



FORMIQ

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

**Trabajo de fin de grado.
Ingeniería química**

Jonathan Baudillo Sequeiros Vilanueva

Sergio Fernández Blanco

Júlia Guardia de la Rubia

Deyaneira Hidalgo Narvaez

Lluc Maymó Ballester

Mireia Tellez Alcover

UAB Universitat Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria





FORMIQ

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

CAPÍTULO 3. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

Índice:

3.1. Introducción	4
3.2. Fundamentos de los sistemas de control.....	4
3.3 Nomenclatura y simbología.....	5
3.3.1 Nomenclatura instrumentación	6
3.3.2 Simbología equipos de instrumentación.....	8
3.3.3 Simbología de conexiones y señales	8
3.3.4 Simbología lazos de control.....	9
3.4 Instrumentación de la planta	10
3.4.1. Sensores y transmisores.....	10
3.4.1.1. Temperatura	10
3.4.1.2. Presión.....	11
3.4.1.3. Nivel.....	13
3.4.1.4. Caudal.....	18
3.4.1.4. Concentración	21
3.4.2. Elementos de control	23
3.4.2.1. Controlador (PLC)	23
3.4.2.2. Sistema SCADA	23
3.4.2.3. Estaciones de operación.....	23
3.4.2.4. Arquitectura de comunicaciones.....	24
3.4.2.5. Dimensionamiento del sistema	24
3.4.3. Elementos finales	25
3.4.3.1. Válvulas de control	26
3.4.3.2. Posicionadores y transductores	26
3.4.3.4. Elementos finales discretos.....	28
3.5 Listado de lazos de control en planta	29
3.5.1. Almacenamiento materias primas A-100.....	29
3.5.2. Mezcla y preparación para la reacción A-200	30
3.5.3. Reacción A-300.....	31
3.5.4. Separación del producto A-400.....	32
3.5.5. Almacenamiento del producto A-500	34
3.5.5. Tratamiento de gases A-1400	35
3.6 Listado de instrumentación en planta.....	36
3.6.1. Almacenamiento materias primas A-100.....	36
3.6.2. Mezcla y preparación para la reacción A-200	42
3.6.3. Reacción A-300.....	45
3.6.4. Separación del producto A-400	48
3.6.5. Almacenamiento del producto A-500	57
3.6.6. Tratamiento de gases A-1400	63
3.7 Descripción y diagramas de los lazos de control	66
3.7.1. Tanques de almacenamiento	66
3.7.2. Intercambiadores de calor	72

3.7.2.2 Mezcladores	81
3.7.2.3. Reactores.....	91
3.7.2.4. Torres de absorción	101
3.9 Bibliografía.....	114

3.1. Introducción

En este capítulo se explica la instrumentación y el control de procesos en la planta de producción de formaldehído de FORMIQ. También se explican los sistemas de control y la instrumentación que harán posible una elevada eficiencia y seguridad de la planta.

Los sistemas de control e instrumentación constituyen el eje fundamental para garantizar una operación estable, segura y eficiente en una planta dedicada a la síntesis de formaldehído. Estos sistemas permiten monitorizar de manera continua las variables críticas del proceso y actuar sobre ellas mediante equipos capaces de medir, transmitir, regular o registrar cualquier desviación que pueda comprometer la calidad del producto o el rendimiento de la instalación. Su implantación responde a la necesidad de mantener los estrictos estándares operativos que exige la producción de formaldehído, donde la precisión y la rapidez de respuesta son determinantes para asegurar la conversión deseada del metanol y evitar condiciones de funcionamiento que no sean seguras.

El capítulo se inicia con una introducción a los principios básicos del control aplicados a la planta, así como la simbología y convenciones utilizadas en los diagramas de control y en los esquemas operativos que se van a ir presentando a lo largo del documento. Además, también se van a describir los elementos principales que forman parte del sistema de control.

A continuación, se analizan los diferentes lazos de control que se han implementado en la unidad de producción de formaldehído, detallando la configuración, la función específica dentro del proceso y las estrategias de regulación que se han considerado para mantener la eficiencia energética, la seguridad y la calidad del producto final.

Finalmente, se presenta un inventario completo de la instrumentación instalada en la planta con la información sobre su ubicación, su papel dentro del proceso y las características técnicas más relevantes para su correcto funcionamiento y mantenimiento.

3.2. Fundamentos de los sistemas de control

El primer fundamento de los sistemas de control es la definición de las variables, elementos físicos, así como los tipos de lazos de control y su funcionamiento.

Todos ellos se describen a continuación:

Elementos físicos [1]

- Proceso: Cualquier operación o secuencia de operaciones que involucre cambios en la energía, estado, composición, dimensiones u otras propiedades de la materia respecto a una referencia.
- Sensor: Parte del lazo que detecta por primera vez el valor de una variable de proceso y genera una salida predeterminada e inteligible. Se conoce también como detector o elemento primario.
- Transmisor: Dispositivo que capta la variable a través de un sensor y emite una señal de salida cuyo valor varía en función de dicha variable. El sensor puede estar integrado o no en el transmisor.

- Transductor: Término genérico para dispositivos que reciben información en forma de magnitudes físicas y modifican su forma para producir una señal de salida. Debido a su ambigüedad, se recomienda su uso solo de forma general.
- Controlador: Dispositivo encargado de regular una variable controlada mediante la variación de su señal de salida. Puede ser un instrumento físico (analógico/digital) o un software en un sistema de control.
- Elemento final: El equipo que actúa directamente sobre la variable manipulada del lazo de control.

Variables

- Variable de entrada: Efectos del entorno sobre el proceso. [2]
 - Manipulada: Ajustable mediante un operador o mecanismo automático de control.
 - Perturbación: Variable no manipulada que puede modificar la variable de salida controlada.
- Variable de salida: Efectos del proceso sobre el entorno. [2]
 - Medida: Variable que se puede medir y conocer su valor.
 - No medida: Variable no medida o que no puede ser medida.

Lazos de control [3]

- Lazo de retroalimentación (feedback): Un sistema de control por retroalimentación funciona comparando el valor de salida con el valor de referencia (set-point). A partir de la diferencia entre ambos valores se calcula el error o desviación, se proporciona este valor de error al controlador, el cual varía la variable manipulada con el objetivo de reducir este error.
- Control anticipado (feedforward): A diferencia del feedback, este sistema mide directamente las perturbaciones antes de que entren al proceso. El controlador calcula la acción necesaria para compensar el impacto de dicha perturbación sobre la salida. Al actuar de forma preventiva y no basarse en el error de salida, tiene el potencial teórico de lograr un control perfecto, manteniendo la variable en el set-point sin desviaciones.

En apartados posteriores se explicarán con más detalle el listado especificaciones, así como diagramas y nomenclatura.

3.3 Nomenclatura y simbología

En este apartado se recogen la simbología y nomenclatura, así como la identificación de los elementos de control a partir de los estándares marcados por ANSI/ISA-5.1-2024 [4].

La simbología que se presenta a continuación se mantiene de forma consistente a lo largo de toda la documentación técnica del proyecto y se aplica de manera directa en los planos P&ID, asegurando una correcta identificación y comprensión de los elementos de instrumentación y control de la planta.

La norma ISA S5.1, que es la referencia internacional para el estandarizado de sistemas de control, instrumentos y señales, sirve como base para identificar y representar los componentes del sistema de control de la planta FORMIQ.

La implementación de este estándar asegura que la documentación técnica, los diagramas de proceso y los planos elaborados sean consistentes y uniformes.

La simbología que se muestra a continuación se emplea de manera directa en los planos P&ID y permanece constante en todos los documentos técnicos del proyecto, lo que garantiza una adecuada identificación y entendimiento de los componentes de control e instrumentación de la planta.

3.3.1 Nomenclatura instrumentación

El estándar ANSI/ISA-5.1-2024 [4] establece la simbología y la nomenclatura utilizadas en los diagramas de instrumentación y control, proporcionando un criterio unificado para la identificación de instrumentos, señales y lazos de control en sistemas industriales. Su aplicación permite asegurar coherencia en la documentación técnica.

En la Tabla 3.3.1 se recogen los significados de las principales letras utilizadas siguiendo la norma ISA S5.1.

Tabla 3.3.1. Tabla de letras de identificación norma ISA-5.1. [4]

Letter	First Letter		Succeeding letters		
	Measured/Initiating Variable	Variable modifier	Readout/Passive Function	Output/Active Function	Function Modifier
A	Analysis		Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice	User's Choice	User's Choice
C	User's Choice			Control	Close
D	User's Choice	Difference, Differential			Deviation
E	Voltage		Sensor, Primary Element		
F	Flow, Flow Rate	Ratio			
G	User's Choice		Glass, Gauge, Viewing Device		
H	Hand				High
I	Current		Indicate		
J	Power		Scan		
K	Time, Schedule	Time Rate of Change		Control Station	
L	Level		Light		Low
M	User's Choice				Middle, Intermediate
N	User's Choice		User's Choice	User's Choice	User's Choice
O	User's Choice		Orifice, Restriction		Open
P	Pressure		Point (Test Connection)		
Q	Quantity	Integrate, Totalize	Integrate, Totalize		

R	Radiation		Record		Run
S	Speed, Frequency	Safety		Switch	Stop
T	Temperature			Transmit	
U	Multivariable		Multifunction	Multifunction	
V	Vibration, Mechanical Analysis			Valve, Damper, Louver	
W	Weight, Force		Well, Probe		
X	On/Off or Unclassified	X-axis	Accessory Devices, Unclassified	Unclassified	Unclassified
Y	Event, State, Presence	Y-axis		Auxiliary Devices	
Z	Position, Dimension	Z-axis, Safety Instrumente d System		Driver, Actuator, Unclassified final control element	

De igual forma, también se describen las abreviaturas asociadas a las variables asignadas.

Tabla 3.3.2. Abreviaturas de las variables controladas ISA-5.1. [4]

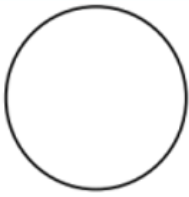
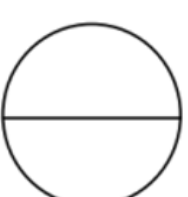
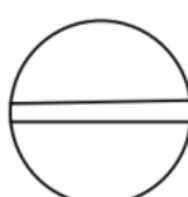
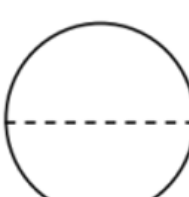
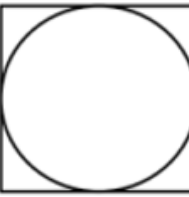
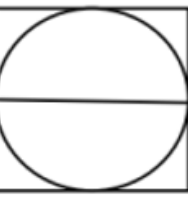
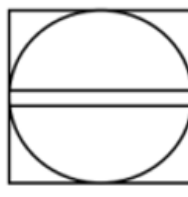
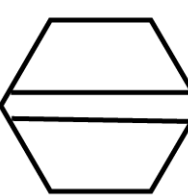
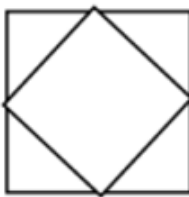
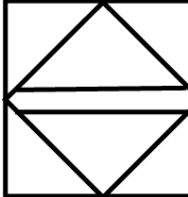
Abreviatura	Significado
CV	Control Valve
FC	Flow Controller
FT	Flow Transmitter
FI	Flow Indicator
FIC	Flow Indicator Controller
FY	Flow converter
PT	Pressure Transmitter
PI	Pressure Indicator
PIC	Pressure Indicator Controller
PCV	Pressure Control Valve
PY	Pressure converter
LT	Level Transmitter
LI	Level Indicator
LIC	Level Indicator Controller
LCV	Level Control Valve
LY	Level converter
TT	Temperature Transmitter
TI	Temperature Indicator
TIC	Temperature Indicator Controller
TCV	Temperature Control Valve
TY	Temperature converter
PSV	Pressure Safety Valve
ESD	Emergency Shutdown
SD	Shutdown

3.3.2 Simbología equipos de instrumentación

La simbología de instrumentación permite representar gráficamente los instrumentos, dispositivos de control y señales de un sistema industrial. Su uso facilita la comprensión de los diagramas de proceso y asegura que los P&ID sean interpretados de manera uniforme por todos los integrantes del proyecto. De igual forma, se toma como referencia la norma ISA S5.1.

En la Tabla 3.3.3 se recogen las diferentes simbologías de instrumentación utilizadas en los lazos de control de FORMIQ siguiendo ISA S5.1.

Tabla 3.3.3 Simbología instrumentación ISA-5.1. [4]

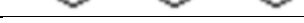
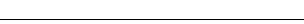
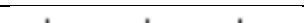
Instrumento	Localización			
	Montado en campo	Panel principal	Panel auxiliar	Detrás del panel
Discreto				
Control distribuido				
Función computacional				
Función control lógico programable				

3.3.3 Simbología de conexiones y señales

La simbología de conexiones y señales permite representar las distintas formas de comunicación entre los instrumentos y los sistemas de control dentro de un proceso industrial. A través de diferentes tipos de líneas se identifican las señales eléctricas, neumáticas, hidráulicas o digitales, facilitando la comprensión de cómo se transmiten las variables de proceso y cómo interactúan los distintos elementos del sistema de control.

En la Tabla 3.3.2 se recogen las diferentes tipologías de señales utilizadas en los lazos de control de FORMIQ siguiendo ISA S5.1.

Tabla 3.3.4. Simbología de conexiones y señales ISA-5.1. [4]

Simbología	Tipo de señal
	Conexión a proceso
	Señal neumática
	Señal eléctrica
	Señal eléctrica (alternativo)
	Tubo capilar
	Señal sonora o electromagnética guiada (incluye calor, radio, nuclear, luz)
	
	Señal sonora o electromagnética no guiada
	Conexión de software o datos
	Conexión mecánica Señal hidráulica

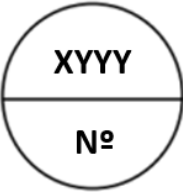
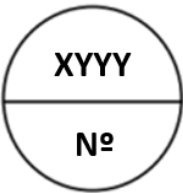
3.3.4 Simbología lazos de control

La simbología de lazos de control, marcada por los tag numbers, permite identificar de forma única cada instrumento y elemento de control dentro del sistema de instrumentación.

Mediante una combinación de letras y números se indica la variable medida, la función del instrumento y su número de lazo, facilitando la localización de los equipos en los P&ID y la correcta interpretación de la documentación técnica.

Este sigue una nomenclatura X-YYY-Nº, el detalle de cada elemento se explica y ejemplifica en la Tabla 3.3.5.

Tabla 3.3.5. Simbología lazos de control y ejemplo.

Simbología	Identificación	Función
	X	Letra que indica la variable a controlar
	YYY	Código que indica la función del equipo o el equipo asociado al lazo, juntamente con el número identificativo del equipo
	Nº inferior	Número asignado al lazo de control
Ejemplo		
	T-T101-1	La primera letra "T" identifica el lazo de control de temperatura, seguido por "T101" identificando que está asociado al tanque T-101 siendo este el primer lazo asociado a este equipo.

3.4 Instrumentación de la planta

La selección de la instrumentación de planta es de vital importancia ya que de ella depende el correcto control y monitoreo del proceso. Estos se incluyen dentro de los diferentes lazos de control de la planta donde se distinguen: sensores, miden las variables, controladores, que procesan los datos y señales, transmisores, que convierten y envían las señales al sistema de control u otra instrumentación como los transductores.

La integración de todo el sistema proporciona una correcta operación.

3.4.1. Sensores y transmisores

Los sensores son dispositivos que convierten un fenómeno físico en una señal eléctrica que se puede visualizar en una pantalla. En FORMIQ se usan sensores para diferentes variables y se usan para dos funciones diferentes: formar parte de los lazos de control de la planta y provocar una respuesta en el controlador y, por otro lado, también se encuentran sensores que su única función es monitorizar las medidas y así, activar una alarma cuando se detecta una desviación respecto al Set Point.

Para la correcta selección de los diferentes sensores se debe tener en cuenta las condiciones operativas, así como los requisitos de precisión o necesidades de seguridad (zonas clasificación ATEX).

A continuación, se presentan los sensores junto con sus fichas técnicas seleccionados para las diferentes variables controladas.

3.4.1.1. Temperatura

El sensor seleccionado en la planta FORMIQ es la termorresistencia tipo PT100, perteneciente a la familia de los RTD (Resistance Temperature Detectors), empleada como elemento principal para la medida de temperatura en los distintos equipos del proceso.

La elección de este sensor se fundamenta en varios criterios técnicos clave. En primer lugar, la PT100 presenta una alta precisión y repetibilidad, superiores a las de otros sensores como los termopares, lo que resulta esencial en un proceso como el FORMOX.

Esta tipología de sensor también ofrece una excelente estabilidad a largo plazo, reduciendo la necesidad de recalibraciones, siendo muy fiables en operación continua.

En cuanto al rango de operación, las PT100 cubren adecuadamente las temperaturas típicas del proceso, sin necesidad de recurrir a sensores de mayor rango, pero menor precisión, como los termopares.

Por último, gracias al platino, los sensores PT100 son altamente resistentes a la corrosión. [5]

Se ha escogido el mismo para todos los equipos con el objetivo de simplificar el mantenimiento, reducir el inventario de repuestos y facilitar la calibración. A continuación, se presenta la ficha técnica del sensor de temperatura seleccionado.

Tabla 3.4.1.1. Ficha técnica sensor de temperatura. [6]

	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE TEMPERATURA	
Descripción		
Sensor de temperatura industrial		
Datos fabricante		
Proveedor/fabricante	Endress + Hauser	
Modelo	TM111	
Características y especificaciones		
Principio de medida	Detector de temperatura de resistencia	
Termopozo/tubo de protección	Sin, contacto directo con el proceso	
Máxima longitud de inmersión	Hasta 4.500 mm	
Tubería/termopozo protector de material	316L	
Conexión a proceso	Rosca: G1/2"	
Forma de la punta	Recta	
Rango temperatura de operación	De -200 a +600 °C	
Tiempo de respuesta	< 1,5 s	
Integración del transmisor en la cabeza	Sí	
Precisión	Clase A conforme a IEC 60751	
Esquema		
		

3.4.1.2. Presión

Se usan sensores de presión en la planta de FORMIQ, ya que una desviación fuera de los límites de presión establecidos puede perjudicar tanto a la calidad del producto como a la integridad de los equipos y seguridad.

Para la medida de presión en la planta se ha optado por estandarizar la instrumentación empleando transmisores de presión Cerabar PMP51B de Endress+Hauser para la monitorización y control de la presión en reactores, tanques de almacenamiento, intercambiadores de calor y

líneas de proceso. Este equipo dispone de certificación ATEX, elevada fiabilidad en entornos químicos y compatibilidad con señales industriales 4-20 mA HART.

Tabla 3.4.1.2. Ficha técnica sensor de presión 1. [7]

	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE PRESIÓN 1	
Descripción		
Sensor y transmisor de presión con membrana de metal para mediciones de precisión		
Datos fabricante		
Proveedor/fabricante	Endress + Hauser	
Modelo	Cerabar PMP51B	
Características y especificaciones		
Suministro de voltaje	10,5-30 V CC	
Presión de referencia	Platino hasta 0,055%	
Estabilidad a largo plazo	0,25% de URL/10 años	
Temperatura de proceso	De -40 a +400 °C (tiene junta de diafragma)	
Temperatura ambiente	De -40 a +85°C	
Celda de medición	400 mbar a 400 bar	
El menor rango calibrable	20 mbar	
límite máxima sobrepresión	2800 bar	
Conexión a proceso	Rosca: G1/2"	
Material de la membrana de proceso	316L	
Certificado	ATEX	
Esquema		
		

Para los lazos de presión diferencial presentes en las torres A-401-402 y S-401-402 se ha seleccionado el transmisor Deltabar PMD75B de Endress+Hauser, diseñado específicamente para la medida de diferencias de presión en equipos de transferencia de materia. La monitorización de esta variable permite detectar fenómenos de inundación, ensuciamiento u obstrucción del relleno, garantizando una operación segura y eficiente. En la siguiente tabla se ve la hoja de especificaciones de este instrumento.

Tabla 3.4.1.3. Ficha técnica sensor de presión diferencial. [8]

	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL	
Descripción		
Sensor y transmisor de presión diferencial que detecta anomalías de proceso		
Datos fabricante		
Proveedor/fabricante	Endress + Hauser	
Modelo	Deltabar PMD75B	
Características y especificaciones		
Suministro de voltaje	10,5-30 V CC	
Presión de referencia	Platino hasta 0,035%	
Estabilidad a largo plazo	0,1% de URL/10 años	
Temperatura de proceso	De -40 a +110 °C	
Temperatura ambiente	De -40 a +85°C	
Celda de medición	10 mbar a 40 bar	
El menor rango calibrable	0,25 mbar	
límite máxima sobrepresión	1600 bar	
Conexión a proceso	RC1/4"	
Material de la membrana de proceso	316L	
Certificado	ATEX	
Esquema		
 FLEX		

3.4.1.3. Nivel

La medida de nivel en la planta FORMIQ se realiza mediante diferentes tecnologías en función de las características del proceso y de los equipos considerados.

En tanques de almacenamiento de formaldehído y metanol se emplean transmisores de nivel por radar, al tratarse de una técnica no invasiva se evitan problemas asociados a la corrosión, incrustaciones o variaciones en las propiedades físicas del fluido. Esta tecnología proporciona además una medida fiable e independiente de parámetros como la densidad o la conductividad.

En el caso de la planta de FORMIQ se ha optado por usar el Micropilot FMR62 de Endress Hauser. Abajo, se encuentra la ficha técnica de este instrumento (Tabla 3.4.1.4)

En equipos sometidos a condiciones más exigentes, como elevadas temperaturas o presencia de fluidos potencialmente agresivos, se emplean sensores de nivel tipo horquilla vibrante, debido a su robustez y fiabilidad en condiciones de proceso severas. Para este tipo de sensores se ha optado por usar el Liquiphant FTL51B de Endress Hauser el cual la ficha de especificaciones se encuentra más abajo. (Tabla 3.4.1.5)

Adicionalmente, para funciones de seguridad, se instalan sensores de nivel tipo horquilla vibrante o flotadores destinados a la detección de niveles altos o bajos. Para este tipo de sensores de nivel, se ha usado el Liquifloat FTS20 de Endress Hauser, del cual la ficha de especificaciones se encuentra a continuación (Tabla 3.4.1.6).

Tabla 3.4.1.4. Ficha técnica sensor de nivel tipo radar. [9]

		HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE NIVEL POR RADAR	
Descripción			
Sensor y transmisor de nivel continuo sin contacto			
Datos fabricante			
Proveedor/fabricante		Endress + Hauser	
Modelo		Micropilot FMR62	
Características y especificaciones			
Suministro/Comunicación		A 2 hilos/Tecnología inalámbrica Bluetooth	
Frecuencia		80 GHz	
Precisión		± 1 mm	
Temperatura de proceso		De -40 a +200 °C	
Temperatura ambiente		De -40 a +80°C	
Presión de proceso absoluta		Del vacío a 25 bar	
Principales partes húmedas		Roscas de 316L	
Máxima distancia de medición		80 m	
Conexión a proceso		RG1/2"	
Certificado		ATEX	
Esquema			
 F L E			

Tabla 3.4.1.5. Ficha técnica sensor de nivel tipo horquilla. [10]

 FORMIQ	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE NIVEL POR HORQUILLA		
Descripción			
Equipo compacto de horquilla vibrante			
Datos fabricante			
Proveedor/fabricante	Endress + Hauser		
Modelo	Liquiphant FTL51B		
Características y especificaciones			
Suministro/Comunicación	A 2 hilos 19/253V		
Densidad mínima del medio	0,5 g/cm3		
Longitud del sensor	Hasta 6 m		
Temperatura de proceso	De -50 a +150°C		
Temperatura ambiente	De -60 a +70°C		
Presión de proceso absoluta	Del vacío a 100 bar		
Principales partes húmedas	316L		
Conexión a proceso	RG3/4"		
Certificado	ATEX		
Esquema			
F L E X 			

Tabla 3.4.1.6. Ficha técnica sensor de nivel tipo flotador. [11]

		HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE NIVEL POR FLOTADOR	
Descripción			
Equipo compacto de nivel por flotador			
Datos fabricante			
Proveedor/fabricante		Endress + Hauser	
Modelo		Liquifloat FTS20	
Características y especificaciones			
Temperatura		De -20 a 85°C	
Presión		3 bar	
Certificado		ATEX	
Conexión a proceso		G1A	
Esquema			
 FLEX			

3.4.1.4. Caudal

La selección de sensores de caudal de FORMIQ es la siguiente:

En corrientes líquidas, como el metanol y el formaldehído acuoso, se emplean caudalímetros de tipo Coriolis, que permiten la medida directa del caudal másico con alta precisión e independencia de las propiedades físicas del fluido, como la densidad o la viscosidad. Esta característica resulta especialmente relevante en procesos donde se requiere un control preciso de los balances de materia. [12] Para la planta de FORMIQ se ha escogido el caudalímetro Proline Promass F300, la ficha técnica se encuentra en la Tabla 3.4.1.7.

En corrientes gaseosas, como el aire de proceso, se seleccionan caudalímetros de tipo vórtice (Kármán), adecuados para la medida de caudal en gases industriales, con buena estabilidad operativa, bajo mantenimiento y resistencia a condiciones de temperatura elevadas. [13]. Para este tipo de caudalímetro se ha usado el Prowirl F200 de Endress Hauser, sus especificaciones se encuentran en la Tabla 3.4.1.8.

Tabla 3.4.1.6. Ficha técnica sensor de caudal tipo Coriolis. [14]

	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE CAUDAL CORIOLIS	
Descripción		
Caudalímetro con precisión de alta gama, robustez y un transmisor compacto y de fácil acceso		
Datos fabricante		
Proveedor/fabricante	Endress + Hauser	
Modelo	Proline Promass F300	
Características y especificaciones		
Rango de diámetro nominal	DN 8 a 250	
Material húmedo	316L	
Error de medición máximo	± 0,1%	
Rango de medición	de 0 a 2.200.000 kg/h	
Rango de temperatura medio	De -50 a 350°C	
Rango de temperatura ambiente	De -40 a 60°C	
Material de carcasa del sensor	316L	
Material de la cubierta del sensor	316L	
Entrada y salida	4-20 mA	
Certificado	ATEX	
Esquema		
		

Tabla 3.4.1.7. Ficha técnica sensor de caudal tipo vórtice. [15]

 FORMIQ	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE CAUDAL VÓRTICE	
Descripción		
Caudalímetro versátil con detección de condiciones de vapor húmedo y la mejor precisión		
Datos fabricante		
Proveedor/fabricante	Endress + Hauser	
Modelo	Proline Prowirl F200	
Características y especificaciones		
Rango de diámetro nominal	DN 15 a 300	
Material húmedo	316L	
Error de medición máximo	± 0,75%	
Rango de medición	De 0,076 a 2.100 m3	
Rango de temperatura medio	De -200 a +400°C	
Rango de temperatura ambiente	De -40 a 80°C	
Material de carcasa del sensor	316L	
Material de la cubierta del sensor	316L	
Entrada y salida	4-20 mA	
Certificado	ATEX	
Esquema		
 FLEX ©Endress+Hauser		

3.4.1.4. Concentración

Asimismo, se implementan sensores de concentración en corrientes clave del proceso con el objetivo de garantizar la calidad del producto final y optimizar la eficiencia de la reacción.

Se ha optado por la tecnología de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Esta técnica analítica se basa en la interacción de la radiación infrarroja con la materia, midiendo la absorción de energía a diferentes longitudes de onda. Dado que cada molécula presenta un patrón de absorción único, la tecnología FTIR permite la identificación y cuantificación simultánea de múltiples componentes dentro de una misma corriente.

Esta capacidad multicomponentes resulta especialmente útil en la producción de formaldehído, donde es necesario controlar simultáneamente las concentraciones de metanol, formaldehído y agua, así como la presencia de monóxido de carbono (CO) como indicador de selectividad. La tecnología FTIR destaca por su elevada sensibilidad y especificidad, ofreciendo una respuesta casi instantánea que permite realizar medidas continuas en línea sin las demoras del análisis de laboratorio. Además, al ser una técnica óptica no destructiva, reduce los costes operativos y de mantenimiento al no requerir reactivos químicos.

Otro beneficio relevante es su versatilidad, ya que el equipo puede adaptarse tanto a las corrientes líquidas de producto final como a las fases gaseosas del reactor mediante el uso de celdas de análisis específicas. Esta flexibilidad, combinada con su capacidad de integración en el sistema de control de la planta, convierte a los sensores FTIR en una solución eficiente y robusta para garantizar que el producto cumpla con la especificación comercial del 37% y asegurar la estabilidad operativa del proceso.

En este caso, se ha usado el sensor MATRIX II FTIR Process Spectrometer de Bruker.

Tabla 3.4.1.8. Ficha técnica sensor de concentración tipo FTIR. [16]

	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DE CONCENTRACIÓN	
Descripción		
Sensor de concentración		
Datos fabricante		
Proveedor/fabricante	Bruker	
Modelo	MATRIX-MF II FTIR	
Características y especificaciones		
Tecnología	FTIR (Fourier Transformed Infrared)	
Componentes medibles	Metanol, formaldehído, agua, CO, CO2, compuestos orgánicos	
Tipo de medida	Concentración multicomponente en tiempo real	
Tiempo de respuesta	Segundos	
Instalación	En línea mediante sonda de fibra óptica	
Certificación	ATEX	
Protección	IP65	
Comunicación	4-20 mA	
Material de sonda	Acero inoxidable	
Esquema		
		

3.4.2. Elementos de control

El sistema de control de la planta FORMIQ se basa en una arquitectura distribuida, en la que los dispositivos de control reciben las señales de los instrumentos de campo y actúan sobre los elementos finales para mantener las variables del proceso en sus valores de consigna.

3.4.2.1. Controlador (PLC)

El control del proceso se implementa mediante controladores lógicos programables (PLC), encargados de ejecutar los algoritmos de control, principalmente reguladores tipo PID, a partir de las señales procedentes de los transmisores de campo.

El PLC procesa dos tipos de señales:

- Señales analógicas (4–20 mA): asociadas a variables continuas como temperatura, presión, caudal y nivel, utilizadas en lazos de control donde se requiere regulación continua.
- Señales digitales: empleadas en funciones discretas, como arranque/parada de equipos, posicionamiento de válvulas o activación de sistemas de seguridad.

Para optimizar la arquitectura del sistema, se emplean módulos de periferia remota ubicados en campo, próximos a las unidades de proceso. Esta configuración reduce la longitud del cableado analógico, minimiza interferencias electromagnéticas y mejora la calidad de la señal.

Los módulos remotos se comunican con la CPU central mediante red industrial, permitiendo una arquitectura escalable y adecuada para una planta de gran capacidad.

Como sistema de control centralizado se ha seleccionado un PLC Siemens SIMATIC S7-1500, concretamente una CPU 1516-3 PN/DP. Esta plataforma permite la integración de todos los lazos de control de temperatura, presión, nivel, caudal y concentración de la planta mediante señales industriales 4-20 mA y protocolos de comunicación estándar. La elevada capacidad de procesamiento, escalabilidad e integración son sistemas SCADA convierten a esta solución en una opción adecuada para instalaciones químicas de tamaño industrial. [17]

3.4.2.2. Sistema SCADA

El sistema SCADA constituye el nivel de supervisión del sistema de control, permitiendo la monitorización en tiempo real del proceso, la gestión de alarmas y la interacción del operador con la planta.

El SCADA recibe las variables procesadas por el PLC a través de una red de comunicación industrial y las representa mediante interfaces gráficas basadas en diagramas de proceso (P&ID).

Asimismo, permite:

- Registro histórico de variables
- Gestión de alarmas y eventos
- Modificación de consignas operativas

3.4.2.3. Estaciones de operación

La supervisión del proceso se realiza desde estaciones de operación ubicadas en la sala de control, equipadas con el sistema SCADA.

Adicionalmente, se disponen interfaces locales en campo, que permiten la visualización de variables y la operación manual de equipos durante tareas de mantenimiento o puesta en marcha.

3.4.2.4. Arquitectura de comunicaciones

La arquitectura de comunicaciones se estructura en dos niveles:

- Nivel de campo: transmisión de señales analógicas mediante lazos de corriente 4–20 mA.
- Nivel de control: comunicación entre módulos de campo y PLC mediante red industrial basada en Ethernet (Profinet), que permite altas velocidades de transmisión, reducción de cableado y facilidad de integración.

3.4.2.5. Dimensionamiento del sistema

Para la implementación del controlador lógico programable de la planta de formaldehído, se ha realizado un desglose cuantitativo de las señales de instrumentación asociadas a cada equipo de proceso. La distribución total de señales de Entrada/Salida se detalla en la Tabla 3.4.2.1, la cual consolida las necesidades operativas de las distintas unidades de la planta.

Tabla 3.4.2.1. Tabla del recuento de señales analógicas y digitales del control de los equipos

Equipo	ED	SD	EA	SA
T-101	6	2	3	2
T-102	6	2	3	2
T-103	6	2	3	2
E-201	6	0	2	1
E-202	6	0	2	1
M-201	4	0	0	0
R-301	5	0	3	2
R-302	5	0	3	2
R-303	5	0	3	2
E-401	6	0	2	1
E-402	6	0	2	1
E-403	6	0	2	1
E-404	6	0	2	1
A-401	6	0	3	1
A-402	6	0	3	1
S-401	4	0	2	2
S-402	4	0	2	2
M-401	6	0	4	2
T-501	6	2	3	2
T-502	6	2	3	2
T-503	6	2	3	2
E-1401	6	0	2	1
E-1402	6	0	2	1
R-1401	5	0	2	1

Tabla 3.4.2.2. Recuento de señales analógicas y digitales

Analógicas	94	41,23
Digitales	134	58,77

A partir de los datos recopilados, se registra un inventario global de 240 señales físicas, cuya clasificación y desglose es el siguiente:

- Señales Digitales: Suman un total de 146 señales, lo que presenta el 60,83% del total de la planta. Estas se dividen en entradas digitales (134 señales) y salidas digitales (12 señales).
- Señales analógicas: Suman un total de 94 señales, equivalentes al 39.17% del entorno de control. Estas se dividen en entradas analógicas (59 señales) y salidas analógicas (35 señales).

Aunque en la ingeniería de control tradicional se tiende a idealizar una distribución simétrica 50/50 entre señales analógicas y digitales, la naturaleza del proceso químico de síntesis de formaldehído justifica plenamente el predominio de señales digitales ya que se caracteriza por reacciones de oxidación altamente exotérmicas y el manejo de fluidos inflamables y tóxicos como el metanol.

Las señales analógicas, que representan un 39,17% del inventario global, se encarga del control regulatorio continuo del proceso (lazos PID). Estas variables presentan un comportamiento unitario en el lazo de control ya que para controlar un parámetro de proceso sólo se necesita un elemento de medición y un elemento final de control que será el que actuará. Debido a que el control de la planta se concentra estratégicamente en las variables críticas de operación para garantizar la estabilidad, el número de lazos analógicos se mantiene acotado y optimizado, evitando el sobredimensionamiento y sobrecoste del sistema.

Por otro lado, los elementos digitales no operan de forma unitaria, sino que experimentan un efecto multiplicador por cada equipo instalado. Debido a la alta peligrosidad e inflamabilidad que tienen las corrientes que se usan en la planta FORMIQ, el diseño prioriza el aislamiento rápido mediante válvulas de On/Off. Para el sistema de control, una válvula de seguridad automatizada demanda un mínimo de tres señales digitales: una salida digital para energizar la electroválvula de actuación y dos entradas digitales acopladas a los finales de carrera para confirmar físicamente los estados de completamente abierta o cerrada. Además, las unidades de bombeo de metanol, agua de proceso y sopladores de aire requieren una monitorización discreta para cumplir con las normativas de seguridad industrial. Cada motor eléctrico exige una salida digital, pero devuelve múltiples entradas digitales de supervisión del sistema de control.

En conclusión, la asimetría registrada en el listado de señales no representa una desviación del diseño, sino el reflejo de una instalación de control moderna, segura y eficiente. Mientras que las señales analógicas dotan al sistema de la inteligencia necesaria para regular de forma fina las condiciones de operación, las señales digitales constituyen la infraestructura sensorial y de actuación requerida para garantizar la seguridad funcional de la planta, el diagnóstico de fallos y las secuencias automáticas de arranque y parada.

3.4.3. Elementos finales

Los elementos finales de control son los dispositivos encargados de actuar directamente sobre el proceso, modificando la variable manipulada en respuesta a la señal enviada por el sistema de control.

En la planta FORMIQ, los elementos finales de control se clasifican en válvulas de control, sistemas de regulación de velocidad y elementos discretos de actuación.

3.4.3.1. Válvulas de control

Las válvulas de control constituyen el principal elemento final en los lazos de regulación continua, permitiendo la variación del caudal y, de forma indirecta, de variables como presión, temperatura y nivel.

El accionamiento se realiza mediante actuadores neumáticos, controlados a través de un posicionador que recibe la señal analógica (4–20 mA) procedente del sistema de control y ajusta la apertura de la válvula de forma proporcional.

En función de los requisitos de seguridad, se definen configuraciones de fallo, garantizando una posición segura ante pérdida de señal.

La selección de cada válvula se encuentra en el *Capítulo 4. Tuberías, válvulas, bombas y accesorios*.

3.4.3.2. Posicionadores y transductores

Las válvulas de control incorporan posicionadores, encargados de garantizar que la posición real de la válvula corresponda con la señal de control recibida.

Estos dispositivos convierten la señal eléctrica (4–20 mA) en una señal neumática proporcional y corrigen desviaciones en la posición, mejorando la precisión y estabilidad del lazo de control.

En determinados casos, pueden emplearse transductores independientes para la conversión de señal eléctrica a neumática.

Hay algunos de los elementos seleccionados que ya llevan el convertidor de señal incrustado, pero en caso de que no lo llevaran, se usará el Transductor I/P Fairchild T9000. La hoja de especificaciones se encuentra en la Tabla 3.4.3.2.

Tabla 3.4.3.2. Ficha de especificaciones del transductor I/P. [18]

 FORMIQ	HOJA DE ESPECIFICACIONES SENSOR DEL TRANSDUCTOR I/P	
Descripción		
Transductor I/P		
Datos fabricante		
Proveedor/fabricante	Fairchild	
Modelo	T9000	
Características y especificaciones		
Señal de entrada	FTIR (Fourier Transformed Infrared)	
Rango de salida	Metanol, formaldehído, agua, CO, CO2, compuestos orgánicos	
Precisión	Concentración multicomponente en tiempo real	
Alimentación	Segundos	
Tiempo de respuesta	En línea mediante sonda de fibra óptica	
Calibrado	ATEX	
Material	IP65	
Medidas	4-20 mA	
Peso	Acero inoxidable	
Certificaciones	CE, ATEX	
Esquema		
		

3.4.3.4. Elementos finales discretos

Además de los elementos finales de control continuos, como las válvulas modulantes empleadas en los lazos PID de temperatura, presión, nivel y caudal, la planta incorpora elementos finales de control discretos destinados principalmente a funciones de seguridad y operación.

Entre estos elementos se encuentran las válvulas de apertura/cierre (ON/OFF), utilizadas para el aislamiento de equipos, la interrupción de corrientes de proceso en situaciones anómalas y la ejecución de secuencias de parada segura. Estas válvulas actúan a partir de señales binarias procedentes del sistema de control, permitiendo únicamente los estados completamente abierto o cerrado.

Asimismo, se han implementado sistemas de alarma visual y acústica asociados a las variables críticas del proceso. Dichas alarmas se activan cuando se superan los límites operativos establecidos para variables como temperatura, presión, nivel o caudal, alertando al personal de operación y permitiendo la adopción de medidas correctivas antes de que se produzcan situaciones peligrosas.

La incorporación de estos elementos discretos constituye una capa adicional de protección dentro de la filosofía de seguridad de la planta, complementando los lazos de control continuos y contribuyendo a garantizar una operación segura, fiable y conforme a los requisitos industriales aplicables.

En la planta de FORMIQ, los elementos discretos desempeñan un papel especialmente relevante debido al manejo de metanol y formaldehído, sustancias inflamables y potencialmente peligrosas. Por este motivo, se han instalado alarmas de alta presión, alta temperatura, alto y bajo nivel, así como válvulas de aislamiento automático en los equipos principales del proceso.

3.5 Listado de lazos de control en planta

3.5.1. Almacenamiento materias primas A-100

Tabla 3.5.1. Tabla de lazos de control del área A-100

 FORMIQ	Hoja 1 de 1					
	Área planta	100	Fecha		16/05/2026	
			Revisión		09/06/2026	
Nomenclatura equipo	Nomenclatura lazo	Variable Controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Elemento secundario	Configuración
T-101	L-T101-1	Nivel del tanque	Caudales de entrada y salida	LE-T101-1, LSL-T101-1 y LSH-T101-1	LCV-T101-1 y LCV-T101-2	Secuencia Digital
	P-T101-1	Presión del tanque	Entrada nitrógeno y salida	PE-T101-1, PSL-T101-1 y PSH-T101-1	PCV-T101-1 y PCV-T101-2	Feedback
	T-T101-1	Temperatura del tanque	No aplica	LSH-T101-1, LSL-T101-1 y TE-T101-1	No aplica	Alarma
T-102	L-T102-1	Nivel del tanque	Caudales de entrada y salida	LE-T102-1, LSL-T101-2 y LSH-T102-1	LCV-T102-1 y LCV-T102-2	Secuencia Digital
	P-T102-1	Presión del tanque	Entrada nitrógeno y salida	PE-T102-1, PSL-T102-1 y PSH-T102-1	PCV-T102-1 y PCV-T102-2	Feedback
	T-T102-1	Temperatura del tanque	No aplica	LSH-T102-1, LSL-T102-1 y TE-T102-1	No aplica	Alarma
T-103	L-T103-1	Nivel del tanque	Caudales de entrada y salida	LE-T103-1, LSL-T103-1 y LSH-T103-1	LCV-T103-1 y LCV-T103-2	Secuencia Digital
	P-T103-1	Presión del tanque	Entrada nitrógeno y salida	PE-T103-1, PSL-T103-1 y PSH-T103-1	PCV-T103-1 y PCV-T103-2	Feedback
	T-T103-1	Temperatura del tanque	No aplica	LSH-T103-1, LSL-T103-1 y TE-T103-1	No aplica	Alarma

3.5.2. Mezcla y preparación para la reacción A-200

Tabla 3.5.2. Tabla de lazos de control del área A-200

 FORMIQ	Hoja 1 de 1					
	Área planta	200	Fecha	16/05/2026	Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	Nomenclatura lazo	Variable Controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Elemento secundario	Configuración
E-201	T-E201-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E201-1	TCV-E201-1	Feedback
	F-E201-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E201-1 y FSL-E201-1	No aplica	Alarma
	P-E201-1	Presión de salida	No aplica	PE-E201-1	No aplica	Alarma
E-202	T-E202-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E202-1	TCV-E202-1	Feedback
	F-E202-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E202-1 y FSL-E202-1	No aplica	Alarma
	P-E202-1	Presión de salida	No aplica	PE-E202-1	No aplica	Alarma
M-201	F-M201-1	Caudal de salida	No aplica	FSH-M201-1 y FSL-M201-1	No aplica	Alarma
	T-M201-2	Temperatura de salida	No aplica	TSH-M201-1 y TSL-M201-1	No aplica	Alarma

3.5.3. Reacción A-300

Tabla 3.5.3. Tabla de los lazos de control del área A-300

	Hoja 1 de 1					
	Área planta	300		Fecha	15/05/2026	
				Revisión	09/06/2026	
Nomenclatura equipo	Nomenclatura lazo	Variable Controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Elemento secundario	Configuración
R-301	T-R301-1	Temperatura de salida	Caudal de refrigeración	TE-R301-1	TCV-R301-1	Feedback
	P-R301-1	Presión de salida	Caudal de salida	PE-R301-1	No Aplica	Alarma
	C-R301-1	Concentración de salida	Caudal de entrada	CE-R301-1	CCV-R301-1	Feedback
R-302	T-R301-2	Temperatura de salida	Caudal de refrigeración	TE-R302-1	TCV-R302-1	Feedback
	P-R302-1	Presión de salida	Caudal de salida	PE-R302-1	No Aplica	Alarma
	C-R302-1	Concentración de salida	Caudal de entrada	CE-R302-1	CCV-R302-1	Feedback
R-303	T-R301-3	Temperatura de salida	Caudal de refrigeración	TE-R302-1	TCV-R303-1	Feedback
	P-R303-1	Presión de salida	Caudal de salida	PE-R303-1	No Aplica	Alarma
	C-R303-1	Concentración de salida	Caudal de entrada	CE-R303-1	CCV-R303-1	Feedback

3.5.4. Separación del producto A-400

Tabla 3.5.4. Tabla de los lazos de control del área A-400

 FORMIQ	Hoja 1 de 1					
	Área planta	400	Fecha		15/05/2026	
			Revisión		09/06/2026	
Nomenclatura equipo	Nomenclatura lazo	Variable Controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Elemento secundario	Configuración
E-401	T-E401-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E401-1	TCV-E401-1	Feedback
	F-E401-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E401-1 y FSL-E401-1	No aplica	Alarma
	P-E401-1	Presión de salida	No aplica	PE-E401-1	No aplica	Alarma
E-402	T-E402-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E402-1	TCV-E402-1	Feedback
	F-E402-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E402-1 y FSL-E402-1	No aplica	Alarma
	P-E402-1	Presión de salida	No aplica	PE-E402-1	No aplica	Alarma
E-403	T-E403-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E403-1	TCV-E403-1	Feedback
	F-E403-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E403-1 y FSL-E403-1	No aplica	Alarma
	P-E403-1	Presión de salida	No aplica	PE-E403-1	No aplica	Alarma
E-404	T-E404-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E404-1	TCV-E404-1	Feedback
	F-E404-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E404-1 y FSL-E404-1	No aplica	Alarma
	P-E404-1	Presión de salida	No aplica	PE-E404-1	No aplica	Alarma

 FORMIQ	Hoja 2 de 2					
	Área planta	400	Fecha		15/05/2026	
			Revisión		09/06/2026	
Nomenclatura equipo	Nomenclatura lazo	Variable Controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Elemento secundario	Configuración
M-401	C-M401-1	Concentración de salida	Caudales de entrada de metanol y agua	CE-M401-1	CCV-M401-1 y CCV-M401-2	Feedback
	P-M401-1	Presión en el interior	Salida de gases	PE-M401-1	PCV-M401-1	Feedback
	T-M401-1	Temperatura de salida	No aplica	PE-M401-1	No aplica	Alarma
A-401	L-A401-1	Nivel de fluido	Caudal salida inferior	LE-A401-1	LCV-A401-1	Feedback
	DP-A401-1	Presión diferencial	Caudal de salida gases	DPE-A401-1	No aplica	Alarma
	T-A401-1	Temperatura recirculación	Caudal fluido refrigerante	TE-A401-1	TCV-A401-1	Feedback
	T-A401-2	Temperatura salida	No aplica	TSH-A401-2	No aplica	Alarma
A-402	L-A402-1	Nivel de fluido	Caudal salida inferior	LE-A402-1	LCV-A402-1	Feedback
	DP-A402-1	Presión diferencial	Caudal de salida gases	DPE-A402-1	No aplica	Alarma
	T-A402-1	Temperatura recirculación	Caudal fluido refrigerante	TE-A402-1	TCV-A402-1	Feedback
	T-A402-2	Temperatura salida	No aplica	TSH-A402-2	No aplica	Alarma
SC-401	L-SC401-1	Nivel de fluido	Caudal de salida por colas	LE-SC401-1	LCV-SC401-1	Feedback
	F-SC401-1	Caudal de agua	Caudal de entrada de agua	FE-SC401-1	FCV-SC401-1	Feedback
SC-402	L-SC402-1	Nivel de fluido	Caudal de salida por colas	LE-SC402-1	LCV-SC402-1	Feedback
	F-SC402-1	Caudal de agua	Caudal de entrada de agua	FE-SC402-1	FCV-SC402-1	Feedback

3.5.5. Almacenamiento del producto A-500

Tabla 3.5.5. Tabla de los lazos de control del área A-500

 FORMIQ	Hoja 1 de 1					
	Área planta	500	Fecha		16/05/2026	
			Revisión		09/06/2026	
Nomenclatura equipo	Nomenclatura lazo	Variable Controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Elemento secundario	Configuración
T-501	L-T501-1	Nivel del tanque	Caudales de entrada y salida	LSL-T501-1 y LSH-T501-1	LCV-T501-1 y LCV-T501-2	Secuencia Digital
	P-T501-1	Presión del tanque	Entrada y salida de nitrógeno	PSL-T501-1 y PSH-T501-1	PCV-T501-1 y PCV-T501-2	Feedback
	T-T501-1	Temperatura del tanque	-	TT-T501-1	TT-T501-1	Alarma
T-502	L-T502-1	Nivel del tanque	Caudales de entrada y salida	LSL-T502-1 y LSH-T502-1	LCV-T502-1 y LCV-T502-2	Secuencia Digital
	P-T502-1	Presión del tanque	Entrada y salida de nitrógeno	PSL-T502-1 y PSH-T502-1	PCV-T502-1 y PCV-T502-2	Feedback
	T-T502-1	Temperatura del tanque	-	TT-T502-1	TT-T502-1	Alarma
T-503	L-T503-1	Nivel del tanque	Caudales de entrada y salida	LSL-T503-1 y LSH-T503-1	LCV-T503-1 y LCV-T503-2	Secuencia Digital
	P-T503-1	Presión del tanque	Entrada y salida de nitrógeno	PSL-T503-1 y PSH-T503-1	PCV-T503-1 y PCV-T503-2	Feedback
	T-T503-1	Temperatura del tanque	-	TT-T503-1	TT-T503-1	Alarma

3.5.5. Tratamiento de gases A-1400

Tabla 3.5.6. Tabla de lazos de control del área A-1400

	Hoja 1 de 1					
	Área planta	1400	Fecha		15/05/2026	
			Revisión		09/06/2026	
Nomenclatura equipo	Nomenclatura lazo	Variable Controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Elemento secundario	Configuración
E-1401	T-E1401-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E1401-1	TCV-E1401-1	Feedback
	F-E1401-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E1401-1 y FSL-E1401-1	No aplica	Alarma
	P-E1401-1	Presión de salida	No aplica	PE-E1401-1	No aplica	Alarma
E-1402	T-E1402-1	Temperatura de salida	Caudal fluido térmico	TE-E1402-1	TCV-E1402-1	Feedback
	F-E1402-1	Caudal de salida	Caudal de fluido de proceso	FSH-E1402-1 y FSL-E1402-1	No aplica	Alarma
	P-E1402-1	Presión de salida	No aplica	PE-E1402-1	No aplica	Alarma
R-1401	T-R1401-1	Temperatura de entrada	No aplica	TE-R1401-1	No aplica	Alarma
	C-1401-1	Concentración de salida	Caudal de entrada	CE-1401-1	CCV-R1401-1	Feedback
	P-1401-1	Presión de entrada	No aplica	PSH-E1401-1 y PSL-E1401-1	No aplica	Alarma

3.6 Listado de instrumentación en planta

3.6.1. Almacenamiento materias primas A-100

Tabla 3.6.1. Listado de instrumentos de control del área A-100

	Hoja 1 de 6			
	Área planta	A-100	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-101	LIC-T101-1	Controlador Indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
T-101	LE-T101-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
T-101	LT-T101-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
T-101	LY-T101-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-101	LY-T101-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-101	LCV-T101-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-101	LCV-T101-2	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-101	LAH-T101-1	Alarma nivel alto	Sala de control	Eléctrica
T-101	LSH-T101-1	Interruptor nivel alto	En campo	Eléctrica
T-101	LAL-T101-1	Alarma nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
T-101	LSL-T101-1	Interruptor nivel bajo	En campo	Eléctrica
T-101	PIC-T101-1	Controlador Indicador de presión	Sala de control	Eléctrica
T-101	PE-T101-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
T-101	PT-T101-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
T-101	PY-T101-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-101	PY-T101-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-101	PCV-T101-1	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-101	PCV-T101-2	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-101	PAH-T101-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
T-101	PSH-T101-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica

 FORMIQ	Hoja 2 de 6			
	Área planta	A-100	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-101	PAL-T101-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
T-101	PSL-T101-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
T-101	TE-T101-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-101	TT-T101-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-101	TAH-T101-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
T-101	TSH-T101-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
T-101	TAL-T101-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
T-101	TSL-T101-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica

 FORMIQ	Hoja 3 de 6			
	Área planta	A-100	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-102	LIC-T102-1	Controlador Indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
T-102	LE-T102-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
T-102	LT-T102-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
T-102	LY-T102-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-102	LY-T102-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-102	LCV-T102-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-102	LCV-T102-2	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-102	LAH-T102-1	Alarma nivel alto	Sala de control	Eléctrica
T-102	LSH-T102-1	Interruptor nivel alto	En campo	Eléctrica
T-102	LAL-T102-1	Alarma nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
T-102	LSL-T102-1	Interruptor nivel bajo	En campo	Eléctrica
T-102	PIC-T102-1	Controlador Indicador de presión	Sala de control	Eléctrica
T-102	PE-T102-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
T-102	PT-T102-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
T-102	PY-T102-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-102	PY-T102-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-102	PCV-T102-1	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-102	PCV-T102-2	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-102	PAH-T102-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
T-102	PSH-T102-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica

	Hoja 4 de 6			
	Área planta	A-100	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-102	PAL-T102-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
T-102	PSL-T102-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
T-102	TE-T102-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-102	TT-T102-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-102	TAH-T102-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
T-102	TSH-T102-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
T-102	TAL-T102-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
T-102	TSL-T102-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica

 FORMIQ	Hoja 5 de 6			
	Área planta	A-100	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-103	LIC-T103-1	Controlador Indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
T-103	LE-T103-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
T-103	LT-T103-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
T-103	LY-T103-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-103	LY-T103-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-103	LCV-T103-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-103	LCV-T103-2	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-103	LAH-T103-1	Alarma nivel alto	Sala de control	Eléctrica
T-103	LSH-T103-1	Interruptor nivel alto	En campo	Eléctrica
T-103	LAL-T103-1	Alarma nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
T-103	LSL-T103-1	Interruptor nivel bajo	En campo	Eléctrica
T-103	PIC-T103-1	Controlador Indicador de presión	Sala de control	Eléctrica
T-103	PE-T103-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
T-103	PT-T103-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
T-103	PY-T103-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-103	PY-T103-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-103	PCV-T103-1	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-103	PCV-T103-2	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-103	PAH-T103-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
T-103	PSH-T103-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica

 FORMIQ	Hoja 6 de 6			
	Área planta	A-100	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-103	PAL-T103-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
T-103	PSL-T103-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
T-103	TE-T103-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-103	TT-T103-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-103	TAH-T103-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
T-103	TSH-T103-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
T-103	TAL-T103-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
T-103	TSL-T103-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica

3.6.2. Mezcla y preparación para la reacción A-200

Tabla 3.6.2. Listado de Instrumentación del área A-200

	Hoja 1 de 3			
	Área planta	200	Fecha	14/05/2016
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-201	TE-E201-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-201	TT-E201-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-201	TIC-E201-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-201	TCV-E201-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-201	TSH-E201-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-201	TSL-E201-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-201	TAH-E201-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-201	TAL-E201-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-201	TY-E201-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-201	FSH-E201-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-201	FSL-E201-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-201	FAH-E201-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-201	FAL-E201-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-201	PE-E201-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-201	PT-E201-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-201	PSL-E201-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-201	PAL-E201-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-201	PSL-E201-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-201	PAL-E201-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 2 de 3			
	Área planta	200	Fecha	14/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-202	TE-E202-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-202	TT-E202-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-202	TIC-E202-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-202	TCV-E202-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-202	TSH-E202-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-202	TSL-E202-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-202	TAH-E202-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-202	TAL-E202-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-202	TY-E202-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-202	FSH-E202-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-202	FSL-E202-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-202	FAH-E202-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-202	FAL-E202-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-202	PE-E202-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-202	PT-E202-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-202	PSL-E202-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-202	PAL-E202-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-202	PSL-E202-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-202	PAL-E202-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 3 de 3			
	Área planta	200	Fecha	14/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
M-201	FSH-M201-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
M-201	FSL-M201-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
M-201	FAH-M201-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
M-201	FAL-M201-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
M-201	TSH-M201-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
M-201	TSL-M201-1	Interruptor de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
M-201	TAH-M201-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
M-201	TAL-M201-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica

3.6.3. Reacción A-300

Tabla 3.6.3. Listado de instrumentación del área A-300

 FORMIQ	Hoja 1 de 3			
	Área planta	300	Fecha	21/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
R-301	TE-R301-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-301	TT-R301-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-301	TIC-R301-1	Controlador indicador de temperatura	En sala de control	Eléctrica
R-301	TY-R301-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
R-301	TCV-R301-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
R-301	TSH-R301-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
R-301	TSL-R301-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
R-301	TAH-R301-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
R-301	TAL-R301-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
R-301	PE-R301-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
R-301	PT-R301-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
R-301	PSH-R301-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
R-301	PSL-R301-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
R-301	PAH-R301-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
R-301	PAL-R301-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
R-301	CE-R301-1	Sensor de concentración	En campo	Eléctrica
R-301	CT-R301-1	Transmisor de concentración	En campo	Eléctrica
R-301	CIC-R301-1	Controlador indicador de concentración	En sala de control	Eléctrica
R-301	CAL-R301-1	Alarma de concentración baja	En campo	Eléctrica
R-301	CCV-R301-1	Válvula de control de concentración	En campo	Neumática
R-301	CY-R301-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática

	Hoja 2 de 3			
	Área planta	300	Fecha	21/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
R-302	TE-R302-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-302	TT-R302-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-302	TIC-R302-1	Controlador indicador de temperatura	En sala de control	Eléctrica
R-302	TY-R302-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
R-302	TCV-R302-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
R-302	TSH-R302-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
R-302	TSL-R302-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
R-302	TAH-R302-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
R-302	TAL-R302-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
R-302	PE-R302-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
R-302	PT-R302-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
R-302	PSH-R302-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
R-302	PSL-R302-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
R-302	PAH-R302-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
R-302	PAL-R302-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
R-302	CE-R302-1	Sensor de concentración	En campo	Eléctrica
R-302	CT-R302-1	Transmisor de concentración	En campo	Eléctrica
R-302	CIC-R302-1	Controlador indicador de concentración	En sala de control	Eléctrica
R-302	CAL-R302-1	Alarma de concentración baja	En campo	Eléctrica
R-302	CCV-R302-1	Válvula de control de concentración	En campo	Neumática
R-302	CY-R302-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática

	Hoja 3 de 3			
	Área planta	300	Fecha	21/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
R-303	TE-R303-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-303	TT-R303-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-303	TIC-R303-1	Controlador indicador de temperatura	En sala de control	Eléctrica
R-303	TY-R303-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
R-303	TCV-R303-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
R-303	TSH-R303-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
R-303	TSL-R303-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
R-303	TAH-R303-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
R-303	TAL-R303-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
R-303	PE-R303-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
R-303	PT-R303-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
R-303	PSH-R303-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
R-303	PSL-R303-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
R-303	PAH-R303-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
R-303	PAL-R303-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
R-303	CE-R303-1	Sensor de concentración	En campo	Eléctrica
R-303	CT-R303-1	Transmisor de concentración	En campo	Eléctrica
R-303	CIC-R303-1	Controlador indicador de concentración	En sala de control	Eléctrica
R-303	CAL-R303-1	Alarma de concentración baja	En campo	Eléctrica
R-303	CCV-R303-1	Válvula de control de concentración	En campo	Neumática
R-303	CY-R303-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática

3.6.4. Separación del producto A-400

Tabla 3.6.4. Listado de instrumentación del área A-400

	Hoja 1 de 9			
	Área planta	200	Fecha	14/05/4016
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-401	TE-E401-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-401	TT-E401-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-401	TIC-E401-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-401	TCV-E401-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-401	TSH-E401-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-401	TSL-E401-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-401	TAH-E401-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-401	TAL-E401-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-401	TY-E401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-401	FSH-E401-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-401	FSL-E401-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-401	FAH-E401-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-401	FAL-E401-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-401	PE-E401-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-401	PT-E401-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-401	PSL-E401-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-401	PAL-E401-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-401	PSL-E401-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-401	PAL-E401-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 2 de 9			
	Área planta	200	Fecha	14/05/4026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-402	TE-E402-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-402	TT-E402-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-402	TIC-E402-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-402	TCV-E402-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-402	TSH-E402-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-402	TSL-E402-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-402	TAH-E402-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-402	TAL-E402-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-402	TY-E402-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-402	FSH-E402-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-402	FSL-E402-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-402	FAH-E402-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-402	FAL-E402-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-402	PE-E402-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-402	PT-E402-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-402	PSL-E402-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-402	PAL-E402-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-402	PSL-E402-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-402	PAL-E402-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 3 de 9			
	Área planta	200	Fecha	14/05/4036
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-403	TE-E403-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-403	TT-E403-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-403	TIC-E403-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-403	TCV-E403-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-403	TSH-E403-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-403	TSL-E403-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-403	TAH-E403-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-403	TAL-E403-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-403	TY-E403-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-403	FSH-E403-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-403	FSL-E403-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-403	FAH-E403-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-403	FAL-E403-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-403	PE-E403-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-403	PT-E403-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-403	PSL-E403-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-403	PAL-E403-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-403	PSL-E403-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-403	PAL-E403-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 4 de 9			
	Área planta	200	Fecha	09/06/2026
			Revisión	30/05/4046
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-404	TE-E404-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-404	TT-E404-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-404	TIC-E404-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-404	TCV-E404-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-404	TSH-E404-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-404	TSL-E404-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-404	TAH-E404-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-404	TAL-E404-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-404	TY-E404-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-404	FSH-E404-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-404	FSL-E404-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-404	FAH-E404-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-404	FAL-E404-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-404	PE-E404-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-404	PT-E404-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-404	PSL-E404-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-404	PAL-E404-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-404	PSL-E404-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-404	PAL-E404-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

 FORMIQ	Hoja 5 de 9			
	Área planta	400	Fecha Revisión	14/05/2026 09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
A-401	LE-A401-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
A-401	LT-A401-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
A-401	LY-A401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
A-401	LCV-A401-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
A-401	LSH-A401-1	Interruptor de nivel alto	En campo	Eléctrica
A-401	LSL-A401-1	Interruptor de nivel bajo	En campo	Eléctrica
A-401	LAH-A401-1	Alarma de nivel alto	Sala de control	Eléctrica
A-401	LAL-A401-1	Alarma de nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
A-401	LCI-A401-1	Controlador indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
A-401	DPE-A401-1	Sensor de presión diferencial	En campo	Eléctrica
A-401	DPT-A401-1	Transmisor de presión diferencial	En campo	Eléctrica
A-401	DPSH-A401-1	Interruptor de presión diferencial alta	En campo	Eléctrica
A-401	DPSL-A401-1	Interruptor de presión diferencial baja	En campo	Eléctrica
A-401	DPAH-A401-1	Alarma de presión diferencial alta	Sala de control	Eléctrica
A-401	DPAL-A401-1	Alarma de presión diferencial baja	Sala de control	Eléctrica
A-401	TT-A401-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-401	TY-A401-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-401	TCV-A401-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
A-401	TSH-A401-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
A-401	TSL-A401-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
A-401	TAH-A401-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
A-401	TAL-A401-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
A-401	TIC-A401-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
A-401	TE-A401-2	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-401	TT-A401-2	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-401	TAH-A401-2	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica

 FORMIQ	Hoja 6 de 9			
	Área planta	400	Fecha	14/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
A-402	LE-A402-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
A-402	LT-A402-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
A-402	LY-A402-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
A-402	LCV-A402-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
A-402	LSH-A402-1	Interruptor de nivel alto	En campo	Eléctrica
A-402	LSL-A402-1	Interruptor de nivel bajo	En campo	Eléctrica
A-402	LAH-A402-1	Alarma de nivel alto	Sala de control	Eléctrica
A-402	LAL-A402-1	Alarma de nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
A-402	LCI-A402-1	Controlador indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
A-402	DPE-A402-1	Sensor de presión diferencial	En campo	Eléctrica
A-402	DPT-A402-1	Transmisor de presión diferencial	En campo	Eléctrica
A-402	DPSH-A402-1	Interruptor de presión diferencial alta	En campo	Eléctrica
A-402	DPSL-A402-1	Interruptor de presión diferencial baja	En campo	Eléctrica
A-402	DPAH-A402-1	Alarma de presión diferencial alta	Sala de control	Eléctrica
A-402	DPAL-A402-1	Alarma de presión diferencial baja	Sala de control	Eléctrica
A-402	TT-A402-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-402	TY-A402-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-402	TCV-A402-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
A-402	TSH-A402-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
A-402	TSL-A402-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
A-402	TAH-A402-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
A-402	TAL-A402-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
A-402	TIC-A402-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
A-402	TE-A402-2	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-402	TT-A402-2	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
A-402	TAH-A402-2	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 7 de 9			
	Área planta	400	Fecha	14/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
M-401	CE-M401-1	Sensor de concentración	En campo	Eléctrica
M-401	CT-M401-1	Transmisor de concentración	En campo	Eléctrica
M-401	CY-M401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
M-401	CY-M401-2	Transmisor de concentración	En campo	Electroneumática
M-401	CCV-M401-1	Válvula de control de concentración	En campo	Neumática
M-401	CCV-M401-2	Válvula de control de concentración	En campo	Neumática
M-401	CAL-M401-1	Alarma de concentración baja	Sala de control	Eléctrica
M-401	CAH-M401-1	Alarma de concentración alta	Sala de control	Eléctrica
M-401	CIC-M401-1	Controlador indicador de concentración	Sala de control	Eléctrica
M-401	PE-M401-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
M-401	PT-M401-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
M-401	PY-M401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
M-401	PCV-M401-1	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
M-401	PSH-M401-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
M-401	PAH-M401-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
M-401	PIC-M401-1	Controlador indicador de presión	Sala de control	Eléctrica
M-401	TE-M401-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
M-401	TT-M401-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
M-401	TAH-M401-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
M-401	TAH-M401-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 7 de 8			
	Área planta	400	Fecha	14/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
S-401	LE-S401-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
S-401	LT-S401-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
S-401	LY-S401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
S-401	LCV-S401-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
S-401	LSH-S401-1	Interruptor de nivel alto	En campo	Eléctrica
S-401	LSL-S401-1	Interruptor de nivel bajo	En campo	Eléctrica
S-401	LAH-S401-1	Alarma de nivel alto	Sala de control	Eléctrica
S-401	LAL-S401-1	Alarma de nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
S-401	LCI-S401-1	Controlador indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
S-401	FE-S401-1	Sensor de caudal	En campo	Eléctrica
S-401	FT-S401-1	Transmisor de caudal	En campo	Eléctrica
S-401	FY-S401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
S-401	FCV-S401-1	Válvula de control de caudal	En campo	Neumática
S-401	FAH-S401-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
S-401	FAL-S401-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
S-401	FCI-S401-1	Controlador indicador de caudal	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 7 de 8			
	Área planta	400	Fecha	14/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
S-402	LE-S402-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
S-402	LT-S402-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
S-402	LY-S402-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
S-402	LCV-S402-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
S-402	LSH-S402-1	Interruptor de nivel alto	En campo	Eléctrica
S-402	LSL-S402-1	Interruptor de nivel bajo	En campo	Eléctrica
S-402	LAH-S402-1	Alarma de nivel alto	Sala de control	Eléctrica
S-402	LAL-S402-1	Alarma de nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
S-402	LCI-S402-1	Controlador indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
S-402	FE-S402-1	Sensor de caudal	En campo	Eléctrica
S-402	FT-S402-1	Transmisor de caudal	En campo	Eléctrica
S-402	FY-S402-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
S-402	FCV-S402-1	Válvula de control de caudal	En campo	Neumática
S-402	FAH-S402-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
S-402	FAL-S402-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
S-402	FCI-S402-1	Controlador indicador de caudal	Sala de control	Eléctrica

3.6.5. Almacenamiento del producto A-500

Tabla 3.6.5. Listado de instrumentos de control del área A-500

	Hoja 1 de 6			
	Área planta	500	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-501	LIC-T501-1	Controlador Indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
T-501	LE-T501-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
T-501	LT-T501-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
T-501	LY-T501-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-501	LY-T501-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-501	LCV-T501-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-501	LCV-T501-2	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-501	LAH-T501-1	Alarma nivel alto	Sala de control	Eléctrica
T-501	LSH-T501-1	Interruptor nivel alto	En campo	Eléctrica
T-501	LAL-T501-1	Alarma nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
T-501	LSL-T501-1	Interruptor nivel bajo	En campo	Eléctrica
T-501	PIC-T501-1	Controlador Indicador de presión	Sala de control	Eléctrica
T-501	PE-T501-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
T-501	PT-T501-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
T-501	PY-T501-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-501	PY-T501-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-501	PCV-T501-1	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-501	PCV-T501-2	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-501	PAH-T501-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
T-501	PSH-T501-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica

	Hoja 2 de 6			
	Área planta	500	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-501	PAL-T501-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
T-501	PSL-T501-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
T-501	TE-T501-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-501	TT-T501-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-501	TAH-T501-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
T-501	TSH-T501-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
T-501	TAL-T501-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
T-501	TSL-T501-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica

	Hoja 3 de 6			
	Área planta	500	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-502	LIC-T502-1	Controlador Indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
T-502	LE-T502-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
T-502	LT-T502-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
T-502	LY-T502-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-502	LY-T502-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-502	LCV-T502-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-502	LCV-T502-2	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-502	LAH-T502-1	Alarma nivel alto	Sala de control	Eléctrica
T-502	LSH-T502-1	Interruptor nivel alto	En campo	Eléctrica
T-502	LAL-T502-1	Alarma nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
T-502	LSL-T502-1	Interruptor nivel bajo	En campo	Eléctrica
T-502	PIC-T502-1	Controlador Indicador de presión	Sala de control	Eléctrica
T-502	PE-T502-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
T-502	PT-T502-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
T-502	PY-T502-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-502	PY-T502-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-502	PCV-T502-1	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-502	PCV-T502-2	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-502	PAH-T502-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
T-502	PSH-T502-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica

	Hoja 4 de 6			
	Área planta	500	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-502	PAL-T502-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
T-502	PSL-T502-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
T-502	TE-T502-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-502	TT-T502-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-502	TAH-T502-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
T-502	TSH-T502-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
T-502	TAL-T502-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
T-502	TSL-T502-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica

	Hoja 5 de 6			
	Área planta	500	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-503	LIC-T503-1	Controlador Indicador de nivel	Sala de control	Eléctrica
T-503	LE-T503-1	Sensor de nivel	En campo	Eléctrica
T-503	LT-T503-1	Transmisor de nivel	En campo	Eléctrica
T-503	LY-T503-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-503	LY-T503-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-503	LCV-T503-1	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-503	LCV-T503-2	Válvula de control de nivel	En campo	Neumática
T-503	LAH-T503-1	Alarma nivel alto	Sala de control	Eléctrica
T-503	LSH-T503-1	Interruptor nivel alto	En campo	Eléctrica
T-503	LAL-T503-1	Alarma nivel bajo	Sala de control	Eléctrica
T-503	LSL-T503-1	Interruptor nivel bajo	En campo	Eléctrica
T-503	PIC-T503-1	Controlador Indicador de presión	Sala de control	Eléctrica
T-503	PE-T503-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
T-503	PT-T503-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
T-503	PY-T503-2	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-503	PY-T503-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
T-503	PCV-T503-1	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-503	PCV-T503-2	Válvula de control de presión	En campo	Neumática
T-503	PAH-T503-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica
T-503	PSH-T503-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica

 FORMIQ	Hoja 6 de 6			
	Área planta	500	Fecha	16/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
T-503	PAL-T503-1	Alarma de presión baja	Sala de control	Eléctrica
T-503	PSL-T503-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
T-503	TE-T503-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-503	TT-T503-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
T-503	TAH-T503-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
T-503	TSH-T503-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
T-503	TAL-T503-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
T-503	TSL-T503-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica

3.6.6. Tratamiento de gases A-1400

Tabla 3.6.6. Listado de instrumentación del área A-1400.

 FORMIQ	Hoja 2 de 5			
	Área planta	1400	Fecha	14/05/14016
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-1401	TE-E1401-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-1401	TT-E1401-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-1401	TIC-E1401-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-1401	TCV-E1401-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-1401	TSH-E1401-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-1401	TSL-E1401-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-1401	TAH-E1401-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-1401	TAL-E1401-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-1401	TY-E1401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-1401	FSH-E1401-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-1401	FSL-E1401-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-1401	FAH-E1401-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-1401	FAL-E1401-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-1401	PE-E1401-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-1401	PT-E1401-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-1401	PSL-E1401-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-1401	PAL-E1401-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-1401	PSL-E1401-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-1401	PAL-E1401-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 2 de 5			
	Área planta	1400	Fecha	14/05/14026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
E-1402	TE-E1402-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-1402	TT-E1402-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
E-1402	TIC-E1402-1	Controlador indicador de temperatura	Sala de control	Eléctrica
E-1402	TCV-E1402-1	Válvula de control de temperatura	En campo	Neumática
E-1402	TSH-E1402-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
E-1402	TSL-E1402-1	Interruptor de temperatura baja	En campo	Eléctrica
E-1402	TAH-E1402-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
E-1402	TAL-E1402-1	Alarma de temperatura baja	Sala de control	Eléctrica
E-1402	TY-E1402-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
E-1402	FSH-E1402-1	Interruptor de caudal alto	En campo	Eléctrica
E-1402	FSL-E1402-1	Interruptor de caudal bajo	En campo	Eléctrica
E-1402	FAH-E1402-1	Alarma de caudal alto	Sala de control	Eléctrica
E-1402	FAL-E1402-1	Alarma de caudal bajo	Sala de control	Eléctrica
E-1402	PE-E1402-1	Sensor de presión	En campo	Eléctrica
E-1402	PT-E1402-1	Transmisor de presión	En campo	Eléctrica
E-1402	PSL-E1402-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
E-1402	PAL-E1402-1	Alarma depresión baja	Sala de control	Eléctrica
E-1402	PSL-E1402-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
E-1402	PAL-E1402-1	Alarma depresión alta	Sala de control	Eléctrica

	Hoja 3 de 3			
	Área planta	1400	Fecha	21/05/2026
			Revisión	09/06/2026
Nomenclatura equipo	ID	Descripción	Ubicación	Actuación
R-1401	TE-R1401-1	Sensor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-1401	TT-R1401-1	Transmisor de temperatura	En campo	Eléctrica
R-1401	TSH-R1401-1	Interruptor de temperatura alta	En campo	Eléctrica
R-1401	TAH-R1401-1	Alarma de temperatura alta	Sala de control	Eléctrica
R-1401	CE-R1401-1	Sensor de concentración	En campo	Eléctrica
R-1401	CT-R1401-1	Transmisor de concentración	En campo	Eléctrica
R-1401	CIC-R1401-1	Controlador indicador de concentración	En sala de control	Eléctrica
R-1401	CAH-R1401-1	Alarma de concentración alta	En campo	Eléctrica
R-1401	CCV-R1401-1	Válvula de control de concentración	En campo	Neumática
R-1401	CY-R1401-1	Transductor I/P	En campo	Electroneumática
R-1401	PE-R1401-1	Interruptor de presión baja	En campo	Eléctrica
R-1401	PT-R1401-1	Alarma de presión baja	En campo	Eléctrica
R-1401	PSH-R1401-1	Interruptor de presión alta	En campo	Eléctrica
R-1401	PAH-R1401-1	Alarma de presión alta	Sala de control	Eléctrica

3.7 Descripción y diagramas de los lazos de control

Tras mostrar todos los lazos e instrumentos presentes dentro de FORMIQ se procede a realizar la explicación de cada uno de ellos, juntamente con el P&D correspondiente de cada lazo.

3.7.1. Tanques de almacenamiento

- **Lazo de control de nivel**

En los tanques de almacenamiento de metanol y formaldehído se implementa un lazo de control de nivel con el objetivo de mantener el inventario de producto dentro de los límites operativos establecidos. Este control es fundamental para garantizar la continuidad del proceso, evitar situaciones de sobrellenado o vaciado excesivo y asegurar una alimentación estable a las unidades posteriores de la planta.

La variable controlada es el nivel del fluido almacenado en el interior del tanque. Para su medición se dispone de un elemento de nivel, que envía una señal analógica de 4-20 mA al controlador indicador de nivel, situado en la sala de control. Este controlador compara continuamente el nivel medido con el valor de consigna definido y genera la acción de control necesaria para corregir cualquier desviación.

La variable manipulada es el caudal de entrada y salida del tanque. Para ello, el sistema dispone de válvulas de control neumáticas instaladas en las líneas de alimentación y descarga. Estas válvulas reciben la señal de control mediante convertidores electroneumáticos, que transforman la señal eléctrica de 4-20 mA en una señal neumática de 0,2-1 bar para accionar las válvulas.

Cuando el nivel del tanque aumenta por encima del valor de consigna, el sistema envía una señal a la válvula del siguiente tanque para que se abra y se llene el tanque continuo. Por el contrario, si el nivel disminuye por debajo del valor establecido, se envía una señal a la válvula del tanque continuo para que se cierre y se llene primero el tanque inicial.

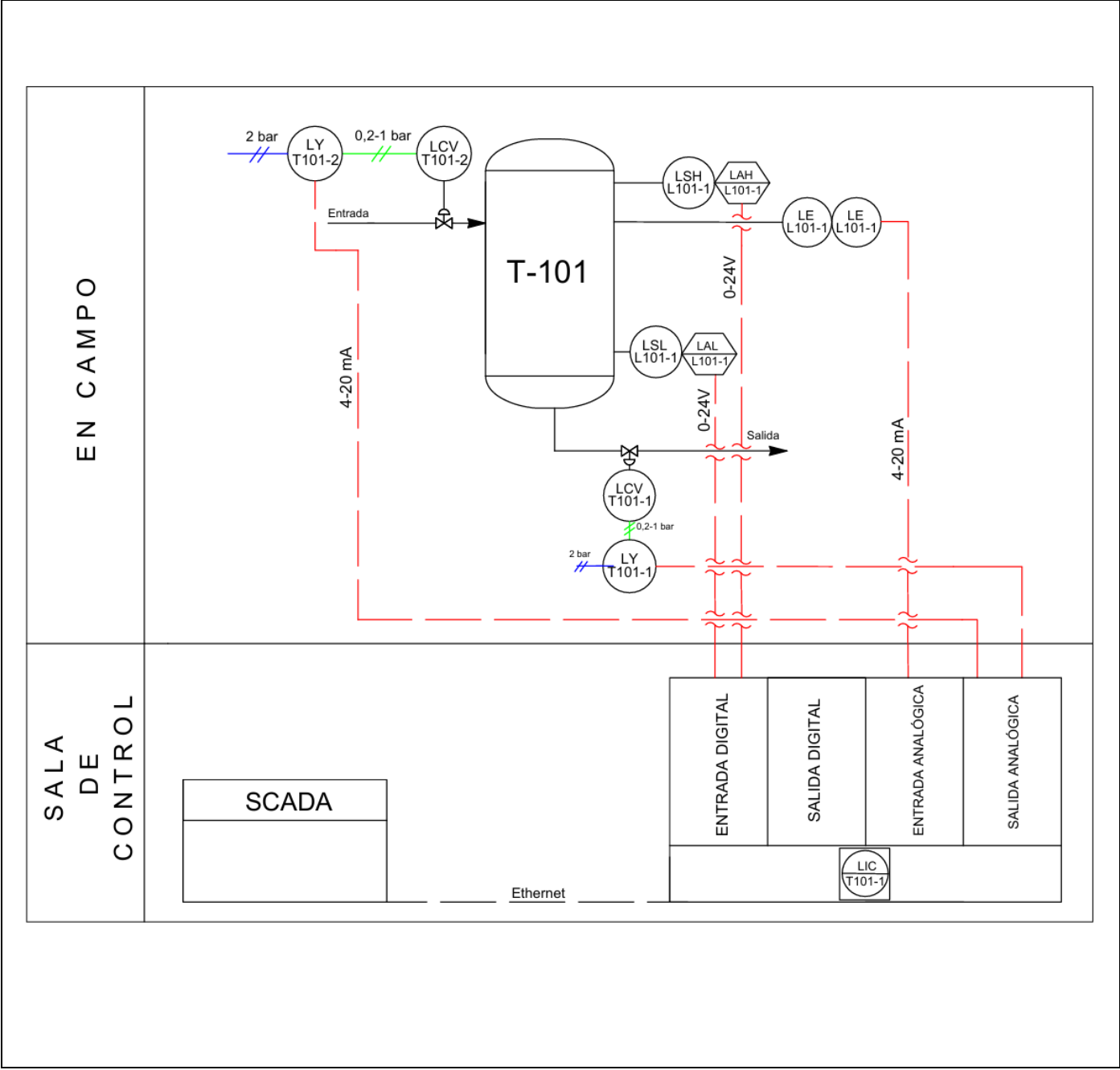
Además del control continuo, se incorporan interruptores y alarmas de nivel alto y bajo. Las alarmas de nivel alto permiten prevenir situaciones de sobrellenado, derrames o sobrepresión en el sistema, mientras que las alarmas de nivel bajo evitan el vaciado excesivo del tanque y posibles problemas en bombas o líneas de alimentación. Se ha elegido ejemplo el esquema del lazo de control del tanque T-101.

Tabla 3.7.1. Características del lazo de control de nivel de los tanques de almacenamiento.

	Características del lazo de control	
	Área	100 y 500
Nomenclatura de los lazos	L-T101-1, L-T102-1, L-T103-1	L-T501-1, L-T502-1, L-T503-1
Equipos	T-101, T-102, T-103	T-501, T-502, T-503
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Nivel del líquido	Nivel del líquido
Variable manipulada	Caudal de entrada y salida	Caudal de entrada y salida
Set point	0-148 m ³	0-261,5 m ³
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.2. Hoja de especificaciones del lazo de control de nivel de los tanques de almacenamiento.

 FORMIQ	Especificaciones del lazo de control			
	Área	100	Fecha	16/05/2026
	Ítem	T-101	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
L-T101-1, L-T102-1, L-T103-1, L-T501-1, L-T502-1, L-T503-1	LIC-T101-1	Controlador Indicador de nivel	LCV-T101-2	Válvula de control de nivel
	LE-T101-1	Sensor de nivel	LAH-T101-1	Alarma nivel alto
	LT-T101-1	Transmisor de nivel	LSH-T101-1	Interruptor nivel alto
	LY-T101-1	Transductor I/P	LAL-T101-1	Alarma nivel bajo
	LY-T101-2	Transductor I/P	LSL-T101-1	Interruptor nivel bajo
	LCV-T101-1	Válvula de control de nivel		



- **Lazo de control de presión**

En los tanques de almacenamiento de metanol y formaldehído se implementa un lazo de control de presión con el objetivo de mantener la presión interna dentro de los límites operativos establecidos. Este control es fundamental para garantizar la seguridad del equipo, evitar situaciones de sobrepresión o depresión excesiva y asegurar unas condiciones estables de almacenamiento.

La variable controlada es la presión en el interior del tanque. Para su medición se dispone de un elemento de presión, conectado a un transmisor de presión. Este transmisor envía una señal analógica al controlador indicador de presión situado en la sala de control. El controlador compara continuamente la presión medida con el valor de consigna definido y genera la acción de control necesaria para corregir cualquier desviación.

La variable manipulada corresponde al caudal de gas asociado al sistema de presurización o venteo del tanque. Para ello, el sistema dispone de dos válvulas de control neumáticas, instaladas en las líneas de entrada y salida. Estas válvulas reciben la señal de control mediante los convertidores electroneumáticos, que transforman la señal eléctrica en una señal neumática necesaria para accionar las válvulas de control.

Cuando la presión del tanque disminuye por debajo del valor de consigna, el sistema puede actuar aumentando la entrada para recuperar la presión interna. Por el contrario, si la presión aumenta por encima del valor establecido, el controlador puede reducir la entrada o abrir la línea de venteo, permitiendo disminuir la presión y devolver el sistema a sus condiciones normales de operación.

Además del control continuo, el sistema incorpora elementos de seguridad mediante presostatos de alta y baja presión, asociados a las alarmas. Estas alarmas permiten detectar condiciones anómalas de sobrepresión o baja presión, alertando al operador y facilitando una actuación rápida antes de que la situación pueda comprometer la integridad del tanque o la estabilidad del proceso.

Se ha cogido como ejemplo el esquema del lazo de control del tanque T-101.

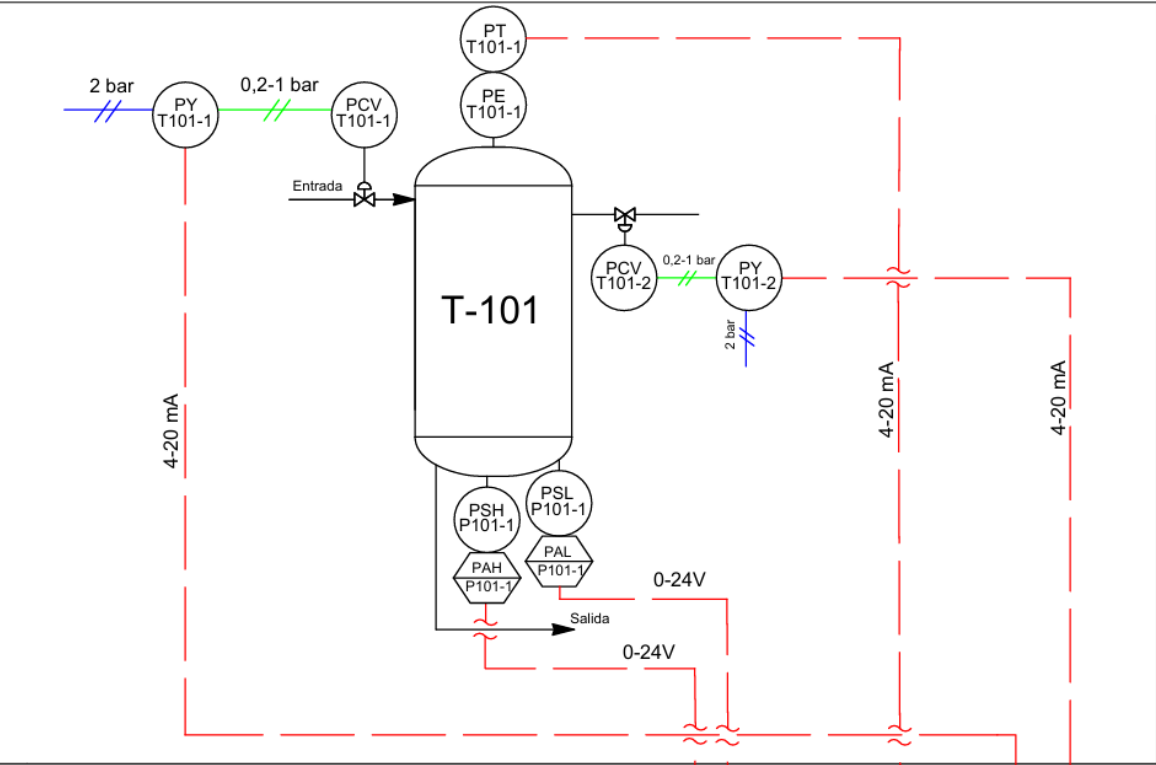
Tabla 3.7.3. Características del lazo de control de presión de los tanques de almacenamiento T-101 a T-103.

	Características del lazo de control	
	Área	100 y 500
Nomenclatura de los lazos	P-T101-1, P-T102-1, P-T103-1	P-T501-1, P-T502-1, P-T503-1
Equipos	T-101, T-102, T-103	T-501, T-502, T-503
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Presión en el interior del tanque	Presión en el interior del tanque
Variable manipulada	Entrada y salida de nitrógeno	Entrada y salida de nitrógeno
Set point	1,13 +/- 0,03 bar	1,13 +/- 0,03 bar
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.4. Hoja de especificaciones del lazo de control de presión de los tanques de almacenamiento T-101 a T103.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	100	Fecha	16/05/2026
	Ítem	T-101	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
P-T101-1, P-T102-1, P-T103-1, P-T501-1, P-T502-1, P-T503-1	PIC-T101-1	Controlador Indicador de presión	PCV-T101-2	Válvula de control de presión
	PE-T101-1	Sensor de presión	PAH-T101-1	Alarma de presión alta
	PT-T101-1	Transmisor de presión	PSH-T101-1	Interruptor de presión alta
	PY-T101-1	Transductor I/P	PAL-T101-1	Alarma de presión baja
	PY-T101-2	Transductor I/P	PSL-T101-1	Interruptor de presión baja
	PCV-T101-1	Válvula de control de presión		

EN CAMPO



SALA DE CONTROL

SCADA

Ethernet

ENTRADA DIGITAL

SALIDA DIGITAL

ENTRADA ANALÓGICA

SALIDA ANALÓGICA

PIC T101-1

- **Lazo de control de temperatura**

En los tanques de almacenamiento de metanol y formaldehído se implementa un lazo de control de temperatura con el objetivo de supervisar y mantener la temperatura del producto almacenado dentro de los límites operativos establecido. Este control es importante para garantizar unas condiciones seguras de almacenamiento, evitar variaciones térmicas excesivas y reducir posibles efectos sobre la presión interna del tanque o sobre las propiedades del fluido almacenado.

La variable controlada es la temperatura en el interior del tanque. Para su medición se dispone de un elemento de temperatura conectado a un transmisor. Este transmisor envía una señal analógica de 4-20 mA al controlador indicador de temperatura, situado en la sala de control. El controlador permite comparar la temperatura medida con el valor de referencia establecido y supervisar continuamente el estado térmico del tanque.

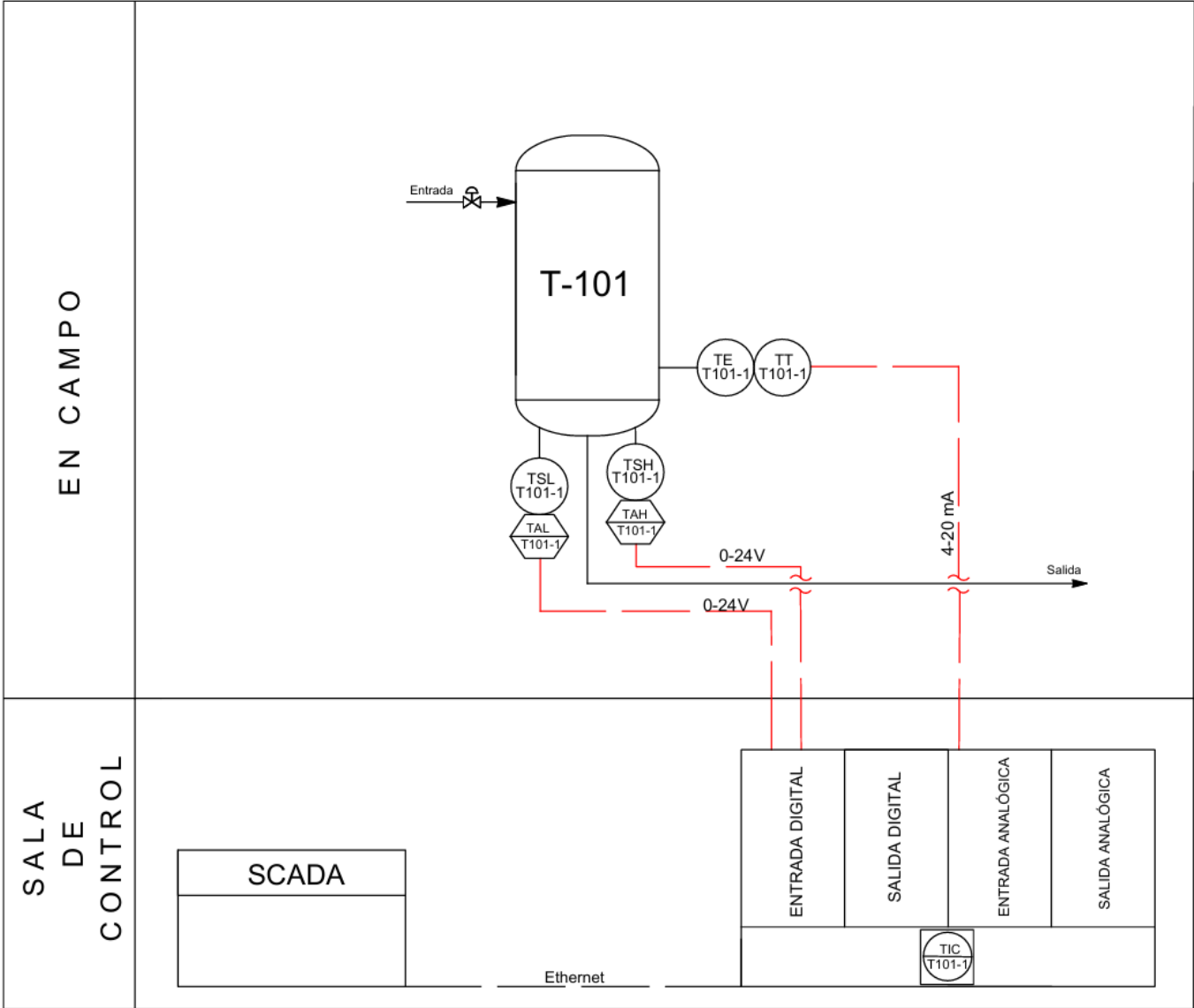
Además de la medición continua, el sistema incorpora elementos de seguridad mediante interruptores de temperatura alta y baja. Estos elementos están asociados a alarmas de temperatura y temperatura baja, que permiten detectar de manera temprana situaciones anómalas que puedan afectar a la seguridad del almacenamiento o a la estabilidad del proceso.

Se ha cogido como ejemplo el esquema del lazo de control del tanque T-101.

Tabla 3.7.5. Características del lazo de control de temperatura de los tanques de almacenamiento.

	Características del lazo de control	
	Área	100 y 500
Nomenclatura de los lazos	T-T101-1, T-T102-1, T-T103-1	T-T501-1, T-T502-1, T-T503-1
Equipos	T-101, T-102, T-103	T-501, T-502, T-503
Tipo de lazo	Alarma	Alarma
Variable controlada	Temperatura en el interior del tanque	Temperatura en el interior del tanque
Variable manipulada	No aplica	No aplica
Set point	25 +/- 15 °C	25 +/- 15 °C
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.6. Hoja de especificaciones del lazo de control de temperatura de los tanques de almacenamiento.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	100	Fecha	16/05/2026
	Ítem	T-101	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
T-T101-1, T-T102-1, T-T103-1, T-T501-1, T-T502-1, T-T503-1	TE-T101-1	Sensor de temperatura	TSH-T101-1	Interruptor de temperatura alta
	TT-T101-1	Transmisor de temperatura	TAL-T101-1	Alarma de temperatura baja
	TAH-T101-1	Alarma de temperatura alta	TSL-T101-1	Interruptor de temperatura baja
SALA DE CONTROL				

3.7.2. Intercambiadores de calor

- **Lazo de control de temperatura**

Los intercambiadores de calor de FORMIQ disponen de un lazo de control de temperatura cuya función es mantener la corriente de proceso a la temperatura de salida requerida por las especificaciones de diseño. Este control resulta esencial para garantizar el correcto funcionamiento de las etapas posteriores, optimizar la transferencia de calor y asegurar la estabilidad operativa del proceso.

La variable controlada es la temperatura de salida de la corriente de proceso. Para su medición se instala un elemento de temperatura, conectado a un transmisor que convierte la señal de medida en una señal analógica normalizada de 4-20 mA. Esta señal es enviada al controlador, donde se compara continuamente con el valor de consigna establecido por el operador.

La variable manipulada es el caudal del fluido térmico que circula por el intercambiador utilizado como medio calefactor. El controlador actúa sobre la válvula de control, instalada en la línea de entrada del fluido térmico. Dicha válvula recibe la señal de mando a través del convertidor electroneumático, que transforma la señal eléctrica en una señal neumática para accionar la válvula.

Cuando la temperatura de salida del proceso es inferior al valor de consigna, el controlador aumenta la apertura de la válvula de control, incrementando el caudal de fluido térmico que atraviesa el intercambiador y aumentando la transferencia de calor. Por el contrario, cuando la temperatura supera el valor deseado, el controlador reduce la apertura de la válvula, disminuyendo el aporte térmico y permitiendo que la temperatura vuelva al rango establecido.

Además del control continuo, el sistema incorpora funciones de seguridad mediante interruptores de temperatura alta y baja, asociados a las alarmas de temperatura alta y temperatura baja. Estas alarmas permiten detectar desviaciones significativas de la temperatura de operación y alertar al operador antes de que puedan afectar al rendimiento del proceso o a la integridad de los equipos.

Se ha escogido como ejemplo el esquema del lazo de control del intercambiador E-201.

Tabla 3.7.7. Características del lazo de control de temperatura de los intercambiadores de calor del área A-200.

	Características del lazo de control	
	Área	200
Nomenclatura de los lazos	T-E201-1	T-E202-1
Equipos	E-201	E-202
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Temperatura de salida	Temperatura de salida
Variable manipulada	Caudal fluido térmico	Caudal fluido térmico
Set point	200 °C	250 °C
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.8. Características del lazo de control de temperatura de los intercambiadores de calor del área A-400.

 FORMIQ	Características del lazo de control			
	Área	400		
Nomenclatura de los lazos	T-E401-1	T-E402-1	T-E403-1	T-E404-1
Equipos	E-401	E-402	E-402	E-402
Tipo de lazo	Feedback	Feedback	Feedback	Feedback
Variable controlada	Temperatura de salida	Temperatura de salida	Temperatura de salida	Temperatura de salida
Variable manipulada	Caudal de fluido térmico	Caudal de fluido térmico	Caudal de fluido térmico	Caudal de fluido térmico
Set point	90 °C	49,6 °C	49,6 °C	25 °C
Indicador	Si	Si	Si	Si
Alarma	Si	Si	Si	Si

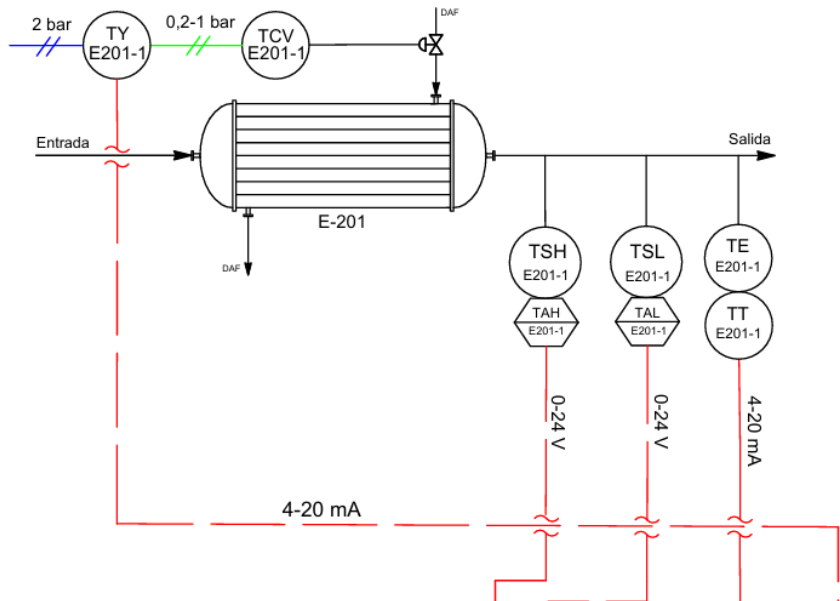
Tabla 3.7.9. Características del lazo de control de temperatura de los intercambiadores de calor del área A-1400.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	1400
Nomenclatura de los lazos	T-E1401-1	T-E1402-1
Equipos	E-1401	E-1402
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Temperatura de salida	Temperatura de salida
Variable manipulada	Caudal fluido térmico	Caudal fluido térmico
Set point	202 °C	250 °C
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.10. Hoja de especificaciones del lazo de control de temperatura de los intercambiadores de calor.

 FORMIQ	Especificaciones del lazo de control			
	Área	200	Fecha	16/05/2026
	Ítem	E-201	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
T-E201-1, T-E202-1, T-E401-1, T-E402-1, T-E403-1, T-E404-1, T-E1401-1, T-E1402-1	TE-E201-1	Sensor de temperatura	TSH-E201-1	Interruptor de temperatura alta
	TT-E201-1	Transmisor de temperatura	TSL-E201-1	Interruptor de temperatura baja
	TIC-E201-1	Controlador indicador de temperatura	TAH-E201-1	Alarma de temperatura alta
	TCV-E201-1	Válvula de control de temperatura	TAL-E201-1	Alarma de temperatura baja
	TY-E201-1	Transductor I/P		

EN CAMPO



SALA DE CONTROL

SCADA

Ethernet

ENTRADA DIGITAL

SALIDA DIGITAL

ENTRADA ANALÓGICA

SALIDA ANALÓGICA

TIC E201-1

- **Lazo de control de presión**

Los intercambiadores de calor de la planta disponen de un sistema de monitorización y control de presión cuya función es garantizar que la presión de operación se mantenga dentro de los límites establecidos de diseño. El control de esta variable resulta fundamental para proteger la integridad mecánica del equipo, asegurar unas condiciones adecuadas de transferencia de calor y prevenir situaciones que puedan comprometer la seguridad del proceso.

La variable controlada es la presión de la corriente de proceso que circula a través del intercambiador. Para su medición se instala un elemento de presión conectado a un transmisor. Este transmisor convierte la señal de medida en una señal analógica normalizada de 4-20 mA, que es enviada al controlador indicador de presión, situado en la sala de control. El controlador permite supervisar continuamente la presión de operación y compararla con los valores de referencia establecidos.

El sistema permite detectar cualquier desviación de presión que pueda producirse durante la operación del intercambiador, ya sea por variaciones de caudal, obstrucciones, ensuciamiento interno o alteraciones en las condiciones de proceso. De esta forma, el operador puede actuar rápidamente para restablecer las condiciones normales de funcionamiento y evitar posibles daños en el equipo.

Como medida adicional de seguridad, el lazo incorpora un interruptor de baja presión asociado a una alarma de baja presión. Este sistema permite identificar situaciones anómalas que puedan indicar una pérdida de presión, una interrupción del flujo o cualquier otra condición que afecte negativamente al funcionamiento del intercambiador. Cuando la presión desciende por debajo del límite establecido, se genera una alarma que es enviada al sistema de supervisión para alertar al operador.

Se ha tomado como ejemplo de dibujo el intercambiador E-201.

Tabla 3.7.11. Características del lazo de control de presión de los intercambiadores de calor del área A-200.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	200
Nomenclatura de los lazos	P-E201-1	P-E202-1
Equipos	E-201	E-202
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Temperatura de salida	Temperatura de salida
Variable manipulada	Caudal fluido térmico	Caudal fluido térmico
Set point	200 °C	250 °C
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.12. Características del lazo de control de presión de los intercambiadores de calor del área A-400.

 FORMIQ	Características del lazo de control			
	Área	400		
Nomenclatura de los lazos	P-E401-1	P-E402-1	P-E403-1	P-E404-1
Equipos	E-401	E-402	E-402	E-402
Tipo de lazo	Alarma	Alarma	Alarma	Alarma
Variable controlada	Presión de salida	Presión de salida	Presión de salida	Presión de salida
Variable manipulada	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Set point	-	-	-	-
Indicador	Si	Si	Si	Si
Alarma	Si	Si	Si	Si

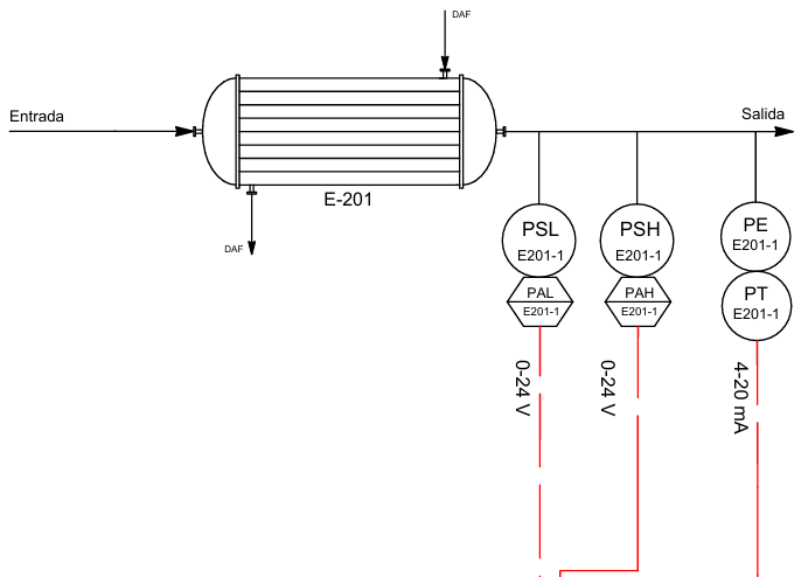
Tabla 3.7.13. Características del lazo de control de presión de los intercambiadores de calor del área A-1400.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	1400
Nomenclatura de los lazos	P-E1401-1	P-E1402-1
Equipos	E-1401, E-1402	E-1402
Tipo de lazo	Alarma	Feedback
Variable controlada	Presión de salida	Presión de salida
Variable manipulada	No aplica	No aplica
Set point	-	-
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.14. Ficha técnica del lazo de control de presión de los intercambiadores de calor.

 FORMIQ		Especificaciones del lazo de control			
		Área	200	Fecha	16/05/2026
		Ítem	E-201	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos		Componentes del lazo			
P-E201-1, P-E202-1, P-E401-1, P-E402-1, P-E403-1, P-E404-1, P-E1401-1, P-E1402-1	PE-E201-1	Sensor de presión	PAL-E201-1	Alarma depresión baja	
	PT-E201-1	Transmisor de presión	PSH-E201-1	Interruptor de presión alta	
	PSL-E201-1	Interruptor de presión baja	PAH-E201-1	Alarma depresión alta	

EN CAMPO



SALA DE CONTROL

SCADA

Ethernet

ENTRADA DIGITAL

SALIDA DIGITAL

ENTRADA ANALÓGICA

SALIDA ANALÓGICA

PIC E201-1

- **Lazo de control de caudal**

Los intercambiadores de calor también disponen de un lazo de control de caudal cuya función es garantizar que la corriente de proceso circule a través del equipo con el caudal requerido por las condiciones de diseño. El control de esta variable resulta fundamental para asegurar una transferencia de calor eficiente, mantener la estabilidad del proceso y evitar desviaciones que puedan afectar al rendimiento de las etapas posteriores.

La variable controlada es el caudal de la corriente de proceso que atraviesa el intercambiador. Para su medición se instala un elemento primario de caudal, asociado a un transmisor de caudal, que convierte la señal medida en una señal analógica normalizada. Esta señal es enviada al controlador indicador de caudal, situado en la sala de control, donde se compara continuamente con el valor de consigna establecido.

La variable manipulada es la apertura de la válvula de control, instalada en la línea de alimentación del intercambiador. El controlador actúa sobre esta válvula para regular el caudal que circula por el equipo y mantenerlo dentro de los valores requeridos. La válvula recibe la señal de mando mediante un actuador neumático alimentado con aire de instrumentos a 2 bar, utilizando una señal de control para posicionar la válvula de forma proporcional.

Cuando el caudal medido es inferior al valor de consigna, el controlador ordena una mayor apertura de la válvula, permitiendo el paso de una mayor cantidad de fluido hacia el intercambiador. Por el contrario, si el caudal supera el valor deseado, el controlador reduce la apertura de la válvula para disminuir el flujo y restablecer las condiciones de operación previstas.

Además del control continuo, el sistema incorpora elementos de protección mediante interruptores de caudal alto y bajo, asociados a las alarmas de caudal alto y caudal bajo. Estas alarmas permiten detectar situaciones anómalas, como obstrucciones, pérdidas de carga excesivas, fallos de bombeo o desviaciones importantes respecto a las condiciones de diseño, facilitando la actuación temprana del operador.

Tabla 3.7.15. Características del lazo de control de caudal de los intercambiadores de calor del área A-200.

	Características del lazo de control	
	Área	200
Nomenclatura de los lazos	F-E201-1	F-E202-1
Equipos	E-201	E-202
Tipo de lazo	Feedback	Alarma
Variable controlada	Caudal de salida	Caudal de salida
Variable manipulada	-	-
Set point	-	-
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

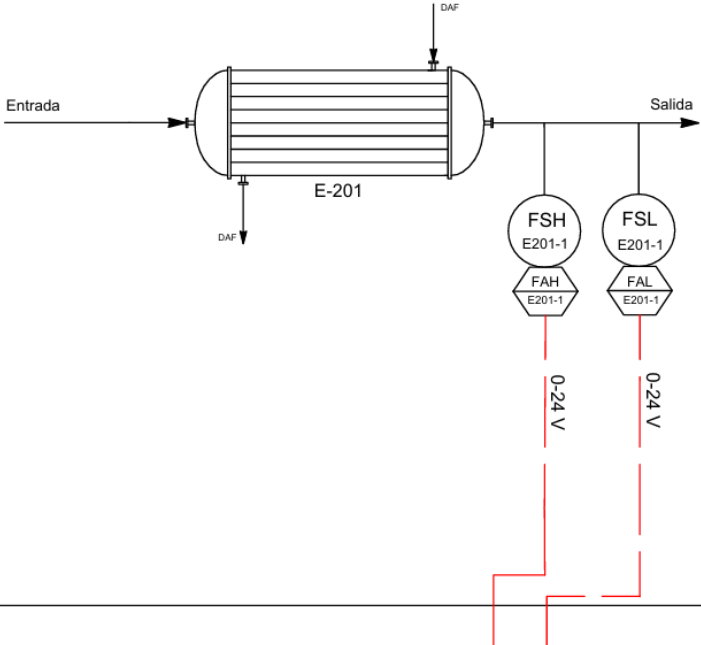
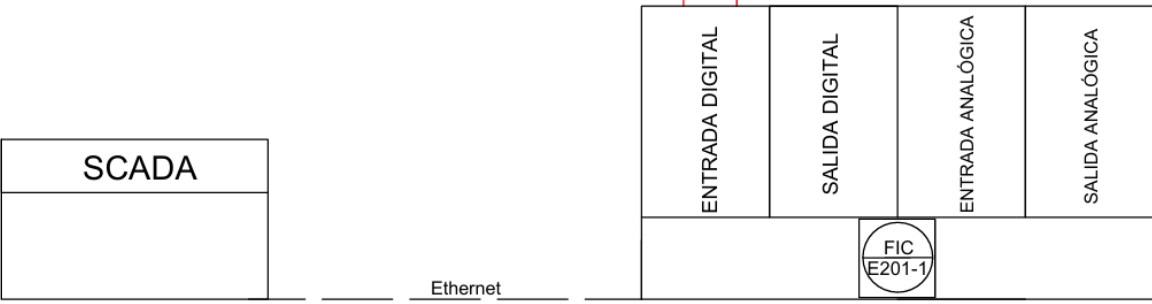
Tabla 3.7.16. Características del lazo de control de caudal de los intercambiadores de calor del área A-400.

 FORMIQ	Características del lazo de control			
	Área	400		
Nomenclatura de los lazos	F-E401-1	F-E402-1	F-E403-1	F-E404-1
Equipos	E-401	E-402	E-402	E-402
Tipo de lazo	Alarma	Alarma	Alarma	Alarma
Variable controlada	Caudal de salida de proceso	Caudal de salida de proceso	Caudal de salida de proceso	Caudal de salida de proceso
Variable manipulada	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Set point	-	-	-	-
Indicador	Si	Si	Si	Si
Alarma	Si	Si	Si	Si

Tabla 3.7.17. Características del lazo de control de caudal de los intercambiadores de calor del área A-1400.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	1400
Nomenclatura de los lazos	F-E1401-1	F-E1402-1
Equipos	E-1401	E-1402
Tipo de lazo	Feedback	Alarma
Variable controlada	Caudal de salida	Caudal de salida
Variable manipulada	No aplica	No aplica
Set point	-	-
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.18. Ficha técnica del lazo de control de caudal de los intercambiadores de calor

 FORMIQ	Especificaciones del lazo de control			
	Área	200	Fecha	16/05/2026
	Ítem	E-201	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
F-E201-1, F-E202-1, F-E401-1, F-E402-1, F-E403-1, F-E404-1, F-E1401-1, F-E1402-1	FSH-E201-1	Alarma de presión alta	FSL-E201-1	Interruptor de presión baja
	FAH-E201-1	Alarma de depresión alta	FAL-E201-1	Alarma depresión baja
EN CAMPO				
				

3.7.2.2 Mezcladores

- **Lazo de control de caudal**

El mezclador M-201 dispone de un lazo de control de caudal cuya función es garantizar que la corriente de alimentación entre al equipo requerido por las condiciones de diseño. Este control resulta fundamental para asegurar una correcta proporción de los componentes que intervienen en la mezcla, mantener la estabilidad del proceso y conseguir una homogeneización adecuada antes de enviar la corriente a las etapas posteriores.

La variable controlada es el caudal de la corriente que entra al mezclador. Para su medición se instala un elemento primario de caudal, asociado a un transmisor de caudal que convierte la señal medida en una señal analógica normalizada de 4-20 mA. Esta señal se envía al controlador indicador de caudal, situado en la sala de control, donde se compara continuamente con el valor de consigna establecido.

El controlador permite supervisar el caudal de entrada al mezclador y detectar cualquier desviación respecto al valor deseado. Cuando el caudal medido se aleja del valor de consigna, el sistema puede actuar sobre el elemento final de control correspondiente, ajustando el paso de la corriente hacia el mezclador para recuperar las condiciones normales de operación.

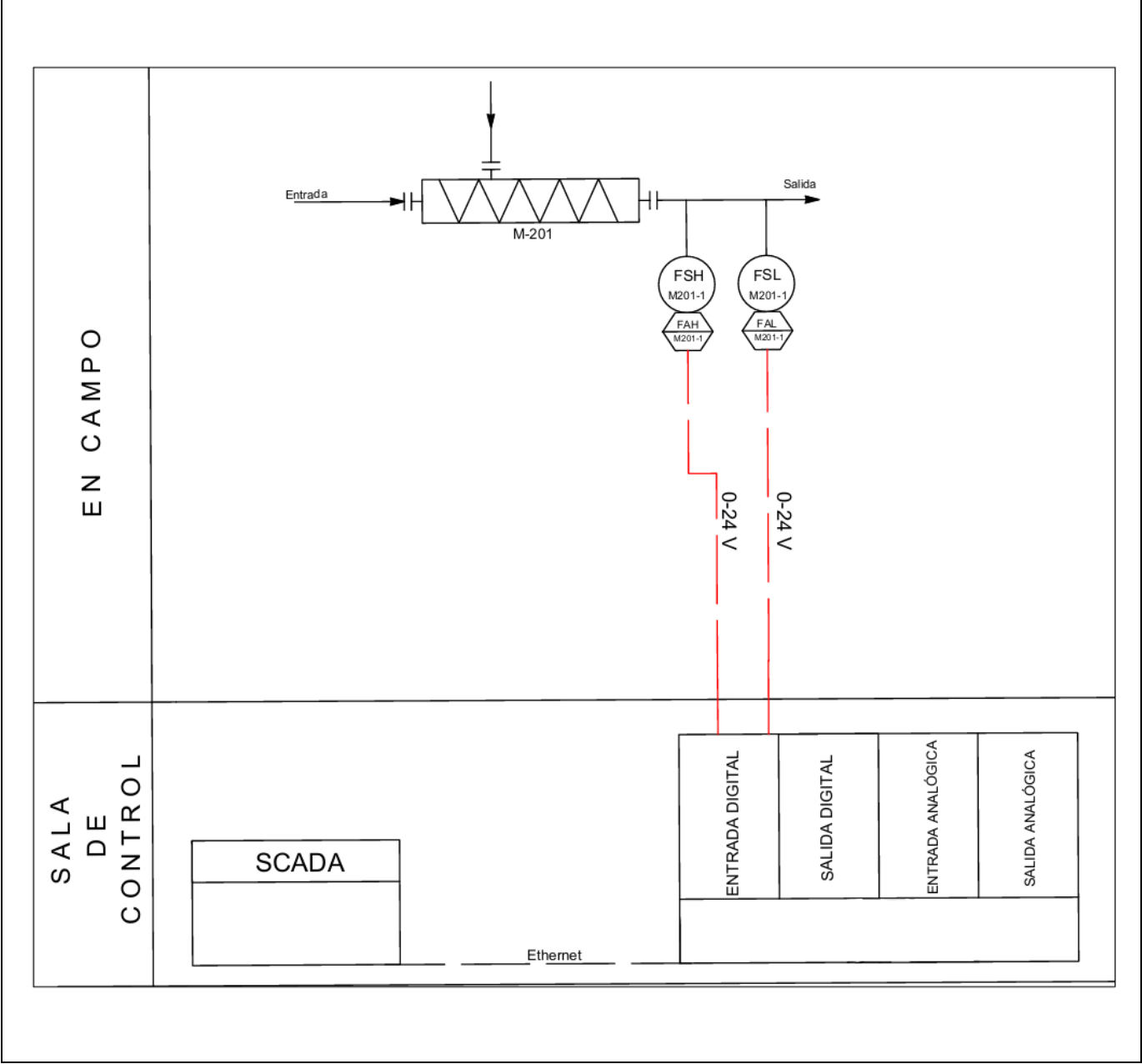
Además del control continuo, el sistema incorpora elementos de protección mediante interruptores de caudal alto y caudal bajo, asociados a las alarmas de caudal alto y caudal bajo. Estas alarmas permiten detectar situaciones anómalas, como un exceso de alimentación, una reducción del caudal, obstrucciones en la línea o posibles fallos de bombeo. De esta forma, el operador puede actuar antes de que la desviación afecte a la calidad de la mezcla o a la estabilidad del proceso.

Tabla 3.7.19. Características del lazo de control de caudal del mezclador del área A-200.

	Características del lazo de control	
	Área	200
Nomenclatura de los lazos	F-M201-1	
Equipos	M-201	
Tipo de lazo	Alarma	
Variable controlada	Caudal de salida	
Variable manipulada	-	
Set point	-	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.20. Ficha técnica del lazo de control de caudal del mezclador M-201

 FORMIQ	Especificaciones del lazo de control			
	Área	200	Fecha	16/05/2026
	Ítem	M-201	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos		Componentes del lazo		
F-M201-1	FSH-M201-1	Interruptor de caudal alto	FAH-M201-1	Alarma de caudal alto
	FSL-M201-1	Interruptor de caudal bajo	FAL-M201-1	Alarma de caudal bajo



- **Lazo de control de presión**

El mezclador M-401 dispone de un lazo de control de presión cuya función es mantener la presión interna del equipo dentro de los límites operativos establecidos. Este control resulta especialmente importante en equipos donde se mezclan diferentes corrientes de proceso, ya que las variaciones de presión pueden afectar a la estabilidad de la operación, a la calidad de la mezcla obtenida y a la seguridad de la instalación.

La variable controlada es la presión al interior del mezclador. Para su medición se instala un elemento de presión, asociado a un transmisor de presión, que convierte la señal medida en una señal analógica normalizada de 4-20 mA. Esta señal es enviada al controlador indicador de presión, situado en la sala de control, donde se compara continuamente con el valor de consigna definido para la operación del equipo.

La variable manipulada es el caudal de gas evacuado a través de la línea superior del mezclador. Para ello, el controlador actúa sobre la válvula de control de presión, que regula la salida del fluido y permite mantener la presión interna dentro del rango deseado. La válvula está equipada con un convertidor electroneumático, que transforma la señal eléctrica procedente del controlador en una señal neumática de actuación.

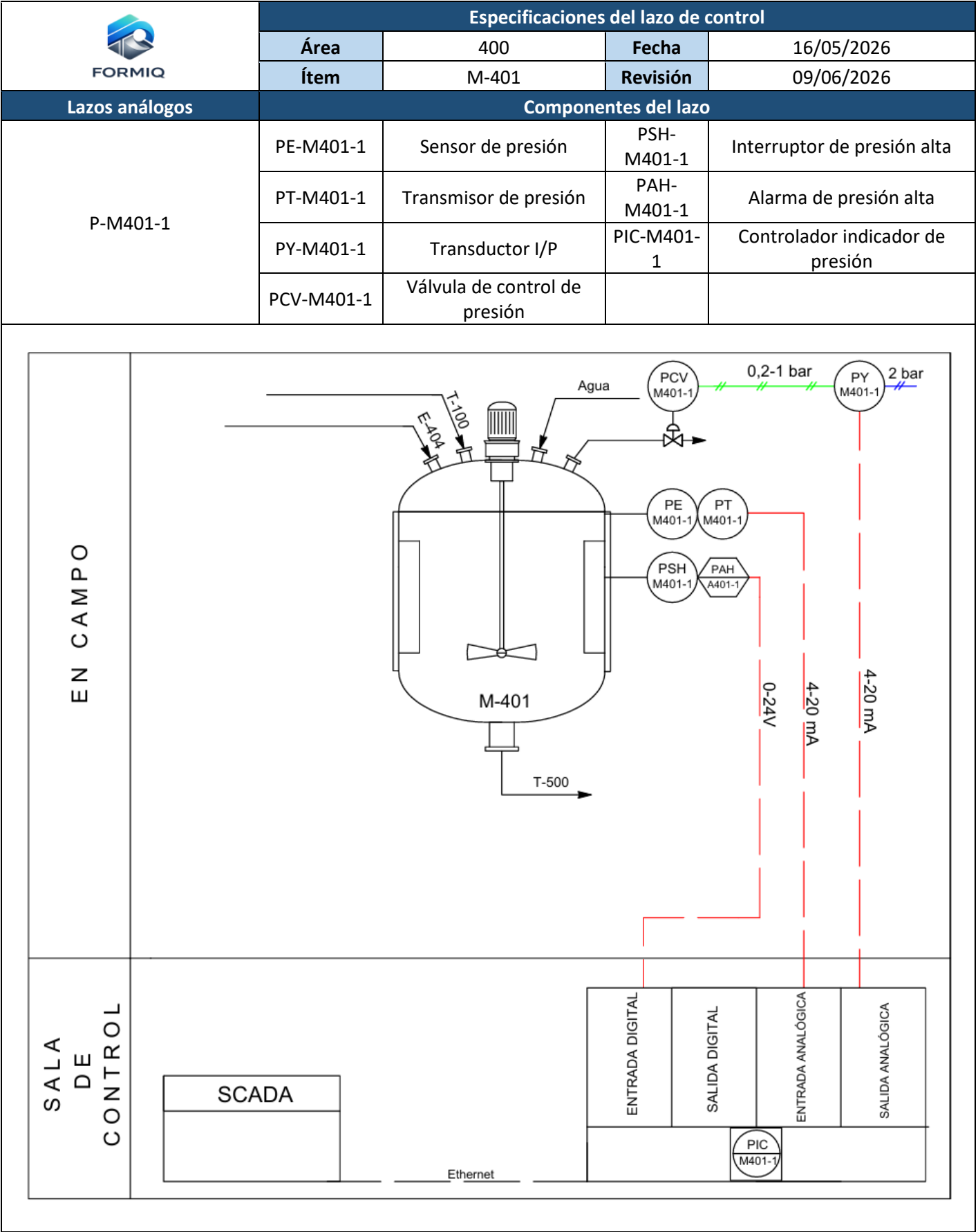
El funcionamiento del lazo se basa en un control por retroalimentación. Cuando la presión en el interior del mezclador aumenta por encima del valor de consigna, el controlador ordena una mayor apertura de la válvula de control, permitiendo evacuar una mayor cantidad de fluido y reduciendo así la presión interna. Por el contrario, si la presión disminuye por debajo del valor establecido, la válvula reduce su apertura, favoreciendo la recuperación de la presión de operación.

Además del control continuo, el sistema incorpora un interruptor de presión alta asociado a una alarma de presión alta. Esta protección permite detectar situaciones de sobrepresión que podrían comprometer la integridad mecánica del equipo o afectar a la calidad de la mezcla. Cuando se alcanza el valor límite configurado, la alarma se transmite al sistema de supervisión para alertar al operador y facilitar la adopción de medidas correctivas.

Tabla 3.7.21. Características del lazo de control de presión del mezclador M-401.

	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	P-M401-1	
Equipos	M-401	
Tipo de lazo	Feedback	
Variable controlada	Presión interior	
Variable manipulada	Caudal de salida de gases	
Set point	1,013 bar	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.22. Ficha técnica del lazo de presión del mezclador M-401.



- **Lazo de control de temperatura**

La temperatura constituye una de las variables más importantes en los equipos de mezcla de la planta, ya que influye directamente en las propiedades físicas de las corrientes, en la homogeneidad de la mezcla y en el correcto desarrollo de las etapas posteriores del proceso. Sin embargo, el nivel de control requerido depende de la función que desempeña cada mezclador de la instalación.

En el mezclador M-201 (Tabla 3.7.20 y Tabla 3.7.22), situado en la zona de mezcla y preparación de las corrientes antes de su entrada en el reactor, el control de temperatura adquiere una importancia crítica. En este equipo se adicionan las materias primas que posteriormente participarán en la reacción química de producción de formaldehído, por lo que cualquier desviación térmica puede afectar al rendimiento de la reacción, a la conversión alcanzada y a la selectividad hacia el producto deseado. Por este motivo, el lazo de control incorpora interruptores de temperatura alta y baja, asociados a las alarmas. Esta configuración permite supervisar la temperatura y detectar tanto sobrecalentamientos como enfriamientos excesivos antes de que puedan afectar a las condiciones de alimentación del reactor.

Por el contrario, el mezclador M-401, ubicado en la zona de separación y acondicionamiento del producto, presenta unos requisitos de control menos exigentes. En esta etapa la reacción principal ya se ha completado y el objetivo del equipo es homogeneizar corrientes o facilitando operaciones posteriores. En consecuencia, las variaciones moderadas de temperatura tienen un impacto mucho menor sobre el rendimiento global del proceso. Por esta razón, el sistema dispone de alarmas y interruptores de temperatura alta y baja, destinadas a detectar posibles situaciones anómalas de calentamiento que puedan afectar a la calidad del producto o a la seguridad de la operación.

La diferencia entre ambos lazos de control se justifica por la función que desempeñan los equipos dentro del proceso. Mientras que el mezclador M-201 interviene directamente en la preparación de las corrientes que alimentan el reactor y, por tanto, requiere un control térmico más riguroso para garantizar unas condiciones de reacción óptimas, el mezclado M-401 opera en una etapa posterior donde la sensibilidad del proceso frente a las variaciones de temperatura es considerablemente menor. Como consecuencia, el lazo del M-201 incorpora un mayor número de elementos de protección y supervisión, mientras que el M-401 se limita a monitorizar la temperatura y a detectar situaciones de sobrecalentamiento.

Tabla 3.7.23. Características del lazo de control de temperatura del mezclador M-201.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	200
Nomenclatura de los lazos	T-M201-1	
Equipos	M-201	
Tipo de lazo	Alarma	
Variable controlada	Temperatura de salida	
Variable manipulada	No aplica	
Set point	-	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.24. Características del lazo de control de temperatura del mezclador M-401

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	T-M401-1	
Equipos	M-401	
Tipo de lazo	Alarma	
Variable controlada	Temperatura de salida	
Variable manipulada	No aplica	
Set point	-	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.25. Ficha de especificaciones del lazo de control de temperatura del M-201.

 FORMIQ	Especificaciones del lazo de control			
	Área	200	Fecha	16/05/2026
	Ítem	M-201	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
T-M201-1	TSH-M201-1	Interruptor de temperatura alta	TAH-M201-1	Alarma de temperatura alta
	TSL-M201-1	Interruptor de temperatura baja	TAL-M201-1	Alarma de temperatura baja

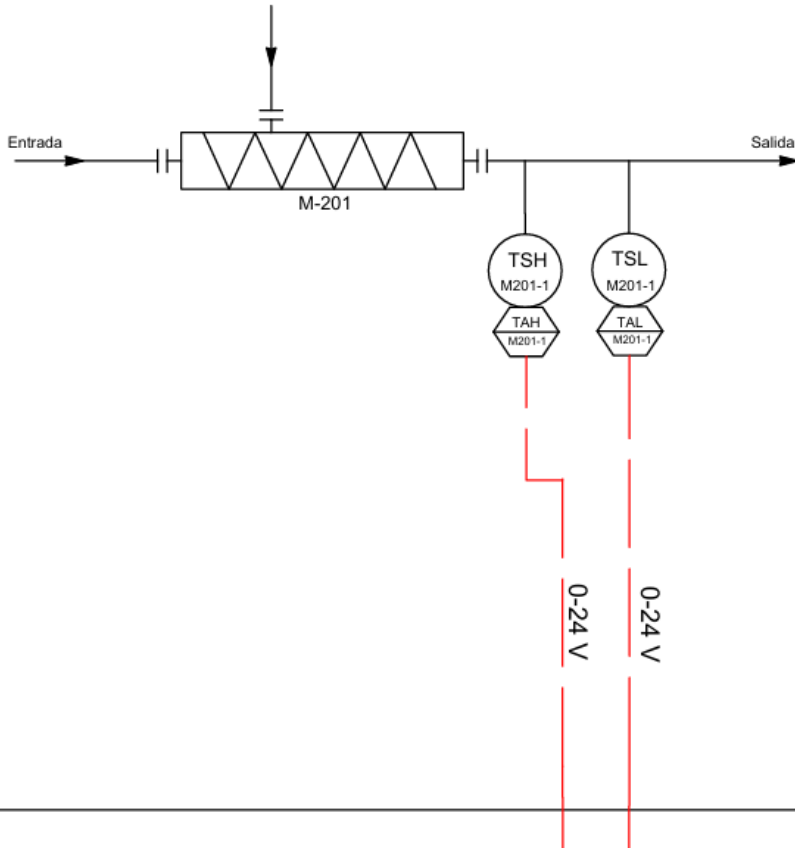
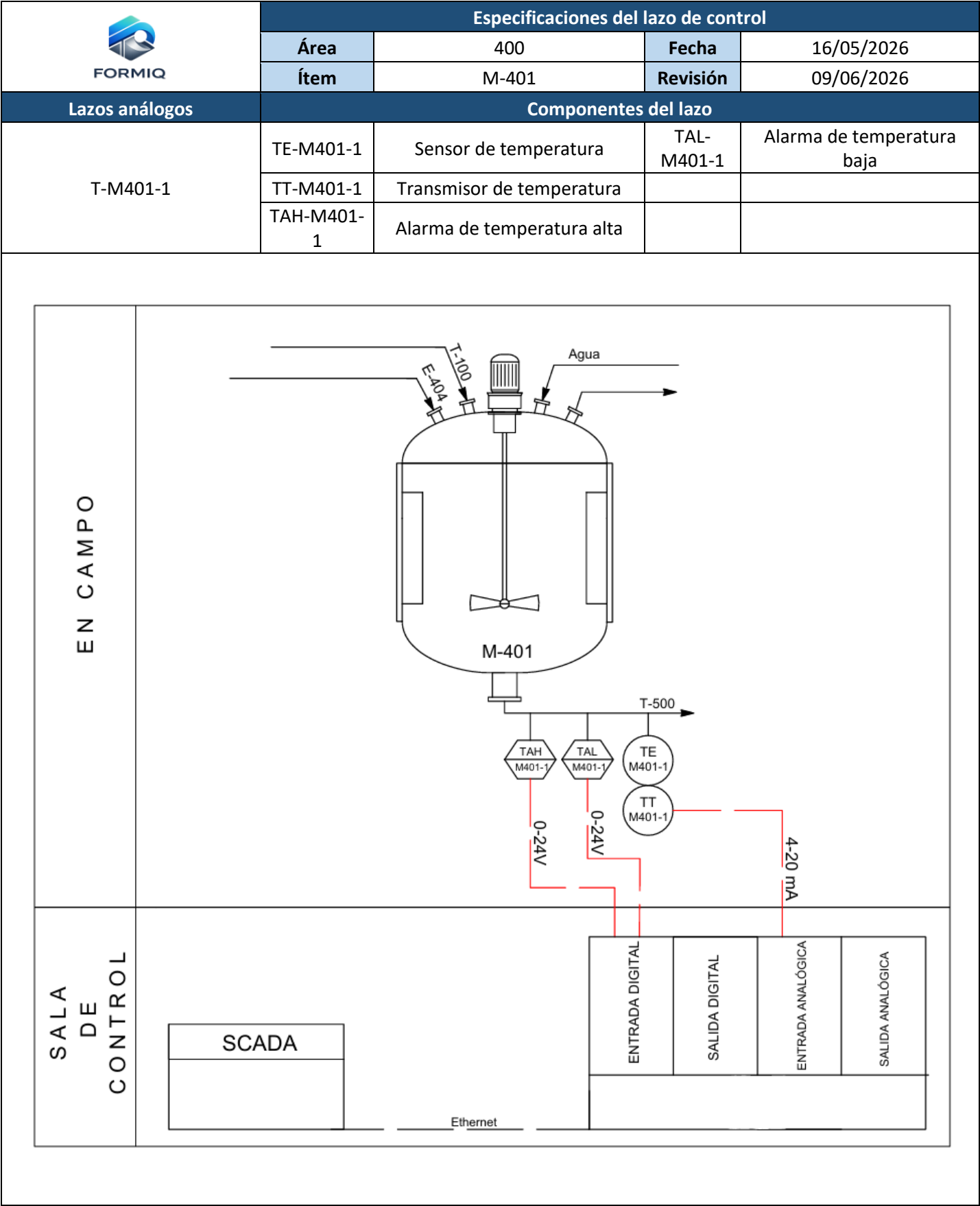
EN CAMPO	
SALA DE CONTROL	SCADA Ethernet ENTRADA DIGITAL SALIDA DIGITAL ENTRADA ANALÓGICA SALIDA ANALÓGICA

Tabla 3.7.26. Ficha de especificaciones del lazo de temperatura del mezclador M-401.



- **Lazo de control de concentración**

El mezclador M-401 dispone de un lazo de control de concentración cuya función es garantizar que la composición del producto obtenido se mantenga dentro de las especificaciones establecidas antes de su envío a las etapas posteriores de separación, almacenamiento o acondicionamiento final. Este control resulta especialmente importante porque la concentración constituye uno de los principales parámetros de calidad del producto y permite detectar desviaciones en el funcionamiento de las unidades precedentes del proceso.

La variable controlada es la concentración del componente de interés presente en la corriente de salida del mezclador. Para su medición se instala un elemento de concentración asociado a un transmisor de concentración, que convierte la medida obtenida en una señal analógica normalizada de 4-20 mA. Esta señal es enviada al controlador indicador de concentración, situado en la sala de control, donde se compara continuamente con el valor de consigna establecido.

La variable manipulada corresponde a los caudales de entrada de agua y metanol. Para ello, el sistema dispone de dos válvulas de control de concentración instaladas en las líneas de entrada al equipo. Ambas válvulas de entrada sirven para aumentar la proporción de la corriente más concentrada. Por el contrario, cuando la concentración supera el valor de consigna, el sistema ajusta las válvulas para incrementar la aportación de la corriente diluyente o reducir la alimentación del componente más concentrado. De esta forma se mantiene una composición constante del producto independientemente de las fluctuaciones que puedan producirse en las corrientes de entrada.

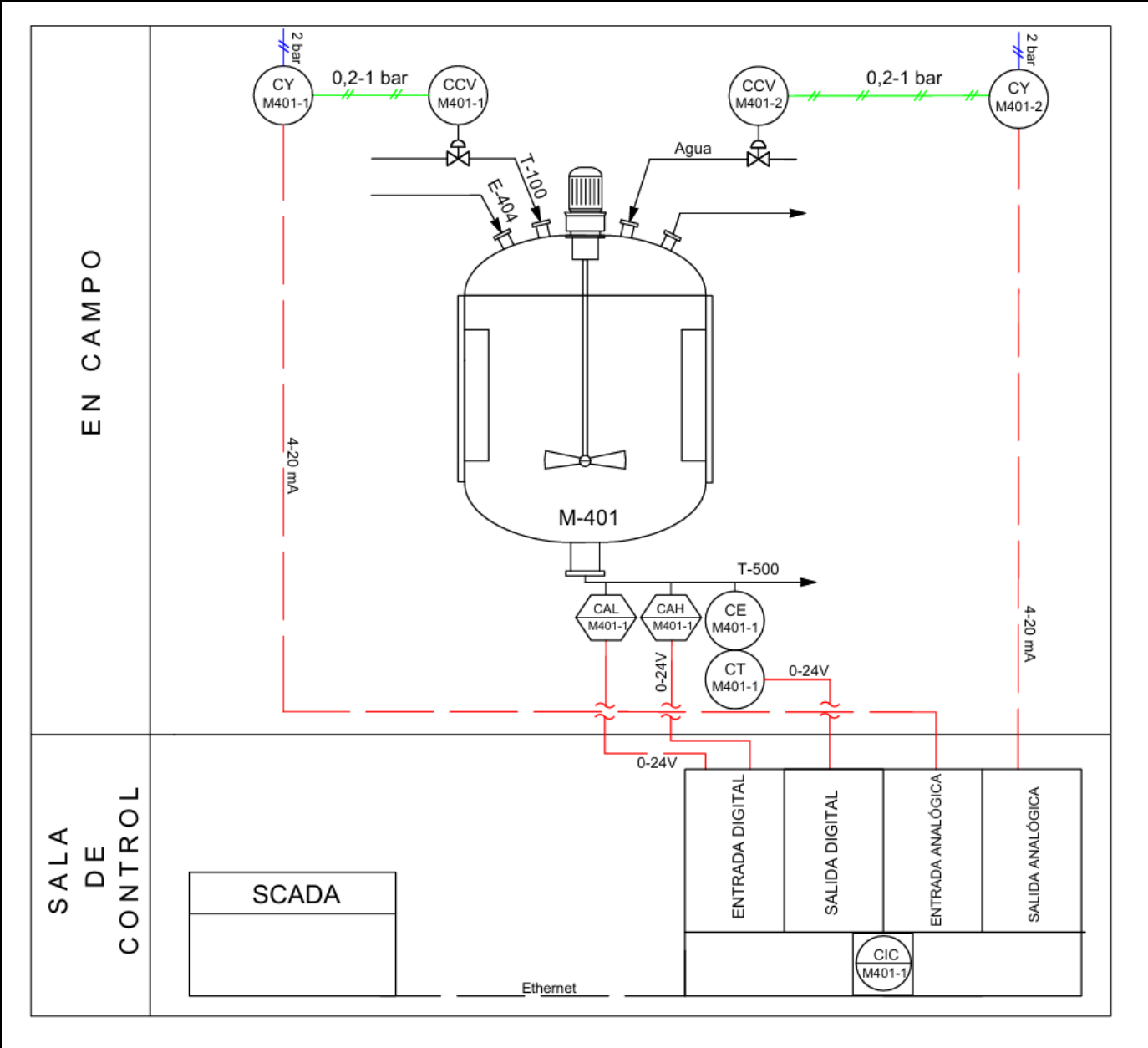
Como medida adicional de supervisión, el sistema incorpora alarmas de concentración alta y baja. Estas alarmas permiten detectar desviaciones significativas respecto a la especificación de calidad establecida y alertar al operador antes de que el producto fuera de especificación alcance las etapas posteriores del proceso.

Tabla 3.7.27. Características del lazo de control de concentración del mezclador M-401.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	C-M401-1	
Equipos	M-401	
Tipo de lazo	Feedback	
Variable controlada	Concentración de salida	
Variable manipulada	Caudales de entrada de agua y metanol	
Set point	37 % formaldehído	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.28. Ficha técnica del lazo de control de concentración del M-401.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	400	Fecha	16/05/2026
	Ítem	M-401	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
C-M401-1	CE-M401-1	Sensor de concentración	CCV-M401-2	Válvula de control de concentración
	CT-M401-1	Transmisor de concentración	CAL-M401-1	Alarma de concentración baja
	CY-M401-1	Transductor I/P	CAH-M401-1	Alarma de concentración alta
	CY-M401-2	Transmisor de concentración	CIC-M401-1	Controlador indicador de concentración
	CCV-M401-1	Válvula de control de concentración		



3.7.2.3. Reactores

- **Lazo de control de temperatura**

El reactor R-301 dispone de un lazo de control de temperatura cuya función es mantener la reacción química dentro de las condiciones térmicas óptimas de operación. Este control constituye uno de los sistemas más importantes de toda la planta, ya que la temperatura influye directamente sobre la velocidad de reacción, la conversión del metanol, la selectividad hacia el formaldehído y la seguridad del proceso. Un incremento excesivo de temperatura puede provocar la formación de subproductos no deseados, reducir el rendimiento de la instalación e incluso generar situaciones potencialmente peligrosas debido al carácter exotérmico de la reacción.

La variable controlada es la temperatura del reactor. Para su medición se instala un elemento de temperatura, asociado a un transmisor de temperatura que convierte la señal medida en una señal analógica normalizada de 4-20 mA. Esta señal se envía al controlador indicador de temperatura situado en la sala de control, donde se compara continuamente con el valor de consigna establecido para la operación del reactor.

La variable manipulada es el caudal de aceite térmico que circula por la camisa o sistema de intercambio físico asociado al reactor. Para ello, el controlador actúa sobre la válvula de control de temperatura, instalada en la línea de entrada de aceite térmico. La válvula recibe la señal a través del convertidor electroneumático, que transforma la señal eléctrica del sistema de control en una señal neumática de 0,2-1 bar.

El funcionamiento del lazo se basa en un control por retroalimentación (feedback). Cuando la temperatura medida en el reactor se desvía del valor de consigna, el controlador modifica la apertura de la válvula de control para regular el caudal de aceite térmico. De esta forma, se incrementa o disminuye la capacidad de intercambio de calor del reactor, permitiendo mantener la temperatura de reacción dentro de los límites establecidos y garantizando unas condiciones estables de operación.

Debido a la elevada importancia de esta variable, el sistema incorpora dos niveles de protección mediante interruptores de temperatura alta y temperatura baja, asociados a las alarmas de temperatura alta y baja. Estas alarmas permiten detectar rápidamente cualquier desviación significativa respecto a las condiciones normales de funcionamiento y alertar al operador para que pueda adoptar las medidas correctivas oportunas. Las señales de alarma se transmiten mediante entradas digitales al sistema de control.

Por lo tanto, el reactor R-301 dispone de un lazo de control de temperatura completo debido a que la temperatura de reacción deba mantenerse dentro de un rango muy preciso para garantizar la conversión y la selectividad hacia el formaldehído. Para ello, el sistema regula automáticamente el caudal de aceite térmico mediante una válvula de control. Por el contrario, el reactor catalítico R-1401 dispone únicamente de un sistema de monitorización y alarmado de temperatura. El objetivo principal es detectar desviaciones térmicas que puedan indicar problemas de operación, desactivación del catalizado o riesgos de seguridad, permitiendo que el operador adopte las medidas correctivas necesarias.

Tabla 3.7.29. Características del lazo de control de temperatura de los reactores del área 300.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	300
Nomenclatura de los lazos	T-R301-1, T-R302-1, T-R303-1	
Equipos	R-301, R-302, R-303	
Tipo de lazo	Feedback	
Variable controlada	Temperatura de salida	
Variable manipulada	Caudal de refrigeración	
Set point	245,85 °C	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

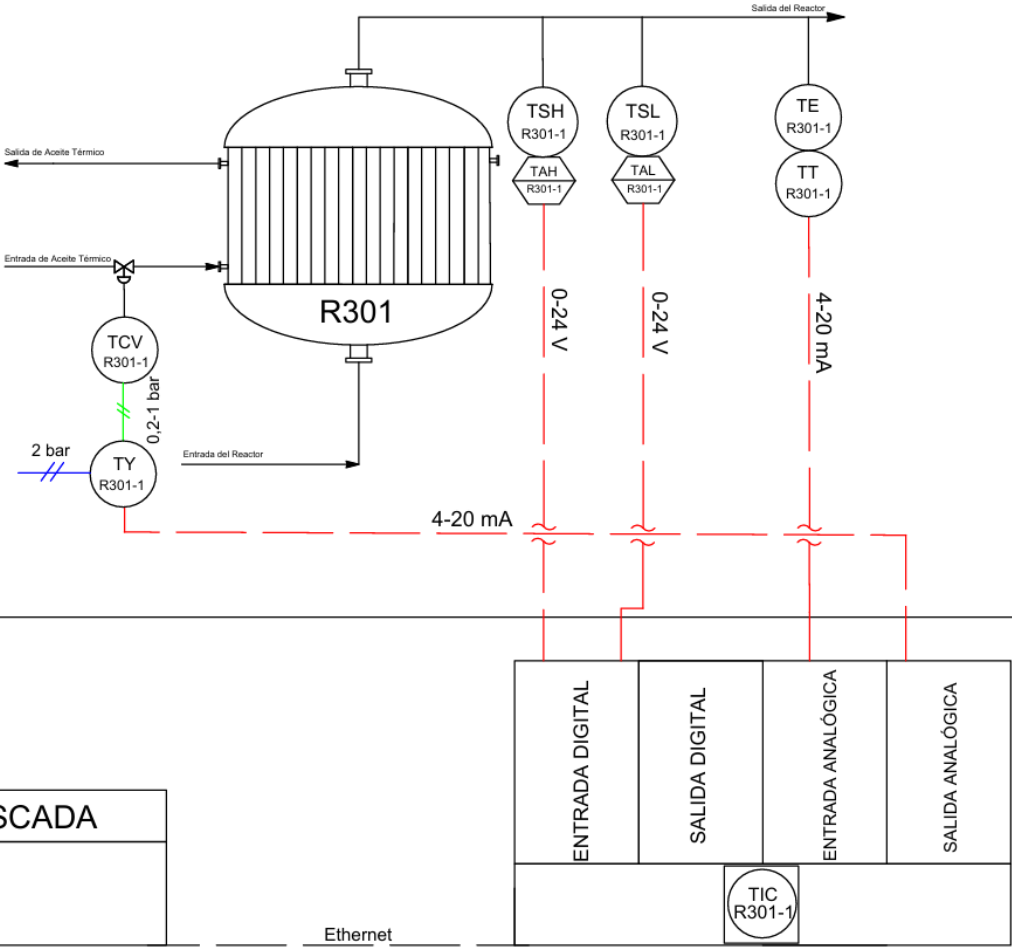
Tabla 3.7.30. Características del lazo de control de temperatura del reactor del área 1400.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	1400
Nomenclatura de los lazos	T-R1401-1	
Equipos	R-1401	
Tipo de lazo	Alarma	
Variable controlada	Temperatura de entrada	
Variable manipulada	No aplica	
Set point	-	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.31. Ficha técnica del lazo de control de temperatura de los reactores del área 300.

 FORMIQ	Especificaciones del lazo de control			
	Área	300	Fecha	16/05/2026
	Ítem	R-301	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos		Componentes del lazo		
T-R301-1, T-R302-1, T-R303-1	TE-R301-1	Sensor de temperatura	TSL-R301-1	Interruptor de temperatura baja
	TT-R301-1	Transmisor de temperatura	TAH-R301-1	Alarma de temperatura alta
	TIC-R301-1	Controlador indicador de temperatura	TAL-R301-1	Alarma de temperatura baja
	TY-R301-1	Transductor I/P		
	TCV-R301-1	Válvula de control de temperatura		
	TSH-R301-1	Interruptor de temperatura alta		

EN CAMPO



SALA DE CONTROL

SCADA

Ethernet

ENTRADA DIGITAL

SALIDA DIGITAL

ENTRADA ANALÓGICA

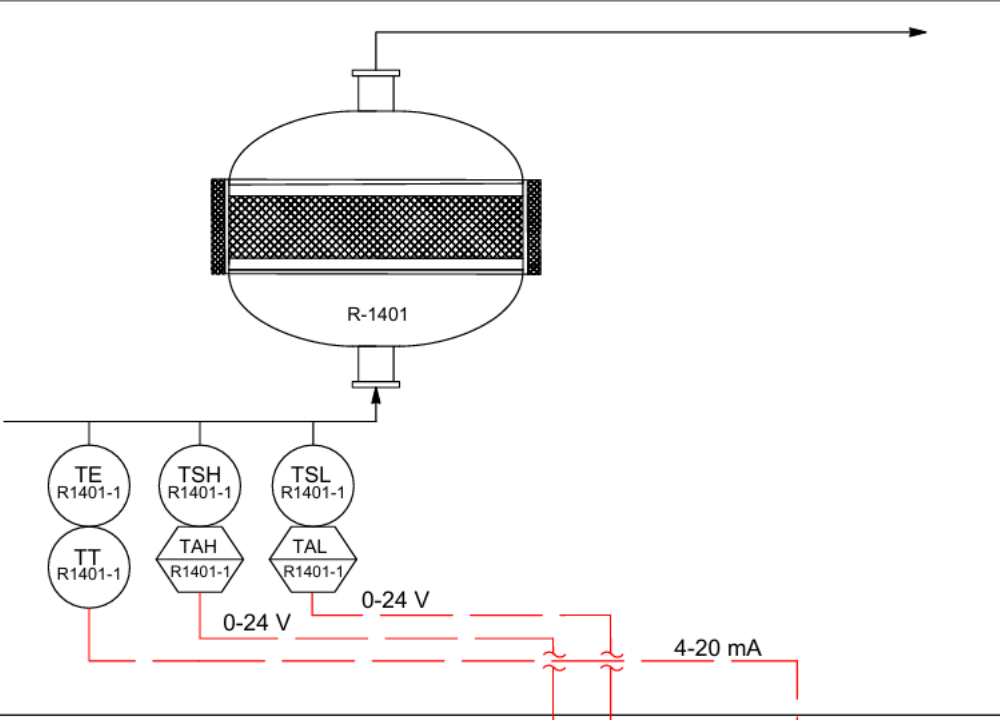
SALIDA ANALÓGICA

TIC R301-1

Tabla 3.7.31. Ficha técnica del lazo de control de temperatura del reactor del área 1400.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	1400	Fecha	16/05/2026
	Ítem	R-1401	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos		Componentes del lazo		
T-R1401-1	TE-R1401-1	Sensor de temperatura	TSL-R1401-1	Interruptor de temperatura baja
	TT-R1401-1	Transmisor de temperatura	TAL-R1401-1	Alarma de temperatura baja
	TSH-R1401-1	Interruptor de temperatura alta		
	TAH-R1401-1	Alarma de temperatura alta		

EN CAMPO



SALA DE CONTROL

SCADA

ENTRADA DIGITAL

SALIDA DIGITAL

ENTRADA ANALÓGICA

SALIDA ANALÓGICA

Ethernet

- **Lazo de control de presión**

La presión constituye una variable de gran importancia en ambos reactores, ya que influye directamente en la seguridad de la operación y en las condiciones de funcionamiento del proceso. Sin embargo, el nivel de instrumentación implementado en el reactor del área 300 y del área 1400 es diferente debido a la función que desempeñan dentro de la planta.

El reactor R-301, donde tiene lugar la reacción principal de producción de formaldehído, dispone de un sistema de monitorización continua de presión formado por un elemento de presión, un transmisor y un controlador indicador, además de alarmas de presión alta y baja. Esta configuración permite conocer en todo momento el estado de presión del reactor y detectar rápidamente cualquier desviación respecto a las condiciones de diseño. Asimismo, la presencia de alarmas de alta y baja presión proporciona una capa adicional de seguridad frente a posibles situaciones de operación anómalas.

Por el contrario, el reactor R-1401 únicamente dispone de un sistema de protección basado en sensores de presión alta y baja asociados a sus correspondientes alarmas. En este caso no existe medida continua de presión ni control automáticos, ya que el objetivo principal es detectar situaciones extremas que puedan comprometer la integridad del equipo.

La diferencia entre ambos sistemas se justifica por la criticidad de cada etapa del proceso. El reactor R-301 constituye el núcleo de la reacción química y requiere una supervisión más exhaustiva de las variables de operación. En cambio, el reactor R-1401 únicamente necesita una vigilancia de seguridad para detectar desviaciones significativas de presión. De esta manera, se pueden concentrar los recursos de instrumentación en los equipos más críticos, manteniendo al mismo tiempo un nivel de seguridad elevado en toda la instalación.

Tabla 3.7.32. Características del lazo de control de presión de los reactores del área 300.

	Características del lazo de control	
	Área	300
Nomenclatura de los lazos	P-R301-1, P-R302-1, P-R303-1	
Equipos	R-301, R-302, R-303	
Tipo de lazo	Alarma	
Variable controlada	Presión de salida	
Variable manipulada	No aplica	
Set point	-	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

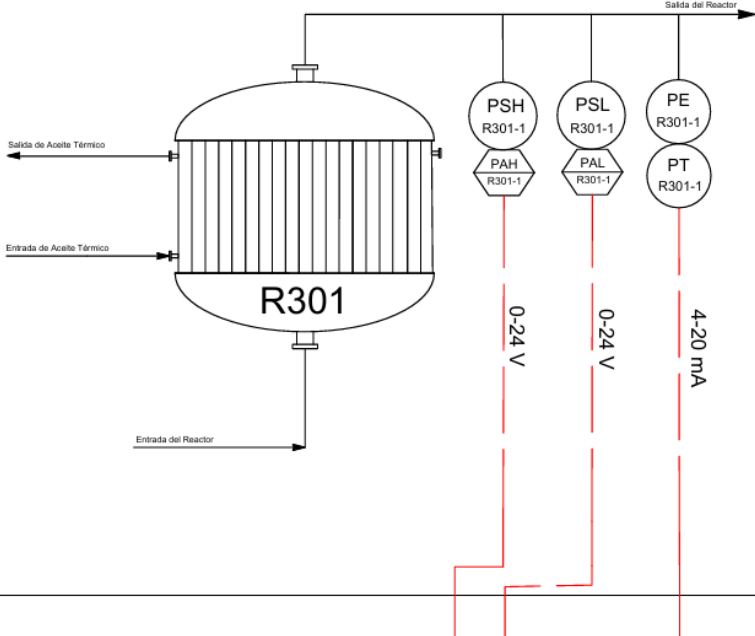
Tabla 3.7.33. Características del lazo de control de presión del reactor del área 1400.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	1400
Nomenclatura de los lazos	P-R1401-1	
Equipos	R-1401	
Tipo de lazo	Alarma	
Variable controlada	Presión de entrada	
Variable manipulada	No aplica	
Set point	-	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.34. Ficha técnica del lazo de control de presión de los reactores del área 300.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	300	Fecha	16/05/2026
	Ítem	R-301	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
P-R301-1, P-R302-1, P-R303-1	PE-R301-1	Sensor de presión	PSL-R301-1	Interruptor de presión baja
	PT-R301-1	Transmisor de presión	PAH-R301-1	Alarma de presión alta
	PY-R301-1	Transductor I/P	PAL-R301-1	Alarma de presión baja
	PSH-R301-1	Interruptor de presión alta		

EN CAMPO



SALA DE CONTROL

SCADA

Ethernet

ENTRADA DIGITAL

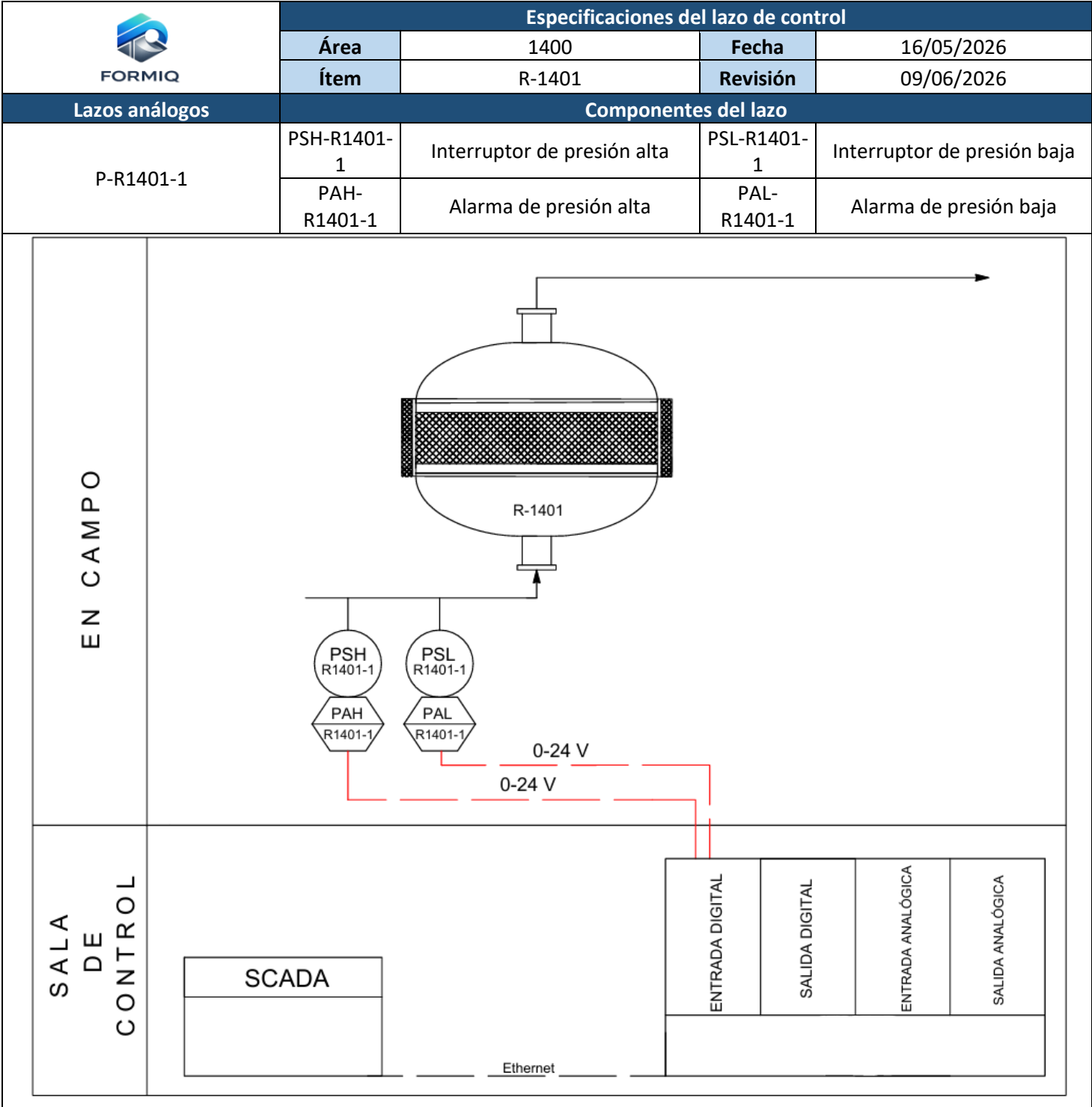
SALIDA DIGITAL

ENTRADA ANALÓGICA

SALIDA ANALÓGICA

1

Tabla 3.7.35. Ficha técnica del lazo de control de presión del reactor del área 1400.



• **Lazo de control de concentración**

Los reactores R-301 y R-1401 disponen de lazos de control de concentración para garantizar el correcto desarrollo del proceso y la calidad del producto obtenido. Aunque ambos sistemas presentan una arquitectura similar, basada en un analizador de concentración, un controlador y una válvula de regulación, el objetivo del control es diferente en función a la acción que desempeña el reactor dentro de la planta.

En el caso del R-301 que es donde tiene lugar la reacción principal de oxidación del metanol para producir formaldehído, el control de concentración está orientado a optimizar las condiciones de reacción. La concentración de los reactivos influye directamente sobre la alimentación del reactor, la selectividad y el rendimiento del proceso, por lo que el sistema actúa sobre la alimentación del reactor para mantener la composición dentro de los valores de diseño. La presencia de una alarma de concentración baja permite detectar situaciones que puedan provocar una disminución de producción.

Por lo contrario, el reactor R-1401 corresponde a un reactor catalítico heterogéneo de lecho fijo cuya función es completar la oxidación catalítica de compuestos presentes en la corriente gaseosa, principalmente metanol residual, formaldehído y monóxido de carbono. En este caso, el control de concentración tiene como objetivo verificar la eficacia del tratamiento catalítico y asegurar que la conversión de estos compuestos sea suficiente antes de abandonar el reactor. Para ello, el sistema mide continuamente la concentración mediante un analizador y actúa sobre una válvula de control para ajustar las condiciones de operación cuando sea necesario. Además, tiene incorporada una alarma que permite detectar situaciones en las que la oxidación catalítica no se esté produciendo adecuadamente, lo que podría indicar desactivación del catalizador, problemas de distribución del flujo o condiciones de operación inadecuadas.

La diferencia fundamental entre ambos lazos viene dada por su objetivo en control. Mientras que el reactor R-301 utiliza en control de concentración para optimizar la producción de formaldehído, el reactor R-2401 emplea esta variable como indicador de la eficiencia de la oxidación catalítica y del correcto funcionamiento del lecho catalítico. En consecuencia, el primero está enfocado en maximizar el rendimiento de la reacción principal, mientras que el segundo está orientado a garantizar la conversión de los compuestos residuales y asegurar que la corriente de salida cumpla los requisitos operativos y ambientales establecidos.

Tabla 3.7.36. Características del lazo de control de concentración de los reactores del área 300.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	300
Nomenclatura de los lazos	C-R301-1, C-R302-1, C-R303-1	
Equipos	R-301, R-302, R-303	
Tipo de lazo	Feedback	
Variable controlada	Concentración de salida	
Variable manipulada	Caudal de entrada	
Set point	Conversión 97-99%	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.37. Características del lazo de control de concentración del reactor del área 1400.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	1400
Nomenclatura de los lazos	C-R1401-1	
Equipos	R-1401	
Tipo de lazo	Feedback	
Variable controlada	Concentración de salida	
Variable manipulada	Caudal de entrada	
Set point	1,3 kg/h de CO	
Indicador	Si	
Alarma	Si	

Tabla 3.7.38. Ficha técnica del lazo de control de concentración de los reactores del área 300.

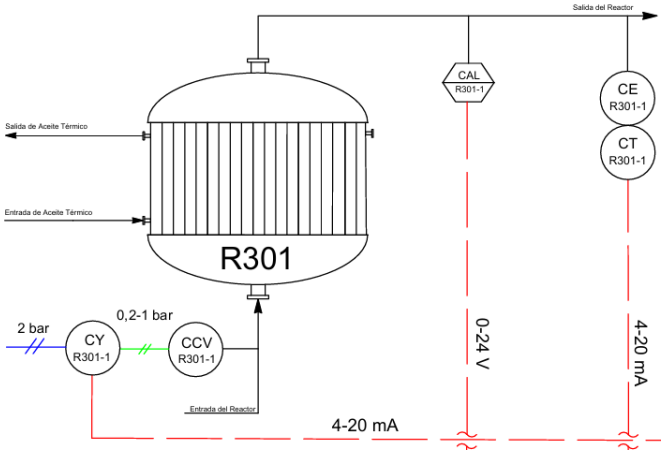
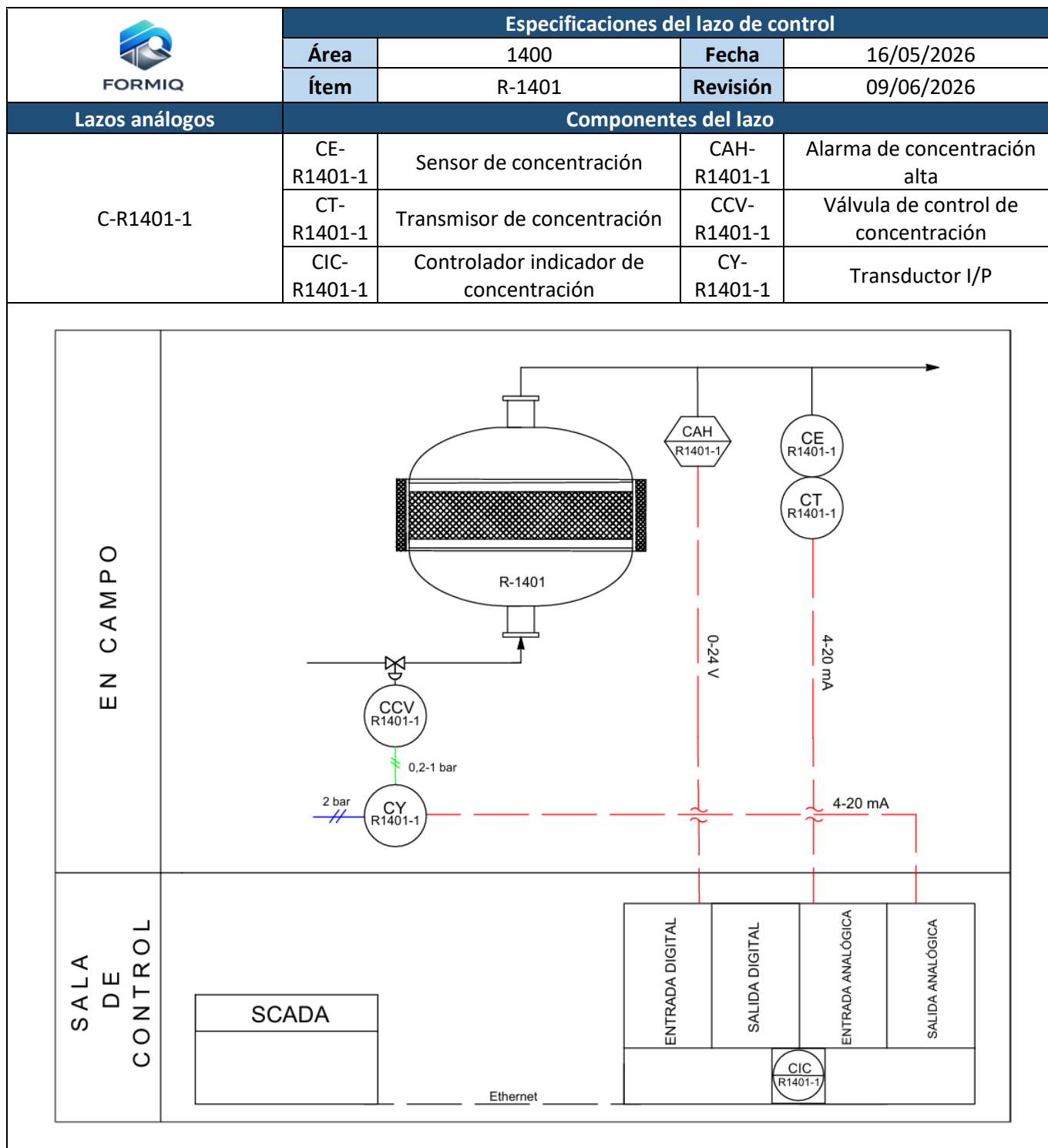
 FORMIQ	Especificaciones del lazo de control			
	Área	300	Fecha	16/05/2026
	Ítem	R-301	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
C-R301-1, C-R302-1, C-R303-1	CE-R301-1	Sensor de concentración	CAL-R301-1	Alarma de concentración baja
	CT-R301-1	Transmisor de concentración	CCV-R301-1	Válvula de control de concentración
	CIC-R301-1	Controlador indicador de concentración	CY-R301-1	Transductor I/P
EN CAMPO  SALA DE CONTROL SCADA ENTRADA DIGITAL SALIDA DIGITAL ENTRADA ANALÓGICA SALIDA ANALÓGICA CIC R301-1 Ethernet				

Tabla 3.7.39. Ficha técnica del lazo de control de concentración del reactor del área 1400.



3.7.2.4. Torres de absorción

- Lazo de control de nivel

La torre de absorción A-401 dispone de un lazo de control de nivel cuya función es mantener constante el volumen para garantizar una operación estable del proceso de absorción, evitar

problemas de arrastre líquido y asegurar un funcionamiento adecuado del circuito de recirculación utilizado para maximizar la eficiencia de absorción del formaldehído.

Durante la operación, la corriente gaseosa procedente del proceso entra en la torre y entra en contacto con la corriente líquida absorbente, formada principalmente por agua y por parte del líquido recirculado. Como consecuencia de este contacto se produce la absorción de formaldehído y otros compuestos solubles, acumulándose progresivamente líquido en la zona inferior de la columna. Por este motivo, resulta necesario controlar el nivel para mantener un equilibrio entre las corrientes de entrada y de salida.

La variable controlada es el nivel de líquido presente en el fondo de la torre. Para su medición se instala un sensor de nivel asociado a un transmisor que convierte la medida obtenida en una señal analógica. Esta señal es enviada al controlador indicador de nivel, situado en la sala de control, donde se compara continuamente con el valor de consigna establecido.

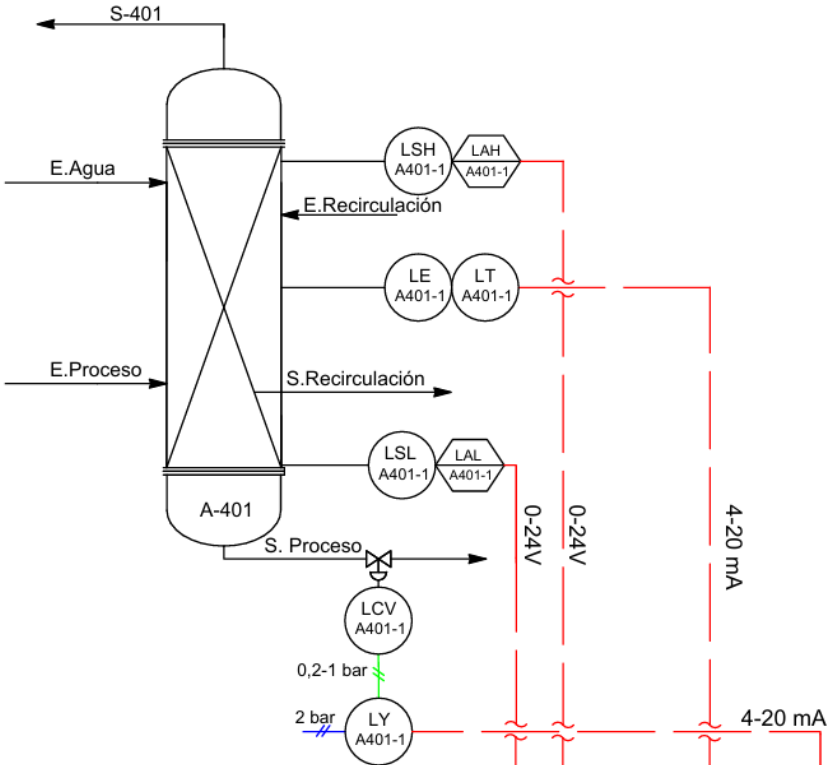
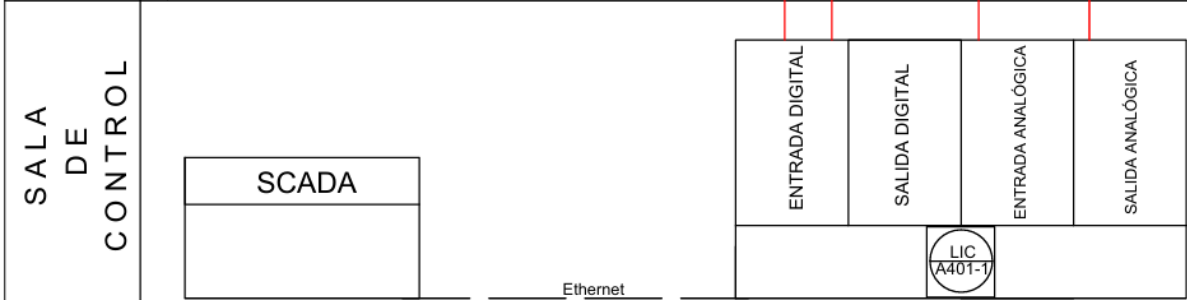
La variable manipulada del lazo se basa en un control por retroalimentación. Cuando el nivel de líquido en el fondo de la torre aumenta por encima del valor de consigna, el controlador ordena una mayor apertura de la válvula de salida, permitiendo evacuar una mayor cantidad de líquido y reduciendo así el nivel acumulado. Por el contrario, si el nivel disminuye por debajo del valor deseado, el controlador reduce la apertura de la válvula para retener más líquido en el interior de la columna y recuperar el nivel de operación.

Además del control continuo, el sistema incorpora elementos de seguridad mediante interruptores de nivel alto y bajo, asociados a las correspondientes alarmas. Estas alarmas permiten detectar situaciones anómalas de sobrellenado o vaciado excesivo de la torre. Un nivel excesivamente alto podría provocar arrastre de líquido hacia la corriente gaseosa de salida, mientras que un nivel demasiado bajo podría afectar al sistema de recirculación y reducir la eficiencia de absorción del formaldehído.

Tabla 3.7.40. Características del lazo de control de nivel de A-401 y A-402.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	L-A401-1	L-A402-1
Equipos	A-401	A-402
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Nivel de fluido	Nivel de fluido
Variable manipulada	Caudal de salida	Caudal de salida
Set point	0,75-0,9 m	0,75-0,9 m
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.41. Ficha técnica del lazo de control de nivel de A-401 y A-402.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	400	Fecha	16/05/2026
	Ítem	A-401	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
L-A401-1, L-A402-1	LE-A401-1	Sensor de nivel	LSL-A401-1	Interruptor de nivel bajo
	LT-A401-1	Transmisor de nivel	LAH-A401-1	Alarma de nivel alto
	LY-A401-1	Transductor I/P	LAL-A401-1	Alarma de nivel bajo
	LCV-A401-1	Válvula de control de nivel	LCI-A401-1	Controlador indicador de nivel
	LSH-A401-1	Interruptor de nivel alto	DPE-A401-1	Sensor de presión diferencial
EN CAMPO				
				

- **Lazo de control de presión diferencial**

Las torres de absorción de la planta disponen de un sistema de monitorización del diferencial de presión cuya función es supervisar continuamente la pérdida de carga a través del relleno de la columna. Este parámetro constituye uno de los principales indicadores de la torre de absorción, ya que permite detectar fenómenos como ensuciamiento, inundación del relleno, obstrucciones internas o caudales de operación fuera de los límites de diseño.

La variable monitorizada es el diferencial de presión entre dos puntos de la columna (parte inferior y superior de la columna). Para su medición se instala un sensor de presión diferencial asociado a un transmisor que convierte la diferencia de presión medida en una señal analógica. Esta señal se envía al sistema de control y supervisión, donde se registra y visualiza en tiempo real.

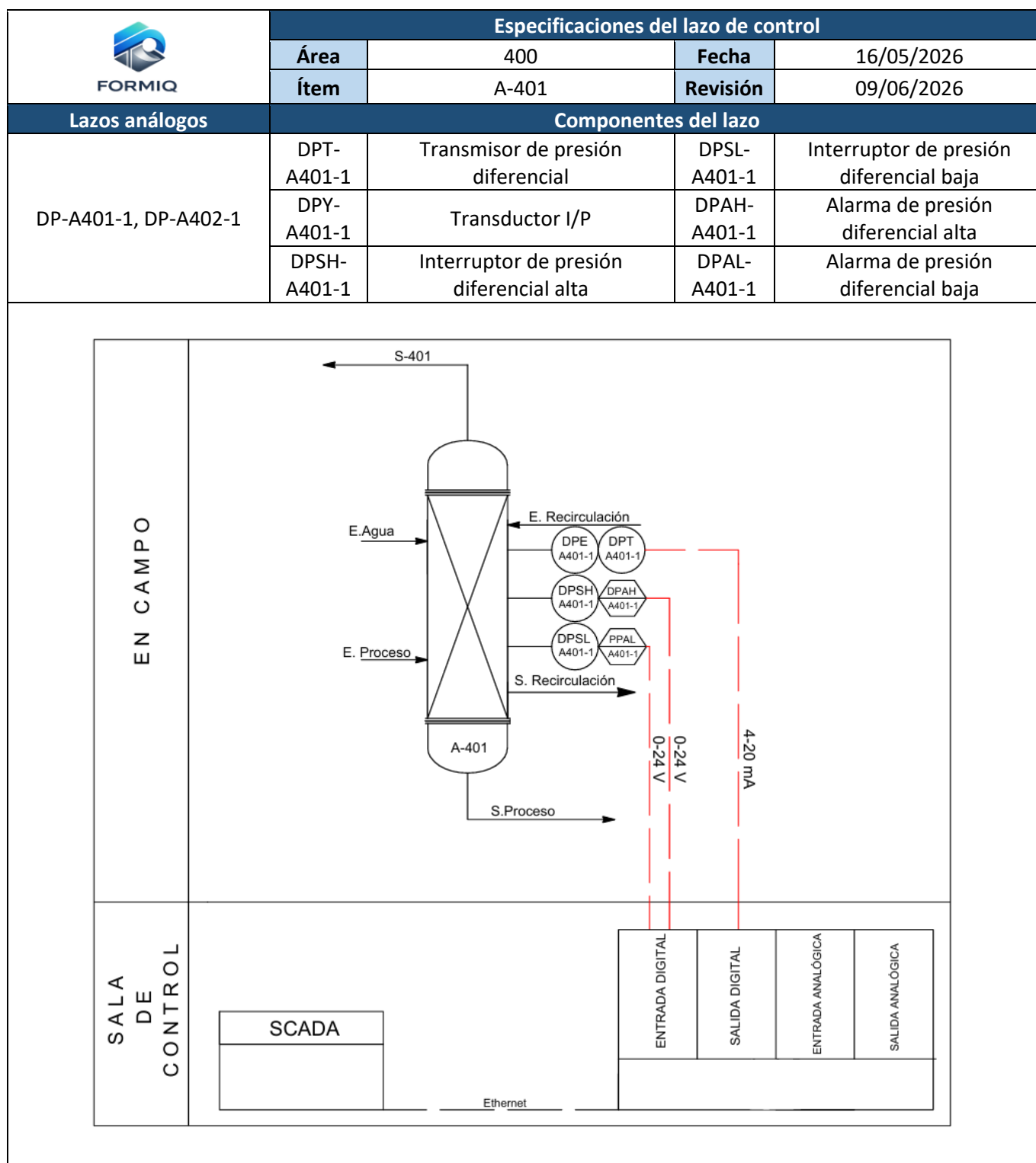
El diferencial de presión representa la resistencia que ofrece el relleno al paso de las corrientes gaseosa y líquida. En condiciones normales de operación, este valor permanece dentro de un intervalo relativamente estable. Sin embargo, un incremento excesivo puede indicar acumulación de líquido en el relleno, ensuciamiento de la columna o una situación próxima a la inundación, mientras que una disminución significativa puede ser indicativa de caudales insuficientes o de una distribución inadecuada de las corrientes de proceso.

Como medida de seguridad el sistema incorpora un interruptor de presión diferencial alta asociado a la alarma de presión diferencial alta y un interruptor de presión diferencial baja asociado a su correspondiente alarma.

Tabla 3.7.42. Características del lazo de control de presión diferencial de A-401 y A-402.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	DP-A401-1	DP-A402-1
Equipos	A-401	A-402
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Presión diferencial	Presión diferencial
Variable manipulada	Caudal de salida de gases	Caudal de salida de gases
Set point	0,02 bar	0,02 bar
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.43. Ficha técnica del lazo de control de presión diferencial de A-401 y A-402.



- **Lazo de control de temperatura**

Las torres de absorción de FORMIQ también llevan instalado un lazo de control de temperatura para mantener la solución absorbente dentro del intervalo térmico óptimo para maximizar la absorción de formaldehído y garantizar unas condiciones estables de operación. La temperatura es una variable importante en estos equipos ya que influye directamente en la solubilidad de los

compuestos absorbidos, en la eficiencia de transferencia de materia y en la calidad del producto obtenido.

Durante el proceso de absorción, la corriente gaseosa procedente de las etapas anteriores entra en contacto con el agua y con la corriente de recirculación en el interior de la torre. Como consecuencia de este contacto y de los fenómenos de absorción que tienen lugar, la temperatura del sistema puede variar y afectar a la capacidad del líquido para absorber formaldehído. Por este motivo se incorpora un sistema de control térmico asociado al circuito de recirculación.

La variable controlada es la temperatura de la corriente de recirculación y para su medición se instala un elemento de temperatura asociado a un transmisor que convierte la medida obtenida en una señal analógica. Esta señal se envía al controlador indicador situado en la sala de control y se compara con el valor de consigna establecido.

La variable manipulada es el caudal del fluido de servicio que circula a través del intercambiador de calor, integrado en el circuito de recirculación. El controlador actúa sobre la válvula de control de temperatura que regula el flujo del fluido térmico procedente de la línea A-600. La válvula recibe la señal de mando mediante el convertidor electroneumático, que transforma la señal eléctrica de control en una señal neumática.

El funcionamiento del lazo se basa en un control por retroalimentación. Cuando la temperatura medida en la corriente de recirculación supera el valor de consigna, el controlador modifica la apertura de la válvula para aumentar la capacidad de enfriamiento o calentamiento proporcionada por el intercambiador. De esta forma, la temperatura del líquido absorbente se mantiene dentro del intervalo óptimo de operación, favoreciendo la absorción del formaldehído y evitando pérdidas de eficiencia en la columna.

Además del control continuo, el sistema incorpora interruptores de temperatura alta y baja asociados a sus respectivas alarmas que permiten detectar desviaciones significativas respecto a las condiciones normales de funcionamiento y alertar al operador antes de que puedan afectar al rendimiento de la absorción o a la calidad del producto final.

A parte del lazo principal de control de temperatura asociado al circuito de recirculación de la torre, se dispone de un sistema adicional de supervisión de la temperatura de salida del producto. La finalidad de este sistema es garantizar que la corriente líquida que abandona la columna se mantenga dentro de los límites térmicos establecidos, permitiendo detectar posibles desviaciones operativas que puedan afectar a la calidad del formaldehído o al correcto funcionamiento de las etapas posteriores del proceso.

La temperatura de salida es un parámetro muy importante en una torre de absorción, ya que está directamente relacionada con la eficiencia del proceso de absorción y con las condiciones de operación del circuito de recirculación. Un aumento excesivo de la temperatura puede reducir la solubilidad del formaldehído en el agua disminuyendo la eficiencia de captura y provocando pérdidas de producto hacia la corriente gaseosa de salida.

Por este motivo, el sistema incorpora una alarma de temperatura instala en la línea de salida del producto. Cuando la temperatura supera el valor límite establecido, se genera una señal digital que se envía al sistema de control y supervisión. Esta alarma permite alertar al operador de forma inmediata ante posibles problemas en el sistema de refrigeración, variaciones anómalas en la alimentación de la torre o alteraciones en las condiciones de absorción.

Por lo tanto, la principal diferencia respecto al lazo de temperatura principal de la torre es que este actúa directamente sobre el circuito de recirculación para controlar la temperatura del absorbente mediante un intercambiador de calor, mientras que el lazo secundario únicamente supervisa la temperatura final del producto a la salida de la columna. Por ello, el primer sistema tiene una función de control activo del proceso, mientras que el segundo desempeña una función de monitorización y protección de la calidad del producto.

Tabla 3.7.44. Características del primer lazo de control de temperatura de A-401 y A-402.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	T-A401-1	T-A402-1
Equipos	A-401	A-402
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Temperatura recirculación	Temperatura recirculación
Variable manipulada	Caudal fluido refrigerante	Caudal fluido refrigerante
Set point	66,6 °C	66,6 °C
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.45. Características del segundo lazo de control de temperatura de A-401 y A-402.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	T-A401-2	T-A402-2
Equipos	A-401	A-402
Tipo de lazo	Alarma	Alarma
Variable controlada	Temperatura de salida	Temperatura de salida
Variable manipulada	No aplica	No aplica
Set point	-	-
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.46. Ficha técnica del primer lazo de control de temperatura de A-401 y A-402.

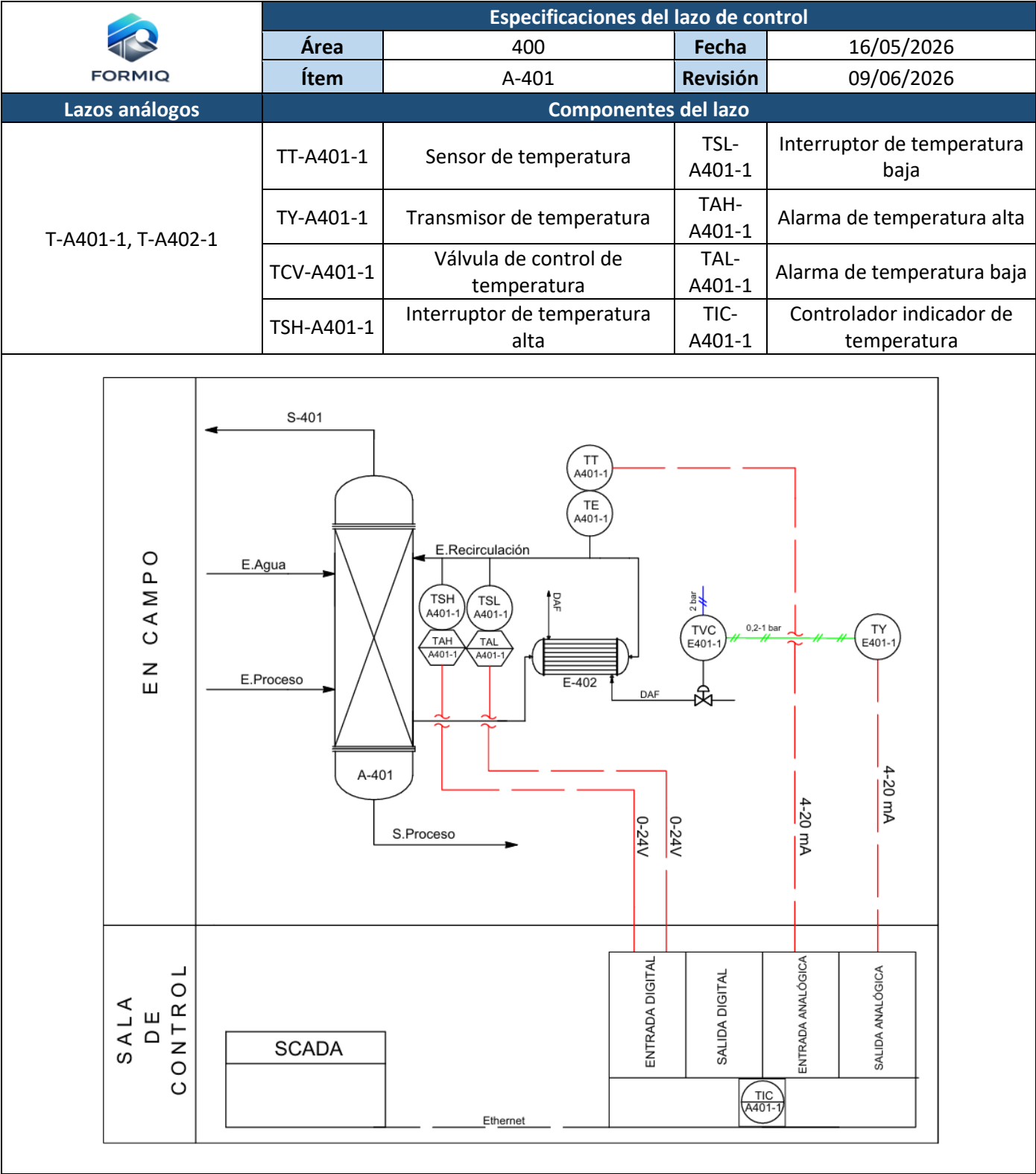
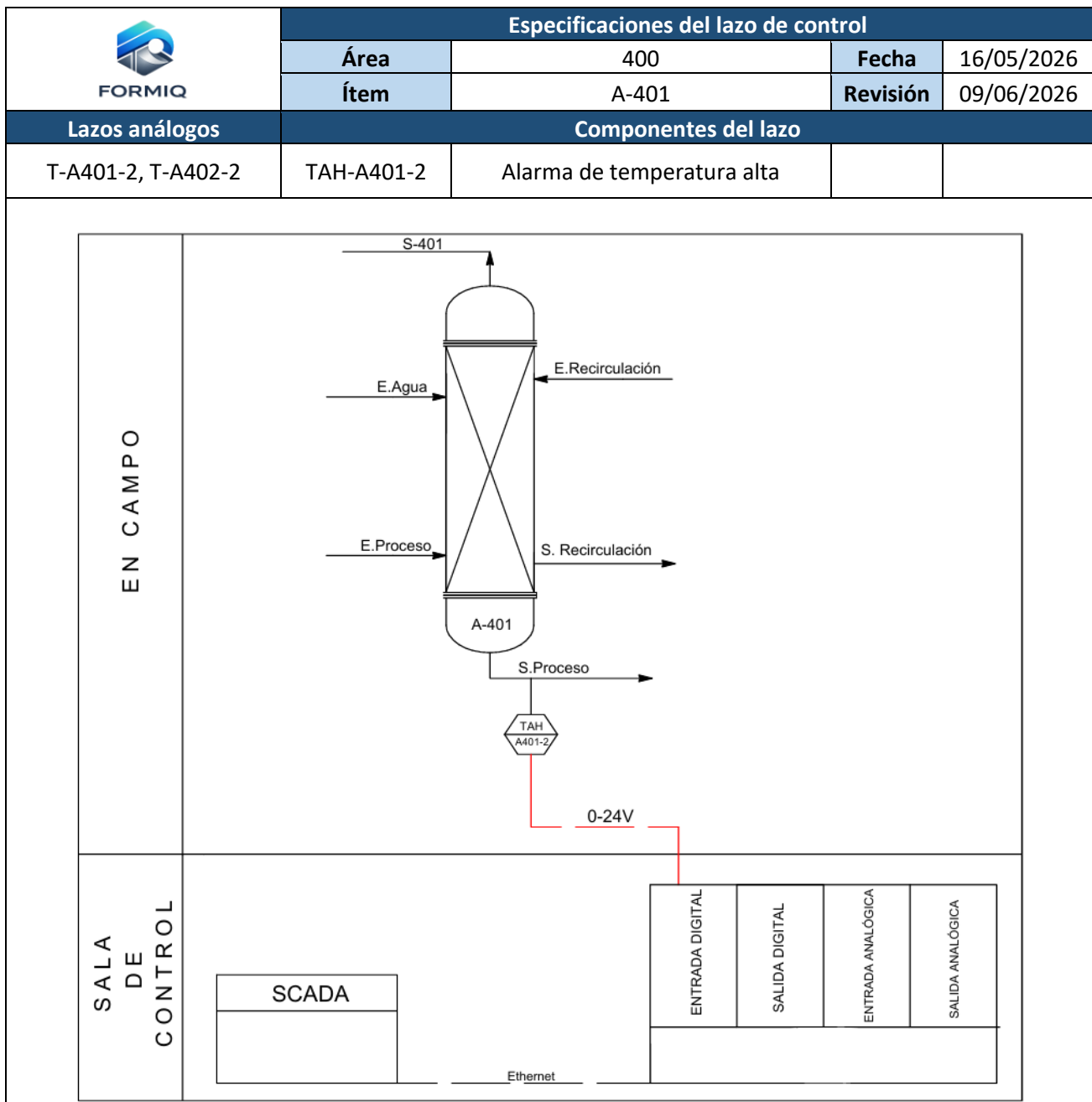


Tabla 3.7.47. Ficha técnica del segundo lazo de control de temperatura de A-401 y A-402.



3.7.2.5. Scrubbers

- Lazo de control de nivel**

El lavador de gases SC-401 dispone de un lazo de control de nivel que su función es mantener constante el volumen de líquido de lavado presente en el quipo. Este control resulta fundamental para garantizar una correcta transferencia de materia entre la fase gaseosa y la líquida, asegurar el funcionamiento estable del circuito de recirculación y maximizar la eliminación de compuestos residuales presentes en la corriente gaseosa procedente de la torre de absorción.

El equipo recibe una corriente líquida procedente de la torre de absorción y una aportación de agua de reposición. El líquido acumulado en la parte inferior del lavador es impulsado mediante

la bomba P-401 hacia la parte superior del equipo, donde se distribuye sobre el relleno o sistema de contacto para favorecer el lavado de la corriente gaseosa. Para que este proceso se desarrolle correctamente es necesario mantener un nivel de líquido adecuado en el fondo del lavador.

La variable controlada es el nivel de líquido almacenado en la parte inferior del equipo. Para su medición se instala un elemento de nivel asociado a un transmisor de nivel que convierte la medida obtenida en una señal analógica que se envía al indicador de nivel y al sistema SCADA donde se supervisa continuamente el estado operativo del scrubber.

La variable manipulada es el caudal de líquido que abandona el lavador hacia la torre de absorción. Para ello se dispone de una válvula de control que se acciona mediante el convertidor electroneumático.

El funcionamiento del lazo se basa en mantener constante la cantidad de líquido dentro del scrubber. Cuando el nivel aumenta por encima del valor deseado debido a una mayor entrada de líquido o agua de reposición, el sistema incrementa la apertura de la válvula de salida, permitiendo evacuar una mayor cantidad de líquido hacia la torre de absorción y reduciendo el nivel acumulado. Por el contrario, cuando el nivel disminuye, la válvula reduce su apertura para retener más líquido en el interior del equipo y recuperar las condiciones normales de operación.

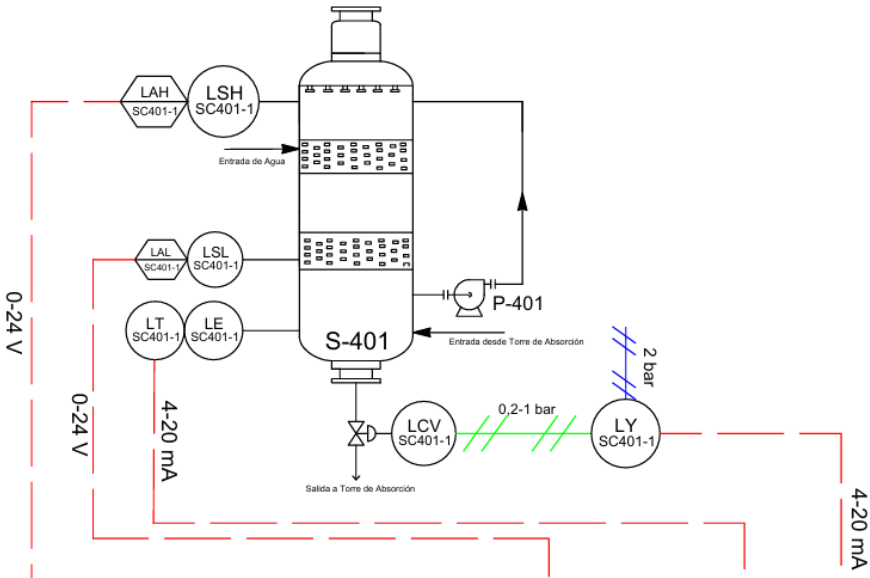
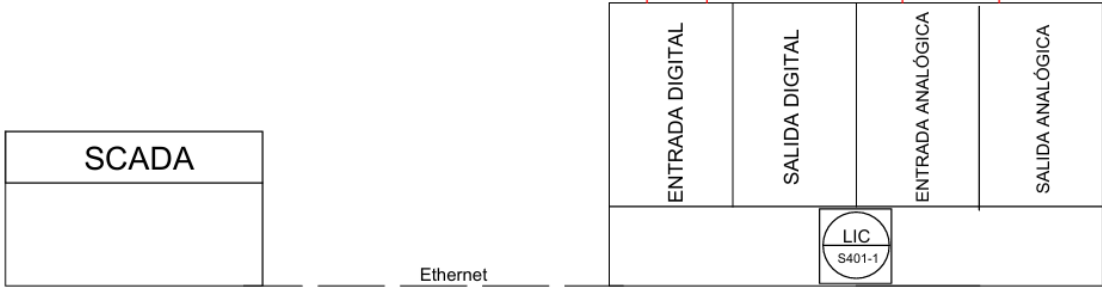
Además del control continuo, el sistema incorpora dispositivos de protección mediante interruptores de nivel alto y nivel bajo, asociados a las alarmas. Estas alarmas permiten detectar situaciones anómalas antes de que afecten al funcionamiento del lavador. Un nivel excesivamente alto podría provocar arrastre de líquido o problemas hidráulicos en el sistema de recirculación, mientras que un nivel demasiado bajo podría ocasionar cavitación en la bomba, pérdida de capacidad y disminución de la eficiencia de eliminación de contaminantes.

Tabla 3.7.48. Características del lazo de control de nivel de SC-401 y SC-402.

 FORMIQ	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	L-S401-1	L-S402-1
Equipos	S-401	S-402
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Nivel de fluido	Nivel de fluido
Variable manipulada	Caudal de salida por colas	Caudal de salida por colas
Set point	0,25-0,75 m	0,25-0,75 m
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.49. Ficha técnica del lazo de control de nivel de SC-401 y SC-402.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	400	Fecha	16/05/2026
	Ítem	S-401	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos		Componentes del lazo		
L-S401-1, L-S402-1	LE-S401-1	Sensor de nivel	LSL-S401-1	Interruptor de nivel bajo
	LT-S401-1	Transmisor de nivel	LAH-S401-1	Alarma de nivel alto
	LY-S401-1	Transductor I/P	LAL-S401-1	Alarma de nivel bajo
	LCV-S401-1	Válvula de control de nivel	LCI-S401-1	Controlador indicador de nivel
	LSH-S401-1	Interruptor de nivel alto		

EN CAMPO				
				

- **Lazo de control de caudal**

El S-401 lleva también instrumentos de control de caudal cuya función es regular la aportación de agua de lavado al equipo. Este control es muy importante para mantener una adecuada relación entre la fase líquida y la fase gaseosa, garantizando una elevada eficiencia de eliminación de compuestos residuales y asegurando unas condiciones estables de operación en la etapa de separación del producto.

Durante el funcionamiento del scrubber, la corriente líquida procedente de la torre de absorción es recirculada mediante la bomba P-401, mientras que una corriente de agua fresca se incorpora continuamente para compensar pérdidas, mantener la concentración adecuada del líquido de lavado y mejorar la capacidad de absorción de los contaminantes presentes en la corriente gaseosa. Para asegurar que esta aportación de agua se realiza en las condiciones previstas de diseño, se implementa un lazo de control de caudal sobre la línea de alimentación de agua.

La variable controlada es el caudal de agua que entra al lavador. Para su medición, se instala un elemento de caudal asociado a un transmisor que convierte la medida obtenida en una señal analógica. Esta señal se envía al controlador indicador de caudal, situado en la sala de control, donde se compara continuamente con el valor de consigna establecido.

La variable manipulada es la apertura de la válvula de control, instalada en la línea de entrada de agua al lavador. La válvula recibe la señal de mando a través de un actuador neumático alimentado con aire, utilizando una señal de control para regular su posición. De esta forma, el controlador puede ajustar continuamente el caudal de agua suministrado al equipo.

El funcionamiento del lazo se basa en un control por retroalimentación. Cuando el caudal medido es inferior al deseado, el controlador aumenta la apertura de la válvula de control para incrementar la entrada de agua. Por el contrario, cuando el caudal supera el valor deseado, la válvula reduce su apertura, disminuyendo el aporte de agua al sistema. De esta forma se mantiene el caudal constante independientemente de las variaciones de presión o de las condiciones de operación de la instalación.

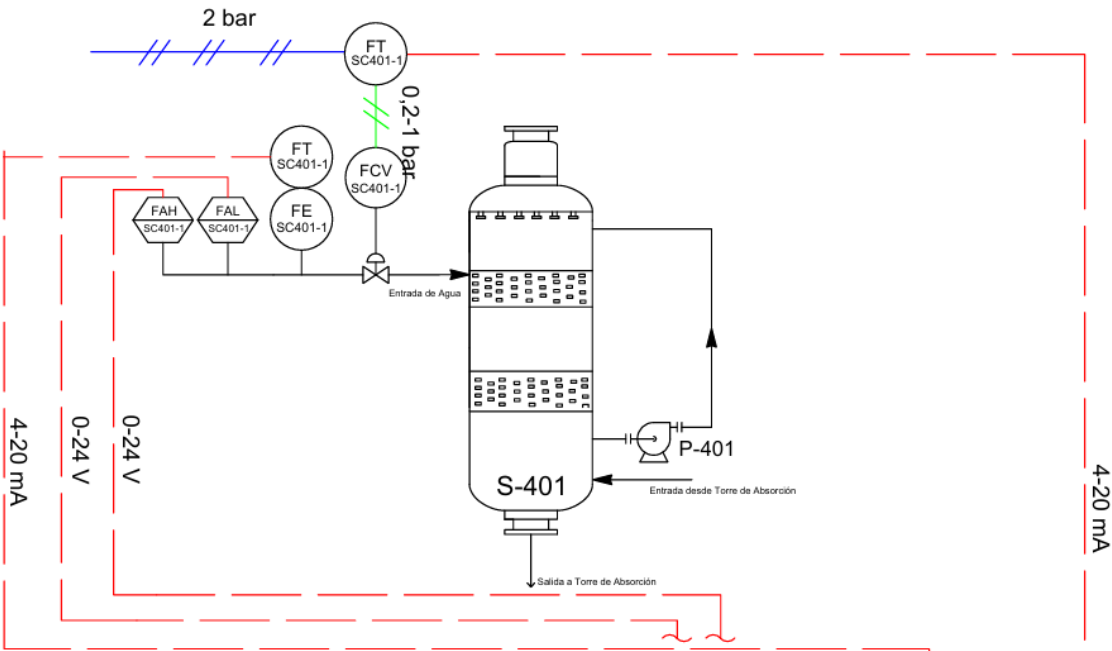
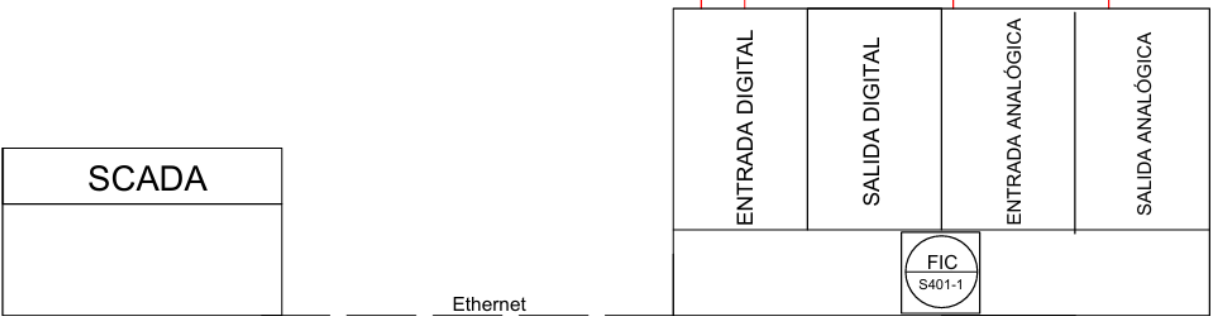
Además del control continuo, el sistema incorpora alarmas de caudal alto y bajo que permiten detectar desviaciones importantes respecto al régimen normal de funcionamiento. Un caudal insuficiente podría reducir la capacidad de lavado y disminuir la eficiencia de eliminación de contaminantes, mientras que un caudal excesivo podría incrementar innecesariamente el consumo de agua y alterar el equilibrio hidráulico del sistema.

Tabla 3.7.51. Características del lazo de control de caudal de SC-401 y SC-402.

	Características del lazo de control	
	Área	400
Nomenclatura de los lazos	F-S401-1	F-S402-1
Equipos	S-401	S-402
Tipo de lazo	Feedback	Feedback
Variable controlada	Caudal de agua	Caudal de agua
Variable manipulada	Caudal de entrada de agua	Caudal de entrada de agua
Set point	2,882 m ³ /h	2,882 m ³ /h
Indicador	Si	Si
Alarma	Si	Si

Tabla 3.7.51. Ficha técnica del lazo de control de caudal de SC-401 y SC-402.

	Especificaciones del lazo de control			
	Área	400	Fecha	16/05/2026
	Ítem	S-401	Revisión	09/06/2026
Lazos análogos	Componentes del lazo			
F-S401-1, F-S402-1	FE-S401-1	Sensor de caudal	FAH-S401-1	Alarma de caudal alto
	FT- S401-1	Transmisor de caudal	FAL-S401-1	Alarma de caudal bajo
	FY- S401-1	Transductor I/P	FCI- S401-1	Controlador indicador de caudal
	FCV- S401-1	Válvula de control de caudal		

EN CAMPO	
SALA DE CONTROL	

3.9 Bibliografía

- [1] America, I. S. O. (1984). Instrumentation Symbols and Identification. ISA International Society for Measurement and Control. (America, 1984, pp. 10-13)
- [2] CAS - Central Authentication Service. (s. f.). https://e-aules.uab.cat/2024-25/pluginfile.php/163960/mod_resource/content/0/Tema1-Intro.pdf
- [3] Chemical Process Control An Introduction to Theory and Practice - George Stephanopoulos. (pp. 242, 411)
- [4] ANSI/ISA-5.1-2024, Instrumentation and Control – Symbols and Identification. (s. f.). [isa.org. https://www.isa.org/products/ansi-isa-5-1-2024-instrumentation-and-control-symb](https://www.isa.org/products/ansi-isa-5-1-2024-instrumentation-and-control-symb)
- [5] Marketing. (2024, marzo 6). *Sensores de temperatura PT100: Todo lo que debes saber*. Ditel Diseños y Tecnología S.A; Ditel - Diseños y Tecnología S.A. <https://www.ditel.es/sensores-de-temperatura-pt100-todo-lo-que-debes-saber/>
- [6] *iTHERM ModuLine TM111 Termómetro modular industrial*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-temperatura/itherm-moduline-tm111?t.tabId=product-overview>
- [7] *Cerabar PMP51B - pressure transmitter*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/pressure/pressure-transmitter-cerabar-pmp51b?t.tabId=product-overview>
- [8] *Deltabar PMD75B - differential pressure transmitter*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/pressure/pressure-transmitter-cerabar-pmd75b?t.tabId=product-overview>
- [9] *Radar measurement micropilot FMR62*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/level-measurement/Radar-Micropilot-FMR62?t.tabId=product-overview>
- [10] *Liquiphant FTL51B - digital, sencillo y seguro*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/liquiphant-ftl51b?t.tabId=product-overview>
- [11] *Medición de nivel por flotador Liquifloat FTS20*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.co.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-flotador?t.tabId=product-overview>
- [12] *Cómo Funciona un Caudalímetro Coriolis*. (s/f). Rosetta. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://rosetta-technology.com/es/aula-tecnica/notas-tecnicas/como-funciona-caudalimetro-coriolis>
- [13] Todo lo que debe saber sobre el caudalímetro de vórtice - Xuner Instrument Technology Co., Ltd. (2025, septiembre 30). Xuner Instrument Technology Co., Ltd -. <https://xunersensor.com/es/everthing-you-should-know-about-flowmeter-vortex/>
- [14] *Caudalímetro Proline Promass F 300 Coriolis*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal/caudalimetro-coriolis-robusto?t.tabId=product-overview>

[15] *Caudalímetro Vortex Proline Prowirl F 200*. (s/f). Endress.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal/Vortex-flowmeter-Proline-Prowirl-F200?t.tabId=product-overview>

[16] *Matrix-mf ii*. (s/f). Bruker.com. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/infrared-and-raman/ft-ir-nir-for-process-control/matrix-mf-ft-ir-reaction-monitoring.html>

[17] *PLC SIMATIC S7-1500 — Controlador de alto rendimiento*. (s/f). Siemens. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.siemens.com/es-es/products/simatic/s7-1500/>

[18](S/f). Finecontrols.co.uk. Recuperado el 5 de junio de 2026, de <https://www.finecontrols.co.uk/files/pdf-manuals/fairchild-pdfs/t9000d>