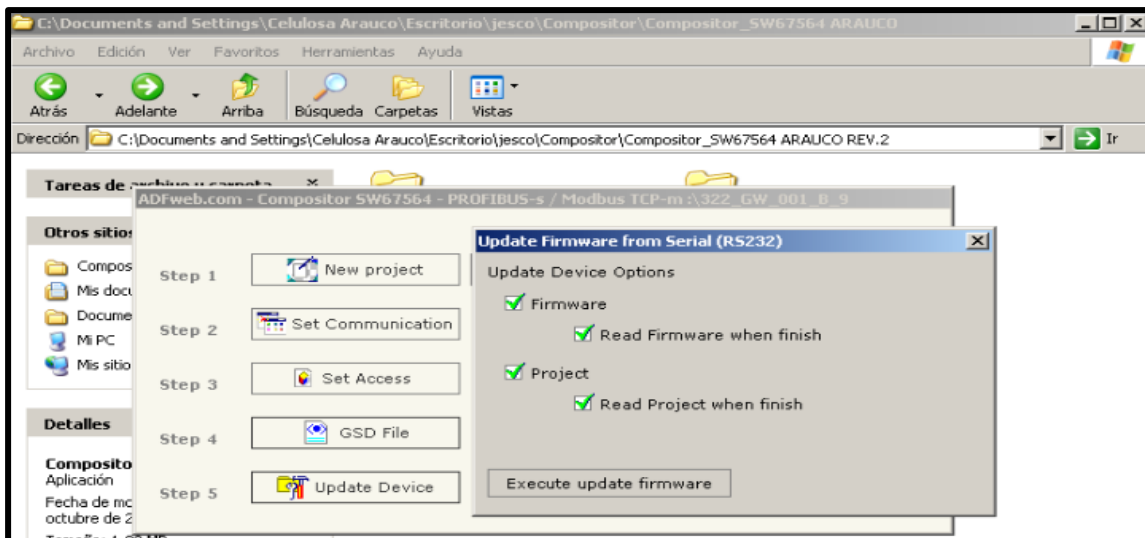


Ilustración 5.90 Actualización datos dispositivo.

- ❖ El siguiente paso es presionar “Execute update firmware” el cual permite el acceso para la carga del mapa de datos. Si todo sale bien se debiera ver lo siguiente.

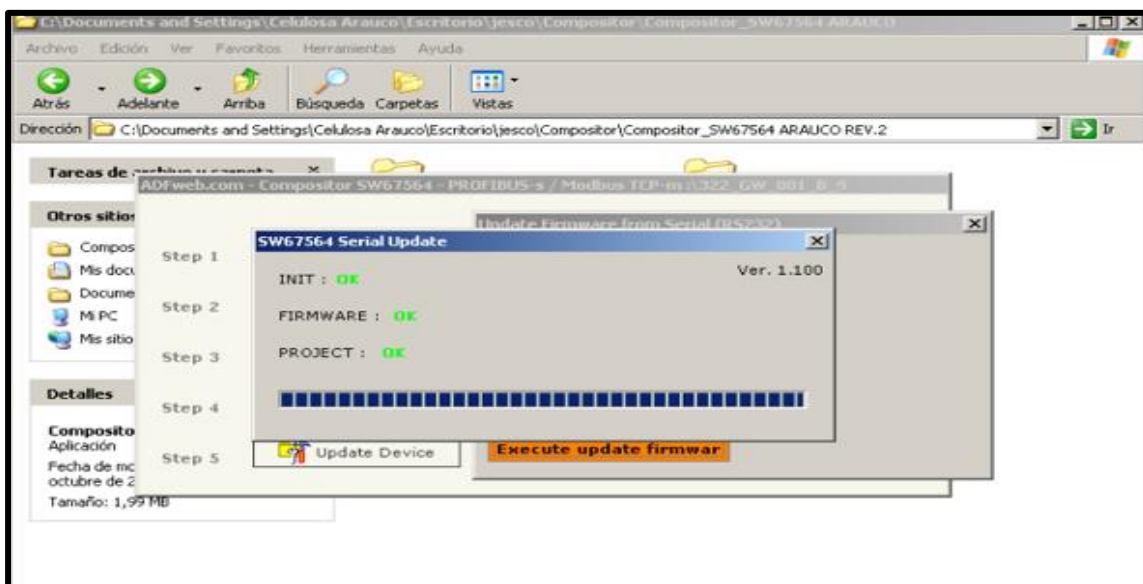


Ilustración 5.91 Ejecutar actualización.

Con esto ya está cargado el mapa de datos en el Gateway. Para finalizar se debe retirar el JUMPER, desenergizar y volver a energizar. Como ultima verificación se puede revisar el display de la bomba para asegurarse que está en línea (online).

- ❖ En caso de que no quede bien instalado el JUMPER aparece el siguiente mensaje de protección.

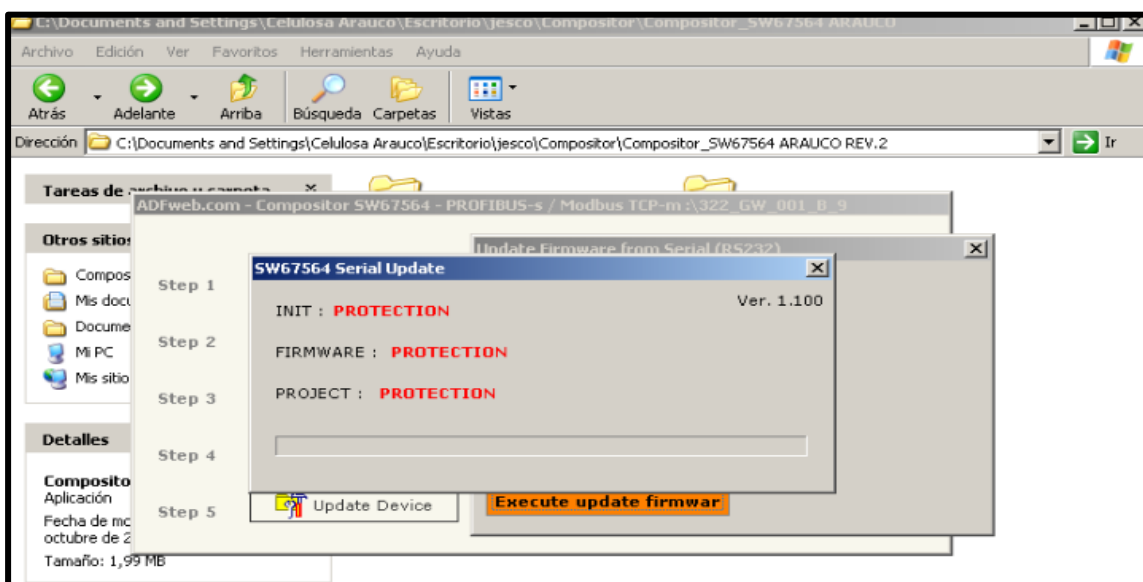


Ilustración 5.92 Error de instalación.

5.5.2 Navegación a través del menú de VDF de bombas

5.5.2.1 Visualización y modificación de IP en bombas dosificadoras

El menú de navegación de las bombas Jesco es muy amigable. Para visualizar la dirección IP de cada bomba se deben seguir los siguientes pasos:

- ❖ En el display seleccionar la tecla “Menú”.



Ilustración 5.93 Display bomba dosificadora.

- ❖ Recorrer a través del menú hasta la opción “System Setup” y presionar “OK”. En el menú aparecen varias opciones, por ejemplo calibración, cambio de membrana, configuraciones de sistema, etc.



Ilustración 5.94 Navegación menú bomba dosificadora.

- ❖ Una vez dentro de las configuraciones de sistema, avanzar con las flechas hasta la opción “IP ADDRESS” y presionar “SETUP”.

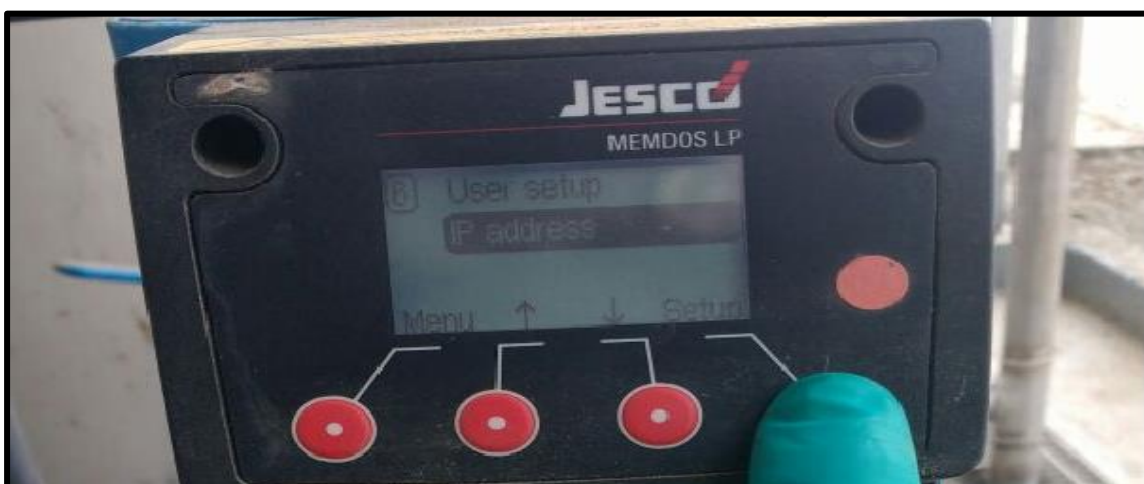


Ilustración 5.95 Fin de navegación menú bombas dosificadoras.

CAPÍTULO 6

6.1 PARAMETROS Y NORMAS

Para mantener el agua del proceso clarificador en condiciones apropiadas es necesario contar con diversos parámetros de control, para lograr dicho objetivo la planta celulosa arauco consta de medidas internas y normas que se aplican rigurosamente.

Si bien el proceso de clarificación de agua es interno este no queda excepto de normas. Del punto de vista de la distribución del agua hacia los distintos puntos de consumo, esta agua debe tener la condición de *Potable* y para mantener esta condición celulosa arauco hace referencia a la Norma chilena 409 que habla sobre el control de calidad del agua potable.

Esta norma define varios parámetros de control para la calidad del agua, dentro de ellos se encuentran físicos y químicos las que son variables críticas y sus mediciones deben ser supervisados constantemente para tener control permanente de sus valores dentro del proceso, es en este punto donde nuestra labor como instrumentista y mantenedor de los equipos encargados de monitorear estas variables es fundamental.

6.2 NORMA CHILENA 409

6.2.1 Alcance y campo de aplicación NCh 409

- Esta norma establece los requerimientos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional.
- Esta norma se aplica al agua proveniente de cualquier servicio de abastecimiento que es aquel conformado por una red de distribución de agua potable independiente, operando en condiciones normales, constituido por una o más fuentes, sus obras de conducción, tratamiento, regulación y distribución.

6.2.2 Tolerancia para parámetros críticos NCh 409

- **Parámetro crítico:** Parámetro característico de las fuentes de abastecimiento o del servicio, de tipo *toxico* u *organolépticos* (tipo II o tipo IV), que en ausencia o falla del tratamiento, superan el límite máximo especificado por la norma NCh 409/1- requerimientos.

Sólo para elementos esenciales, no esenciales y organolépticos:

- 10 %, cuando se analicen 10 o más muestras mensuales.
- 1 muestra, cuando se analicen menos de 10 muestras mensuales.

- El promedio aritmético de todas las muestras no debe exceder el límite máximo correspondiente.
- Para el caso de cobre, fluoruro, nitrato y nitrito, ninguna muestra puntual podrá exceder el doble del límite máximo establecido en la norma.

6.2.3 Clasificación de las fuentes

- Tipo I: Aguas subterráneas posibles de tratar sólo con desinfección.
- Tipo II: Aguas superficiales o subterráneas tratadas con filtración directa.
- Tipo III: Aguas factibles de potabilizar con procesos de coagulación - floculación, decantación y filtración. Procesos complementarios de: oxidación, adsorción, carbón activado para remoción de olor y sabor, regulación de pH, combinaciones de los anteriores Ej. para remoción de color verdadero.
- Tipo IV: Aguas crudas Tipo III, que por su alta turbiedad (> 500 UNT), pueden requerir tratamiento de pre-sedimentación, con o sin pre-coagulación, para mantener capacidad de diseño de las plantas de tratamiento.
- Tipo V: Fuentes que requieren aplicar en forma adicional o independiente procesos especiales como si los parámetros excedidos son sustancias disueltas sulfatos o cloruros u otros, los procesos especiales pueden ser: Osmosis inversa, intercambio iónico, electro diálisis, ultrafiltración, nano filtración u otro equivalente. Si los parámetros excedidos son demanda de cloro, plaguicidas o sustancias orgánicas: Oxidación, cloración sobre el punto de quiebre, ultrafiltración, ozonización, precipitación química u otro equivalente

6.3 PARÁMETROS PRINCIPALES DE MEDICIÓN

Basados en la norma NCh 409 los parámetros que se deben tener en consideración y controlar son bastantes.

El proceso de clarificación contempla en su tratamiento el tipo de fuente I, II, III, IV y V mencionados en la norma, dentro de ellos hay parámetros de turbidez y pH además de los tratamientos químicos que se deben controlar:

Los instrumentos críticos que debemos supervisar y mantener para que los encargados de operar el proceso de clarificación sea el correcto y mantener parámetros dentro de la norma NCH 409 son los siguientes:

En el caso de turbidez los parámetros a controlar según norma son:

REQUISITO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO
Turbiedad	Unidades nefelométricas (formazina)	5
Color verdadero	Unidades de escala platino-cobalto	20
Olor	—	inodora
Sabor	—	insípida

Tabla N° 28 Parámetros turbidez.

Donde:

- Turbiedad Media Mensual: - ≤ 2 UNT (promedio aritmético)
- Tolerancia muestras con turbiedad > 4 UNT: - 5 %, cuando se analicen 20 o más muestras mensuales. - 1 muestra, cuando se analicen menos de 20 muestras mensuales.
- Muestras con turbiedad entre 10 y 20 UNT: - No pueden presentarse en un mismo periodo de 24 hrs., (días consecutivos).
- Muestras con turbiedad > 20 UNT: - No puede presentarse ninguna en el mes.

Con respecto a los parámetros manejados dentro de la planta sobre el control de turbidez es el siguiente: Menos de 4 NTU es lo que garantiza el fabricante para el proceso aunque históricamente siempre la salida es menor a 2 NTU, mientras que la turbidez de entrada, la que es captada desde el río fluctúa entre los 10 a 90 NTU. Con el tratamiento completo realizado al agua la turbidez baja a menos de 1 NTU, que es lo que requieren los procesos como intercambiadores de calor, aguas de sello para bomba etc, además quedando en valores adecuados para el consumo adicionando un tratamiento de cloración o desinfección.

En el caso de pH los parámetros a controlar según norma:

PARÁMETROS QUÍMICOS	
Tipo IV (Organolépticos)	
Color verdadero, Olor, Sabor, Amoniaco, Cloruro, Sulfato, pH, Sólidos disueltos totales, Compuestos fenólicos.	
➤ Se cambian:	
Amoniaco (NH ₃)	≤ 1.5 mg/l
Cloruros	≤ 400 mg/l
Sulfatos	≤ 500 mg/l
pH	entre 6.5 y 8.5 unidades
Sólidos disueltos	≤ 1500 mg/l
➤ Se mantienen:	
Color verdadero:	≤ 20 unidades Pt-Co
Olor:	Inodora
Sabor:	Insípida
Compuestos fenólicos:	≤ 0.002 mg/l

Ilustración 6.96 Parámetros organolépticos.

Con respecto a los parámetros manejados dentro de la planta sobre el control de pH es el siguiente: Si bien las concentraciones de pH del agua captada desde el río varía dependiendo de la estación, donde en invierno encontramos un pH con un valor bajo desde 3,5 a 6,0 y una tendencia a la alcalinidad en verano de 9,0 pH, con el tratamiento realizado en planta se vela por mantener el pH para sus procesos de 6,5 a 7,4 pH quedando en valores adecuados para el consumo adicionando un tratamiento de cloración o desinfección.

6.4 DESINFECCION

Con respecto a la desinfección hay que aclarar que el proceso de cloración es un tratamiento adicional y que no se encuentra dentro del tratamiento de clarificación. Correspondiente a la norma se habla de:

- 8.1 El agua potable distribuida por redes debe ser sometida a un proceso de desinfección, debiendo existir una concentración residual de desinfectante activo en la red en forma permanente.
- 8.2 En el caso de usar cloro o compuestos clorados como desinfectante, la concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0,20 mg/l en cualquier punto de la red, determinada en forma colorimétrica. El uso de cualquier otro desinfectante debe ser autorizado por el Ministerio de Salud, el cual debe además establecer la concentración mínima de desinfectante activo residual en la red.
- 8.3 De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, un número menor o igual al 20% de ellas puede tener una concentración residual de desinfectante activo inferior al mínimo establecido. Pero solamente un 5% de ellas puede tener una concentración residual de 0,0 mg/l.

NOTA - El Ministerio de Salud puede dictar condiciones de excepción que él calificará.

- 8.4 Cuando la concentración de desinfectante activo residual es inferior al mínimo establecido en el punto 8.2, deben tomarse muestras diarias adicionales en el mismo punto de la red de distribución, hasta que por lo menos 2 muestras consecutivas indiquen que el agua ha alcanzado este nivel. Estas muestras de repetición se hacen sin perjuicio del programa de muestreo rutinario establecido en norma NCh409/2 y se incluyen en la evaluación mensual que deben realizar los servicios de agua potable según el punto 8.3.

Con respecto a los parámetros de desinfección manejados en planta son los siguientes: Una vez que el proceso de clarificación es terminado y almacenado, el agua destinada a consumo general, es derivada a un tratamiento de cloro residual donde los valores mantenidos se encuentran entre 0,2 mg/L y 2,0 mg/L para asegurar la potabilización.

6.5 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION DE INSTRUMENTOS

6.5.1 Inicio del procedimiento

Una parte muy importante para mantener la continuidad y ejercer control sobre el proceso es la mantención de los equipos inmersos en este mismo, en este caso como personal presente en lo que es Celulosa Arauco, particularmente enfocado a lo que es el sistema clarificación de agua es responsabilidad del equipo de mantención, mantener el buen estado de los instrumentos verificar que estos no presenten problemas físicos y en sus sistema de medición, para así, lograr que las variables del proceso pH, Redox, Turbidez se encuentren en los rangos establecidos por el operador, para ello se debe realizar periódicamente la mantención y calibración a la instrumentación con la finalidad mantener los parámetros y evitar eventualidades.

En esta parte detallare los pasos necesarios para realizar una buena mantención y calibración de estos instrumentos:

6.5.2 Inicio de mantención de instrumentos

Como definición de mantenimiento podemos decir que es toda acción que tiene como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. El mantenimiento primario se basa en realizar una inspección visual, orientada a lo físico, buscando algún deterioro o daño observado a simple vista, esta inspección se asienta en verificar los siguientes puntos:

- Chequear que la rosca en los puntos de conexión no este dañada o suelta.
- Revisar que el cable de alimentación entre transmisor y sensor no presente algún tipo de corte que pueda provocar perdida de aislación o corto circuito.
- Revisar que la canalización del cable este en buen estado, que no presente humedad, corrosión y que los soportes estén fijos y si este se encuentra sin canalizado cerciorarse que el cable este enrollado de forma correcta y ordenada.
- Chequear que el display del transmisor no presente alarmas.
- Revisar que los soporte de fijación y protección climática del transmisor no estén sueltos o falte alguno.

- Revisar sello hermético del transmisor, que no presente filtración al igual que el conector del sensor, antes de revisar junta en el conector se debe avisar al operador que el sensor será retirado de proceso y verificar que esté fijo y sin rastro de filtración luego devolver a proceso.
- Informar de cualquier anomalía presente en terreno durante la inspección.

La inspección visual que se realiza a estos instrumentos es fundamental ya que la mayoría de ellos se encuentra operando en intemperie, expuesto a un clima desfavorable donde llueve y la humedad está siempre presente, esta acción preventiva de mantenimiento es indispensable, labor que se realiza sin importar condiciones de tiempo, actividad que marca la diferencia previniendo las eventualidades.

6.5.3 Inicio de calibración y verificación de instrumentos.

Como definición de *calibración* podemos decir es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia o estándar. En esta parte se debe *verificar* que el sensor este midiendo correctamente la variable desde el proceso mediante un cálculo, de no ser así se debe calibrar.

Los instrumentos que se revisan son los sensores de pH, Redox y Turbidez, en esta ocasión se detallara los pasos para calibrar los sensores de pH y para realizar este procedimiento se debe seguir los siguientes pasos:

- Antes de ir a terreno se debe contar con los siguientes elementos: *Buffer* patrón de 4 y 10 de pH, los cuales se utilizan para verificar que el sensor este midiendo correctamente, agua desmineralizada, paños limpios, brocha para quitar residuos y guantes de nitrilo.
- Una vez en terreno avisar al *operador* que se intervendrá el equipo y que estará fuera por un lapso de tiempo.
- Los sensores normalmente se encuentran en pértigas, las cuales se deben sacar de proceso.
- Una vez fuera la pértiga se inicia con la limpieza del sensor, con abundante agua desmineralizada y con la ayuda de la brocha se quitan los residuos sobre el sensor y la membrana de vidrio, se debe tener extremo cuidado de no golpear o dañar esa zona ya que el sensor quedara obsoleto.
- Una vez limpio se debe secar con paños limpios.
- Estando limpio el sensor este se introduce en el buffer patrón de alta o *medio*, que en este caso será el de 10pH

- Una vez dentro del buffer se debe esperar a que el sensor estabilice la medición de pH, una vez que este valor se estabilice, anotar el valor medido por el sensor junto con la temperatura.
- Luego se realiza mismo procedimiento con el buffer de baja que en este caso será de 4pH.

Una vez obtenido los datos se debe determinar si es necesario calibrar el sensor, para ello se debe realizar lo siguiente:

- Para determinar si es necesario calibrar el sensor, los valores obtenidos de las mediciones anteriores buffer de 4 y 10 pH son ingresados a la ecuación de error porcentual de medición, de ahí se obtendrá un resultado donde se verificara que la medición del instrumento este dentro de los rangos establecidos, si este resultado es menor al dos por ciento, el sensor no debe ser calibrado, de lo contrario si supera este dos por ciento es necesario calibrar.
- Ecuación de error porcentual:

$$\text{Error (\%)} = \frac{(\text{Valor Instrumento} - \text{Valor Patron})}{\text{SPAN}} \times 100$$

Ilustración 6.97 Ecuación de error porcentual de medición.

Donde:

- ✓ Valor de Instrumento: Valor de pH medido por el instrumento dentro de los buffer
- ✓ Valor patrón: Valor de pH del buffer en tabla.
- ✓ Span: Rango de medición del instrumento.

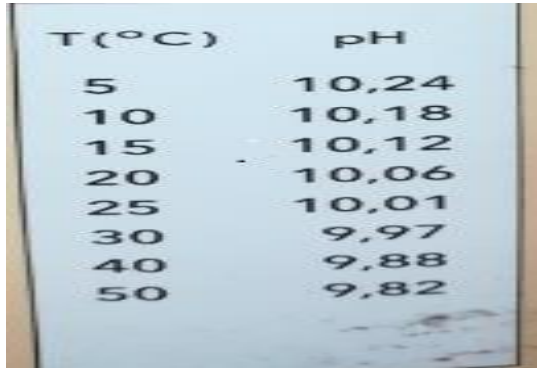

Valores T(°C) y pH Buffer Patrón de 10		Valores T(°C) y pH Buffer Patrón de 4	
			

Tabla N°29 Tabla de valores buffer patrón.

- Como el pH depende de la temperatura al ingresar los datos en la ecuación se debe tener en consideración la temperatura que marcaba el instrumento al momento de la medición de pH, el valor de temperatura se redondea el valor al más cercano impreso en la tabla del buffer patrón, de ese modo obtenemos el valor de pH patrón de los respectivos buffer, ejemplo:

Si el instrumento inmerso en el buffer de alta, mide 9,96 pH a 22 °C, eso quiere decir que el valor patrón que se debe ingresar a la ecuación es 10,06 pH a 20 °C valor que estará impreso en el envase de cada buffer en su respectiva tabla, con respecto al *Span* este es visualizado en el display del transmisor, dependiendo de la aplicación este puede ser 10, 12 ó 14 el *rango nominal* es determinado al momento de la instalación del equipo en terreno, a modo de ejemplo lo dejaremos en 14.

$$Error (\%) = \frac{(9,96 - 10,06)}{14} \times 100 = 0,7\%$$

Ilustración 6.98 Desarrollo ecuación de error porcentual de medición.

- Como se puede apreciar el instrumento no necesita ser calibrado, ya que el porcentaje de error no supera el dos por cientos, que es la tolerancia aceptada para el proceso.
- Mismo procedimiento se debe realizar con el buffer de baja.
- Si se da el caso que solo uno de las dos mediciones supere el dos por ciento, se debe realizar calibración.

En el caso que el porcentaje de error supere el dos por ciento se debe actuar de la siguiente manera para calibrar el instrumento:

- Para realizar la calibración del instrumento es necesario navegar por el display del transmisor donde:

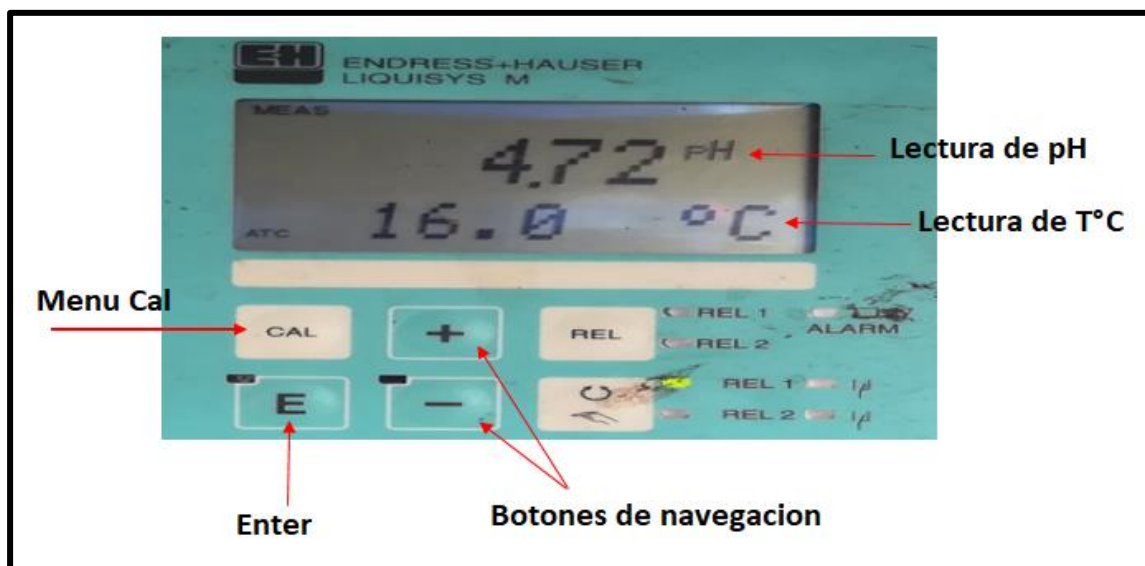


Ilustración 6.99 Display transmisor sensor pH.

- Se inicia la calibración oprimiendo la tecla Cal, este abre el menú del transmisor, dando la opción de ingresar un número de código.
- Con las teclas de navegación se busca el código 22, luego se presiona Enter.
- Una vez ingresado el código, en el display se deberá ingresar el valor del buffer patrón de alta, valor determinado por la tabla adosada en el envase según temperatura, dependiendo del valor que arroje el display se deberá ajustar el valor patrón con las teclas de navegación, luego presionar Enter.
- Luego el display comenzara a parpadear, momento en el cual se debe introducir el sensor limpio en el buffer patrón de alta y esperar a que se estabilice la medición.
- Una vez estabilizada la medición se presiona Enter, con lo cual dará la opción de ingresar el valor patrón del segundo buffer que en este caso será el de baja.
- Con las teclas de navegación se ingresa el valor del buffer de baja, valor determinado por la tabla adosada en el envase del buffer según temperatura, luego presione Enter, este comenzara a parpadear, momento en el cual se debe introducir el sensor limpio en el buffer patrón de baja y esperar a que se estabilice la medición.
- Una vez estabilizado presionar Enter, en ese momento el transmisor preguntara si quiere guardara la calibración, con las teclas de navegación escogimos la opción “sí” y guardamos con Enter.
- Luego de terminar con el proceso de calibración, se verifica esta calibración introduciendo el sensor limpio al buffer de alta.
- Terminada la verificación con el buffer de alta el sensor está listo para incorporarlo al proceso.
- Una vez que el sensor este dentro del proceso, se debe informar al operador, que

el instrumento esta calibrado, midiendo y que procedes a retirarte del lugar.

- Por ultimo antes de retirarse de terreno, no olvidar de dejar el área de trabajo limpia.

CONCLUSIÓN

Con el desarrollo del escrito, se ha podido constatar que para cada proceso que se desee automatizar es fundamental implementar un sistema de comunicación donde interactúen las variables de un proceso con sus respectivos equipos. La comunicación que se desee implementar debe ser estudiada a fondo con la intención de crear un lazo donde todos los elementos involucrados posean una interacción fluida entre sí, tomando en consideración tipo específico de software, hardware, protocolo de comunicación, equipos e instrumentación, de ese modo se logrará controlar el proceso, de no ser posible dicha fluidez entre el conjunto de elementos la comunicación no se dará y no se podrá ejercer control sobre el proceso.

Si bien, para lograr el control y la continuidad del proceso es importante la comunicación entre todos los entes del proceso, también es de suma importancia la mantención de estos mismos. Una buena mantención preventiva de los elementos inmersos en el proceso ayudará a la continuidad, control y a prolongar la vida útil del equipo, ya que una mala mantención o una nula mantención de algún equipo en el proceso traerá como consecuencias fallas de continuidad, control y productividad, factores que hoy se desean tener siempre bajo vigilancia, más aún si el proceso es considerado crítico.

En mi estadía en celulosa arauco, como profesional se me designó la tarea de realizar mantención a la instrumentación del proceso clarificador de agua, proceso denominado crítico dentro de planta, ya que con él se abastece agua limpia a los distintos procesos y consumos dentro de planta, la mantención estaba enfocada específicamente a los sensores de pH, turbidez y redox, cuya función dada para el proceso es medir, mantener y controlar los parámetros del agua para que ingrese lo más neutra posible.

Con las mantenciones periódicas fui aprendiendo el modo de operar de cada instrumento y entendí que son los responsables de crear el lazo que une las variables del proceso con el control que se puede ejercer sobre este mismo.

Estos Instrumentos son los responsables de captar las variables físicas, o sea, lo que ocurre directamente en el proceso y mediante esa captación se puede tomar decisiones y ejercer control, sin estos instrumentos se puede decir que el operador responsable de controlar el proceso se encuentra ciego, de ahí nace la importancia de estos equipos y su criticidad en el proceso.

Con la experiencia adquirida en Celulosa Arauco y vivir lo que es la instrumentación en los procesos concluyo que la tecnología asociada a la automatización es fundamental, necesaria e indispensable para cada proceso, además, posee la gran ventaja que evoluciona

constantemente y es aplicable a todo ámbito, monitoreo constante para garantizar productos de calidad con una tecnología fiable que se ajuste en el tiempo para brindar resultados comprobados.

Del punto de vista personal de lo vivido, puedo agregar que cambios necesarios en el proceso no son muchos, la observación va más enfocada a la renovación de la instrumentación utilizada, ya que, si bien el proceso es relativamente nuevo, la tecnología actual va en constante evolución y en las áreas donde se implementa la instrumentación, innovar y disponer de buenos productos de servicios es fundamental, pero también lo es adaptarse a las nuevas necesidades del entorno y apostar por las nuevas tecnologías, la renovación de la tecnología obligan al mantenedor a permanecer en un constante aprendizaje y a las empresas a mantener un sistema más seguro “instrumentación industrial de calidad y adaptación a las nuevas tecnologías”

ANEXO

7.1 GLOSARIO

7.1.1 Tag de equipos

El tag es la identificación única de un equipo en particular donde se identifica área dentro de la planta, código de equipo, numeración o correlativo, ejemplo:

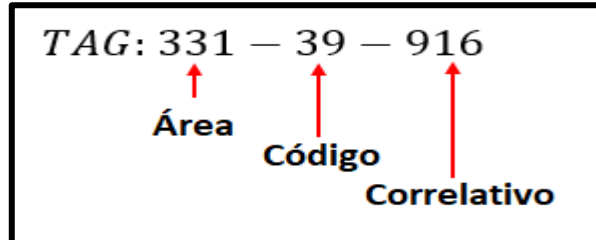


Ilustración 6.100 Descripción Tag de equipos.

Donde:

- 331: Área Preparación Madera.
- 39: Variador de Frecuencia.
- 916: Correlativo del equipo.

Área	Descripción	Código	Descripción
300	Planta general	13	Equipos móviles
310	Edificio principal	16	Puente grúa
311	Servicio planta	17	Ascensor
312	Sistema de comunicaciones	18	Dampers
321	Bocatoma	21	Bombas
322	Tratamiento y enfriamiento agua planta	22	Estanques silos
323	Protección contra incendio	23	Estanques presurizados
327	Maestranza y bodega	24	Reductores
329	Compresores de aire	25	Ventiladores
330	Patio de maderas	26	Alimentadores
331	Preparación maderas	27	Detector de metales
341	Digestores	28	Agitadores
346	Lavado	29	Compresores/sopladores
347	Blanqueo	31	Motores eléctricos
350		32	Motores hidráulicos
351	Evaporadores	33	Acoplamiento hidráulico
352	Caldera recuperadora	34	Frenos
353	Caustificación	35	Transformadores
354	Horno de Cal	36	Centro de distribución de carga (CDC)
355	Manejo de productos químicos	37	Centro control de motores (CCM)

356	Planta dióxido de cloro	38	Calefacción
357	Planta clorato	39	Variadores de frecuencia (VDF)
358	Planta de oxígeno	41	Control lógico programable (PLC)
361	Sistema de combustible	42	Switchgear
362	Tratamiento de agua a caldera	44	Tablero de Alumbrado (TDA)
363	Caldera de poder	46	Condensador
365	Turbo generador	48	Generador/Alternador
368	Distribución de energía	55	Sopladores
372	Maquina	56	Turbinas
381	Línea final	58	Calefactores/Condensadores
385	Tratamiento de efluentes	62	Banco de batería/ UPS
390	Sistema de control distribuido (DCS)	65	Precipitadores

Tabla N°30 Identificación de Tag áreas y equipos.

7.1.2 Tag de instrumentos

El tag es la identificación única de un instrumento en particular donde se identifica área dentro de la planta, función del instrumento y variable medida, numeración o correlativo, ejemplo:

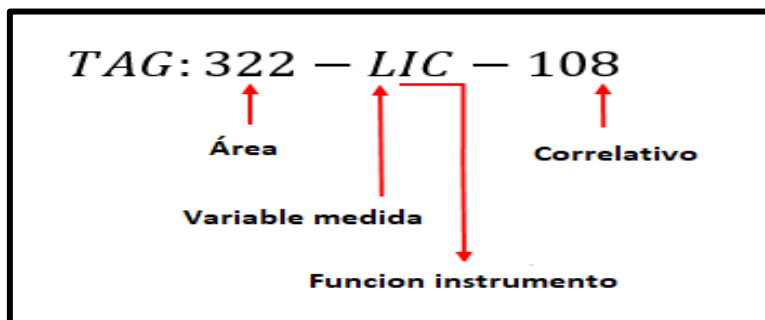


Ilustración 6.101 Descripción Tag de instrumentos.

Donde:

- 322: Área tratamiento y enfriamiento de agua planta.
- LIC: Control indicador de nivel.
- 108: Correlativo o número del instrumento.

Para interpretar correctamente las siglas de los instrumentos estas se deben leer desde derecha a izquierda ya que su abreviatura está en inglés, como por ejemplo:



Ilustración 6.102 Interpretación siglas de instrumentación.

Siglas	Descripción	Siglas	Descripción
AAH	Análisis Alarma de Alta	AAL	Análisis Alarma de Baja
CAH	Alarma Alta Conductividad	CAL	Alarma Baja Conductividad
CI	Indicador de Conductividad	CIC	Control Indicador de Conductividad
CV	Válvula de Control	DE	Elemento de Densidad
FC	Control de Caudal	FI	Indicador de Caudal
FIC	Control Indicador de Caudal	FT	Transmisor de Caudal
HC	Control Manual	HIC	Indicador Controlador Manual
HS	Interruptor manual	HV	Válvula Manual
LAH	Alarma de Alto Nivel	LAL	Alarma de Bajo Nivel
LC	Controlador de Nivel	LIC	Control Indicador de Nivel
LSH	Interruptor Alto Nivel	LSL	Interruptor Bajo Nivel
LT	Transmisor de Nivel	LIT	Transmisor Indicador de Nivel
PC	Controlador de Presión	PDI	Indicador Diferencial de Presión
PDIC	Controlador Indicador Diferencial de Presión	PI	Indicador de Presión
PIC	Controlador Indicador de Presión	PT	Transmisor de Presión
SV	Válvula Solenoide	TT	Transmisor de Temperatura
TC	Control de Temperatura	TI	Indicador de Temperatura
TIC	Controlador Indicador de Temperatura	TW	Termopozo
TY	Relé de Temperatura	ZS	Interruptor de Posición
ZSO	Interruptor de Posición Abierto	ZSC	Interruptor de Posición Cerrado
AIT	Transmisor indicador de análisis.	QIC	Controlador indicador de caudal

Tabla N°31 Descripción siglas de instrumentación.