

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLORURO DE VINILO



MOA^{Cl}

Universitat Autònoma de Barcelona

ESCOLA D'ENGINYERIA

Projecto de Final de Grado

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

Tutor: Marc Peris

Luis Enrique Brenes

David Gómez

Bàrbara Tobella

Adrián Ruiz

Matías Llorca

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLORURO DE VINILO

Capítulo 3.

Control e instrumentación



CAPÍTULO 3. Control e instrumentación

3. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN	4
3.1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE CONTROL	4
3.1.1. Clasificación de las variables de control	4
3.1.2. Parámetros de diseño de un sistema de control	4
3.1.3. Elementos de un sistema de control	6
3.2. SISTEMA DE CONTROL IMPLEMENTADO	6
3.2.1. Controladores	6
3.2.2. Configuraciones de los diferentes lazos de control	9
3.2.3. Arquitectura de los lazos de control	11
3.2.4. Jerarquía en las funciones de control y supervisión	12
3.3. NOMENCLATURA	14
3.3.1. Nomenclatura de los lazos de control	14
3.3.2. Nomenclatura de los elementos	14
3.4. INSTRUMENTACIÓN	16
3.4.1 Elementos primarios	16
3.4.2 Elementos Finales de Control	27
3.5. LISTA DE LAZOS DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN	39
3.5.1. Área 200 – Acondicionado y almacenamiento de materias primas	40
3.5.2. Área 300 - Reacción	48
3.5.3. Área 400 - Separación	54
3.5.4. Área 500 - Purificación	58
3.5.5. Área 600 – Almacenamiento de producto	61
3.6. DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMAS DE LOS LAZOS DE CONTROL	67
3.6.1. Área 200 - Acondicionado y almacenamiento de materias primas	67
3.6.2. Área 300 - Reacción	81
3.6.3. Área 400 – Separación	87
3.6.4. Área 500 - Purificación	98
3.6.5. Área 600 – Almacenamiento de producto	100
3.6.6. Control de presión del nitrógeno	106
3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL	107
3.7.1. Área 200 – Acondicionado y almacenamiento de materias primas	108
3.7.2. Área 300 – Reacción	109
3.7.3. Área 400 – Separación	111
3.7.4. Área 500 – Purificación	112

3.7.5. Área 600 – Almacenamiento de producto	113
3.7.6. Selección de los dispositivos de la arquitectura de control	115
3.8. BIBLIOGRAFÍA	122

3. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE CONTROL

Una planta química está formada por un conjunto de unidades de proceso integradas entre ellas de manera sistemática y racional, cuyo objetivo es la conversión de materias primas a productos deseados, utilizando las fuentes de energía disponibles de la manera más económica posible.

Una planta química debe garantizar una serie de requisitos generados por los diseñadores y las condiciones técnicas, económicas y sociales que están en constante cambio debido a influencias externas. Estos requerimientos incluyen las especificaciones cuantitativas y cualitativas de un producto, las regulaciones ambientales, la seguridad de las operaciones y la optimización económica de las operaciones, minimizando los costes y maximizando los beneficios. Todos estos requisitos se satisfacen a partir de la monitorización y control de las operaciones y procesos de la planta química. Para cumplir estos objetivos, es básico que el sistema de control esté formado por los correctos equipos y dispositivos, y por una buena intervención humana, que incluye tanto el diseñador como el conjunto de operarios (1).

Por lo tanto, el sistema de control de una unidad de proceso debe garantizar tres principios básicos:

- Suprimir la influencia de perturbaciones externas.
- Asegurar la estabilidad de los procesos químicos
- Optimizar el funcionamiento de los procesos químicos.

3.1.1. Clasificación de las variables de control

Los sistemas de control están definidos por dos tipos de variables:

- **Variables de entrada:** Efectos externos que actúan sobre el proceso. Estas variables pueden ser manipuladas o perturbaciones.
 - Variables manipuladas: Aquellas que pueden ser ajustadas libremente por un operador o mediante un mecanismo de control.
 - Perturbaciones: Aquellas variables que no pueden ser manipuladas, pero que modifican la variable de salida controlada.
- **Variables de salida:** Efectos del proceso que actúan sobre el exterior. Estas pueden ser medidas o no medidas.
 - Medidas: Aquellas variables cuyo valor es directamente conocido por su medición.
 - No medidas: Aquellas variables que no pueden ser medidas.

3.1.2. Parámetros de diseño de un sistema de control

Para diseñar un sistema de control se empieza por la definición del **proceso** que se quiere controlar, teniendo en cuenta los objetivos que un sistema de control persigue mencionados anteriormente.

El siguiente paso es la selección de los **medidores**. La monitorización de cualquier proceso químico se lleva a cabo mediante la medición de determinados valores de proceso (temperatura, nivel, etc.).

- Siempre que se puede se mide la variable que se quiere controlar, lo que se define como medición primaria.
- Sin embargo, cuando estas variables de salida no se pueden medir, se mide alguna otra variable que se puede relacionar matemáticamente con la primera para conocer su valor. Este segundo tipo de medición se le conoce como medición secundaria.
- El tercer método de medición posible es la medición de la perturbación externa, el cual tiene la ventaja de poder predecir cómo se comportará el proceso y, por lo tanto, el sistema de control se accionará anticipándose a consecuencias indeseadas.

Una vez conocidos proceso y medidores, se determina la **variable manipulada**. Esta variable es aquella que el sistema de control modifica para actuar sobre proceso. Una buena elección de esta variable es importante ya que de ella dependerá la calidad de las acciones de control que devendrán.

Una vez estudiados los parámetros previamente descritos, se debe decidir la **configuración del sistema de control**. La configuración de un sistema de control es la estructura de la información que se usa para conectar los medidores disponibles con las variables manipuladas. En este paso es importante conocer cuál es la configuración que permitirá un mejor control de del proceso. La configuración de un sistema de control se puede clasificar según el nombre de variables de controladas y manipuladas que comprende:

- SISO (*single-input, single-output*): Una variable controlada y una manipulada.
- MIMO (*multiple-input, multiple-output*): Múltiples variables controladas y manipuladas

En la industria química las configuraciones MIMO son mayoritarias. Como norma general, se empieza diseñando configuraciones SISO y se mejora progresivamente la configuración deviniendo MIMO.

Hay muchos tipos de configuraciones de control, las configuraciones de control convencionales son las siguientes:

- **Control *feedback***: Mide la variable controlada para ajustar los valores de la variable manipulada. Tiene como objetivo mantener los valores de la variable controlada al nivel deseado (*set point*).
- **Control *feedforward***: Mide la perturbación para ajustar los valores de la variable manipulada. Tiene como objetivo mantener los valores de la variable controlada al nivel deseado (*set point*).

No obstante, existen configuraciones de control más complejas, alguna de las cuales se implementan en este proceso que permitirán tener unos mejores sistemas de control y adecuados para cada proceso en concreto. Todos los lazos de control usados en el proyecto están más ampliamente explicados más adelante.

3.1.3. Elementos de un sistema de control

Los elementos que forman un sistema de control son los siguientes (1):

- **Proceso químico:** Comprende todos los equipos y las operaciones químicas o físicas que se dan estos equipos.
- **Elementos sensor o medidor:** Son la fuente de información de lo que sucede en el proceso. Miden perturbaciones, variables controladas o variables controladas secundarias.
- **Transductores:** Convierten mediciones en cantidades físicas para que puedan ser transmitidas fácilmente.
- **Líneas de transmisión:** Transmiten la señal de la medición desde el medidor hasta el controlador.
- **Controlador:** Recibe la información del elemento medidor y decide que acción se debe tomar.
- **Elemento final de control:** Implementa físicamente la acción que el controlador decide que se debe tomar.

La **Figura 3.1** muestra un lazo de control *feedback*, y cómo se ordenan cada uno de los elementos que se acaban de describir.

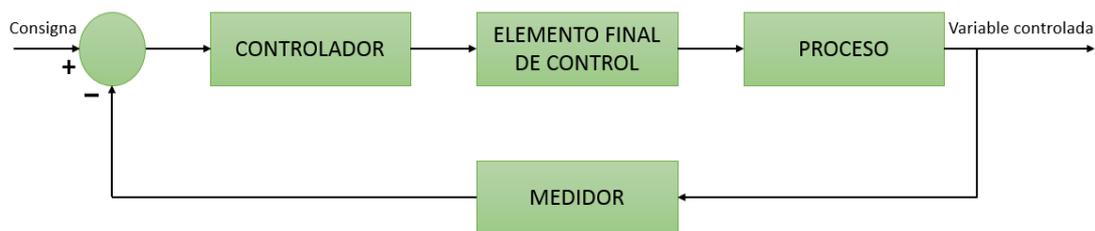


Figura 3.1. Sistema de control *feedback*

3.2. SISTEMA DE CONTROL IMPLEMENTADO

Una vez introducido qué es un sistema de control, cuáles son los objetivos que persigue y qué parámetros y elementos lo describen, se analiza detalladamente los sistemas de control implementados en el diseño de esta planta química.

3.2.1. Controladores

Antes de definir cómo actúa cada controlador ante un problema de control, se deben definir los dos tipos de problemas existentes: del servomecanismo y del regulador.

- **Problema del servomecanismo:** es el comportamiento del lazo de control ante un cambio en el punto de consigna (set point). El objetivo es que la salida del proceso sea lo más cercana posible al valor deseado.
- **Problema del regulador:** es el comportamiento del lazo frente a cambios en la perturbación. El objetivo es que la perturbación afecte lo mínimo sobre la variable controlada.

El tipo de controlador más básico es el controlador proporcional (P). Este controlador genera un cierto error (offset) entre el valor final de la variable controlada y el punto de consigna, tanto para un problema de servomecanismo como de regulación.

La aparición de este error es un problema que se resuelve añadiendo al controlador proporcional un efecto integral (PI). Este efecto es proporcional al error acumulado, y eliminará el error que el controlador P generaba. Sin embargo, la respuesta será más lenta, por lo que este controlador puede no ser el idóneo para procesos que necesiten de una rápida respuesta por parte del controlador.

A un controlador PI se le puede acabar añadiendo un efecto derivativo, deviniendo en un controlador PID. Este efecto tiene un carácter de previsión, por lo que mejora la velocidad de la acción de control, corrigiendo significativamente el error antes de que este sea demasiado grande. Un controlador PID reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

Por lo tanto, en los sistemas de control del diseño de esta planta química, los controladores serán del tipo PID. Para un diseño más detallado de cada controlador usado en la planta se debe hacer un estudio mediante el ajuste de Ziegler-Nichols o Cohen-Coon, que permitirán sintonizar el controlador. Este trabajo no incluye estos cálculos, pues para usar cualquiera de ambos métodos se debe hacer un estudio empírico previo llamado curva de reacción en lazo abierto (con el controlador desconectado).

El estudio de la curva de reacción en lazo abierto se basa en observar cómo actúa el proceso ante un cambio en escalón en la variable manipulada, registrándose los valores de la variable de salida en cada momento. Los gráficos de la variable manipulada y de la variable de salida frente al tiempo permitirán calcular las constantes tiempo muerto (τ_d), ganancia ($K=B/A$) y constante del tiempo (τ), con las que podremos obtener los valores de las constantes K_c , τ_i y τ_D a partir de cualquiera de ambos métodos. En la **Figura 3.2** se muestra un ejemplo de curva de reacción en lazo abierto. Mientras que en la **Figura 3.3** y **Figura 3.4** se muestra cómo se calculará cada parámetro de un controlador PID mediante las constantes obtenidas, para cada método de sintonización.

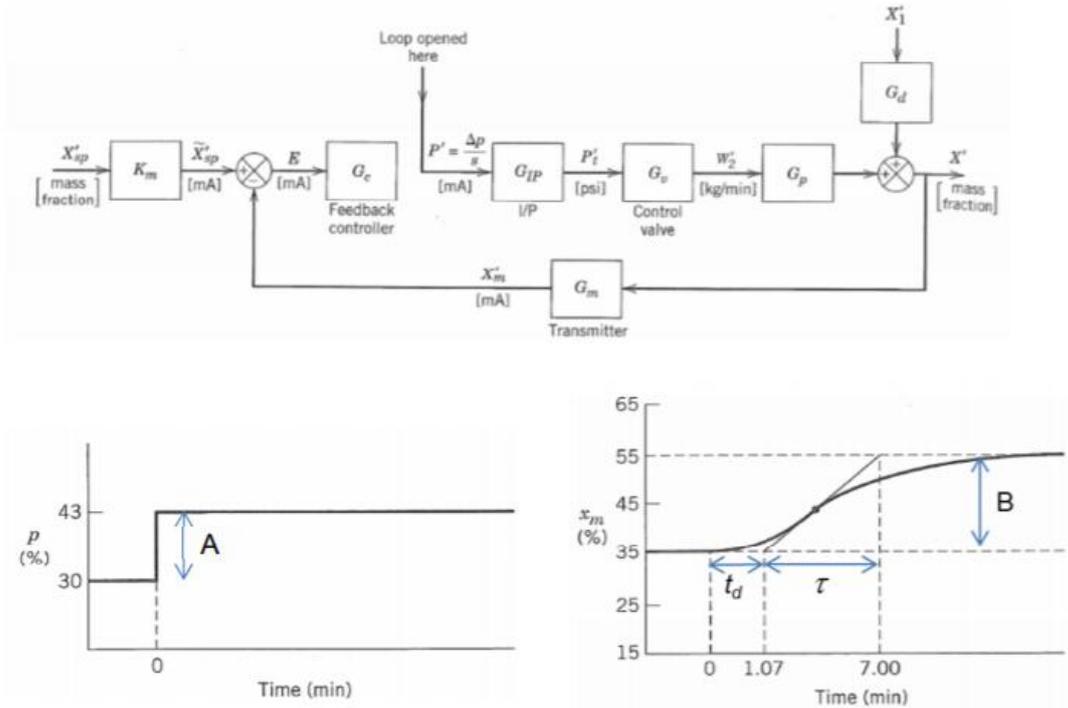


Figura 3.2. Curva de reacción en lazo abierto. Esquema de control (arriba), variable manipulada (izquierda) y variable de salida (derecha)

	K_c	τ_I	τ_D
PID	$\frac{1.2}{K} \left(\frac{\tau}{t_d} \right)$	$2 t_d$	$0.5 t_d$

Figura 3.3. Ajustes de controlador PID mediante Ziegler-Nichols

	K_c	τ_I	τ_D
PID	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{t_d} \left(\frac{4}{3} + \frac{t_d}{4\tau} \right)$	$\tau_I = t_d \frac{32 + 6(t_d/\tau)}{13 + 8(t_d/\tau)}$	$\tau_D = t_d \frac{4}{11 + 2(t_d/\tau)}$

Figura 3.4. Ajustes de controlador PID mediante Cohen-Coon

A pesar de que este trabajo no incluye el estudio de la sintonización de los controladores PID, las pautas que se han explicado se deberán seguir una vez los sistemas de control estén instalados. A partir de esta sintonización se obtendrá una buena aproximación para garantizar el mejor funcionamiento posible de los sistemas de control. La sintonización de todos los controladores de la planta diseñada se llevará a cabo durante la puesta en marcha de la planta.

3.2.2. Configuraciones de los diferentes lazos de control

Tal y como se ha comentado anteriormente, los lazos de control empleados en este proyecto se detallan a continuación:

- **Control por retroalimentación (*feedback*):**

El control por retroalimentación es la técnica de control más extendida a pesar de su antigüedad y sencillez. En el control por retroalimentación el sensor detecta la variable de proceso a controlar produciendo un efecto cuya magnitud está relacionada con el valor de la variable de proceso. El transmisor convierte el efecto físico en una señal estándar analógica o digital que se transmite al controlador. En el controlador, la señal estándar recibida se compara con la correspondiente al valor deseado (*set-point*) de la variable de proceso a controlar y se determina el error (diferencia entre ambos valores). El controlador produce otra señal estándar que llega al elemento final de control, el cual actúa sobre la variable de proceso manipulada. En este proyecto los elementos finales de control empleados son válvulas de regulación (principalmente), válvula *ON/OFF* y compresores. Los controladores empleados en el proyecto generan una señal eléctrica de control, por lo que se adiciona un transductor I/P que convierte la señal eléctrica estándar (4-20 mA) a una señal neumática estándar (3-15 psi), excepto para válvulas *ON/OFF* que la señal será digital (0-5 V). Un esquema de este lazo de control se encuentra en la **Figura 3.5**.

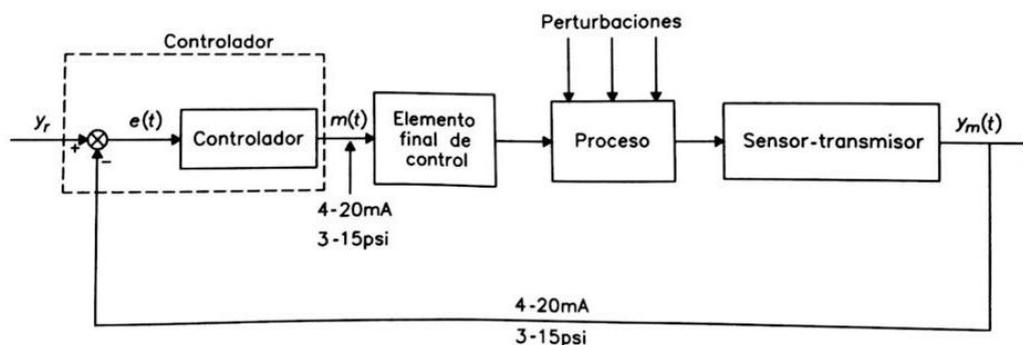


Figura 3.5. Lazo de control *feedback*

Este sistema de control tiene en cuenta en todo momento la variable en el momento de salida, detectando cuando se ha producido una desviación debida a una perturbación externa. Es decir, el sistema actúa una vez se ha detectado la desviación respecto las condiciones marcadas.

- **Control anticipativo (*feedforward*):**

El control anticipativo, en cambio, mide alguna perturbación, y actúa sobre el proceso de manera inmediata cuando esta perturbación se produce, sin tener que esperar que la variable controlada varíe para tener que actuar. Teóricamente este sistema de control es perfecto, ya que no tiene que esperar a que haya error para empezar a corregir. Sin embargo, no lo es en la realidad ya que no es posible medir todas las posibles perturbaciones que afectan al proceso, siempre existe un error en la medida de cualquier variable, nunca se dispone de un modelo perfecto del proceso, y a veces el tiempo muerto entre la variable de salida y la de perturbación es inferior al que existe entre la variable de salida y la manipulada.

Por lo tanto, este lazo mide la perturbación para ajustar los valores de la variable manipulada y así mantener los valores de la variable controlada al nivel deseado (*set-point*). Un esquema de un sistema de control feedforward es el que se representa en la **Figura 3.6**.

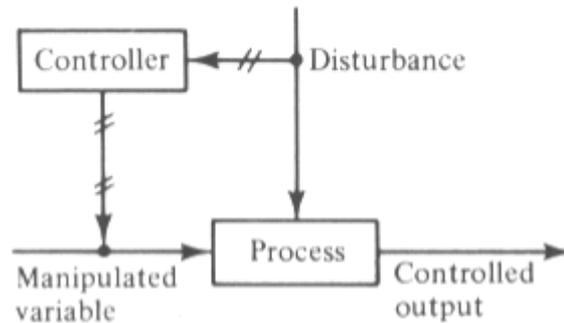


Figura 3.6. Lazo de control feedforward

- **Control en cascada:**

El control en cascada es una estructura de control que utiliza la medida de variables internas para detectar rápidamente el efecto de las perturbaciones y poder así iniciar antes la actuación correctora. Este sistema de control incluye dos lazos de control *feedback* anidados. Este control se aplica principalmente para hacer frente a perturbaciones que afecten directamente a la variable de proceso manipulada.

La estructura de este sistema de control está formada por dos lazos (primario y secundario). Los controladores de los lazos primario y secundarios se les conoce como controlador maestro y esclavo, respectivamente. El lazo secundario tiene por objetivo la atenuación del efecto de la perturbación antes de que llegue a afectar en la variable de salida. Para que el sistema de control sea lo más insensible posible a perturbaciones, el lazo secundario debe ser más rápido que el primario. En la **Figura 3.7** se muestra el esquema de un control en cascada.

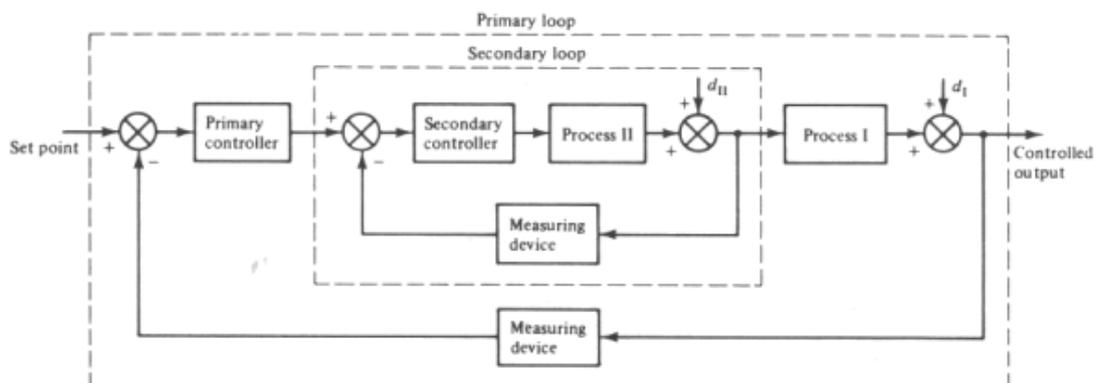


Figura 3.7. Lazo de control en cascada

3.2.3. Arquitectura de los lazos de control

La tendencia actual para arquitecturas de los lazos de control en plantas químicas se basa en el uso de un sistema de control distribuido (Distributed Control System - DCS). Este es un sistema de control procesos industriales automatizado, sobre todo usado en procesos industriales complejos. Esta arquitectura se diferencia de un sistema de control centralizado por la descentralización de las funciones de control en varios computadores distribuidos a lo largo de la planta, conectados a una red de comunicación de alta velocidad, mediante la cual se intercambian información. La red suele estar constituida por un cable con un ancho de banda considerable, y es utilizada por todos los elementos conectados para transmitir y recibir información. En la **Figura 3.8** se esquematiza como función un sistema de control distribuido (2).

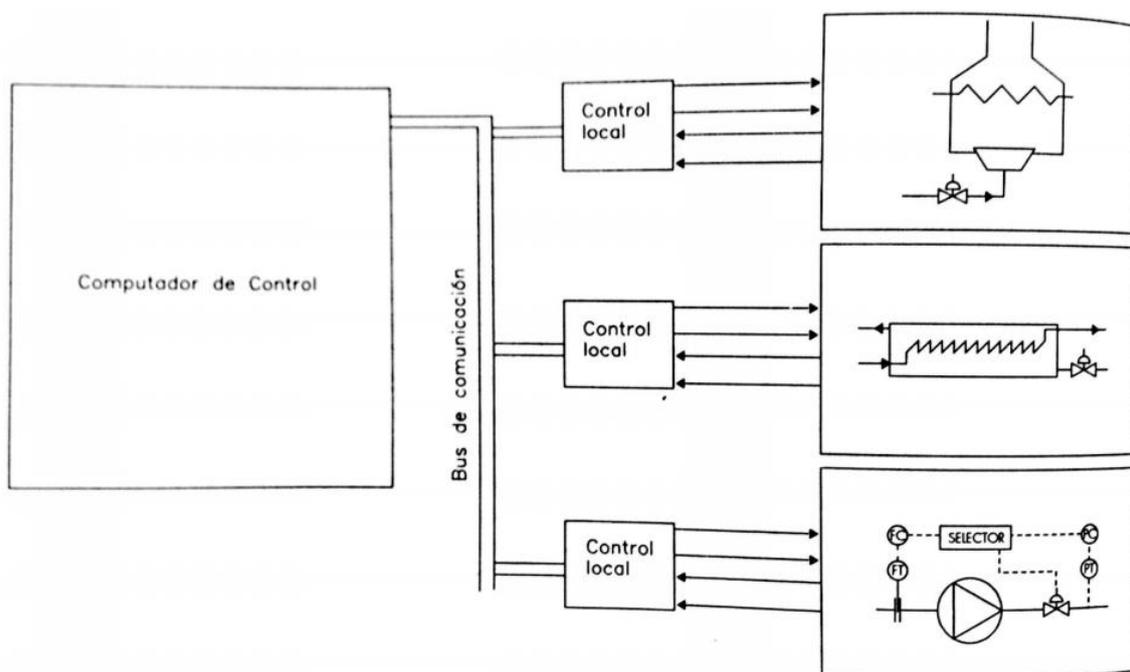


Figura 3.8. Esquema del sistema de control distribuido (DCS)

El diseño de la arquitectura de control para este proyecto incluye un primer nivel que consiste en los elementos de campo, que comprenden sensores, transmisores, transductores y elementos final de control, entre otros. Estos elementos están directamente conectados con la Unidad Terminal Remota (Remote Terminal Unit – RTU). Esta unidad está formada por varios módulos, cada uno de los cuales está destinado a recibir o transmitir señales digitales o analógicas o realizar la conexión con la red de dispositivos (Device Net – DN). Para este proyecto se instalará una RTU en cada área, para así minimizar el cableado. El DN es una red de comunicación que permite la comunicación entre elementos mediante un único canal de datos. Este canal es bidireccional, por lo que coordina la comunicación entre los elementos y la red de control. Este tipo de red se distribuye alrededor de la planta, situándose próximo a cualquier elemento de campo, sustituyendo gran parte del cableado necesario por otros tipos de arquitecturas.

Cada una de las RTU estará conectada al DN, que a su vez tendrá conexión con los Controladores Lógicos Programables (Programmable Logic Controller – PLC). Los PLC son los

computadores que realizan las funciones de control. Este es un dispositivo electrónico que programa y controla procesos secuenciales en tiempo real, recibiendo información, procesándola y generando una señal de salida. A pesar de que un DCS suele estar formado por diversos PLC a lo largo de la planta, debido a la pequeña envergadura de la planta, para este proyecto solo será necesaria la instalación de uno. También se instalará una red de control (Control Net – CN), a la que se conectan los PLC a través de uno de los módulos que incluye este dispositivo. Esta red permite que las diferentes variables sean simultáneamente controladas. Como el proceso solo incluye un PLC, la CN solo tendrá una conexión, pero permitirá establecer más conexiones en caso de una ampliación de la planta.

Finalmente, el PLC también está conectado al sistema de Supervisión, Control y adquisición de Datos (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition). El sistema SCADA es una aplicación que obtiene datos operativos de un sistema con el fin de controlar y optimizar este sistema, mejorando la toma de decisiones en remoto desde una cabina de mando. Un sistema SCADA tiene las ventajas de poder adquirir, procesar y almacenar datos de información de manera continua, representar gráficamente las variables de proceso que se desee controlar y/o monitorizar, conectarse de manera total con otras bases de datos (SQL, por ejemplo) y realizar la supervisión en remoto mediante la representación gráfica de todos los datos que se recibe en tiempo real en una interfaz sencilla (pantalla u ordenadores, por ejemplo). Más adelante se dimensiona la planta mediante el recuento de señales, y detalla el funcionamiento de cada uno de los dispositivos que se acaban de mencionar.

3.2.4. Jerarquía en las funciones de control y supervisión

Las funciones que lleva a cabo el DSC se estructuran jerárquicamente tal y como se muestra en la **Figura 3.9**.



Figura 3.9. Estructura jerárquica del DSC

En el nivel inferior se encuentran las tareas de regulación y control de los lazos elementales de un proceso. La transferencia de datos entre proceso y controlador se da en cuestión de décimas de segundo o unos pocos segundos. La información se presenta al operador del proceso, y las funciones de control son realizadas mediante el computador.

El siguiente nivel consiste en la supervisión de las unidades productivas. Es decir, consiste en supervisar y controlar cada uno de los procesos con la información procedente de

todos los lazos. En este nivel se establecen las secuencias de puesta en marcha y se coordina los valores de las referencias de los distintos lazos de control.

En un nivel superior se sitúan las funciones de optimización y coordinación entre las distintas unidades productivas de la planta. Se determinan los puntos de operación de cada unidad en cada momento, teniendo en cuenta el estado de funcionamiento del resto de unidades y los objetivos de funcionamiento de estas. Esta información será presentada al jefe de operación de la planta.

En el siguiente nivel se encuentra la asignación de las previsiones de producción para las próximas horas junto con la planificación global de la producción en fábrica, teniendo en cuenta las previsiones de retirada de productos, la llegada de suministros, etc. El usuario de este nivel es la dirección de la planta, el departamento de ventas y el departamento de *supply chain* (cadena de suministro).

El nivel superior se basa en el procesamiento de la información que proviene del nivel inferior para la elaboración de información global sobre producción, costes y otras cuestiones de interés para la empresa (2).

3.3. NOMENCLATURA

Se ha establecido dos tipos de nomenclaturas específicas, una para identificar los lazos de control y otra para nombrar cada uno de los elementos usados en el sistema de control.

3.3.1. Nomenclatura de los lazos de control

Los lazos de control se nombran siguiendo la siguiente estructura: **X – Y – Z**. A continuación, se detalla cada uno de los términos que forman la nomenclatura de cada lazo.

- **X: Nomenclatura de la variable controlada**

El primer término corresponde a la variable del proceso que controla el lazo de control. Esta variable se abrevia tal y como se especifica en **Tabla 3.1**.

Tabla 3.1. Variables controladas y abreviaciones

Variable controlada	Abreviación
Caudal	F
Nivel	L
Presión	P
Diferencia de presión	dP
Temperatura	T
Concentración	C

- **Y: Equipo en el que actúa el lazo de control**

El segundo término corresponde al equipo en el que actúa el lazo de control. La nomenclatura de cada uno de los equipos está concretada en el **Capítulo 2**.

- **Z: Número del lazo en el área correspondiente**

El tercer y último término hace referencia al área a la que corresponde el lazo, y el número del área correspondiente, siendo 201 el valor de Z para el primer lazo de la zona 200, 202 el segundo, y así consecutivamente.

Por lo tanto, un ejemplo de lazo de control sería el siguiente:

P-C302-305

Esta nomenclatura sería la adecuada para el quinto lazo de control del área 300, deviniendo un control de presión en la columna C302.

3.3.2. Nomenclatura de los elementos

Para la nomenclatura de los elementos que forman los lazos de control, se sigue un método similar, que tiene la siguiente estructura: **XY – Z**.

- **X: Variable controlada**

El término **X** es el mismo que en la nomenclatura de los lazos de control.

- **Y: Elemento del lazo de control**

El segundo término especifica el tipo de elemento de control. En la **Tabla X** se resume y especifica el significado de los dos primeros términos para los instrumentos que se han empleado en este proyecto.

- **Z: Número del lazo en el área correspondiente**

El término **Z** es el mismo que en la nomenclatura de los lazos de control.

Por lo tanto, un ejemplo de elemento de control sería el siguiente:

TE-103

Esta nomenclatura correspondería a un medidor de temperatura ubicada en el tercer lazo de control del área 100.

Tabla 3. 2. Instrumentos y abreviaciones

ABREVIACIÓN	INSTRUMENTO	ABREVIACIÓN	INSTRUMENTO
TE	Medidor de temperatura	LCV	Válvula de regulación de nivel
TT	Transmisor de temperatura	LSH	Switch de nivel alto
TIC	Indicador y controlador de temperatura	LSHH	Switch de nivel alto alto
TCV	Válvula de regulación de caudal	LAL	Alarma de nivel bajo
PE	Medidor de presión	LAH	Alarma de nivel alto
PT	Transmisor de presión	LAHH	Alarma de nivel alto alto
PIC	Indicador y controlador de presión	LI	Indicador de nivel
PCV	Válvula de regulación de presión	FE	Medidor de caudal
PI	Indicador de presión	FT	Transmisor de caudal
CE	Medidor de concentración	FIC	Indicador y controlador de caudal
CT	Transmisor de concentración	FCV	Válvula de regulación de caudal
CIC	Indicador y controlador de concentración	FI	Indicador de caudal
CCV	Válvula de regulación de concentración	XV	Válvula ON/OFF
LE	Medidor de nivel	SC	Variador de frecuencia
LT	Transmisor de nivel	ZS	Final de carrera
LIC	Indicador y controlador de nivel		

3.4. INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación comprende los elementos físicos que forman parte del sistema de control. Para implementar el sistema de control se necesita medir las variables del proceso (temperatura, nivel, caudal, entre otras), calcular las acciones de control y manipular ciertas variables. La instrumentación, dependiendo de su función, se divide en tres categorías:

- **Elementos primarios:** Su función es la de detectar inicialmente el valor de una variable durante el proceso operativo, por ende, deben mantener un continuo contacto con las diversas propiedades que puedan estar sujetas a cambio en el sistema (presión, fuerza, posición, medida eléctrica, entre otras), todo ello por medio de la utilización o absorción de la energía del medio controlado, para dar al medio de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada.
- **Elemento final:** Es un mecanismo que altera el valor de la variable manipulada en respuesta a una señal de salida desde el dispositivo de control automático; típicamente recibe una señal del controlador y manipula un flujo de material o energía para el proceso.
- **Dispositivos que forman la arquitectura de control:** Estos dispositivos incluyen las RTU, PLC, SCADA y todas las conexiones entre ellas. Estos elementos llevan a cabo las funciones de control.

6.3.1 Elementos primarios

Las operaciones de procesos continuos amplían el alcance y el uso de instrumentos de medición tanto de forma individual como en sistemas para el control automático y la medición de variables como lo son la presión, el nivel, la temperatura y el flujo.

Para la selección de los medidores que se implementarán en el proceso, se realiza un estudio previo de los instrumentos medidores que existen en el mercado. Se avalúan tanto ventajas como desventajas de cada instrumento para así poder discriminar y seleccionar el instrumento que mejor se adecue a las características del proyecto (3).

6.3.1.1 Medición de Temperatura

Conocer la temperatura de nuestro proceso en cada uno de sus pasos es una parte vital para para la obtención del producto a las condiciones especificadas. Por lo que la elección de un sensor de temperatura que se adecue de manera ideal al proceso es muy importante para poder realizar un control preciso de esta variable.

El rango de temperaturas a las que se trabaja en el proceso es de aproximadamente 190 °C. Las temperaturas más bajas rondan los -40 °C, mientras que las más altas son 150°C. Tanto el rango de temperatura como el tiempo de respuesta del instrumento y las condiciones ambientales en las que se encontrara el sensor, son las variables críticas según las cuales se seleccionará un sensor u otro.

Existen diferentes tipos de sensores:

- **Termopares:**

Un termopar consiste en un par de conductores de diferentes metales o aleaciones. La junta de medición está colocada en uno de los extremos, en el lugar donde se ha de medir la temperatura. Los dos conductores salen del área de medición y terminan en el otro extremo, la junta de referencia que se mantiene a temperatura constante. Se produce entonces una fuerza electromotriz que es función de la diferencia de temperatura entre las dos juntas.

El uso de termopares en la industria se ha popularizado, ya que son altamente precisos y muchos más económicos que las termorresistencias. Las termocuplas constituyen hoy en día el sistema de medición de temperatura más usado y de mejor acceso.

Esta forma de medición abarca el rango de temperaturas requerido para la mayoría de las mediciones exigidas. Termocuplas de diferentes tipos pueden cubrir un rango de 250 °C hasta 2.000 °C y más si fuera necesario.

- **Termorresistencias:**

La termorresistencia trabaja a medida que varía la temperatura, es decir, su resistencia se modifica cuando la temperatura varía, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura.

Las termorresistencias de uso más común están fabricadas de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad.

El método de medición de la temperatura no es directo, ya que lo que se mide es una resistencia mediante un puente de Wheatstone. A partir de la resistencia medida, se puede conocer la temperatura correspondiente. Este proceso, en la actualidad, ya está automatizado gracias a los sistemas de control avanzados y la electrónica digital.

El platino encuentra aplicación dentro de un amplio rango de temperaturas y es el material más estable y exacto. En efecto, la relación resistencia - temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termorresistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde - 260 °C hasta 630 °C.

Además del hecho de que la termorresistencia de platino está siendo utilizada como estándar internacional, el alambre de platino es el material elegido con más frecuencia para las termorresistencias de uso industrial. Las termorresistencias de platino pueden medir el rango más amplio de temperaturas, y estas son las más exactas y estables, debido a que no son fácilmente contaminadas por el medio en que se encuentran. Su relación resistencia - temperatura es más lineal que la de cualquier otro material, con la excepción del cobre.

Este tipo de sensores tiene una ventaja fundamental: son sumamente precisos y producen medidas altamente reproducibles. Su construcción permite disponer de ellos como elementos simples, dobles y, en casos muy especiales, hasta triples.

En la **Tabla 3.3** se determina las cualidades para cada los materiales que se suelen usar.

Tabla 3.3. Rango de operación de las termorresistencias dependiendo del metal utilizado

Metal	Rango de Operación (°C)	Precisión (grados)
Platino	-200 a 950	0.01
Níquel	-150 a 300	0.50
Cobre	-200 a 120	0.10

- **Termistor:**

El termistor está compuesto de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos. Este medidor es esencialmente un semiconductor y se comporta como un "resistor térmico" con un coeficiente térmico de temperatura negativo de valor muy elevado.

Los termistores también se pueden encontrar en el mercado con la denominación NTC (*Negative Temperature Coefficient*), habiendo casos especiales de coeficiente positivo cuando su resistencia aumenta con la temperatura y se los denomina PTC (*Positive Temperature Coefficient*).

En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1 °C de aumento de temperatura. Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, pudiendo ser utilizado ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150°C a 450°C.

El termistor se fabrica a partir de óxidos metálicos comprimidos y sintetizados. Los metales utilizados son níquel, cobalto, manganeso, hierro, cobre, magnesio y titanio, así como preparaciones de óxido de manganeso con cobre y óxido de níquel con cobre. Modificando las proporciones de óxido se puede variar la resistencia básica un termistor; se dispone de termistores con resistencias básicas a 25°C desde unos pocos cientos hasta varios millones de ohm.

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente, cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar.

- **Pirómetro:**

Un pirómetro es un dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella. El término se suele aplicar a aquellos instrumentos capaces de medir temperaturas superiores a los 600 °C. El rango de temperatura de un pirómetro se encuentra entre -50 hasta 4.000 °C. Una aplicación típica es la medida de la temperatura de metales incandescentes en molinos de acero o fundiciones.

Selección del sensor de temperatura

Teniendo en cuenta el rango de temperatura observado en nuestro proceso, de -40 °C a 150 °C, nos damos cuenta de que la mayoría de los sensores cumplirían sin problemas. Por lo

que para la elección del sensor tomamos en cuenta otros factores, como lo es la precisión. Un error en la medición de temperatura puede realmente afectar el producto final. Por lo tanto, se elige el medidor con menor error. El medidor seleccionado es la termorresistencia de platino, ya que tienen un buen rango de temperatura y una gran precisión.

6.3.1.2 Medición de Presión

Las mediciones de presión son de las más importantes que se hacen en la industria de procesos continuos, como lo es la producción de cloruro de vinilo en este proyecto. Por lo tanto, hay una importante cantidad de instrumentos que miden la presión (4). Además, el producto se obtiene en estado líquido, pero se evapora a temperaturas y presiones bajas, por lo que conocer el nivel en los tanques de almacenamiento podría detectar si alguna fracción del producto se ha evaporado.

Los medidores de presión son instrumentos que se desplazan o se deforman como consecuencia de la diferencia de presiones entre la del proceso y una presión de referencia. Estos instrumentos se pueden clasificar en dos tipos:

- Elementos primarios que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocida.
- Elementos primarios elásticos que se deforman por la presión interna del fluido que contienen.
- **Columna de líquido:**

Es el instrumento de medición de presión más antiguo, y de los más exactos en los rangos de presión de entre 500 Pa y 200 kPa. La selección de la configuración de la columna y del fluido manométrico permite la medición de todos los tipos de presión. La ventaja de este instrumento es su versatilidad.

El manómetro en forma de U conforma un sistema de medición absoluto, y no depende de calibración. Esta ventaja lo hace un instrumento muy común. Su desventaja principal es la longitud de tubos necesarios para la medición de presiones altas y, desde el punto de vista de la instrumentación de procesos, no es trivial transformarlo en un sistema de transmisión remota de información sobre presión.

- **Tubo de Bourdon:**

El tubo de Bourdon es el método más usual para medir presiones, y consiste en un tubo aplanado de bronce o acero curvado en arco. A medida que se aplica presión al interior del tubo, este tiende a enderezarse, y este movimiento transmite a un cuadrante mediante un mecanismo amplificador adecuado. Los tubos de Bourdon para altas presiones se hacen de acero. Puesto que la exactitud del aparato depende en gran parte del tubo, solo debe emplearse un tubo fabricado de acuerdo con las normas más rigurosas.

El tubo Bourdon es un tubo de sección elíptica, que forma un anillo casi completo y se encuentra cerrado en un extremo. Al aumentar la presión dentro del tubo, este se deforma, y el movimiento se transmite a la aguja indicadora. Empíricamente se halla el tubo adecuado al rango de presión deseado. En la **Figura 3.10** se encuentra un esquema del funcionamiento de este tubo

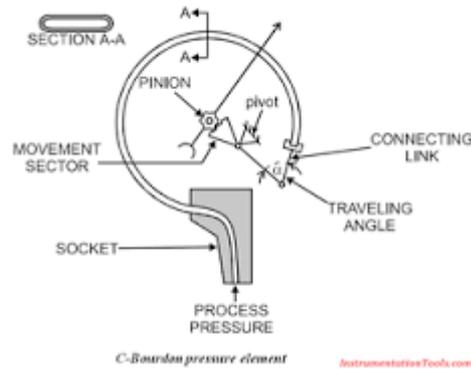


Figura 3.10. Tubo de Bourdon

- **Diafragma:**

El manómetro diagrama consiste en una o varias capsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura de forma que, al aplicar la presión, cada capsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. El material del diafragma es normalmente alineación de níquel.

- **Fuelle:**

El fuelle es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente que puede dilatarse o contraerse con desplazamiento considerable. Los elementos de fuelle se caracterizan por su larga duración. El material empleado es bronce ferroso. Se emplean para bajas presiones.

- **Transductor de presión:**

Un transductor de presión convierte la presión en una señal eléctrica analógica. Aunque hay varios tipos de transductores de presión, uno de los más comunes es el transductor extensiométrico.

La conversión de la presión en una señal eléctrica se consigue mediante la deformación física de los extensómetros, que están unidos en el diafragma del transductor de presión y cableados en una configuración de puente de Wheatstone. La presión aplicada al sensor produce una deflexión del diafragma, que introduce la deformación a los medidores. La deformación producirá un cambio de resistencia eléctrica proporcional a la presión.

Selección del medidor de Presión

En el proceso de este proyecto se hallan presiones altas, de hasta 1200 kPa, por lo que no se puede seleccionar cualquier instrumento de medición de presión. De los instrumentos descritos anteriormente, el que mejor se adecua a las necesidades es el transductor de presión con sensor de cerámica y metal, cuya ficha de especificaciones se encuentra al final del apartado. La ventaja de este medidor es que funciona muy bien a altas presiones y que la señal se puede ser transmitida largas distancias.

3.2.1.3 Medición de Nivel

La medición de nivel es muy importante para garantizar el funcionamiento correcto del proceso y tener presente en todo momento la cantidad de materias primas, producto o subproducto almacenado. En procesos industriales continuos, la medición y control de nivel permitirá evitar que un líquido se derrame o que el nivel sea insuficiente para satisfacer necesidades del proceso y asegurar la producción sea lo suficientemente alta.

- **Visor de vidrio:**

Tubo de vidrio con su extremo inferior conectado al tanque generalmente mediante tres válvulas (dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo, para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga). Una representación de este visor se encuentra en la **Figura 3.11**.

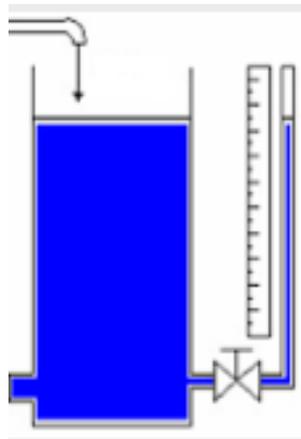


Figura 3.11. Visor de vidrio

Funciona por el principio de vasos comunicantes. El nivel de vidrio va acompañado de una regla graduada. Se emplea para presiones de hasta 7 bar. A presiones más elevadas el vidrio es grueso, de sección rectangular y está protegido por una armadura metálica.

- **Flotador:**

Consiste en un flotador ubicado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque, indicando directamente el nivel sobre una escala graduada. Es usado en tanques de capacidad grande. El flotador debe mantenerse limpio. Este instrumento sigue el movimiento del nivel de líquido. Una representación de este instrumento se encuentra en la **Figura 3.12**.

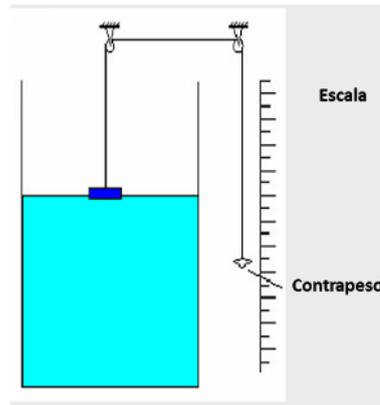


Figura 3.12. Flotador

Tienen una precisión de 0,5 % y son adecuados en la medida de niveles en tanques abiertos y cerrados a presión o al vacío.

- **Manométrico:**

Es un manómetro conectado en la parte inferior del tanque y que mide la presión debida a la altura de líquido entre el nivel del tanque y el eje del instrumento. Sólo sirve para fluidos limpios, ya que los líquidos sucios pueden hacer perder la elasticidad del fuelle. La medición está limitada a tanques abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido.

- **Membrana:**

Está conectada al instrumento receptor por un tubo estanco. El peso de la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire interno a una presión igual a la ejercida por la columna de líquido.

- **Burbujeo:**

Mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo) un pequeño caudal de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas.

La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es una medida de la columna de líquido. Este sistema es muy ventajoso en aplicaciones con líquidos corrosivos o con materiales en suspensión, ya que el fluido no penetra en el medidor ni en la línea de conexión. Este instrumento está representado en la **Figura 3.13**.

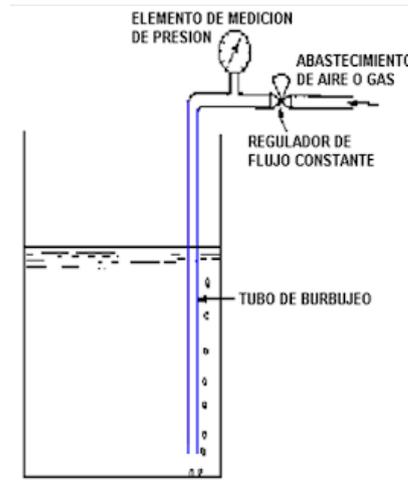


Figura 3.13. Burbujeo

- **Medidor por radar guiado:**

Un medidor por radar guiado funciona mediante pulsos de radar de alta frecuencia que se emiten y guían a lo largo de la sonda. Cuando el pulso llega a la superficie del producto, se refleja una parte debido a un cambio del valor de la constante dieléctrica relativa. El *Time-of-Flight* (tiempo entre que se emite y recibe el pulso) es medido y analizado por el instrumento y constituye una medición directa de la distancia entre la conexión a proceso y la superficie del producto.

Selección del medidor de Nivel

El medidor de nivel que se utiliza en este proyecto es un medidor de radar de onda guiada, ya que presenta una alta precisión y un tiempo de respuesta rápido. Además, presenta las siguientes ventajas:

- Medición fiable: es insensible a las superficies de producto y los obstáculos del depósito.
- Seguridad de medición adicional mediante evaluación "fin de sonda"

3.2.1.4 Medición de Caudal

Existen varios métodos para medir el caudal, según sea el tipo de caudal volumétrico o másico deseado. Hay que señalar que la medida del caudal volumétrico en la industria se efectúa principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Entre estos elementos los más destacados son la placa de orificio o diafragma, la tobera y el tubo Venturi.

- **Placa de orificio:**

La placa de orificio o diafragma consiste en una placa perforada que se instala en la tubería. El orificio que posee es una abertura cilíndrica o prismática a través de la cual fluye el fluido. El orificio es normalizado (ISO 5167-1980) y se puede determinar por medio de las lecturas de presión diferenciales. Dos tomas conectadas en la parte anterior y posterior de la

placa captan esta presión diferencial, la cual es proporcional al cuadrado del caudal. La precisión obtenida con la placa de orificio es del orden de ± 1 a ± 2 %.

- **Tubo Pitot:**

El tubo Pitot mide la diferencia entre la presión total y la presión estática, es decir, la presión dinámica, la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad.

El tubo de Pitot es quizás la forma más antigua de medir la presión diferencial y también de conocer la velocidad de circulación de un fluido en una tubería. Consiste en un pequeño tubo con la entrada orientada en contra del sentido de la corriente del fluido. La velocidad del fluido en la entrada del tubo se hace nula, al ser un punto de estancamiento, convirtiendo su energía cinética en energía de presión, lo que da lugar a un aumento de presión dentro del tubo de Pitot. El tubo Pitot está dibujado en la **Figura 3.14**.

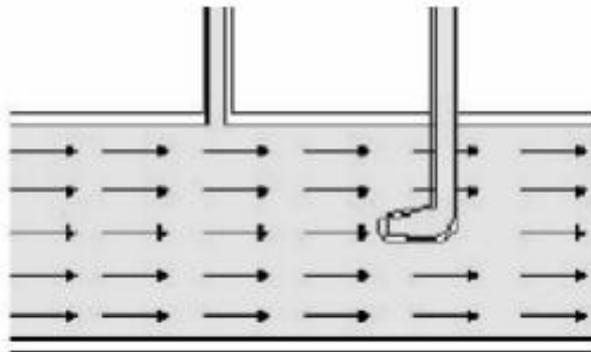


Figura 3.14. Tubo Pitot

Los tubos de Pitot son instrumentos sencillos, económicos y disponibles en un amplio margen de tamaños. Si se utilizan adecuadamente pueden conseguirse precisiones moderadas y, aunque su uso habitual sea para la medida de la velocidad del aire, se usan también, con la ayuda de una técnica de integración, para indicar el caudal total en grandes conductos y, prácticamente, con cualquier fluido.

Su precisión es del orden de 1,5 a 4%, y se emplea normalmente para la medición de grandes caudales de fluidos limpios con una baja caída de presión.

- **Toberas:**

Las toberas son medidores de caudal que consisten en un orificio con una garganta, no tan extensa como la de un tubo Venturi, pero con una forma más prolongada que la de un orificio sencillo. En general, su caída de presión es mucho mayor que la de un tubo Venturi, pero menor que un medidor de orificio.

En general, el uso de las toberas es prácticamente exclusivo para el uso en líquidos. No obstante, en ocasiones se utilizan para gases, pero utilizando un líquido para medir la diferencia de presión. La tobera está representada en la **Figura 3.15**.

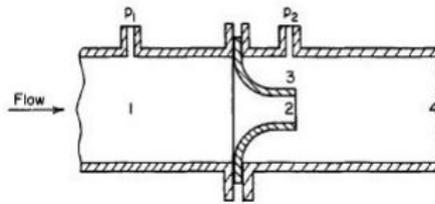


Figura 3.15. Tobera

Las toberas se sitúan en tuberías con dos tomas, una anterior y otra en el centro de la sección más pequeña. La tobera permite caudales 60 % superiores a los de la placa de orificio en las mismas condiciones de servicio. Su pérdida de carga es de 30 a 80 % de la presión diferencial. Puede emplearse para fluidos que arrastren sólidos en pequeña cantidad siempre que no sean abrasivos. El coste de la tobera es de 8 a 16 veces el de un diafragma y su precisión es del orden de $\pm 0,95$ a $\pm 1,5$ %.

- **Tubo de Venturi:**

Este consta en sus extremos de dos entradas en las cuales existe una boquilla. El fluido pasa por la boquilla, que generalmente se hace de una sola pieza fundida y tiene específicamente los siguientes elementos:

- Una sección aguas arriba de igual diámetro que la tubería y provista de un anillo de bronce con una serie de aberturas piezométricas para medir la presión estática en esa sección.
- Una sección cónica convergente: una garganta cilíndrica provista también de un anillo piezométrico de bronce.
- Una sección cónica con una divergencia gradual hasta alcanzar el diámetro original de la tubería. Los anillos piezométricos se conectan a uno y otro extremo, respectivamente, de un manómetro diferencial.

El tamaño del tubo de Venturi se especifica mediante el diámetro de la tubería en la cual se va a utilizar y el diámetro de la garganta; por ejemplo, un tubo de Venturi de 6" x 4" se ajusta a una tubería de 6" y tiene una garganta de 4" de diámetro. Un ejemplo de tubo Venturi se muestra en la **Figura 3.16**.

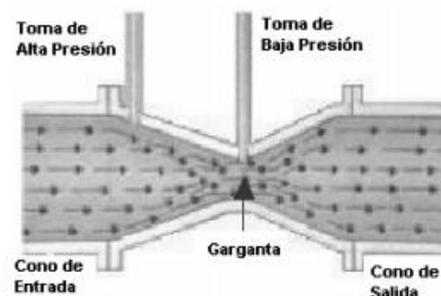


Figura 3.16. Tubo Venturi

Para que se obtengan resultados precisos, el tubo de Venturi debe estar precedido por una longitud de al menos 10 veces el diámetro de la tubería.

Al circular el fluido de la tubería a la garganta, la velocidad aumenta notablemente y, en consecuencia, la presión disminuye; el gasto transportado por la tubería en el caso de un flujo incompresible está en función de la lectura en el manómetro.

El tubo Venturi permite la medición de caudales 60 % superiores a los de la placa de orificio en las mismas condiciones de servicio y con una pérdida de carga de solo 10 a 20 % de la presión diferencial. Posee una gran precisión y permite el paso de fluidos con un porcentaje relativamente grande de sólidos, si bien, los sólidos abrasivos influyen en su forma afectando la exactitud de la medida. El coste del tubo Venturi es elevado, del orden de 20 veces el de un diafragma y su precisión es del orden de $\pm 0,75$ %.

- **Coriolis:**

Los caudalímetros másicos Coriolis se han vuelto una de las mejores alternativas en el sector de procesos industriales en los últimos años. Miden directamente el flujo másico con un alto grado de exactitud.

Además de la medida directa del caudal másico, permite las medidas de la densidad y de la temperatura de líquidos y gases, así como el cálculo del caudal volumétrico y la masa, o la concentración del volumen y viscosidad, lo que lo convierte en uno de los instrumentos más poderosos del mercado con un solo equipo.

Un caudalímetro másico de tubo único Coriolis consiste en un tubo de medida único [1], una bobina conductora [2] y dos sensores [3 y 4] que están colocados a ambos lados de la bobina. Cuando el medidor está excitado por el paso del fluido, la bobina conductora hace vibrar el tubo de medición haciendo que oscile y produce una onda [3]. La onda seno es monitoreada por los dos sensores. Este instrumento tiene una estructura como la que muestra la **Figura 3.17**.

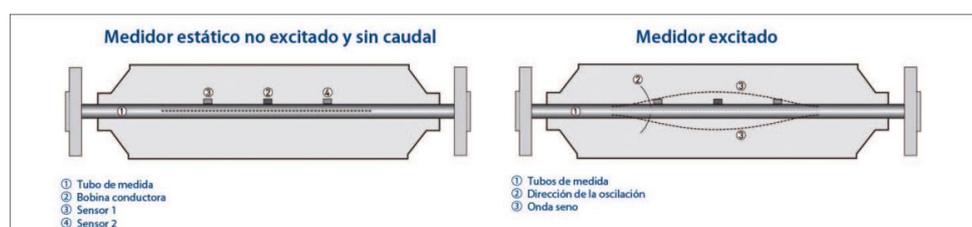


Figura 3.17. Caudalímetro de tipo Coriolis

Cuando un fluido o un gas pasan a través del tubo, el efecto Coriolis causa un cambio de fase en la onda seno que es detectada por los dos sensores. Este cambio de fase es directamente proporcional al caudal en masa. La medición de la densidad se hace mediante la evaluación de la frecuencia de vibración y la medición de temperatura se hace empleando un sensor RTD tipo Pt500.

Selección del medidor de Caudal

A partir de las características de los fluidos que hay presentes en este proyecto, se llega a la conclusión que se debe utilizar un medidor que sirva tanto para fluidos en estado gaseoso como en estado líquido. Teniendo eso en cuenta, se decide introducir un caudalímetro de tipo Coriolis.

La ventaja de este caudalímetro es que tiene una elevada exactitud y mide la temperatura, la concentración y la viscosidad. De esta manera se obtiene la información necesaria para proporcionar un óptimo control de procesos y un cumplimiento estable de las fórmulas y recetas en los procesos de mezclas, dos factores clave para aumentar la calidad del producto y mejorar la eficiencia de los procesos.

3.4.2 Elementos Finales de Control

Los elementos finales de control son mecanismos que modifican el valor de una variable manipulada como respuesta a una señal de salida desde un dispositivo de control automático. Es decir, se encarga de manipular alguna característica del proceso según lo ordenado por el controlador.

Los elementos finales de control pueden ser una válvula de control, variadores de frecuencia y motores eléctricos, una servoválvula, un relé, elementos calefactores de carácter eléctrico o un amortiguador.

Ya que industrialmente lo más común es que la variable manipulada por estos dispositivos sea un caudal, el elemento de control de más amplia difusión es la válvula y por ello se eligió esa.

- **Válvula de asiento:**

La válvula de asiento es una válvula que consiste en un agujero, generalmente redondo u oval, y un tapón cónico, por lo general en forma de disco, colocado en el extremo de una varilla, también llamado vástago de la válvula. El vástago guía a la válvula a través de una guía de la válvula. Sirve tanto para regular el paso de un elemento como para la función de todo o nada.

El elemento de cierre se apoya sobre un anillo de asiento, de sección circular. A medida que el elemento de cierre se aproxima al asiento, la sección de paso se reduce y por tanto aumenta la pérdida de carga disminuyendo el caudal. En algunas aplicaciones, la diferencia de presión ayuda a cerrar la válvula, y en otra ayuda a abrirla.

- **Válvula de bola:**

En la válvula de bola un macho esférico agujereado controla la circulación del líquido. El sellado en válvulas de bola es excelente, la bola contacta de forma circunferencial y uniforme el asiento, el cual suele ser de materiales blandos.

Las aplicaciones más frecuentes de la válvula de bola son de obertura/cierre. No son recomendables usarlas en servicios de parcialmente abiertos por un largo tiempo bajo

condiciones de alta caída de presión a través de la válvula, ya que los asientos blandos pueden tener tendencia a salir de su sitio y obstruir el movimiento de la bola.

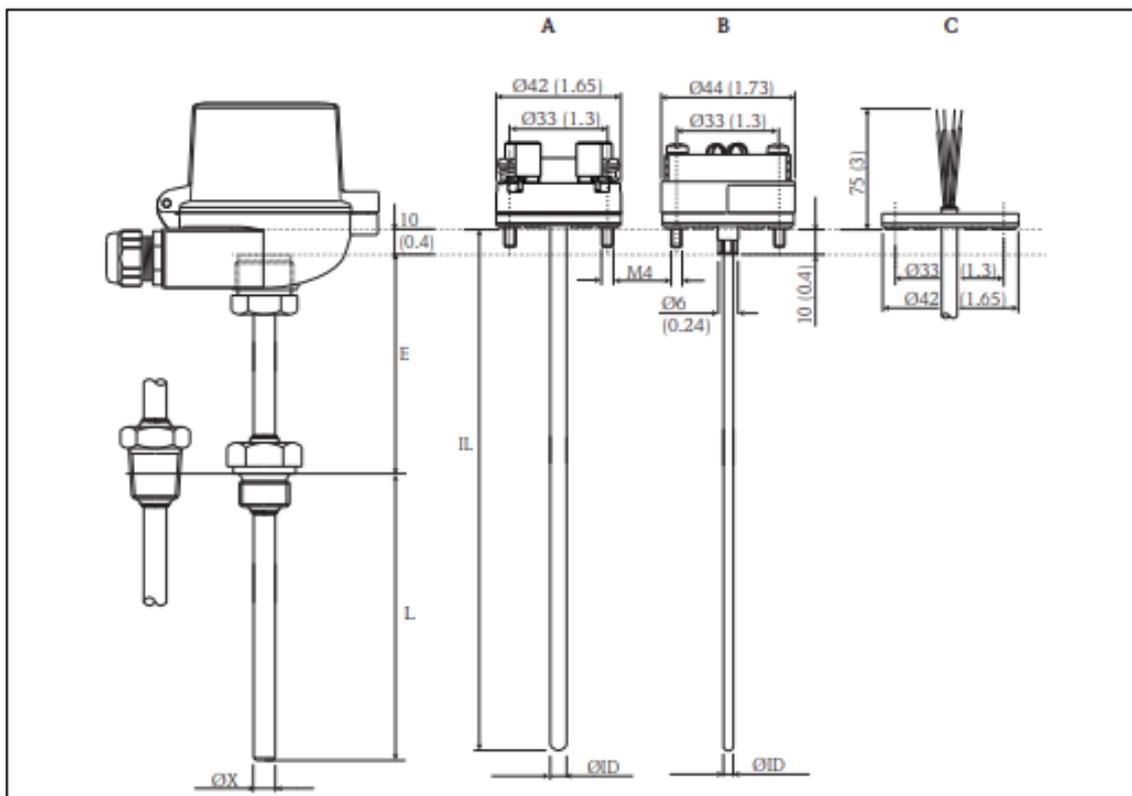
El mantenimiento depende del tipo de cuerpo de la válvula. La pérdida de presión en relación con el tamaño del orificio de la bola es pequeña. El uso de la válvula está limitado por la resistencia a temperatura y presión del material del asiento, metálico o plástico.

Se emplean en vapor, agua, aceite, gas, aire, fluidos corrosivos, pastas aguadas y materiales pulverizados secos. Según que abrasivos o fluidos fibrosos pueden dañar la superficie de la bola y asiento.

3.4.3 Fichas de Especificación

HOJA 1 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		SENSOR DE TEMPERATURA	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
DENOMINACIÓN	Sonda de Temperatura		
ÍTEM			
LAZO DE CONTROL			
FLUIDO	M01 / M02 / M08 / M04		
ESTADO	Líquido		
CONDICIONES DE SERVICIO			
	MÍNIMA	NORMAL	MÁXIMA
TEMPERATURA (°C)	-	118	-
PRESIÓN (kPa)	-	152	-
DENSIDAD (kg/m ³)	-	2,41	-
DATOS DE OPERACIÓN			
ELEMENTO DE MEDIDA	Termorresistencia		
ALIMENTACIÓN	20-250V DC/AC, 50/60 Hz		
SEÑAL DE SALIDA	4-20 mA		
VARIABLE MEDIDA	Temperatura Reactor		
PRECISIÓN	± 0.3 °C		
TIEMPO DE RESPUESTA (t ₅₀ s)	7.5		
INDICADOR EN CAMPO	Si		
CALIBRADO	Si		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
ELEMENTO SENSOR	Pt100		
CONEXIÓN A PROCESO	½" NPT		
LONGITUD (N) / DIÁMETRO (mm)	400/6		
MATERIAL EN CONTACTO CON EL FLUIDO	AISI 316L		
MATERIAL NO EN CONTACTO CON EL FLUIDO	Aluminio, polvo de poliéster recubierto		
PESO (kg)	0.5		
DATOS DE INSTALACIÓN			
T. AMBIENTE MÁX (°C)	85	POSICIÓN	Vertical
T. AMBIENTE MIN (°C)	-40	EMPRESA	Endress+Hauser
DISTANCIA AL CONTROLADOR	-	MODELO	Omnigrad M TR10

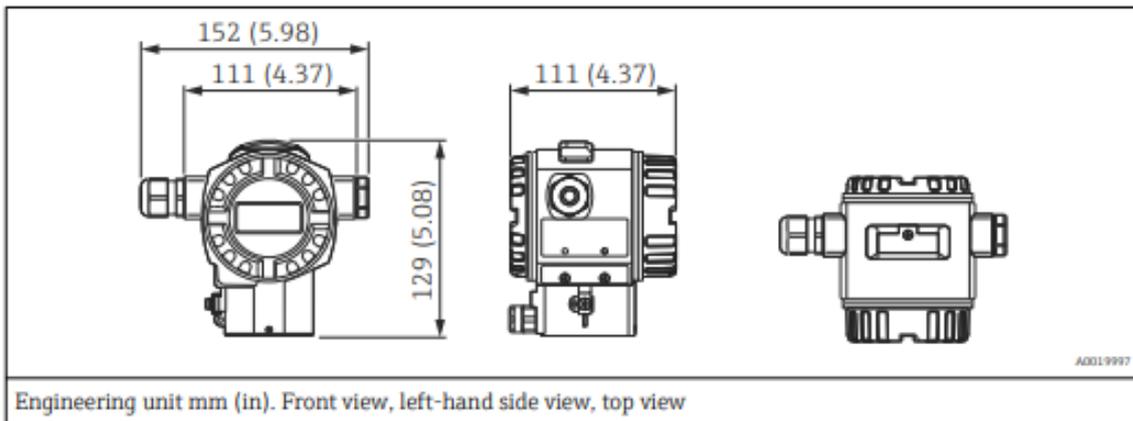
HOJA 2 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		SENSOR DE TEMPERATURA	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell



Dimensions of the Omnigrad M TR10

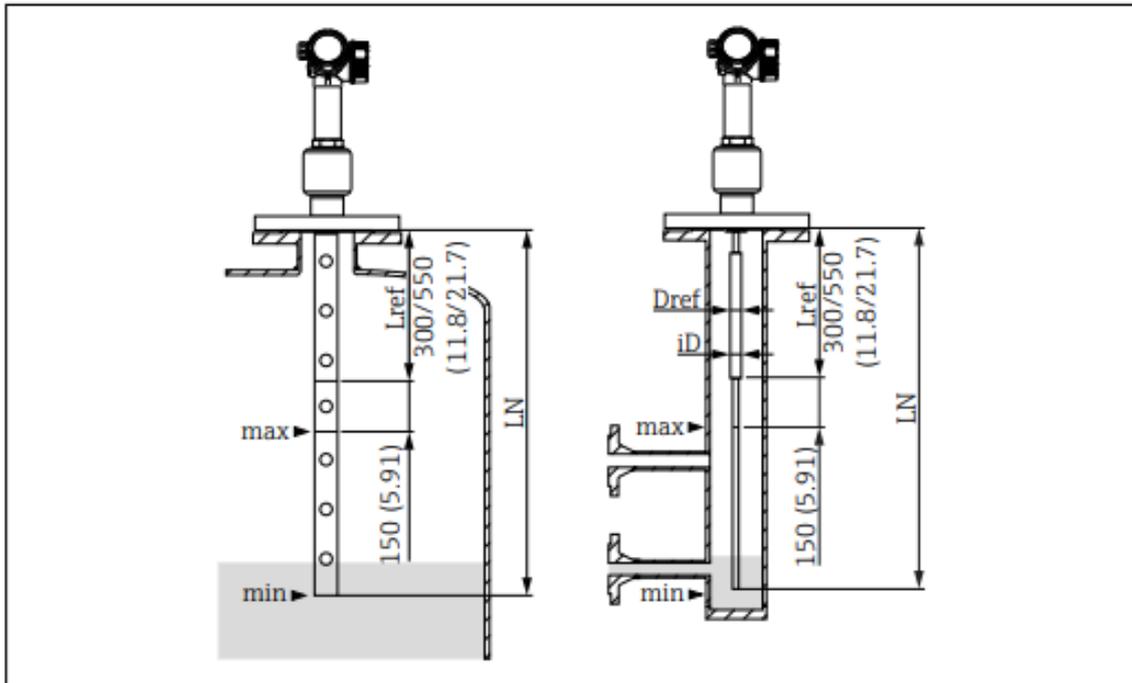
HOJA 1 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		SENSOR DE PRESIÓN	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
DENOMINACIÓN	Sensor de Presión		
ÍTEM			
LAZO DE CONTROL			
FLUIDO	M01 / M02 / M08 / M04		
ESTADO	Líquido		
CONDICIONES DE SERVICIO			
	MÍNIMA	NORMAL	MÁXIMA
TEMPERATURA (°C)	-	118	-
PRESIÓN (kPa)	-	152	-
DENSIDAD (kg/m ³)	-	2,41	-
DATOS DE OPERACIÓN			
ELEMENTO DE MEDIDA	Sensor de Cerámica y metal		
ALIMENTACIÓN	1-5V DC		
SEÑAL DE SALIDA	4-20 mA		
VARIABLE MEDIDA	Presión salida reactor		
PRECISIÓN	± 0.05		
TIEMPO DE RESPUESTA (ms)	330		
INDICADOR EN CAMPO	Si		
CALIBRADO	Si		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
ELEMENTO SENSOR	Sensor de Cerámica y metal		
CONEXIÓN A PROCESO	Conexión rosca ISO 228 G		
LONGITUD (N) / DIÁMETRO (mm)	129/28		
MATERIAL EN CONTACTO CON EL FLUIDO	AISI 316L		
MATERIAL NO EN CONTACTO CON EL FLUIDO	AISI 316L		
PESO (kg)	1.2		
DATOS DE INSTALACIÓN			
T. AMBIENTE MÁX (°C)	85	POSICIÓN	Vertical
T. AMBIENTE MIN (°C)	-50	EMPRESA	Endress+Hauser
DISTANCIA AL CONTROLADOR	-	MODELO	Cerabar S PMC71

HOJA 2 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		SENSOR DE PRESIÓN	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell



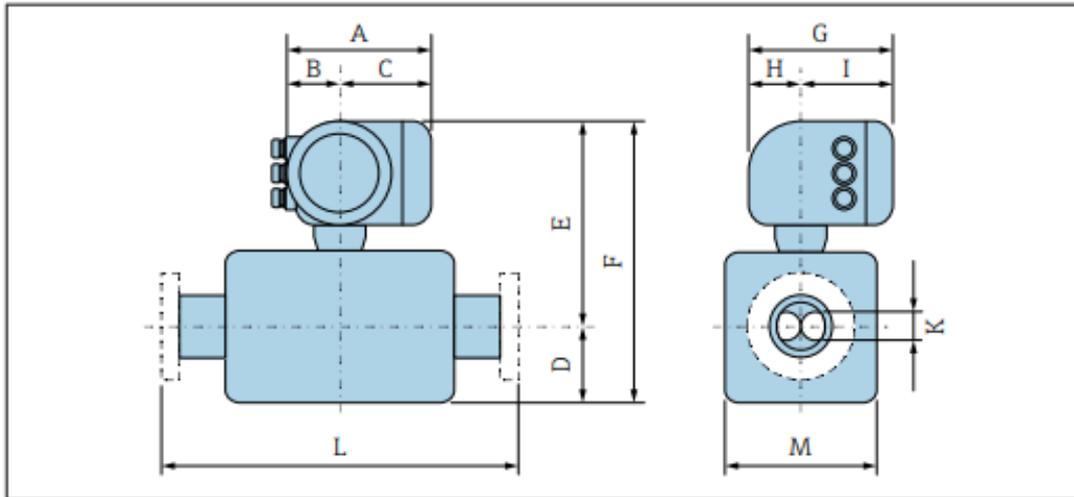
HOJA 1 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		MEDIDOR DE NIVEL	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	600
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
DENOMINACIÓN	Medidor de Nivel		
ÍTEM			
LAZO DE CONTROL			
FLUIDO	M01		
ESTADO	Líquido		
CONDICIONES DE SERVICIO			
	MÍNIMA	NORMAL	MÁXIMA
TEMPERATURA (°C)	-	28	-
PRESIÓN (kPa)	-	709	-
DENSIDAD (kg/m ³)	-	902	-
DATOS DE OPERACIÓN			
ELEMENTO DE MEDIDA	Radar de Onda Guiada		
ALIMENTACIÓN	24V DC		
SEÑAL DE SALIDA	4-20 mA		
VARIABLE MEDIDA	Nivel Tanque Cloruro de Vinilo		
PRECISIÓN	± 2 mm		
TIEMPO DE RESPUESTA (s)	0.8		
INDICADOR EN CAMPO	Si		
CALIBRADO	Si		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
ELEMENTO SENSOR	Radar de Onda Guiada		
CONEXIÓN A PROCESO	Rosca 3/4"		
LONGITUD (N) / DIÁMETRO (mm)	600/22		
MATERIAL EN CONTACTO CON EL FLUIDO	GT18 housing		
MATERIAL NO EN CONTACTO CON EL FLUIDO			
PESO (kg)	4.5		
DATOS DE INSTALACIÓN			
T. AMBIENTE MÁX (°C)	80	POSICIÓN	Vertical
T. AMBIENTE MIN (°C)	-40	EMPRESA	Endress+Hauser
DISTANCIA AL CONTROLADOR	-	MODELO	Levelflex FMP51

HOJA 2 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		MEDIDOR DE NIVEL	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	600
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell



HOJA 1 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		MEDIDOR DE CAUDAL Y CONCENTRACIÓN	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
DENOMINACIÓN	Medidor de Caudal y Concentración		
ÍTEM			
LAZO DE CONTROL			
FLUIDO	M01 / M02 / M08 / M04		
ESTADO	Líquido		
CONDICIONES DE SERVICIO			
	MÍNIMA	NORMAL	MÁXIMA
TEMPERATURA (°C)	-	118	-
PRESIÓN (kPa)	-	152	-
DENSIDAD (kg/m ³)	-	2,41	-
DATOS DE OPERACIÓN			
ELEMENTO DE MEDIDA	Coriolis		
ALIMENTACIÓN	30V DC		
SEÑAL DE SALIDA	4-20 mA		
VARIABLE MEDIDA	Caudal salida reactor		
PRECISIÓN	± 0.05%		
TIEMPO DE RESPUESTA (ms)	5-200		
INDICADOR EN CAMPO	Si		
CALIBRADO	Si		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
ELEMENTO SENSOR	Sensor con tubos medidores de fuerza Coriolis		
CONEXIÓN A PROCESO	Rosca DIN 11851		
LONGITUD (N) / DIÁMETRO (mm)	398/16		
MATERIAL EN CONTACTO CON EL FLUIDO	Acero Inoxidable, 1.4301		
MATERIAL NO EN CONTACTO CON EL FLUIDO	AlSi10Mg		
PESO (kg)	18		
DATOS DE INSTALACIÓN			
T. AMBIENTE MÁX (°C)	60	POSICIÓN	Vertical
T. AMBIENTE MIN (°C)	-40	EMPRESA	Endress+Hauser
DISTANCIA AL CONTROLADOR	-	MODELO	Proline Promass F 300

HOJA 2 de 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		MEDIDOR DE CAUDAL Y CONCENTRACIÓN	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell



HOJA 1 de 1		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		VÁLVULA DE ASIENTO	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
DENOMINACIÓN	Válvula de Asiento		
ÍTEM			
LAZO DE CONTROL			
FLUIDO	M01 / M02 / M08 / M04		
ESTADO	Gas		
CONDICIONES DE SERVICIO			
	MÍNIMA	NORMAL	MÁXIMA
TEMPERATURA (°C)	-	118	-
PRESIÓN (kPa)	-	152	-
DENSIDAD (kg/m ³)	-	2,41	-
DATOS DE OPERACIÓN			
POSICION MANUAL	Si		
POSICION DE FALLADA	Cerrada		
CARACTERISTICA	Regulación		
ACTUADOR	Si		
FINAL DE CARRERA	Si		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
PRESION NOMINAL (bar)	1-51		
TIPO DE ACTUADOR	Neumático de resorte-diafragma		
PRESION MAXIMA (bar)	5		
DIAMETRO NOMINAL (in)	1		
MATERIAL	AISI 316L		
DATOS DE INSTALACIÓN			
T. AMBIENTE MÁX (°C)	50	POSICIÓN	Vertical
T. AMBIENTE MIN (°C)	-10	EMPRESA	Norriseal Wellmark
MODELO	Serie 2700A		

HOJA 1 de 1		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN:	
		VÁLVULA DE BOLA	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	300
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
DENOMINACIÓN	Válvula de Bola		
ÍTEM			
LAZO DE CONTROL			
FLUIDO	M01 / M02 / M08 / M04		
ESTADO	Líquido		
CONDICIONES DE SERVICIO			
	MÍNIMA	NORMAL	MÁXIMA
TEMPERATURA (°C)	-	118	-
PRESIÓN (kPa)	-	152	-
DENSIDAD (kg/m ³)	-	2,41	-
DATOS DE OPERACIÓN			
POSICION MANUAL	Si		
POSICION DE FALLADA	Cerrada		
CARACTERISTICA	Regulación		
ACTUADOR	Si (Pneumatic Valve Positioner 3-15 psi input)		
FINAL DE CARRERA	Si		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
PRESION NOMINAL (bar)	1-70		
TIPO DE ACTUADOR	Actuadores neumáticos		
PRESION MAXIMA (bar)	15,8		
DIAMETRO NOMINAL (in)	1		
MATERIAL	316 Stainless steel ASTM A351		
DATOS DE INSTALACIÓN			
T. AMBIENTE MÁX (°C)	70	POSICIÓN	Vertical
T. AMBIENTE MIN (°C)	-20	EMPRESA	Jamesbury
MODELO	ANSI CLASS 150 Series 9000		

3.5. LISTA DE LAZOS DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

En este apartado se recogen las tablas con la información de cada lazo de control y la instrumentación usada. El apartado se divide en un subapartado para cada área. Cada subapartado contiene una tabla con los lazos que se instalan en dicha área y sus características principales (técnica de control, variables controlada, medida y manipulada, elementos primario y final y *set-point*), y otra tabla que enumera la instrumentación usada y sus características principales (descripción, variable controlada, situación y actuación).

3.5.1. Área 200 – Acondicionado y almacenamiento de materias primas

Tabla 3 4. Lista de lazos de control del área 200

		LISTA DE LAZOS DE CONTROL			Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo		
		ÁREA 200 – ACONDICIONADO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS			Localidad: Sabadell		Hoja: 1 de 3		
LAZO DE CONTROL	TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
P-T201-201	Feedforward	Presión del tanque pulmón	Presión del tanque pulmón	Célula de medición de cerámica capacitiva	PT-201	Caudal de salida del tanque pulmón	Válvula de regulación de caudal	PCV-201	141,3 kPa
P-CO201-202	Feedback	Presión de M-02 en la salida del compresor	Presión de M-02 en la salida del compresor	Célula de medición de cerámica capacitiva	PT-202	Presión de M-02	Válvula de regulación de caudal	PCV-202	166 kPa
T-E201-203	Feedback	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-02 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-204	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-203	70 °C
T-E202-204	Feedback	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-02 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-205	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-204	118 °C
P-T202-205	Feedback	Presión del tanque pulmón	Presión del tanque pulmón	Célula de medición de cerámica capacitiva	PT-206	Caudal de salida del tanque pulmón	Válvula de regulación de caudal	PCV-205	141,3 kPa

LAZO DE CONTROL		TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
P-CO202-206		<i>Feedback</i>	Presión de M-01 en la salida del compresor	Presión de M-01 en la salida del compresor	Célula de medición de cerámica capacitiva	PT-207	Presión de M-01	Válvula de regulación de caudal	PCV-206	169 kPa
T-E203-207		<i>Feedback</i>	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-01 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-209	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-207	70 °C
T-E204-208		<i>Feedback</i>	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-01 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-210	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-208	118 °C
T-E205-209		<i>Feedback</i>	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-211	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-209	-3,89 °C
P-VRP201-210		<i>Feedback</i>	Presión de M-08 en la salida de la válvula	Presión de M-08 en la salida del compresor	Célula de medición de cerámica capacitiva	PT-212	Presión de M-08	Válvula de regulación de caudal	PCV-210	600 kPa

LAZO DE CONTROL		TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
T-E206-211		<i>Feedback</i>	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-213	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-211	17,7 °C
P-VRP202-212		<i>Feedback</i>	Presión de M-08 en la salida de la válvula	Presión de M-08 en la salida del compresor	Célula de medición de cerámica capacitiva	PT-214	Presión de M-08	Válvula de regulación de caudal	PCV-212	155 kPa
T-E207-213		<i>Feedback</i>	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-215	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-213	29,9 °C
T-E208-214		<i>Feedback</i>	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-216	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	TCV-214	114,8 °C

Tabla 3.5. Lista de instrumentación del área 200

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 200 – ACONDICIONADO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS		Localidad: Sabadell		Hoja: 1 de 5	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
T-201	Medidor y transmisor de presión	Presión en el tanque pulmón	PT-201	Campo	Eléctrica		
T-201	Indicador y controlador de presión	Presión en el tanque pulmón	PIC-201	Panel de control	Eléctrica		
T-201	Válvula de control de presión	Presión en la salida del tanque pulmón	PCV-201	Campo	Neumática		
CO-201a	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-201	Campo	Eléctrica		
CO-201b	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-202	Campo	Eléctrica		
CO-201	Medidor y transmisor de presión	Presión en la salida del reactor del compresor	PT-202	Campo	Eléctrica		
CO-201	Indicador y controlador de presión	Presión en la salida del reactor del compresor	PIC-202	Panel de control	Eléctrica		
CO-201a	Variador de frecuencia	Velocidad del compresor	SC-202	Campo	Eléctrica		
CO-201b	Variador de frecuencia	Velocidad del compresor	SC-202	Panel de control	Eléctrica		
E-201	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-02 en la salida del intercambiador	TT-203	Campo	Eléctrica		
E-201	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-02 en la salida del intercambiador	TIC-203	Panel de control	Eléctrica		
E-201	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-203	Campo	Neumática		

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		<i>Fecha:</i> 13/06/18		<i>Proyecto:</i> Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 200 – ACONDICIONADO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS		<i>Localidad:</i> Sabadell		<i>Hoja:</i> 2 de 5	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
E-202	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-02 en la salida del intercambiador	TT-204	Campo	Eléctrica		
E-202	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-02 en la salida del intercambiador	TIC-204	Panel de control	Eléctrica		
E-202	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-204	Campo	Neumática		
T-202	Medidor y transmisor de presión	Presión en el tanque pulmón	PT-205	Campo	Eléctrica		
T-202	Indicador y controlador de presión	Presión en el tanque pulmón	PIC-205	Panel de control	Eléctrica		
T-202	Válvula de control de presión	Presión en la salida del tanque pulmón	PCV-205	Campo	Neumática		
CO-202a	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-203	Campo	Eléctrica		
CO-202b	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-204	Campo	Eléctrica		
CO-202	Medidor y transmisor de presión	Presión en la salida del reactor del compresor	PT-206	Campo	Eléctrica		
CO-202	Indicador y controlador de presión	Presión en la salida del reactor del compresor	PIC-206	Panel de control	Eléctrica		
CO-202a	Variador de frecuencia	Velocidad del compresor	SC-206	Campo	Eléctrica		
CO-202b	Variador de frecuencia	Velocidad del compresor	SC-206	Panel de control	Eléctrica		

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		<i>Fecha:</i> 13/06/18 <i>Proyecto:</i> Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 200 – ACONDICIONADO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS		<i>Localidad:</i> Sabadell <i>Hoja:</i> 3 de 5	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
E-203	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-01 en la salida del intercambiador	TT-207	Campo	Eléctrica
E-203	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-01 en la salida del intercambiador	TIC-207	Panel de control	Eléctrica
E-203	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-207	Campo	Neumática
E-204	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-01 en la salida del intercambiador	TT-208	Campo	Eléctrica
E-204	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-01 en la salida del intercambiador	TIC-208	Panel de control	Eléctrica
E-204	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-208	Campo	Neumática
E-205	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TT-209	Campo	Eléctrica
E-205	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TIC-209	Panel de control	Eléctrica
E-205	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-209	Campo	Neumática
VRP-201	Medidor y transmisor de presión	Presión en la salida de la válvula reductora	PT-210	Campo	Eléctrica

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 200 – ACONDICIONADO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS		Localidad: Sabadell		Hoja: 4 de 5	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
VRP-201	Indicador y controlador de presión	Presión en la salida de la válvula reductora	PIC-210	Panel de control	Eléctrica		
VRP-201	Válvula reductora de presión	Presión de M-08 en la salida de la válvula reductora	PCV-210	Campo	Neumática		
E-206	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TT-211	Campo	Eléctrica		
E-206	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TIC-211	Panel de control	Eléctrica		
E-206	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-211	Campo	Neumática		
VRP-202	Medidor y transmisor de presión	Presión en la salida de la válvula reductora	PT-212	Campo	Eléctrica		
VRP-202	Indicador y controlador de presión	Presión en la salida de la válvula reductora	PIC-212	Panel de control	Eléctrica		
VRP-202	Válvula reductora de presión	Presión de M-08 en la salida de la válvula reductora	PCV-212	Campo	Neumática		
E-207	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TT-213	Campo	Eléctrica		



LISTA DE INSTRUMENTACIÓN

Fecha: 13/06/18

Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo

**ÁREA 200 –
ACONDICIONADO Y
ALMACENAMIENTO DE
MATERIAS PRIMAS**

Localidad: Sabadell

Hoja: 5 de 5

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
E-207	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TIC-213	Panel de control	Eléctrica
E-207	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-213	Campo	Neumática
E-208	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TT-214	Campo	Eléctrica
E-208	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-08 en la salida del intercambiador	TIC-214	Panel de control	Eléctrica
E-208	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-02 al intercambiador	TCV-214	Campo	Neumática

3.5.2. Área 300 - Reacción

Tabla 3.6. Lista de lazos de control del área 300

		LISTA DE LAZOS DE CONTROL				Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 300 - REACCIÓN				Localidad: Sabadell		Hoja: 1 de 2	
LAZO DE CONTROL	TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
F-R301-301	Feedforward	Caudal de M-02 en la entrada del reactor	Caudal de M-08 en la entrada del reactor	Coriolis	FT-301	Caudal de M-02 a la entrada del reactor	Válvula de regulación de caudal	FCV-301	415,3 m3/h
F-R301-302	Feedforward	Caudal de M-01 en la entrada del reactor	Caudal de M-02 en la entrada del reactor	Coriolis	FT-302	Caudal de M-01 a la entrada del reactor	Válvula de regulación de caudal	FCV-302	298,3 m3/h
C-R301a-303	Cascada	Concentración de M-04 en la salida del reactor	Temperatura media del reactor	Termorresistencia	TT-303a TT-303b	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	CCV-303	118 °C
			Concentración de M-04 a la salida del reactor	Coriolis	CT-303				37 mol/m3
C-R301b-304	Cascada	Concentración de M-04 en la salida del reactor	Temperatura media del reactor	Termorresistencia	TT-304a TT-304b	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	CCV-304	118 °C
			Concentración de M-04 a la salida del reactor	Coriolis	CT-304				37 mol/m3

LAZO DE CONTROL		TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
		LISTA DE LAZOS DE CONTROL			<i>Fecha:</i> 13/06/18		<i>Proyecto:</i> Planta de producción de cloruro de vinilo			
		ÁREA 300 - REACCIÓN			<i>Localidad:</i> Sabadell		<i>Hoja:</i> 2 de 2			
C-R301c-305	Cascada	Concentración de M-04 en la salida del reactor	Temperatura media del reactor	Termorresistencia	TT-305a TT-305b	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	CCV-305	118 °C	
			Concentración de M-04 a la salida del reactor	Coriolis	CT-305				37 mol/m ³	
C-R301d-306	Cascada	Concentración de M-04 en la salida del reactor	Temperatura media del reactor	Termorresistencia	TT-306a TT-306b	Caudal de entrada del refrigerante S-06	Válvula de regulación de caudal	CCV-306	118 °C	
			Concentración de M-04 a la salida del reactor	Coriolis	CT-306				37 mol/m ³	
T-E301-307	<i>Feedback</i>	Temperatura de M-04 en la salida del intercambiador	Temperatura de entrada del refrigerante S-03	Termorresistencia	TT-307	Caudal de entrada del refrigerante S-03	Válvula de regulación de caudal	TCV-307	70 °C	
T-E301-308	<i>Feedback</i>	Temperatura de M-04 en la salida del intercambiador	Temperatura de entrada del refrigerante S-03	Termorresistencia	TT-308	Caudal de entrada del refrigerante S-03	Válvula de regulación de caudal	TCV-308	44,1 °C	

Tabla 3.7. Lista de instrumentación del área 300

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		<i>Fecha:</i> 13/06/18		<i>Proyecto:</i> Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 300 - REACCIÓN		<i>Localidad:</i> Sabadell		<i>Hoja:</i> 1 de 4	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
R-301	Medidor y transmisor de caudal	Caudal de M-08 en la entrada del reactor	FT-301	Campo	Eléctrica		
R-301	Indicador y controlador de caudal	Caudal de M-02 en la entrada del reactor	FIC-301	Campo	Eléctrica		
R-301	Válvula de control de caudal	Caudal de entrada de M-02 al reactor	FCV-301	Campo	Neumática		
R-301	Medidor y transmisor de caudal	Caudal de M-02 en la entrada del reactor	FT-302	Campo	Eléctrica		
R-301	Indicador y controlador de caudal	Caudal de M-01 en la entrada del reactor	FIC-302	Panel de control	Eléctrica		
R-301	Válvula reguladora de caudal	Caudal de M-01 en la entrada del reactor	FCV-302	Campo	Neumática		
R-301a	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la entrada del reactor	TT-303a	Campo	Eléctrica		
R-301a	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la salida del reactor	TT-303b	Campo	Eléctrica		
R-301a	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura media entre entrada y salida del reactor	TIC-303	Panel de control	Eléctrica		
R-301a	Medidor y transmisor de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CT-303	Campo	Eléctrica		
R-301a	Indicador y controlador de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CIC-303	Panel de control	Eléctrica		
R-301a	Válvula de control de concentración	Caudal de entrada de S-06 al reactor	CCV-303	Campo	Neumática		
R-301a	Indicador de presión	Presión en la entrada del reactor	PI-301	Campo	Eléctrica		
R-301a	Indicador de presión	Presión en la salida del reactor	PI-302	Campo	Eléctrica		

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 300 - REACCIÓN		Localidad: Sabadell		Hoja: 2 de 4	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
R-301b	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la entrada del reactor	TT-304a	Campo	Eléctrica		
R-301b	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la salida del reactor	TT-304b	Campo	Eléctrica		
R-301b	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura media entre entrada y salida del reactor	TIC-304	Panel de control	Eléctrica		
R-301b	Medidor y transmisor de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CT-304	Campo	Eléctrica		
R-301b	Indicador y controlador de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CIC-304	Panel de control	Eléctrica		
R-301b	Válvula de control de concentración	Caudal de entrada de S-06 al reactor	CCV-304	Campo	Neumática		
R-301b	Indicador de presión	Presión en la entrada del reactor	PI-303	Campo	Eléctrica		
R-301b	Indicador de presión	Presión en la salida del reactor	PI-304	Campo	Eléctrica		
R-301c	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la entrada del reactor	TT-305a	Campo	Eléctrica		
R-301c	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la salida del reactor	TT-305b	Campo	Eléctrica		
R-301c	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura media entre entrada y salida del reactor	TIC-305	Campo	Eléctrica		
R-301c	Medidor y transmisor de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CT-305	Campo	Eléctrica		
R-301c	Indicador y controlador de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CIC-305	Panel de control	Eléctrica		

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 300 - REACCIÓN		Localidad: Sabadell		Hoja: 3 de 4	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
R-301c	Válvula de control de concentración	Caudal de entrada de S-06 al reactor	CCV-305	Campo	Neumática		
R-301c	Indicador de presión	Presión en la entrada del reactor	PI-305	Campo	Eléctrica		
R-301c	Indicador de presión	Presión en la salida del reactor	PI-306	Campo	Eléctrica		
R-301d	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la entrada del reactor	TT-306a	Campo	Eléctrica		
R-301d	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura en la salida del reactor	TT-306b	Campo	Eléctrica		
R-301d	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura media entre entrada y salida del reactor	TIC-306	Panel de control	Eléctrica		
R-301d	Medidor y transmisor de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CT-306	Campo	Eléctrica		
R-301d	Indicador y controlador de concentración	Concentración de M-04 en la salida del reactor	CIC-306	Panel de control	Eléctrica		
R-301d	Válvula de control de concentración	Caudal de entrada de S-06 al reactor	CCV-306	Campo	Neumática		
R-301d	Indicador de presión	Presión en la entrada del reactor	PI-307	Campo	Eléctrica		
R-301d	Indicador de presión	Presión en la salida del reactor	PI-308	Campo	Eléctrica		
E-301	Indicador de caudal	Caudal de M-04 entre reactor y intercambiador	FI-301	Campo	Eléctrica		
P-301a	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-301	Campo	Eléctrica		

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18	Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo
		ÁREA 300 - REACCIÓN		Localidad: Sabadell	Hoja: 4 de 4
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
P-301a	Variador de frecuencia	Velocidad del compresor	SC-301	Campo	Eléctrica
P-301b	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-302	Campo	Eléctrica
P-301b	Variador de frecuencia	Velocidad del compresor	SC-302	Campo	Eléctrica
P301	Indicador de caudal	Caudal de M-04 entre intercambiadores	FI-302	Campo	Eléctrica
E-301	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-04 en la salida del intercambiador	TT-307	Campo	Eléctrica
E-301	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-04 en la salida del intercambiador	TIC-307	Panel de control	Eléctrica
E-301	Válvula de control de temperatura	Caudal de S-03 en la entrada del intercambiador	TCV-307	Campo	Neumática
E-302	Indicador de presión	Presión en la entrada del intercambiador	PI-309	Campo	Eléctrica
E-302	Indicador de caudal	Caudal de M-04 entre intercambiadores	FI-303	Campo	Eléctrica
E-302	Medidor y transmisor de temperatura de M-04 a la S del intercambiador	Temperatura de M-04 en la salida del intercambiador	TT-308	Campo	Eléctrica
E-302	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-04 en la salida del intercambiador	TIC-308	Panel de control	Eléctrica
E-302	Válvula de control de temperatura	Caudal de S-03 en la entrada del intercambiador	TCV-308	Campo	Neumática

3.5.3. Área 400 - Separación

Tabla 3.8. Lista de lazos de control del área 400

		LISTA DE LAZOS DE CONTROL			Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo		
		ÁREA 400 - SEPARACIÓN			Localidad: Sabadell		Hoja: 1 de 1		
LAZO DE CONTROL	TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
T-DC401-401	Feedback	Temperatura de cabezas de la columna	Temperatura de cabezas de la columna	Termorresistencia	TT-401	Caudal de reflujo	Válvula de regulación de caudal	TT-401	4,5 °C
L-DC401-402	Feedback	Nivel de colas de la columna	Nivel de colas de la columna	Radar	LT-402	Caudal de salida por colas de M-05	Válvula de regulación de caudal	LT-402	80 % de la altura del cabezal inferior
dP-DC401-403	Feedback	Diferencia de presión entre cabezas y colas	Diferencia de presión entre cabezas y colas	Célula de medición de cerámica capacitiva	dPT-403	Caudal de entrada de fluido térmico S-02 al rebolier	Válvula de regulación de caudal	dPT-403	0 kPa
T-CD401-404	Feedback	Temperatura del condensado	Temperatura del condensado	Termorresistencia	TT-404	Caudal de entrada de fluido térmico S-04 al condensador	Válvula de regulación de caudal	TT-404	-3,93 kPa
L-T401-405	Feedback	Nivel del tanque de condensado	Nivel del tanque de condensado	Radar	LT-405	Caudal de salida por cabezas de M-06	Válvula de regulación de caudal	LT-405	80 %
L-T402-406	Feedback	Nivel del tanque pulmón	Nivel del tanque pulmón	Radar	LT-406	Caudal de salida del tanque pulmón de M-06	Válvula de regulación de caudal	LT-406	80 %

Tabla 3. 9. Lista de instrumentación del área 400

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 400 - SEPARACIÓN		Localidad: Sabadell		Hoja: 1 de 3	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
DC-401	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de las cabezas de la columna	TT-401	Campo	Eléctrica		
DC-401	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de las cabezas de la columna	TIC-401	Panel de control	Eléctrica		
DC-401	Válvula de control de temperatura de cabezas de la columna	Caudal de reflujo	TCV-401	Campo	Neumática		
DC-401	Indicador de caudal	Caudal de reflujo	FI-401	Campo	Eléctrica		
DC-401	Medidor y transmisor del nivel de las colas	Nivel de las colas de la columna	LT-402	Campo	Eléctrica		
DC-401	Indicador y controlador de nivel	Nivel de las colas de la columna	LIC-402	Panel de control	Eléctrica		
DC-401	Válvula de control de nivel	Caudal de M-05 en la salida por colas de la columna	LCV-402	Campo	Neumática		
DC-401	Alarma de nivel bajo de las colas de la columna	Nivel de las colas de la columna	LAL-402	Sala de control	Sonora Visual		
DC-401	Alarma de nivel alto de las colas de la columna	Nivel de las colas de la columna	LAH-402	Sala de control	Sonora Visual		
DC-401	Indicador de temperatura	Temperatura de las colas de la columna	TI-401	Campo	Eléctrica		
DC-401	Indicador de caudal	Caudal de M-05 en la salida por colas de la columna	FI-402	Campo	Eléctrica		
DC-401	Indicador de caudal	Caudal de retorno en colas de la columna	FI-403	Campo	Eléctrica		

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		<i>Fecha:</i> 13/06/18		<i>Proyecto:</i> Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 400 - SEPARACIÓN		<i>Localidad:</i> Sabadell		<i>Hoja:</i> 2 de 3	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
DC-401	Medidor y transmisor de diferencia de presión	Diferencia de presión entre cabezas y colas de la columna	dPT-403	Campo	Eléctrica		
DC-401	Indicador y controlador de diferencia de presión	Diferencia de presión entre cabezas y colas de la columna	dPIC-403	Panel de control	Eléctrica		
DC-401	Válvula de control de diferencia de presión	Caudal de retorno en colas de la columna	dPCV-403	Campo	Neumática		
CD-401	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura del condensado	TT-404	Campo	Eléctrica		
CD-401	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura del condensado	TIC-404	Panel de control	Eléctrica		
CD-401	Válvula de control de temperatura del condensado	Temperatura de S-04 en la entrada del condensador	TCV-404	Campo	Neumática		
T-401	Medidor y transmisor de nivel	Nivel del tanque de condensado	LT-405	Campo	Eléctrica		
T-401	Indicador y controlador de nivel	Nivel del tanque de condensado	LIC-405	Panel de control	Eléctrica		
T-401	Válvula de control nivel del tanque de condensado	Caudal de salida del tanque de condensado	LCV-405	Campo	Neumática		
T-401	Indicador de caudal	Caudal de salida del tanque de condensado	FI-404	Campo	Eléctrica		
P-401a	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-401	Campo	Neumática		
P-401a	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-402	Campo	Eléctrica		
P-401b	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-402	Campo	Neumática		

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 400 - SEPARACIÓN		Localidad: Sabadell		Hoja: 3 de 3	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
P-401b	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-401	Campo	Eléctrica		
P-401	Indicador de caudal	Caudal de M-05 en la salida por colas de la columna	FI-405	Campo	Eléctrica		
T-402	Medidor y transmisor de nivel del tanque pulmón	Nivel del tanque pulmón	LT-406	Campo	Eléctrica		
T-402	Indicador y controlador de nivel	Nivel del tanque pulmón	LIC-406	Panel de control	Eléctrica		
T-402	Válvula de control nivel del tanque de condensado	Caudal de salida del tanque pulmón	LCV-406	Campo	Neumática		
T-402	Alarma de nivel bajo del tanque pulmón	Nivel del tanque pulmón	LAL-406	Sala de control	Sonora Visual		
T-402	Alarma de nivel alto del tanque pulmón	Nivel del tanque pulmón	LAH-406	Sala de control	Sonora Visual		

3.5.4. Área 500 - Purificación

Tabla 3.10. Lista de lazos de control del área 500

		LISTA DE LAZOS DE CONTROL			Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo		
		ÁREA 500 - PURIFICACIÓN			Localidad: Sabadell		Hoja: 1 de 1		
LAZO DE CONTROL	TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
T-DC501-501	Feedback	Temperatura de cabezas de la columna	Temperatura de cabezas de la columna	Termorresistencia	TT-501	Caudal de reflujo	Válvula de regulación de caudal	TT-401	-4,69 °C
L-DC501-502	Feedback	Nivel de colas de la columna	Nivel de colas de la columna	Radar	LT-502	Caudal de salida por colas de M-05	Válvula de regulación de caudal	LT-402	80 %
dP-DC501-503	Feedback	Diferencia de presión entre cabezas y colas	Diferencia de presión entre cabezas y colas	Célula de medición de cerámica capacitiva	dPT-503	Caudal de entrada de fluido térmico S-02 al rebolier	Válvula de regulación de caudal	dPT-403	0 atm
T-DC501-504	Feedback	Temperatura del condensado	Temperatura del condensado	Termorresistencia	TT-504	Caudal de entrada de fluido térmico S-04 al condensador	Válvula de regulación de caudal	TT-404	-36,1 °C
L-T501-505	Feedback	Nivel del tanque de condensado	Nivel del tanque de condensado	Radar	LT-505	Caudal de salida por cabezas de M-06	Válvula de regulación de caudal	LT-405	80 %

Tabla 3. 11. Lista de instrumentación del área 500

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18 Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 500 - PURIFICACIÓN		Localidad: Sabadell Hoja: 1 de 2	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
P-501a	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-01	Campo	Neumática
P-501a	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-502	Campo	Eléctrica
P-501b	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-502	Campo	Neumática
P-501b	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-501	Campo	Eléctrica
P-501	Indicador de caudal	Caudal de M-06 de alimento a la columna	FI-501	Campo	Eléctrica
DC-501	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de las cabezas de la columna	TT-501	Campo	Eléctrica
DC-501	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de las cabezas de la columna	TIC-501	Panel de control	Eléctrica
DC-501	Válvula de control de temperatura de cabezas de la columna	Caudal de reflujo	TCV-501	Campo	Neumática
DC-501	Indicador de caudal	Caudal de reflujo	FI-502	Campo	Eléctrica
DC-501	Medidor y transmisor del nivel de las colas	Nivel de las colas de la columna	LT-502	Campo	Eléctrica
DC-501	Indicador y controlador de nivel	Nivel de las colas de la columna	LIC-502	Panel de control	Eléctrica
DC-501	Válvula de control de nivel	Caudal de M-05 en la salida por colas de la columna	LCV-502	Campo	Neumática
DC-501	Alarma de nivel bajo de las colas de la columna	Nivel de las colas de la columna	LAL-502	Sala de control	Sonora Visual

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18	Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo
		ÁREA 500 - PURIFICACIÓN		Localidad: Sabadell	Hoja: 2 de 2
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
DC-501	Alarma de nivel alto de las colas de la columna	Nivel de las colas de la columna	LAH-502	Sala de control	Sonora Visual
DC-501	Indicador de temperatura	Temperatura de las colas de la columna	TI-501	Campo	Eléctrica
DC-501	Indicador de caudal	Caudal de M-07 en la salida por colas de la columna	FI-503	Campo	Eléctrica
DC-501	Indicador de caudal	Caudal de retorno en colas de la columna	FI-504	Campo	Eléctrica
DC-501	Medidor y transmisor de diferencia de presión	Diferencia de presión entre cabezas y colas de la columna	dPT-503	Campo	Eléctrica
DC-501	Indicador y controlador de diferencia de presión	Diferencia de presión entre cabezas y colas de la columna	dPIC-503	Panel de control	Eléctrica
DC-501	Válvula de control de diferencia de presión	Caudal de retorno en colas de la columna	dPCV-503	Campo	Neumática
CD-501	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura del condensado	TT-504	Campo	Eléctrica
CD-501	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura del condensado	TIC-504	Panel de control	Eléctrica
CD-501	Válvula de control de temperatura del condensado	Temperatura de S-04 en la entrada del condensador	TCV-504	Campo	Neumática
T-501	Medidor y transmisor de nivel	Nivel del tanque de condensado	LT-505	Campo	Eléctrica
T-501	Indicador y controlador de nivel	Nivel del tanque de condensado	LIC-505	Panel de control	Eléctrica
T-501	Válvula de control nivel del tanque de condensado	Caudal de salida del tanque de condensado	LCV-505	Campo	Neumática
T-501	Indicador de caudal	Caudal de salida del tanque de condensado	FI-505	Campo	Eléctrica

3.5.5. Área 600 – Almacenamiento de producto

Tabla 3.12. Lista de lazos de control del área 600

		LISTA DE LAZOS DE CONTROL			Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo		
		ÁREA 600 – ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO			Localidad: Sabadell		Hoja: 1 de 1		
LAZO DE CONTROL	TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
T-E601-601	Feedback	Temperatura de la salida del intercambiador	Temperatura de M-07 en la salida del intercambiador	Termorresistencia	TT-601	Caudal de entrada del refrigerante S-03	Válvula de regulación de caudal	TCV-601	28 °C
P-VRP601-602	Feedback	Presión de M-07 en la salida de la válvula	Presión de M-07 en la salida del compresor	Coriolis	PT-602	Presión de M-07	Válvula de regulación de caudal	PCV-602	709,3 kPa
T-T601a-603	Feedback	Temperatura del tanque de almacenamiento	Temperatura de M-07 en el tanque de almacenamiento	Termorresistencia	TT-603	Caudal de entrada del refrigerante S-03	Válvula de regulación de caudal	TCV-603	28 °C
L-T601a-604	Feedback	Nivel del tanque de almacenamiento	Nivel de M-07 en el tanque de almacenamiento	Radar	LT-604	Caudal de entrada de M-07 al tanque	Válvula ON/OFF de caudal	LXV-604	80 %
T-T601b-605	Feedback	Temperatura del tanque de almacenamiento	Temperatura de M-07 en el tanque de almacenamiento	Termorresistencia	TT-605	Caudal de entrada del refrigerante S-03	Válvula de regulación de caudal	TCV-605	28 °C

LAZO DE CONTROL		TIPO	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MEDIDA	ELEMENTPO PRIMARIO	REF.	VARIABLE MANIPULADA	ELEMENTO FINAL	REF.	SET-POINT
L-T601b-606		<i>Feedback</i>	Nivel del tanque de almacenamiento	Nivel de M-07 en el tanque de almacenamiento	Radar	LT-606	Caudal de entrada de M-07 al tanque	Válvula ON/OFF de caudal	LXV-606	80 %
L-T602a-607		<i>Feedback</i>	Nivel del tanque de almacenamiento	Nivel de M-05 en el tanque de almacenamiento	Radar	LT-607	Caudal de entrada de M-05 al tanque	Válvula ON/OFF de caudal	LXV-607	80 %
L-T602b-608		<i>Feedback</i>	Nivel del tanque de almacenamiento	Nivel de M-05 en el tanque de almacenamiento	Radar	LT-608	Caudal de entrada de M-05 al tanque	Válvula ON/OFF de caudal	LXV-608	80 %

Tabla 3.13. Lista de instrumentación del área 600

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18 Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 600 – ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO		Localidad: Sabadell Hoja: 1 de 4	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
E-601	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-07 en la salida del intercambiador	TT-601	Campo	Eléctrica
E-601	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-07 en la salida del intercambiador	TIC-601	Panel de control	Eléctrica
E-601	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-03 al intercambiador	TCV-601	Campo	Neumática
VRP-601	Medidor y transmisor de presión	Presión en la salida de la válvula reductora	PT-602	Campo	Eléctrica
VRP-601	Indicador y controlador de presión	Presión en la salida de la válvula reductora	PIC-602	Panel de control	Eléctrica
VRP-601	Válvula reductora de presión	Presión de M-08 en la salida de la válvula reductora	PCV-602	Campo	Neumática
T-601a	Switch de nivel alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSH-603	Campo	Eléctrica
T-601a	Controlador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LC-603	Panel de control	Eléctrica
T-601a	Válvula de ON/OFF de nivel	Caudal de entrada de M-07 al tanque de almacenamiento	XV-603	Campo	Neumática
T-601a	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-07 en la interior del intercambiador	TT-604	Campo	Eléctrica
T-601a	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-07 en la interior del intercambiador	TIC-604	Panel de control	Eléctrica

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		<i>Fecha:</i> 13/06/18 <i>Proyecto:</i> Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 600 – ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO		<i>Localidad:</i> Sabadell <i>Hoja:</i> 2 de 4	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
T-601a	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-03 al tanque de almacenamiento	TCV-604	Campo	Neumática
T-601a	Indicador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LI-601	Campo	Eléctrica
T-601a	Switch de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSHH-601	Campo	Eléctrica
T-601a	Alarma de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LAHH-601	Campo	Sonora Visual
T-601b	Switch de nivel alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSH-605	Campo	Eléctrica
T-601b	Controlador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LC-605	Panel de control	Eléctrica
T-601b	Válvula de ON/OFF de nivel	Caudal de entrada de M-07 al tanque de almacenamiento	XV-605	Campo	Neumática
T-601b	Medidor y transmisor de temperatura	Temperatura de M-07 en la interior del intercambiador	TT-606	Campo	Eléctrica
T-601b	Indicador y controlador de temperatura	Temperatura de M-07 en la interior del intercambiador	TIC-606	Panel de control	Eléctrica
T-601b	Válvula de control de temperatura	Caudal de entrada de S-03 al tanque de almacenamiento	TCV-606	Campo	Neumática
T-601b	Indicador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LI-602	Campo	Eléctrica
T-601b	Switch de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSHH-602	Campo	Eléctrica
T-601b	Alarma de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LAHH-602	Campo	Sonora Visual

		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo	
		ÁREA 600 – ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO		Localidad: Sabadell		Hoja: 3 de 4	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN		
P-601a	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-601	Campo	Neumática		
P-601a	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-601	Campo	Eléctrica		
P-601b	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-602	Campo	Neumática		
P-601b	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-602	Campo	Eléctrica		
P-601	Indicador de caudal	Caudal de salida de M-07 del tanque de almacenamiento	FI-601	Campo	Eléctrica		
T-602a	Switch de nivel alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSH-607	Campo	Eléctrica		
T-602a	Controlador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LC-607	Panel de control	Eléctrica		
T-602a	Válvula de ON/OFF de nivel	Caudal de entrada de M-05 al tanque de almacenamiento	XV-607	Campo	Neumática		
T-602a	Indicador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LI-603	Campo	Eléctrica		
T-602a	Switch de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSHH-603	Campo	Eléctrica		
T-602a	Alarma de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LAHH-603	Campo	Sonora Visual		
T-602b	Switch de nivel alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSH-608	Campo	Eléctrica		
T-602b	Controlador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LC-608	Panel de control	Eléctrica		
T-602b	Válvula de ON/OFF de nivel	Caudal de entrada de M-05 al tanque de almacenamiento	XV-608	Campo	Neumática		

EQUIPO		DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE CONTROLADA	REFERENCIA	SITUACIÓN	ACTUACIÓN
		LISTA DE INSTRUMENTACIÓN		Fecha: 13/06/18		Proyecto: Planta de producción de cloruro de vinilo
		ÁREA 600 – ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO		Localidad: Sabadell		Hoja: 4 de 4
T-602b	Indicador de nivel	Nivel del tanque de almacenamiento	LI-604	Campo	Eléctrica	
T-602b	Switch de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LSHH-604	Campo	Eléctrica	
T-602b	Alarma de nivel alto alto	Nivel del tanque de almacenamiento	LAHH-604	Campo	Sonora Visual	
P-602a	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-603	Campo	Neumática	
P-602a	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-603	Campo	Eléctrica	
P-602b	Final de carrera	Apertura/clausura de la válvula	ZS-604	Campo	Neumática	
P-602b	Variador de frecuencia	Velocidad de la bomba	SC-604	Campo	Eléctrica	
P-602	Indicador de caudal	Caudal de salida de M-05 del tanque de almacenamiento	FI-602	Campo	Eléctrica	

3.6. DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMAS DE LOS LAZOS DE CONTROL

Este apartado está destinado a la descripción de cada uno de los diferentes tipos de lazos de control empleados en el diseño del sistema de control del proyecto. También se añade la ficha con el diagrama de control correspondiente.

Las descripciones y diagramas de los lazos están ordenadas según el área en la que se encuentran. Si un mismo lazo es aplicado en más de una ocasión, simplemente se ofrece el diagrama de uno de los casos, pero se especificará cuáles son los lazos análogos en los que se aplica el mismo lazo de control.

3.6.1. Área 200 - Acondicionado y almacenamiento de materias primas

3.6.1.1. Lazo de control P-T201-201 / P-T202-205

El lazo de control P-T201-201 tiene como objetivo estabilizar el proceso, controlando las posibles caídas de presión que puedan existir en la llegada del reactivo a la planta, evitando afectaciones en la producción.

Se ha diseñado un lazo de control *feedforward* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal M-01 de salida del tanque pulmón. El tanque pulmón T-201 es alimentado con M-01 proveniente de la empresa contigua. Este se almacena en dicho tanque para estabilizar el proceso. Se regula la cantidad almacenada de M-01 con el caudal de salida de éste.

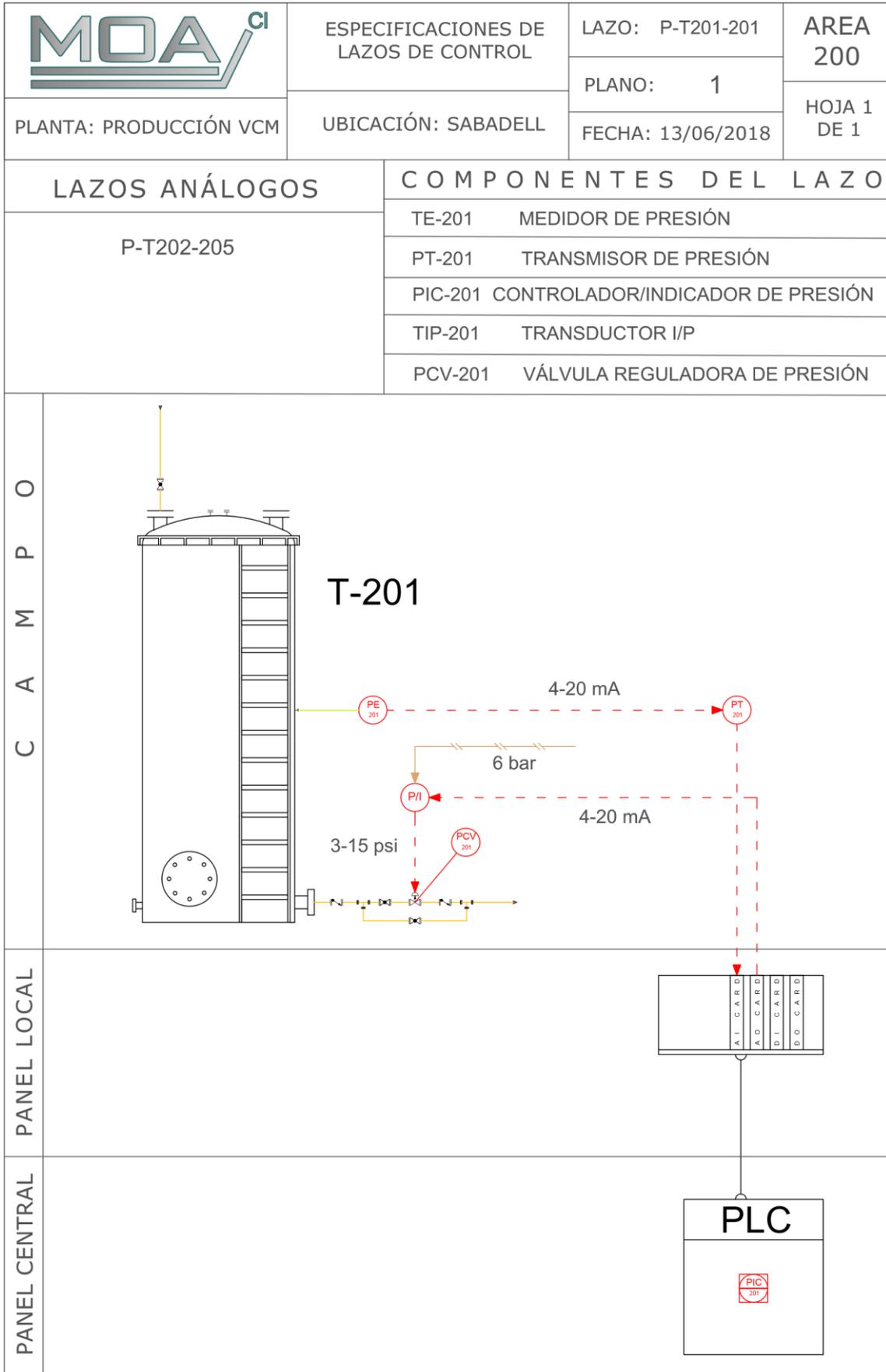
De la misma manera que hay un tanque pulmón para almacenar el reactivo M-01, existe otro tanque pulmón para el almacenamiento del reactivo M-02. Este tanque, por lo tanto, incluye el lazo análogo P-T202-205 para asegurar la estabilización del proceso. En la **Tabla 3.14** y **Tabla 3.15** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en este área.

Tabla 3.14. Lazo de control P-T201-201

Nombre del lazo:	P-T201-201
Variable controlada:	Presión del tanque pulmón
Variable manipulada:	Caudal de M-01 de salida del tanque pulmón
Variable medida:	Presión del tanque pulmón
Punto de consigna:	141,3 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedforward</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3. 15. Lazo de control P-T202-205

Nombre del lazo:	P-T202-205
Variable controlada:	Presión del tanque pulmón
Variable manipulada:	Caudal de M-02 de salida del tanque pulmón
Variable medida:	Presión del tanque pulmón
Punto de consigna:	141,3 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedforward</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.1.2. Lazo de control P-CO201-202 / P-CO202-206

El lazo de control P-CO201-202 tiene como objetivo proporcionar la presión necesaria al reactivo M-01, de forma que llegue al reactor con la presión deseada.

Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la compresión del caudal M-01 de salida del tanque pulmón.

De la misma manera que hay un compresor para proporcionar la presión deseada al fluido M-01, existe otro compresor para la compresión del reactivo M-02. Ambos compresores están doblados. Este compresor, por lo tanto, incluye el lazo análogo P-CO202-206 para asegurar la presión óptima del proceso.

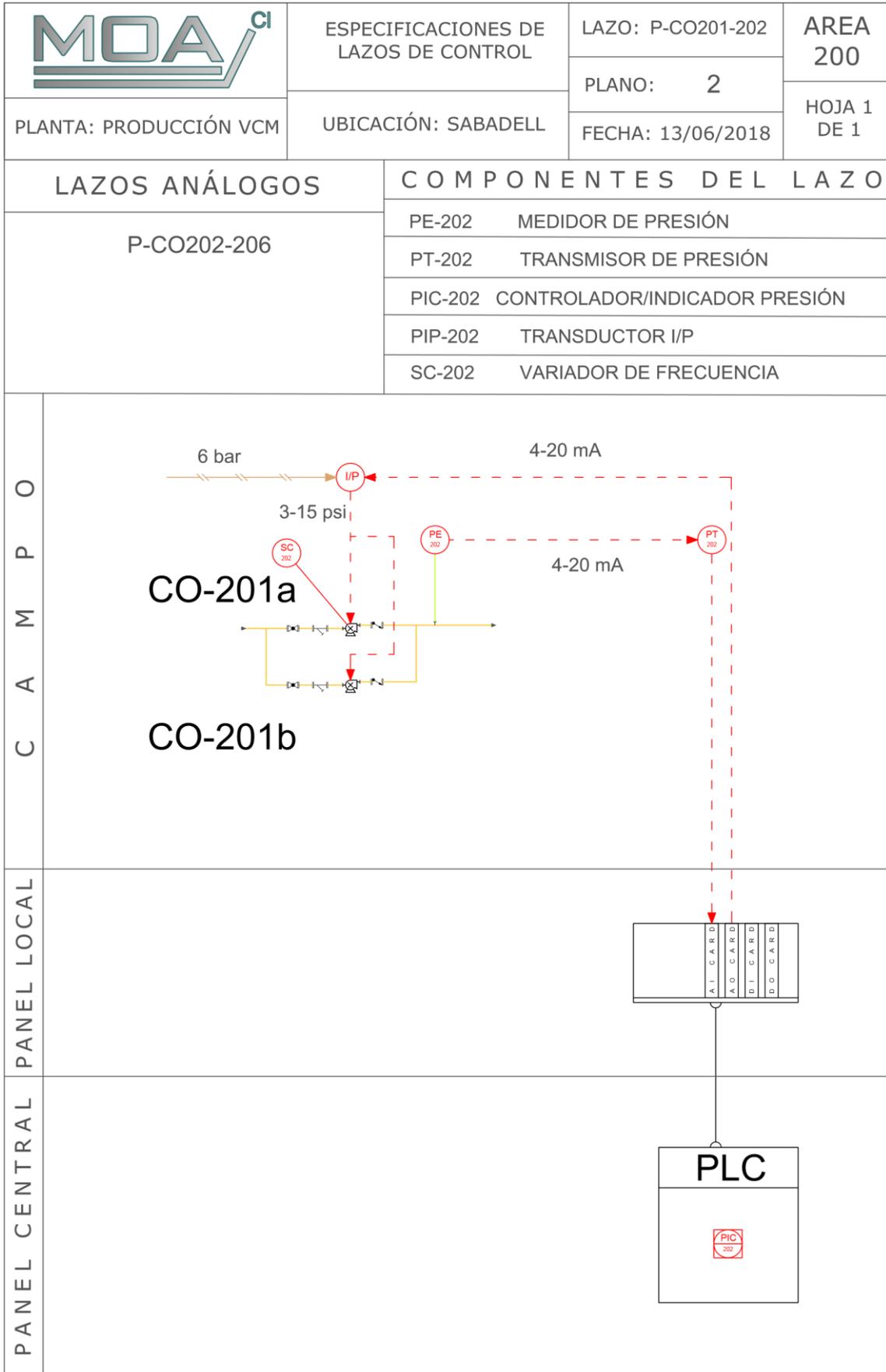
En la **Tabla 3.16** y **Tabla 3.17** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en este área.

Tabla 3.16. Lazo de control P-CO201-202

Nombre del lazo:	P-CO201-202
Variable controlada:	Presión del fluido M-01
Variable manipulada:	Presión del fluido M-01
Variable medida:	Presión del fluido M-01 después del compresor.
Punto de consigna:	166 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.17. Lazo de control P-CO202-206

Nombre del lazo:	P-CO202-206
Variable controlada:	Presión del fluido M-02
Variable manipulada:	Presión del fluido M-02
Variable medida:	Presión del fluido M-02 después del compresor.
Punto de consigna:	166 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.1.3. Lazo de control T-E201-203 / T-E202-204 / T-E203-207 / T-E204-208

El lazo de control T-E201-203 tiene como objetivo calentar el fluido de reactivo M-01 para alcanzar la temperatura óptima para la reacción.

Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del fluido de servicio S-02. El fluido M-01 proveniente del compresor, se introduce al intercambiador E-201 con el objetivo de calentarse. Se mide la temperatura del fluido de proceso M-01 a la salida de dicho intercambiador, manipulando el caudal de servicio S-02 en función de los requerimientos energéticos.

El sistema de control usado es un sistema típico y el más sencillo para intercambiadores de calor (5). Los resultados serán satisfactorios siempre y cuando la presión de entrada sea constante. Como el proceso está diseñado para que la presión a la entrada de un intercambiador sea siempre la misma, se considera que este sistema será correctamente aplicable a los intercambiadores diseñados, además de fácil de instalar y sintonizar. En caso de existir variación de presión, el problema sería resuelto mediante el diseño de un sistema de control por cascada como el que se muestra en la **Figura 3.18**. Este actuaría a partir de la medición de la temperatura de salida y el caudal de entrada. Se manipularía el caudal de entrada para así eliminar las variaciones de caudal provocadas por la variación de presión. No hay razón para pensar que habrá variaciones de presión, por lo que se selecciona el sistema de control más sencillo e igualmente eficiente.

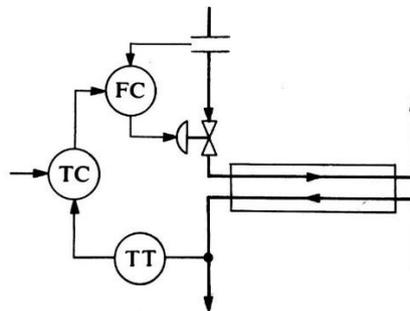


Figura 3.18. Control en cascada en un intercambiador

De la misma manera que hay un intercambiador para calentar el reactivo M-01, existe otro intercambiador para acabar de calentar el fluido de proceso a la temperatura deseada. Del mismo modo, existen dos intercambiadores de igual función destinados al acondicionamiento del reactivo M-02 a la temperatura deseada. Estos intercambiadores, por lo tanto, incluyen el lazo análogo T-E202-204, T-E203-207 y T-E204-208 para asegurar la temperatura óptima de los reactivos.

En la **Tabla 3.18**, **Tabla 3.19**, **Tabla 3.20** y **Tabla 3.21** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.18. Lazo de control T-E201-203

Nombre del lazo:	T-E201-203
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-01 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-01 a la salida
Punto de consigna:	70 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.19. Lazo de control T-E202-204

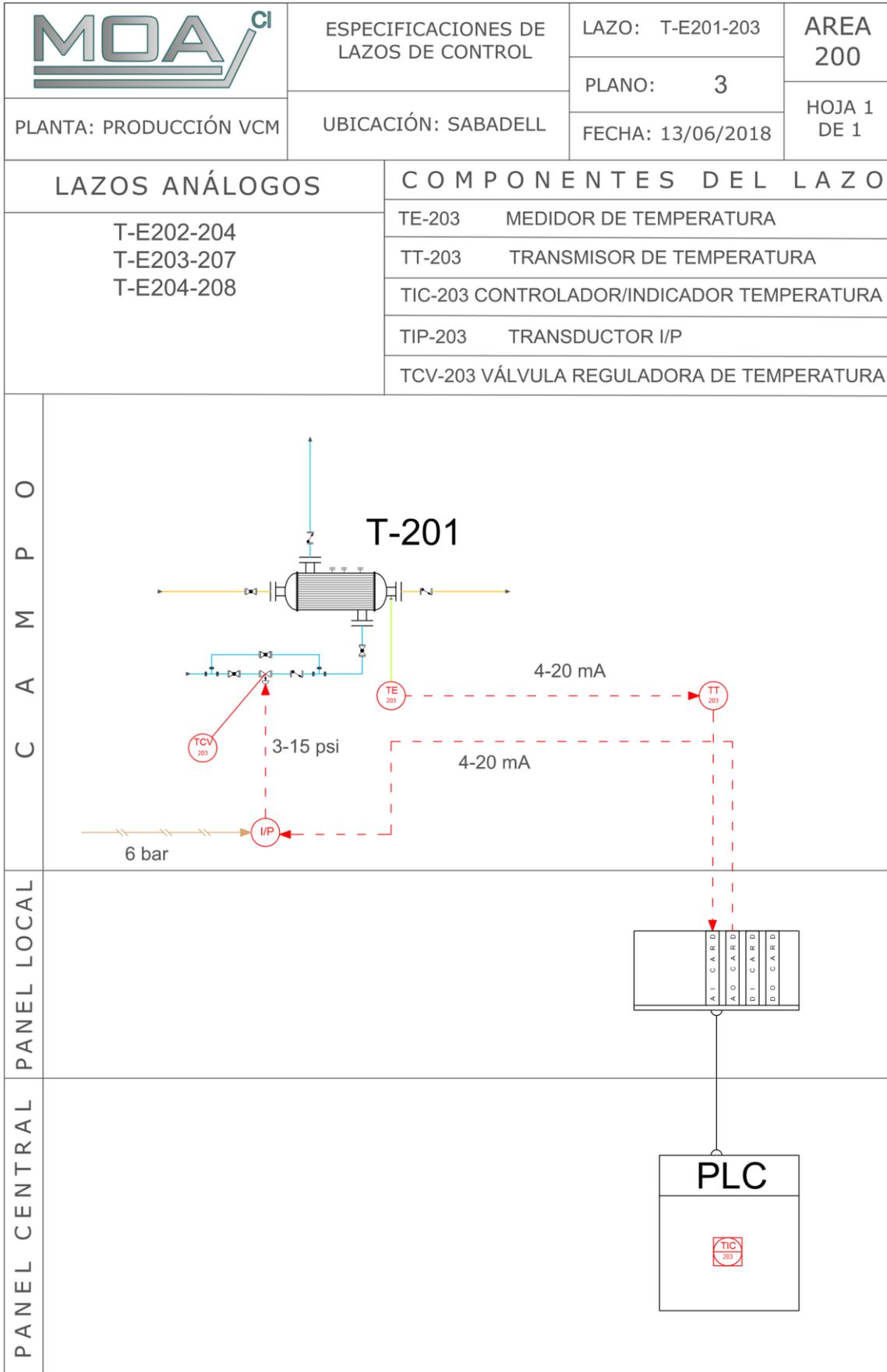
Nombre del lazo:	T-E202-204
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-01 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-01 a la salida
Punto de consigna:	118 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.20. Lazo de control T-E203-207

Nombre del lazo:	T-E203-207
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-02 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-02 a la salida
Punto de consigna:	70 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.21. Lazo de control T-E204-208

Nombre del lazo:	T-E204-208
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-02 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-02 a la salida
Punto de consigna:	118 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.1.4. Lazo de control T-E205-209

El lazo de control T-E205-209 tiene como objetivo enfriar el fluido M-08 del recirculado de la segunda columna para alcanzar la temperatura óptima para la reacción.

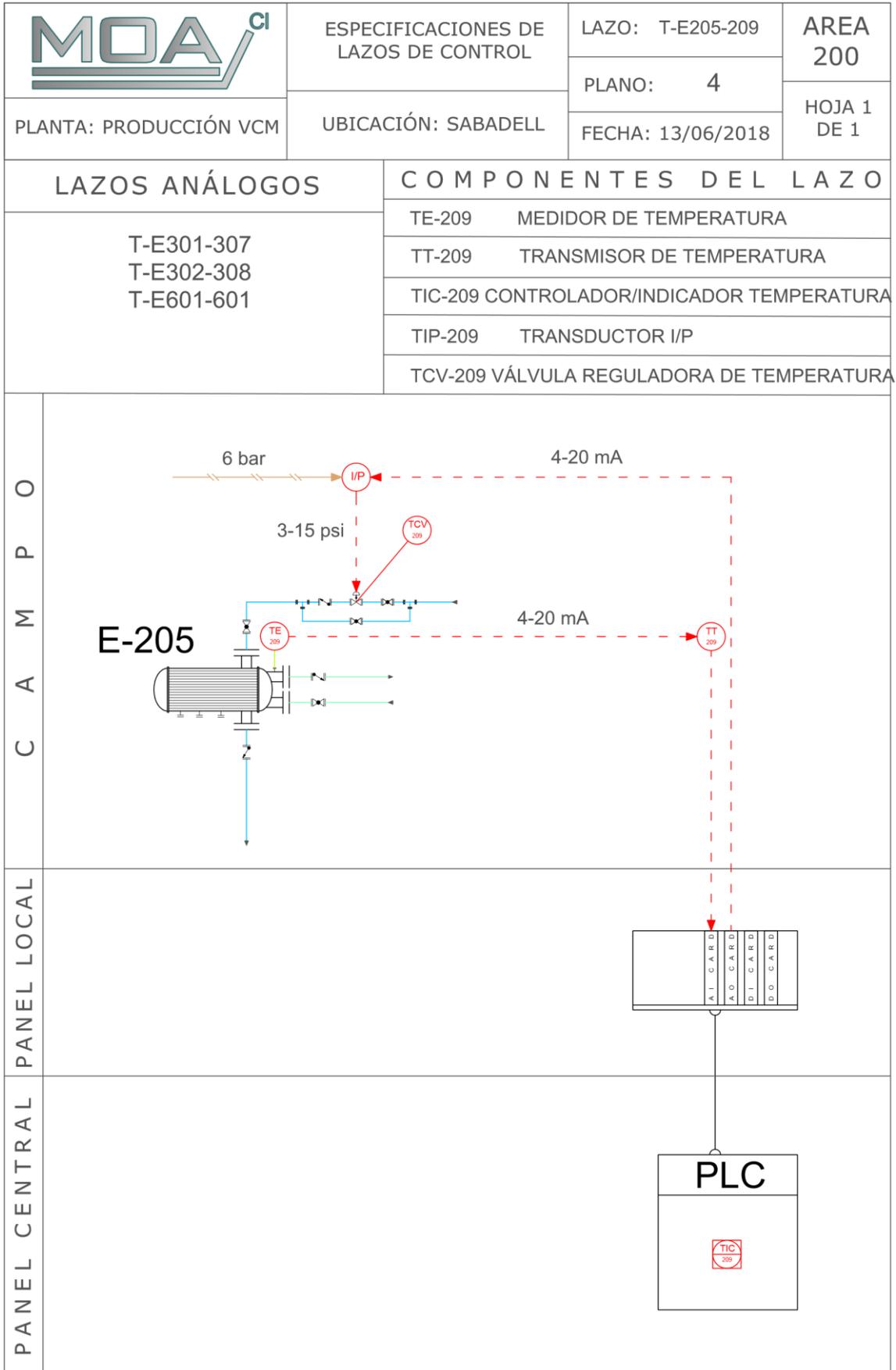
Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del fluido de servicio S-02. El fluido M-08 proveniente de cabezas de la segunda columna de destilación, alcanza el intercambiador E-205 con el objetivo de calentarse. Se mide la temperatura del fluido de proceso M-08 a la salida de dicho intercambiador, manipulando el caudal de servicio S-02 en función de los requerimientos energéticos.

De la misma manera que hay un intercambiador para calentar el fluido de proceso M-08, existen otros intercambiadores similares al expuesto. Estos intercambiadores, por lo tanto, incluyen el lazo análogo T-E301-307, T-E302-308 y T-E601-601 para asegurar la temperatura óptima de los respectivos fluidos.

En la **Tabla 3.22** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.22. Lazo de control T-E205-209

Nombre del lazo:	T-E205-209
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Punto de consigna:	-3,89 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.1.5. Lazo de control P-VRP201-210 / P-VRP202-212

El lazo de control P-VRP201-210 tiene como objetivo reducir la presión del fluido M-08 del recirculado de la segunda columna para alcanzar la presión óptima para la reacción y favorecer el calentamiento de una forma más eficiente.

Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación de la válvula reductora de presión VRP-201. El fluido M-08 proveniente del intercambiador E-205, pasa a través de la válvula reductora de presión con el objetivo de perder presión, facilitando el calentamiento posterior. Se mide la presión del fluido de proceso a la salida de la válvula reductora de presión y se modifica la posición de la válvula en función de la presión medida.

De la misma manera que hay una válvula reductora de presión para hacer perder presión el fluido de proceso M-08, existen otras válvulas reductoras de presión similares a la expuesta. Estos intercambiadores, por lo tanto, incluyen el lazo análogo P-VRP202-212 y P-VRP601-602 para asegurar una presión óptima de los respectivos fluidos.

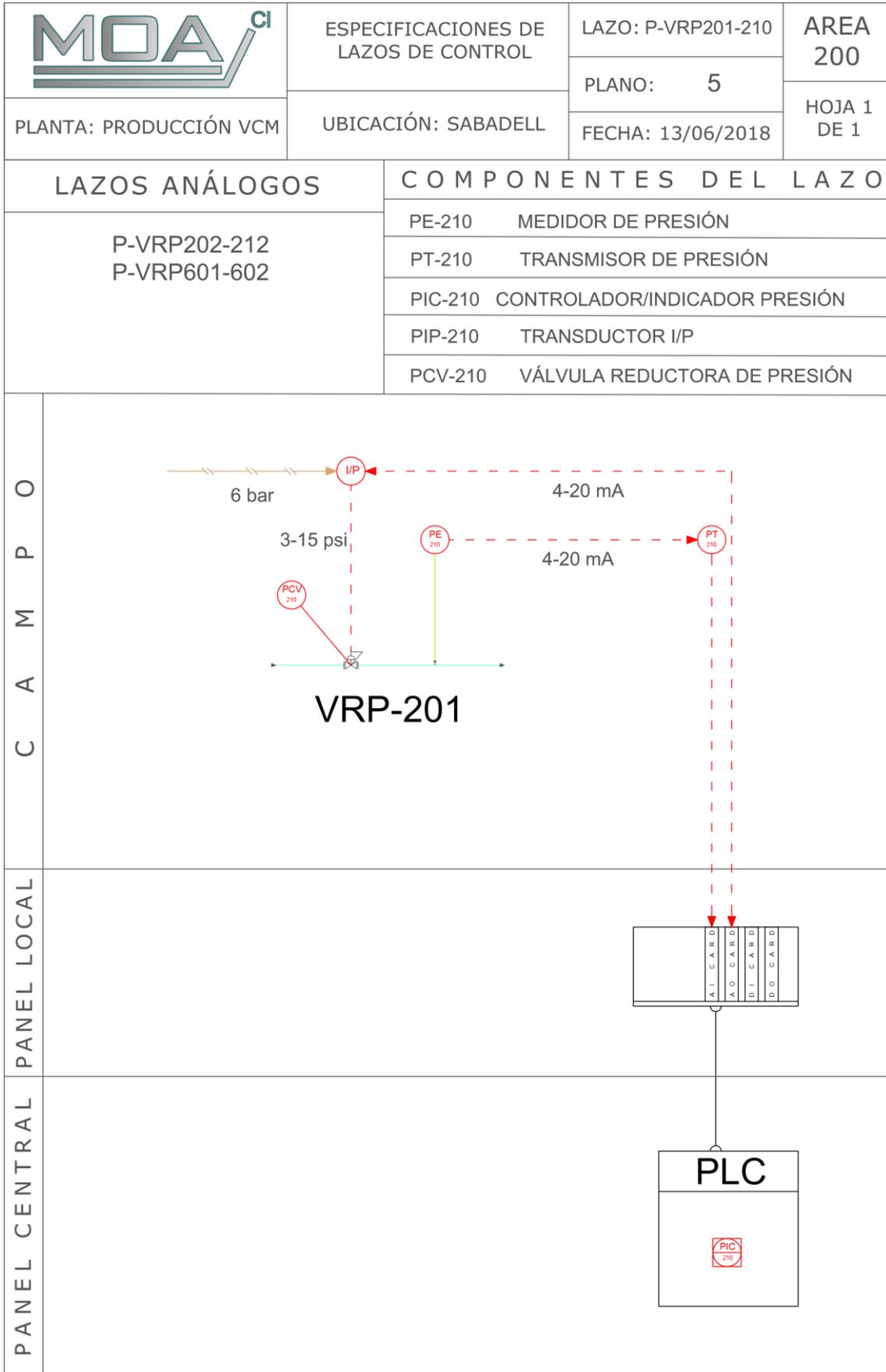
En la **Tabla 3.23** y **Tabla 3.24** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.23. Lazo de control P-VRP201-210

Nombre del lazo:	P-VRP201-210
Variable controlada:	Presión del fluido M-08 a la salida
Variable manipulada:	Presión del fluido M-08
Variable medida:	Presión del fluido M-08 a la salida
Punto de consigna:	600 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.24. Lazo de control P-VRP202-212

Nombre del lazo:	P-VRP202-212
Variable controlada:	Presión del fluido M-08 a la salida
Variable manipulada:	Presión del fluido M-08
Variable medida:	Presión del fluido M-08 a la salida
Punto de consigna:	155 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.1.6. Lazo de control T-E206-211 / T-E207-213 / T-E208-214

El lazo de control T-E206-211 tiene como objetivo calentar el fluido M-08 del recirculado de la segunda columna para alcanzar la temperatura óptima para la reacción.

Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal del fluido de servicio S-02. El fluido M-08 proveniente de la válvula reductora de presión VRP-201, alcanza el intercambiador E-206 con el objetivo de calentarse. Se mide la temperatura del fluido de proceso M-08 a la salida de dicho intercambiador, manipulando el caudal de servicio S-02 en función de los requerimientos energéticos.

De la misma manera que hay un intercambiador para calentar el fluido de proceso M-08, existen otros intercambiadores similares al expuesto. Estos intercambiadores, por lo tanto, incluyen el lazo análogo T-E207-213 y T-E218-214 para asegurar la temperatura óptima de los respectivos fluidos. En la **Tabla 3.25**, **Tabla 3.26** y **Tabla 3.27** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.25. Lazo de control T-E206-211

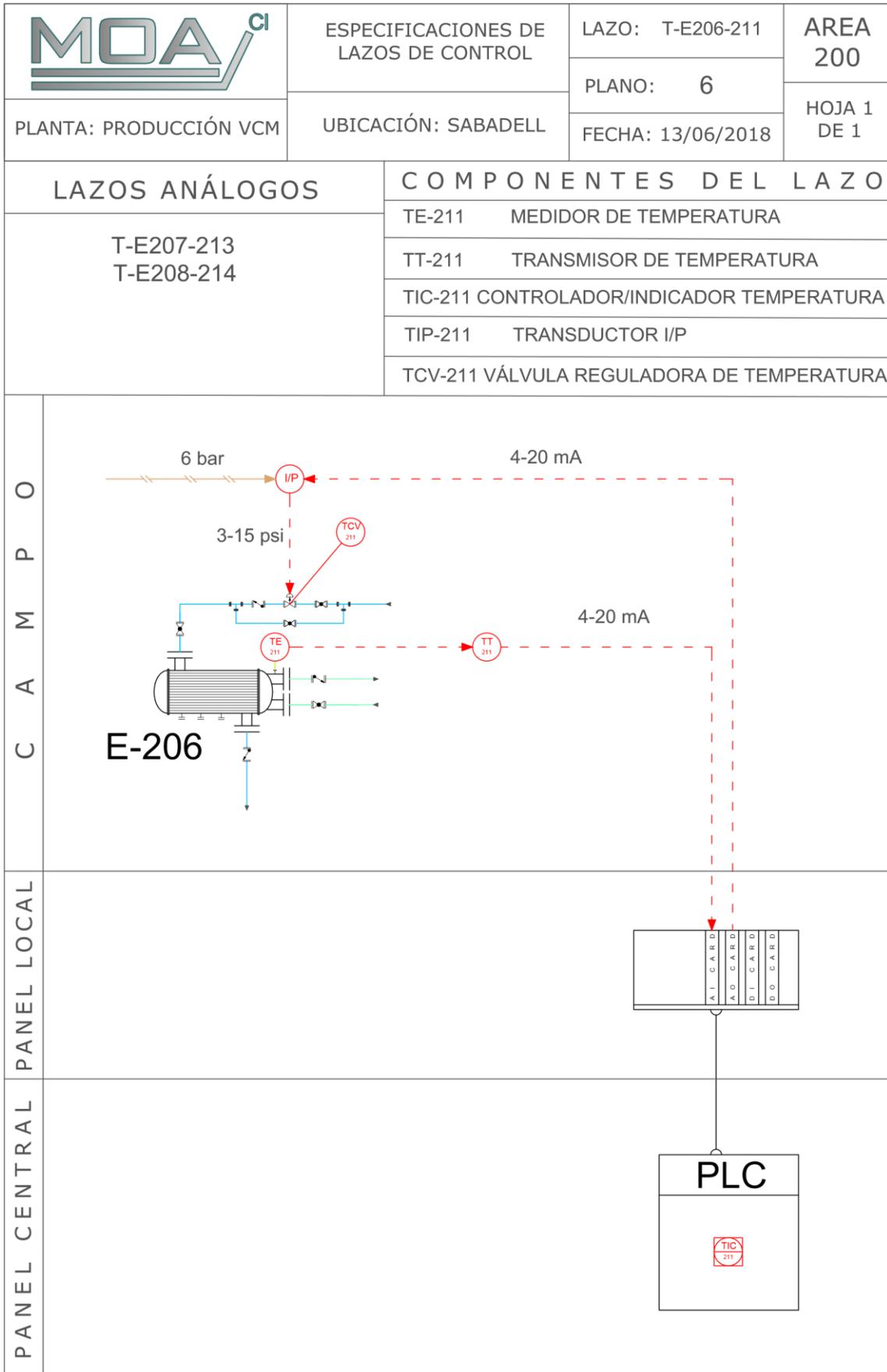
Nombre del lazo:	T-E206-211
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Punto de consigna:	17,7 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.26. Lazo de control T-E207-215

Nombre del lazo:	T-E207-215
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Punto de consigna:	29,9 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.27. Lazo de control T-E208-216

Nombre del lazo:	T-E208-216
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-02
Variable medida:	Temperatura del fluido M-08 a la salida
Punto de consigna:	114,8 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.2. Área 300 - Reacción

3.6.2.1. Lazo de control F-R301-301 / F-R301-302

El lazo de control F-301-301 tiene como objetivo que la corriente de M-08 y M-02 se mezclen en la proporción adecuada a la que se ha diseñado, antes de su entrada al reactor y, por tanto, cumplir el grado de conversión requerido.

Se ha diseñado un lazo de control *feedforward* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal M-02. El reactor es alimentado por las corrientes M-01, M-02 y M-08. La última es la corriente recirculada desde la columna de purificación, cuyo caudal es muy bajo comparado con las otras dos corrientes. Como la corriente recirculada tiene una alta composición en acetileno, esta se unirá a la corriente de acetileno antes de alimentar el reactor. Este lazo está diseñado de tal manera que el caudal de la corriente M-08 es medido antes de que estas dos corrientes converjan para introducirse en el reactor.

Una vez ambas corrientes se unen antes de entrar al reactor, el caudal de la mezcla se mide para manipular y controlar el caudal de entrada al reactor del otro reactivo (M-01), mediante el lazo F-R301-302 análogo al que se acaba de detallar.

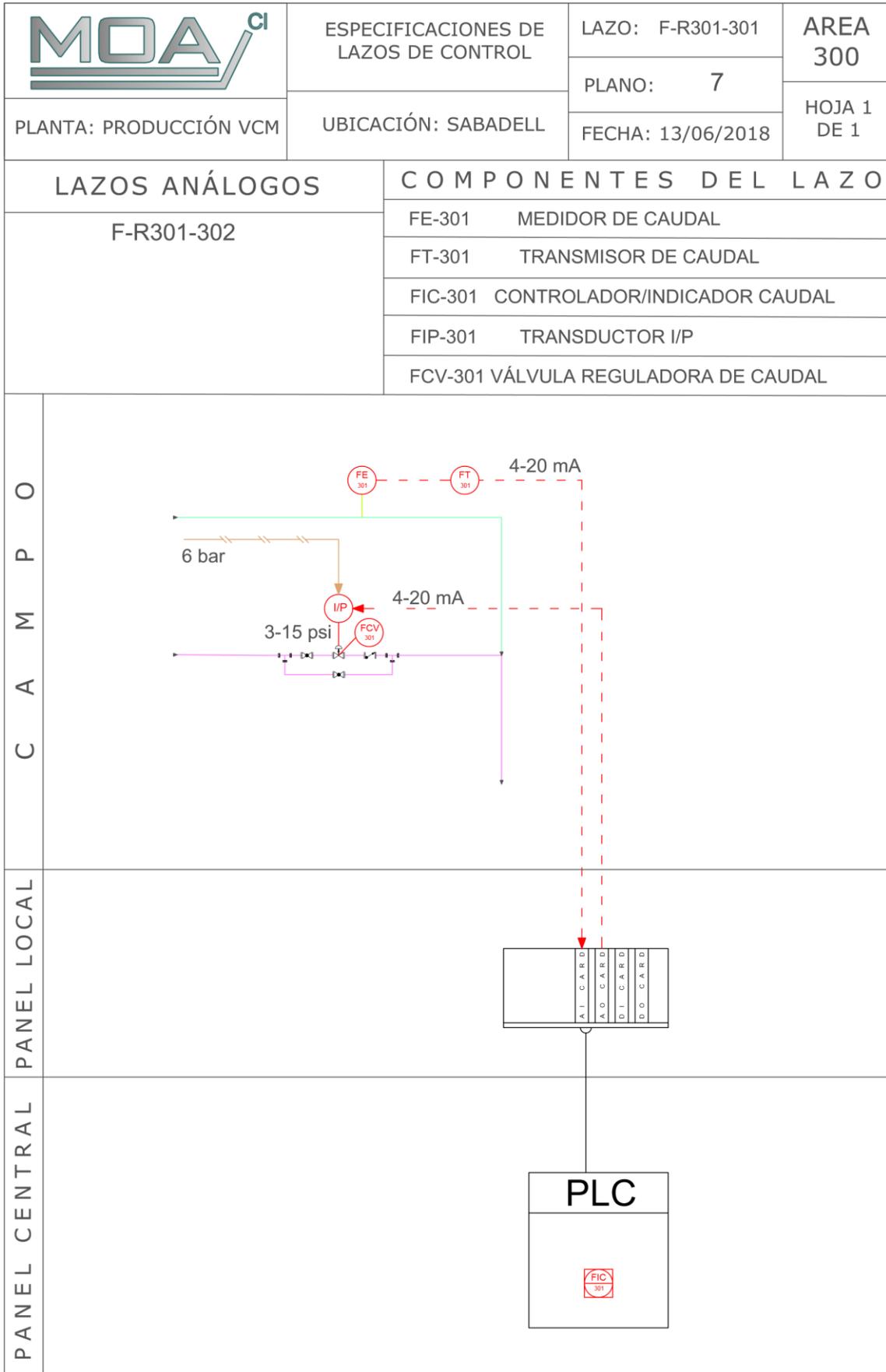
Por lo tanto, este lazo es utilizado para el alimento de los reactores. Que la composición del alimento al reactor sea constante es muy importante para garantizar que el diseño del reactor sea el correcto para obtener la conversión deseada. Se ha seleccionado un control *feedforward* para que este se anticipe en todo momento a una composición del alimento irregular. En la **Tabla 3.28** y **Tabla 3.29** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.28. Lazo de control F-R301-301

Nombre del lazo:	F-R301-301
Variable controlada:	Caudal de M-02
Variable manipulada:	Caudal de M-02
Variable medida:	Caudal de M-08
Punto de consigna:	415,3 m ³ /h
Tipo de lazo:	<i>Feedforward</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.29. Lazo de control F-R301-302

Nombre del lazo:	F-R301-302
Variable controlada:	Caudal de M-01
Variable manipulada:	Caudal de M-01
Variable medida:	Caudal de M-02 + M-08
Punto de consigna:	298,3 m ³ /h
Tipo de lazo:	<i>Feedforward</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.2.2. Lazo de control C-R301a-303 / C-R301b-304 / C-R301c-305 / C-R301d-306

El lazo de control C-R301a-303 tiene como objetivo mantener la homogeneidad de la concentración del producto en la salida del reactor R301a, manteniéndola igual o lo más cercana posible a la de diseño. El reactor es continuo de flujo de pistón multitubular, por el interior de los cuales circulan reactivos y producto, y por el exterior del cual circula agua refrigerante, que absorbe la energía liberada por la reacción exotérmica. En el interior de los tubos se encuentra también un lecho fijo de catalizador.

Se ha diseñado un lazo de control en cascada que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal de entrada del fluido refrigerante. El diseño de este lazo está basado en un estudio sobre el control en cascada para reactores de lecho fijo (6). El funcionamiento del lazo es complejo ya que se trata de un control en cascada, por lo que el lazo de control se divide en lazo primario y secundario. En el lazo primario la variable medida es la concentración de salida del reactor. El lazo secundario, por su parte, mide la temperatura a la entrada y salida del reactor, y calcula la temperatura media. El estudio define que la medición de temperatura en diferentes puntos a lo largo del reactor sería ideal. Sin embargo, el gran número de tubos que forman el reactor R301a imposibilita tener medidores en diferentes puntos, ya que en cada punto habría que medir la temperatura de cada tubo. Esta es la razón por la que solo se mide la temperatura a la entrada y salida, antes que el reactor diverja en el número de tubos diseñado. La medición de temperatura media no impide la posible formación de *hot spots* en algún punto de algún tubo, por lo que la medición de una concentración indebida puede ayudar a resolver este problema.

Este reactor es uno de los cuatro reactores situados en paralelo, por lo que los lazos C-R301b-304, C-R301c-305 y C-R301d-306 son análogos, ya que tienen la misma función para cada uno de los reactores.

En la **Tabla 3.30**, **Tabla 3.31**, **Tabla 3.32** y **Tabla 3.33** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta zona.

Tabla 3.30. Lazo de control C-R301a-303

Nombre del lazo:	C-R301a-303
Variable controlada:	Concentración producto y temperatura de salida del reactivo
Variable manipulada:	Caudal de entrada de fluido refrigerante
Variable medida:	Temperatura media entre alimento y producto y concentración del producto
Punto de consigna:	37 mol/m ³ y 118 °C
Tipo de lazo:	Cascada
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.31. Lazo de control C-R301b-304

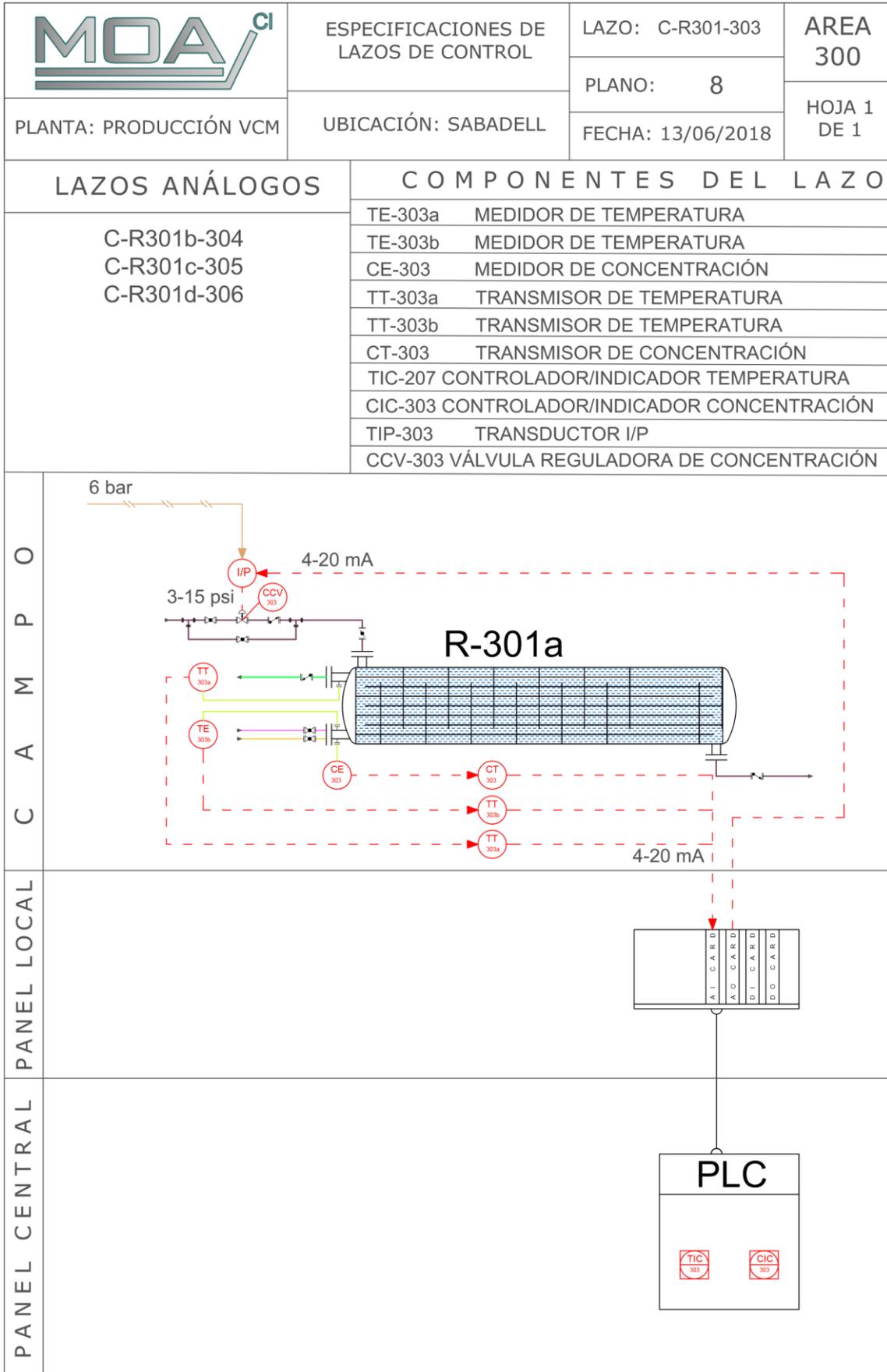
Nombre del lazo:	C-R301b-304
Variable controlada:	Concentración producto y temperatura de salida del reactivo
Variable manipulada:	Caudal de entrada de fluido refrigerante
Variable medida:	Temperatura media entre alimento y producto y concentración del producto
Punto de consigna:	37 mol/m ³ y 118 °C
Tipo de lazo:	Cascada
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.32. Lazo de control C-R301c-305

Nombre del lazo:	C-R301c-305
Variable controlada:	Concentración producto y temperatura de salida del reactivo
Variable manipulada:	Caudal de entrada de fluido refrigerante
Variable medida:	Temperatura media entre alimento y producto y concentración del producto
Punto de consigna:	37 mol/m ³ y 118 °C
Tipo de lazo:	Cascada
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.33. Lazo de control C-R301d-306

Nombre del lazo:	C-R301d-306
Variable controlada:	Concentración producto y temperatura de salida del reactivo
Variable manipulada:	Caudal de entrada de fluido refrigerante
Variable medida:	Temperatura media entre alimento y producto y concentración del producto
Punto de consigna:	37 mol/m ³ y 118 °C
Tipo de lazo:	Cascada
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.2.3. Lazo de control T-E301-307 / T-E302-308

Los lazos de control T-E301-307 y T-E302-308 son lazos análogos al lazo de control T-E205-209 descrito previamente. Estos lazos están situados en los intercambiadores situados a la salida del reactor para reducir la temperatura del producto antes de introducirse a la columna de destilación. Que la temperatura de salida del intercambiador sea la diseñada evitará que la temperatura del alimento de la columna no sea diferente a la diseñada y pueda provocar una alteración en el perfil de temperaturas, en cuyo caso el rendimiento de la separación no sería el esperado.

En la **Tabla 3.34** y **Tabla 3.35** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta zona.

Tabla 3.34. Lazo de control T-E301-307

Nombre del lazo:	T-E301-307
Variable controlada:	Temperatura de salida del intercambiador
Variable manipulada:	Caudal de entrada de fluido refrigerante
Variable medida:	Temperatura de salida del intercambiador
Punto de consigna:	70 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.35. Lazo de control T-E302-308

Nombre del lazo:	T-E302-308
Variable controlada:	Temperatura de cabezas
Variable manipulada:	Caudal de reflujo
Variable medida:	Temperatura de cabezas
Punto de consigna:	44,1 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

3.6.3. Área 400 – Separación

El área de separación comprende la primera columna de destilación y el tanque pulmón que almacena el producto que se obtiene por las cabezas de la columna. El balance de materia de la columna de destilación es la variable crítica que se debe solventar para realizar un buen control de esta. Esto se lleva a cabo mediante un control de varios caudales, que están altamente relacionados con los balances de energía, sobre todo los que corresponden a la energía retirada en el condensador y la adicionada en el *reboiler* (5).

3.6.3.1. Lazo de control T-DC401-401

El lazo de control T-DC401-401 tiene como objetivo mantener la temperatura de las cabezas de la columna a la temperatura de diseño para así garantizar que la correcta separación, obteniendo un destilado con la composición requerida.

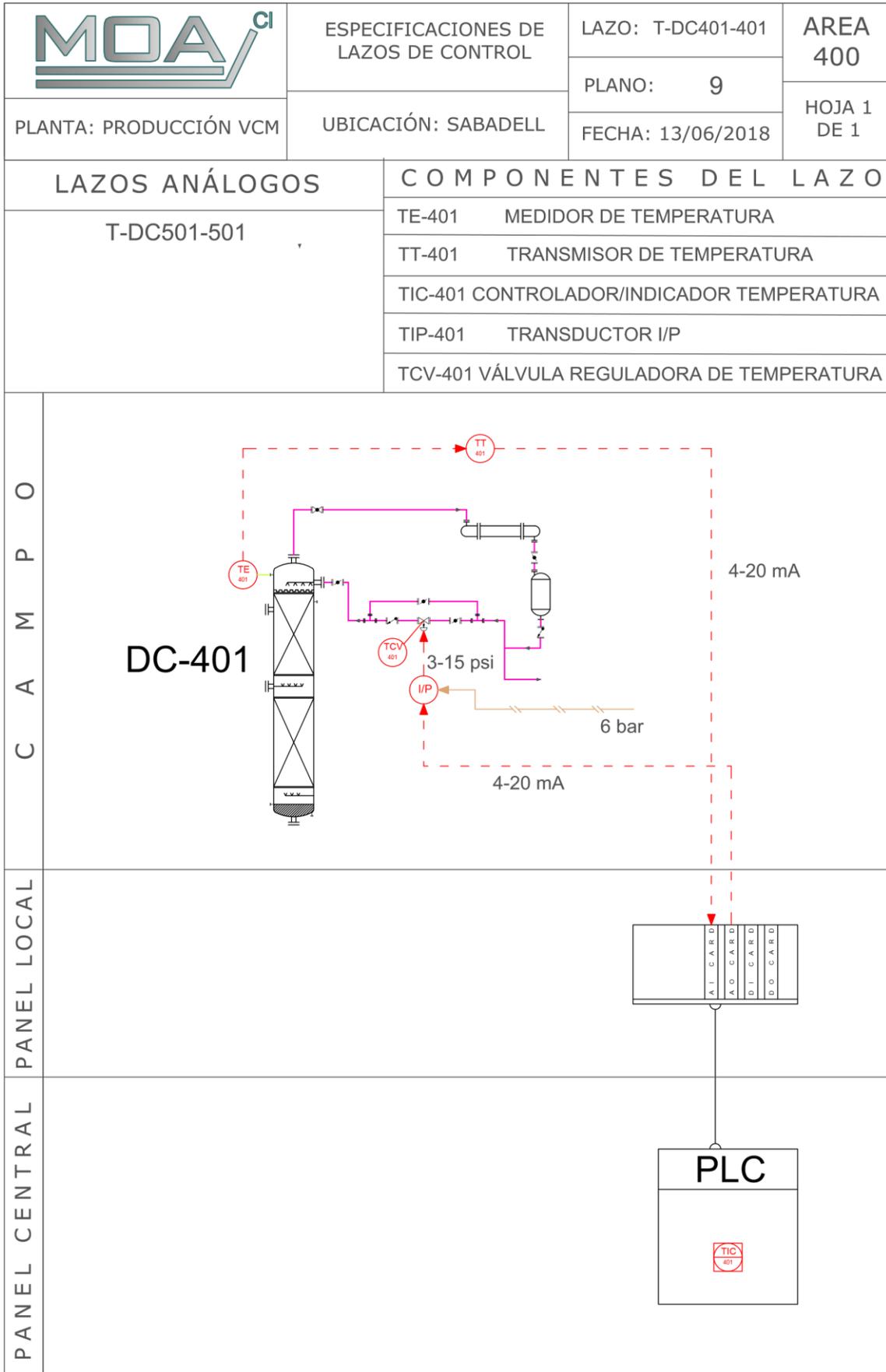
Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal de reflujo. La columna de destilación separa el subproducto e inerte del producto y reactivos que no han reaccionado. Para asegurar esta separación se debe mantener la temperatura de cabezas a la temperatura de diseño.

El producto de cabezas de esta columna se introducirá más adelante en una nueva columna de destilación donde se llevará a cabo la purificación del producto, que se obtiene por las colas de dicha columna. Esta columna, por lo tanto, incluye el lazo análogo T-DC501-501 para asegurar el nivel de pureza del producto.

En la **Tabla 3.36** se resume las características principales de este lazo.

Tabla 3.36. Lazo de control T-DC401-401

Nombre del lazo:	T-DC401-401
Variable controlada:	Temperatura de cabezas
Variable manipulada:	Caudal de reflujo
Variable medida:	Temperatura de cabezas
Punto de consigna:	4,5 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.3.2. Lazo de control L-DC401-402

El lazo de control L-DC401-402 tiene como objetivo mantener el nivel de las colas de la columna constantes a un valor determinado.

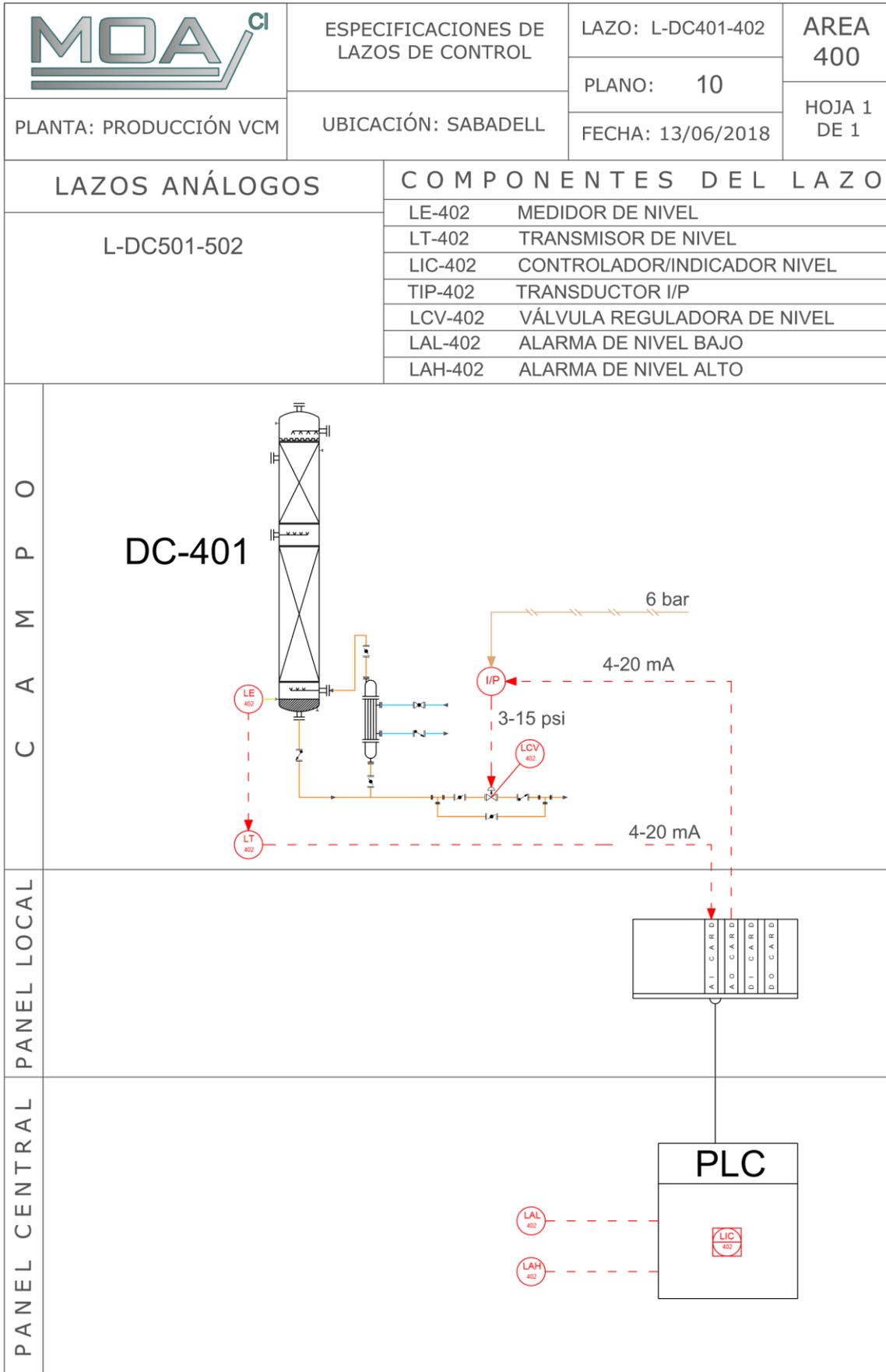
Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal del producto de colas. El producto de colas está básicamente compuesto de subproducto e inerte. La válvula de regulación coordina el caudal de producto que se circula al almacenamiento. En caso de que el nivel fuera de las colas fuera bajo, la válvula limitaría la corriente dirigida al tanque de almacenamiento, aumentando el caudal que circula por el *reboiler* para ser recirculado a la columna.

La columna de purificación del producto incluye el lazo análogo L-DC501-502, cuyo objetivo perseguido es el mismo.

En la **Tabla 3.37** se resume las características principales de este lazo.

Tabla 3.37. Lazo de control L-DC401-402

Nombre del lazo:	L-DC401-402
Variable controlada:	Nivel en las colas
Variable manipulada:	Caudal del producto de las colas
Variable medida:	Nivel en las colas
Punto de consigna:	80 % de la altura del cabezal inferior
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.3.3. Lazo de control dP-DC401-403

El lazo de control dP-DC401-403 tiene como objetivo mantener la diferencia de presión a lo largo de la columna de destilación constante, ya que en el diseño de esta se ha considerado que la presión es igual en cualquier punto de la columna. De no cumplirse este parámetro de diseño, la separación obtenida no sería la diseñada. Una alteración en la diferencia de presión de la columna puede provocar la variación de los flujos de vapor, alterando la temperatura en los diferentes puntos de la columna y causando la pérdida de rendimiento en la separación.

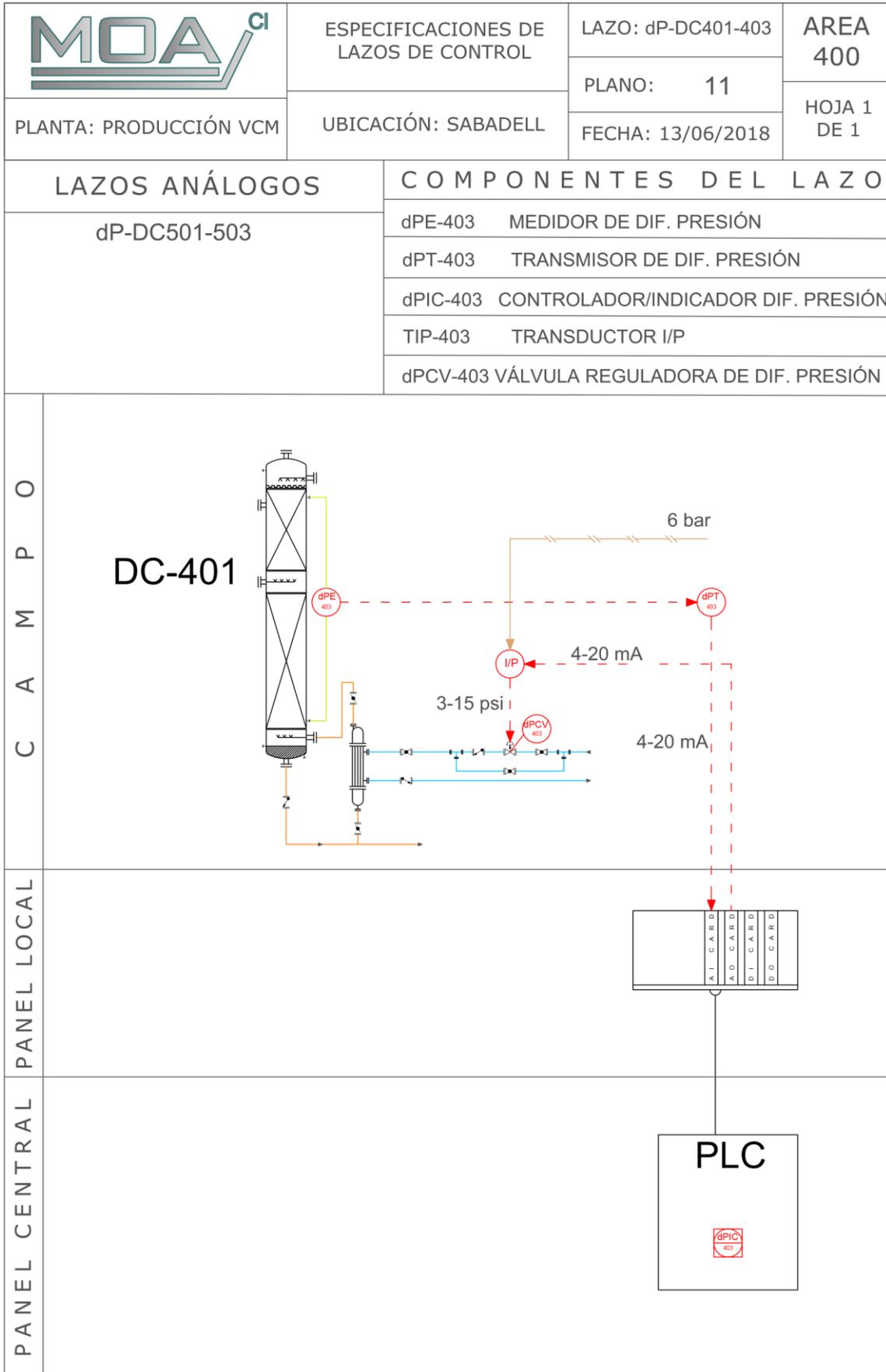
Se ha diseñado un lazo *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal de entrada del fluido de intercambio de calor (vapor de agua) al *reboiler* de la columna.

La columna de purificación del producto incluye el lazo análogo dP-DC501-503, cuyo objetivo perseguido es el mismo.

En la **Tabla 3.38** se resume las características principales de este lazo.

Tabla 3.38. Lazo de control dP-DC401-403

Nombre del lazo:	dP-DC401-403
Variable controlada:	Diferencia de presión entre cabeza y colas
Variable manipulada:	Caudal de entrada de vapor de agua al reboiler
Variable medida:	Caudal de entrada de vapor de agua al reboiler
Punto de consigna:	0 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.3.4. Lazo de control T-CD401-404

El lazo de control L-CD401-404 tiene como objetivo mantener la temperatura del condensado constante. Que el condensado tenga siempre la misma temperatura, es decir la temperatura de diseño, es importante para asegurar que la temperatura en las cabezas sea la que se ha diseñado. Parte del condensado se recircula a la columna de destilación, por lo que esta debe tener una temperatura constante para asegurar que el perfil de temperaturas de la columna sea el deseado. De no ser así, la productividad de la columna se vería afectada, y el rendimiento de la separación no sería el que se ha diseñado.

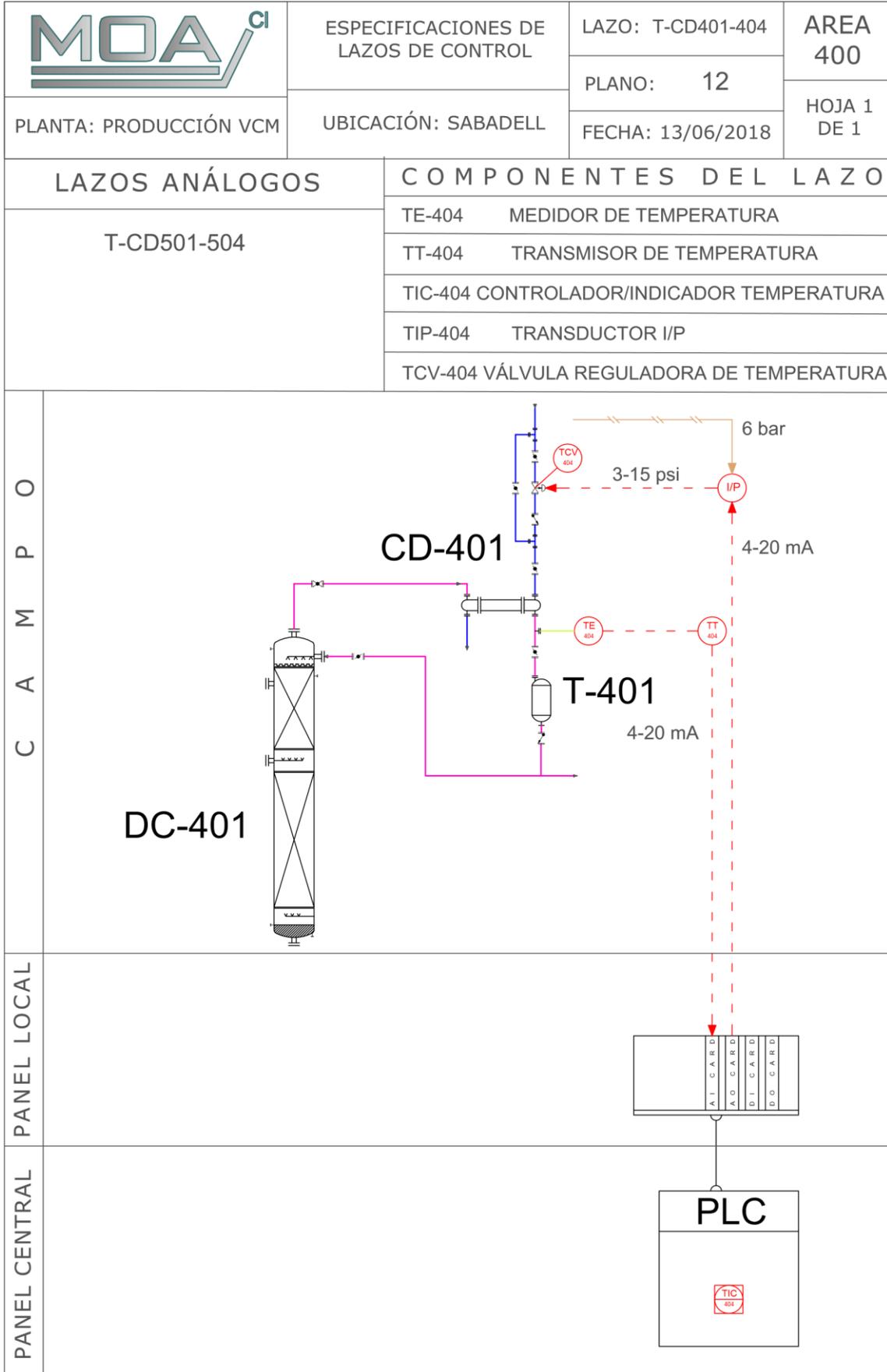
Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal de entrada del fluido de intercambio de calor.

La columna de purificación del producto incluye el lazo análogo T-CD501-504, cuyo objetivo perseguido es el mismo.

En la **Tabla 3.39** se resume las características principales de este lazo.

Tabla 3.39. Lazo de control T-CD401-404

Nombre del lazo:	T-CD401-404
Variable controlada:	Temperatura del condensado
Variable manipulada:	Caudal de agua refrigerante
Variable medida:	Temperatura del condensado
Punto de consigna:	-3,93 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.3.5. Lazo de control L-T401-405

El lazo de control L-T401-405 tiene como objetivo mantener el nivel del tanque de condensados constante. El tanque de condensados almacena el producto que se obtiene por cabezas de la columna de destilación para un tiempo de residencia en concreto. Su función es estabilizar la presión y la caída de presión del tanque, por lo que una disminución importante del nivel puede provocar que una de estas variables se deje de cumplir. Un importante aumento, por su parte, podría provocar un derrame del condensado almacenado.

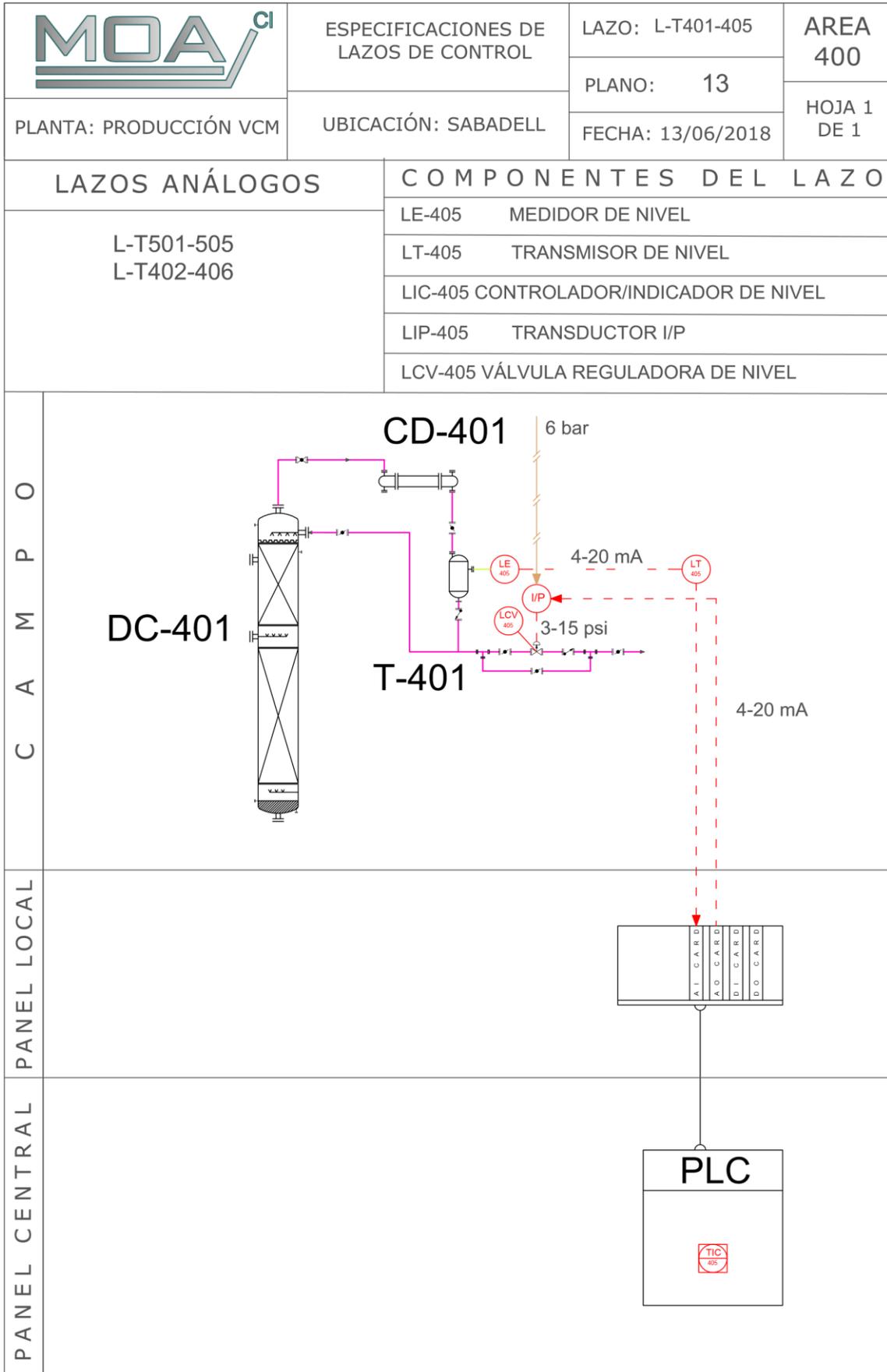
Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como objetivo el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal de salida del tanque que se circula al tanque pulmón.

El tanque de condensado situado en las cabezas de la columna de purificación del producto incluye el lazo análogo L-T501-505, cuyo objetivo perseguido es el mismo.

En la **Tabla 3.40** se resume las características principales de este lazo.

Tabla 3.40. Lazo de control L-T401-405

Nombre del lazo:	L-T401-405
Variable controlada:	Nivel del tanque de condensado
Variable manipulada:	Caudal de salida del tanque hacia el tanque pulmón
Variable medida:	Nivel del tanque pulmón
Punto de consigna:	80 %
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.3.6. Lazo de control L-T402-406

El lazo de control T-T402-406 tiene como objetivo mantener el nivel del tanque pulmón constante. La función del tanque pulmón es estabilizar la presión y la caída de presión del tanque, por lo que una disminución importante del nivel puede provocar que una de estas variables se deje de cumplir. Un importante aumento, por su parte, podría provocar un derrame del líquido almacenado.

Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como objetivo el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal de salida del tanque. En caso de que la variable controlada sufra un aumento o reducción inesperada que el lazo de control no es capaz de solventar, se añaden una alarma de alta y una de baja para que tanto operario en campo como el supervisor en la sala de control estén alertados y puedan tomar las medidas necesarias para solucionar el problema.

Este lazo de control es análogo al lazo de control L-T401-405.

En la **Tabla 3.41** se resume las características principales de este lazo.

Tabla 3.41. Lazo de control L-T401-405

Nombre del lazo:	L-T401-405
Variable controlada:	Nivel del tanque pulmón
Variable manipulada:	Caudal de salida del tanque
Variable medida:	Nivel del tanque pulmón
Punto de consigna:	80 %
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma:	LAL y LAH

3.6.4. Área 500 - Purificación

3.6.3.1. Lazo de control T-DC501-501

El lazo de control T-DC501-501 es un lazo análogo al lazo de control T-DC401-401 descrito previamente. Este lazo está situado en la columna de purificación, pero el objetivo es exactamente el mismo.

En la **Tabla 3.42** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.42. Lazo de control T-DC501-501

Nombre del lazo:	T-DC501-501
Variable controlada:	Temperatura de cabezas
Variable manipulada:	Caudal de reflujo
Variable medida:	Temperatura de cabezas
Punto de consigna:	-4,69 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

3.6.3.2. Lazo de control L-DC501-502

El lazo de control T-DC501-502 es un lazo análogo al lazo de control L-DC401-402 descrito previamente. Este lazo está situado en la columna de purificación, pero el objetivo es exactamente el mismo.

En la **Tabla 3.43** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.43. Lazo de control L-DC501-502

Nombre del lazo:	L-DC501-502
Variable controlada:	Nivel en las colas
Variable manipulada:	Caudal del producto de las colas
Variable medida:	Nivel en las colas
Punto de consigna:	
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	LAL y LAH

3.6.3.3. Lazo de control dP-DC501-503

El lazo de control dP-DC501-503 es un lazo análogo al lazo de control dP-DC401-403 descrito previamente. Este lazo está situado en la columna de purificación, pero el objetivo es exactamente el mismo.

En la **Tabla 3.44** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.44. Lazo de control dP-DC401-503

Nombre del lazo:	dP-DC401-503
Variable controlada:	Diferencia de presión entre cabeza y colas
Variable manipulada:	Caudal de entrada de vapor de agua al reboiler
Variable medida:	Caudal de entrada de vapor de agua al reboiler
Punto de consigna:	0 atm
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

3.6.3.4. Lazo de control T-CD501-504

El lazo de control T-DC501-504 es un lazo análogo al lazo de control T-DC401-404 descrito previamente. Este lazo está situado en la columna de purificación, pero el objetivo es exactamente el mismo.

En las **Tabla 3.45** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.45. Lazo de control T-CD401-404

Nombre del lazo:	T-CD401-404
Variable controlada:	Temperatura del condensado
Variable manipulada:	Caudal de agua refrigerante
Variable medida:	Temperatura del condensado
Punto de consigna:	-36,1 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

3.6.3.5. Lazo de control L-T501-505

El lazo de control L-DC501-504 es un lazo análogo al lazo de control L-DC401-405 descrito previamente. Este lazo está situado en la columna de purificación, pero el objetivo es exactamente el mismo.

En la **Tabla 3.46** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.46. Lazo de control L-T401-405

Nombre del lazo:	L-T401-405
Variable controlada:	Nivel del tanque de condensado
Variable manipulada:	Caudal de salida del tanque que circula hacia la zona 200
Variable medida:	Nivel del tanque pulmón
Punto de consigna:	80 %
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

3.6.5. Área 600 – Almacenamiento de producto

3.6.5.1. Lazo de control T-E601-601

El lazo de control T-E601-601 es un lazo análogo al lazo de control T-E205-209 descrito previamente. Este lazo está situado antes de la entrada del fluido de proceso M-07 a la válvula reductora de presión VRP-601, con el objetivo de enfriar el producto a las condiciones de almacenamiento.

En las **Tabla 3.47** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.47. Lazo de control T-E601-601

Nombre del lazo:	T-E601-601
Variable controlada:	Temperatura del fluido M-07
Variable manipulada:	Caudal de fluido de servicio S-03
Variable medida:	Temperatura del fluido M-07
Punto de consigna:	28 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

3.6.5.1. Lazo de control P-VRP601-602

El lazo de control P-VRP601-602 es un lazo análogo al lazo de control P-VRP201-210 descrito previamente. Este lazo está situado antes de la entrada del fluido de proceso M-07 a los tanques de almacenamiento T-601a y T-601b, con el objetivo de reducir la presión del producto a las condiciones de almacenamiento.

En la **Tabla 3.48** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.48. Lazo de control P-VRP601-602

Nombre del lazo:	P-VRP601-602
Variable controlada:	Presión del fluido M-07 a la salida
Variable manipulada:	Presión del fluido M-07
Variable medida:	Presión del fluido M-07 a la salida
Punto de consigna:	709,3 kPa
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

3.6.5.3. Lazo de control T-T601a-603 / T-T601b-605

El lazo de control T-T601a-603 tiene como objetivo enfriar el fluido M-07 almacenado en los tanques T601a y T601b.

Se ha diseñado un lazo de control *feedback* que tiene como fin el cumplimiento del objetivo previamente expuesto, mediante la manipulación del caudal del fluido de servicio S-03. El fluido M-07 almacenado debe almacenarse a una temperatura máxima de 28° C. Se mide la

temperatura del fluido de proceso M-07 almacenado, manipulando el caudal de servicio S-03 en función de los requerimientos energéticos con el fin de mantener la temperatura.

De la misma manera que hay un intercambiador para enfriar el fluido de proceso M-07 almacenado, existe otro intercambiador similar al expuesto. Este intercambiador, por lo tanto, incluyen el lazo análogo T-T601b-605 para asegurar la temperatura óptima del fluido M-07 almacenado.

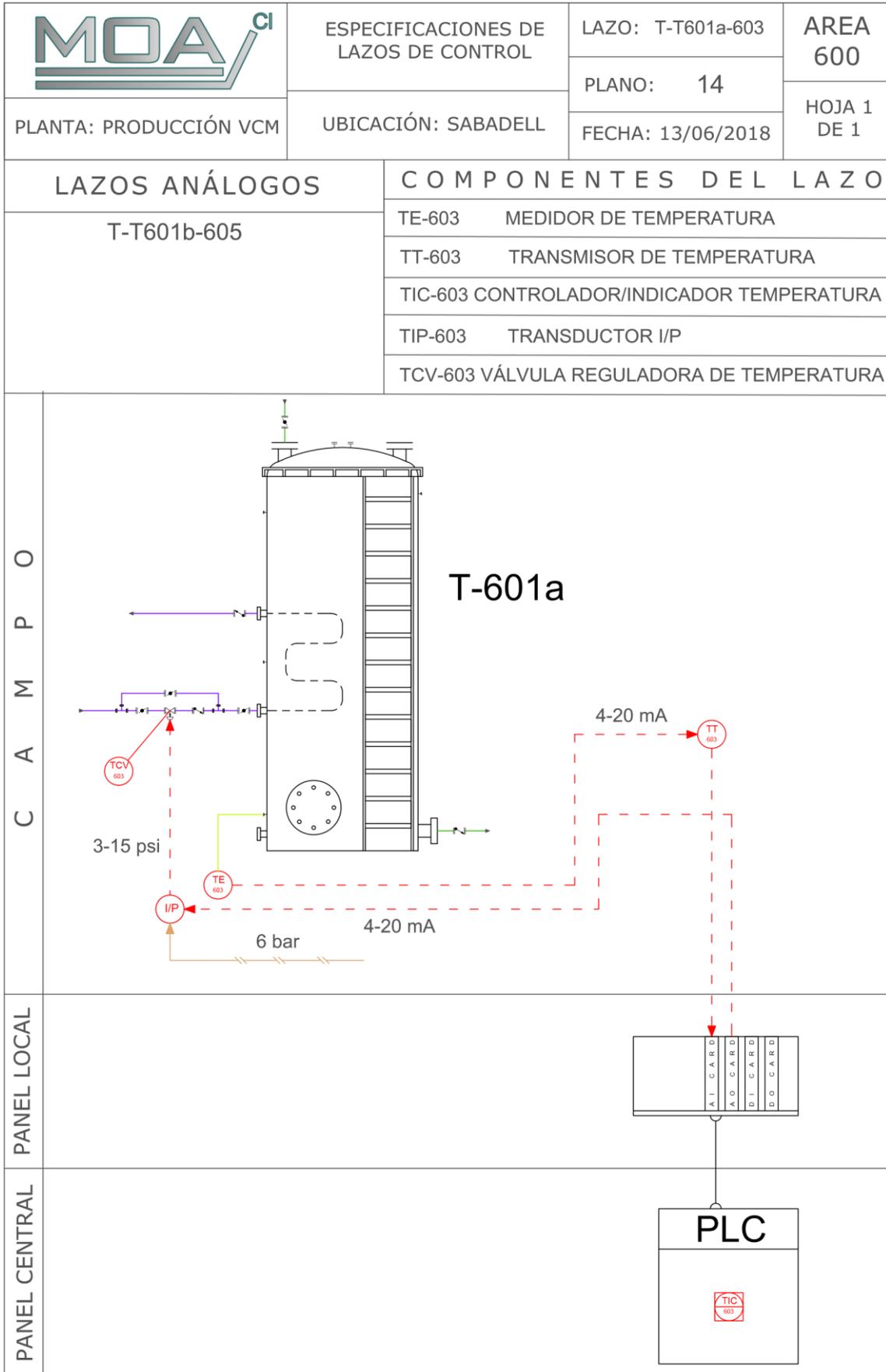
En la **Tabla 3.49** y **Tabla 3.50** se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.49. Lazo de control T-T601a-603

Nombre del lazo:	T-T601a-603
Variable controlada:	Temperatura del fluid M-07 almacenado
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-03
Variable medida:	Temperatura del fluid M-07 almacenado
Punto de consigna:	28 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.50. Lazo de control T-T601b-605

Nombre del lazo:	T-T601b-605
Variable controlada:	Temperatura del fluid M-07 almacenado
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-03
Variable medida:	Temperatura del fluid M-07 almacenado
Punto de consigna:	28 °C
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.5.2. Lazo de control L-T601a-604 / L-T601b-606 / L-T602a-607 / L-T602b-608

El lazo de control L-T601a-604 tiene como objetivo cambiar el tanque de almacenado de los diferentes fluidos de proceso a almacenar una vez estos alcancen el % de volumen lleno deseado. En el tanque T-601a se almacena el producto obtenido. Una vez el nivel del tanque este en un 80% del volumen del tanque, la válvula de entrada al tanque se cerrará, abriéndose la válvula del tanque desdoblado.

El tanque de almacenamiento para el producto desdoblado y los dos tanques para el almacenamiento del subproducto incluyen el lazo análogo L-T601b-606, L-T602a-608 y L-T602b-609, cuyo objetivo deseado es el mismo.

En la **Tabla 3.51**, **Tabla 3.52**, **Tabla 3.53** y **Tabla 3.54** y se resumen las características principales de cada uno de los lazos análogos en esta área.

Tabla 3.51. Lazo de control L-T601a-604

Nombre del lazo:	L-T601a-604
Variable controlada:	Nivel del fluido M-07 almacenado
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-03
Variable medida:	Nivel del fluido M-07 almacenado
Punto de consigna:	80 %
Tipo de lazo:	Feedback
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.52. Lazo de control L-T601b-606

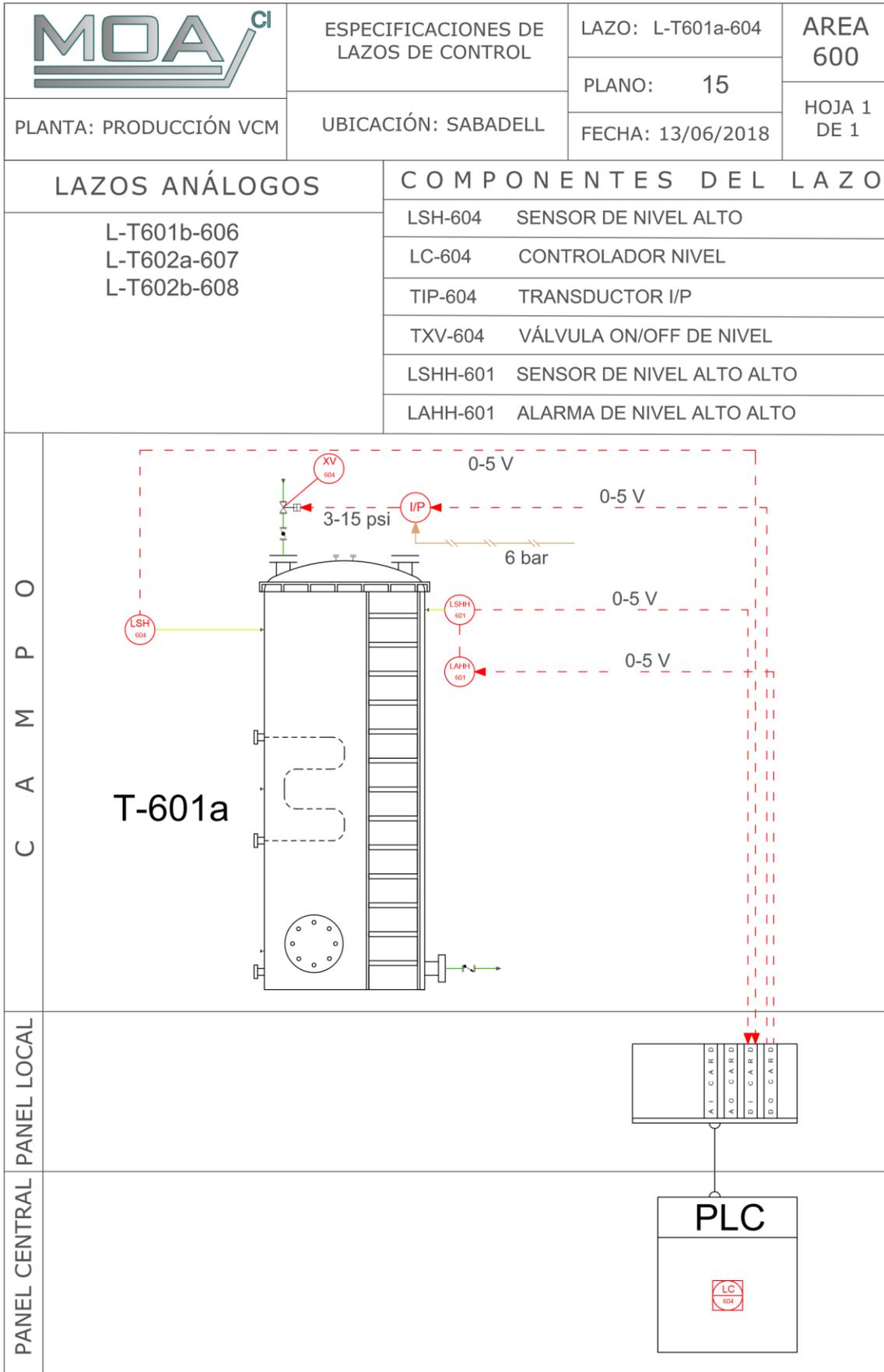
Nombre del lazo:	L-T601b-606
Variable controlada:	Nivel del fluido M-07 almacenado
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-03
Variable medida:	Nivel del fluido M-07 almacenado
Punto de consigna:	80 %
Tipo de lazo:	Feedback
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.53. Lazo de control L-T602a-607

Nombre del lazo:	L-T602a-607
Variable controlada:	Nivel del fluido M-05 almacenado
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-03
Variable medida:	Nivel del fluido M-05 almacenado
Punto de consigna:	80 %
Tipo de lazo:	Feedback
Indicador:	Sí
Alarma	No

Tabla 3.54. Lazo de control L-T602b-608

Nombre del lazo:	L-T602b-608
Variable controlada:	Nivel del fluido M-05 almacenado
Variable manipulada:	Caudal del fluido de servicio S-03
Variable medida:	Nivel del fluido M-05 almacenado
Punto de consigna:	80 %
Tipo de lazo:	<i>Feedback</i>
Indicador:	Sí
Alarma	No



3.6.6. Control de presión del nitrógeno

Cabe destacar que, a pesar no se haya graficado en los PID ni se haya realizado el diagrama del lazo de control, la entrada de nitrógeno en cada uno de los equipos del proceso debe estar controlada. Esto es debido a que el nitrógeno circula desde el tanque criogénico de nitrógeno a cada uno de los equipos a la presión más alta a las que se encuentra cualquiera de los equipos. El equipo del proceso de este proyecto que trabaja a una presión más alta es la columna de purificación. Esta columna se encuentra a una presión de 12,16 bar. Por lo tanto, el nitrógeno se circula a esa presión.

La entrada de nitrógeno al intercambiador E-601 y a la columna de purificación y sus respectivos condensador, tanque de condensado y *reboiler*, no necesita ningún tipo de control. Sin embargo, el resto de los equipos deberán tener un lazo de control *feedback*, donde la variable medida sea la presión al interior del tanque, y la variable manipulada sea la presión de la corriente de nitrógeno. Como elemento final se tendrá una válvula reductora de presión que permitirá igualar la presión del nitrógeno a la presión a la que se encuentre el equipo en cuestión, para así poder introducirse en cualquiera de los tanques.

3.7. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

Las dimensiones del sistema de control dependerán del número de señales digitales y analógicas que procesa el sistema de control, ya sean de entrada o de salida. Es por ello, que en el siguiente apartado se ofrece un conjunto de tablas destinadas al recuento de estas señales.

Las señales de entrada son aquellas que se transmiten desde el instrumento hasta el sistema de control, pudiendo pasar por un transmisor o transductor. Las señales de salida son aquellas señales que genera el sistema de control para regular el actuador establecido como elemento final de control.

Ambas señales (entrada y salida) pueden ser digitales o analógicas. Las señales digitales son aquellas que solo pueden devenir dos valores (0 o 1). En cambio, las analógicas son aquellas que devienen un valor dentro de un rango.

Para el recuento de señales de entrada se determina el número de señales de cada tipo que ofrece el elemento previo al sistema de control. Para el recuento de salidas, se considera el número de señales de cada tipo que recibe el elemento posterior al sistema de control. Como conclusión, los elementos que se considera que devienen una entrada o salida (digital o analógica) del sistema de control están mencionados en la **Tabla 3.55**. Como se puede observar, la válvula todo o nada tiene dos entradas y una salida: la salida corresponde a la electroválvula de pilotaje, mientras que las dos entradas son consecuencia de los dos finales de carrera, que indicarán si la válvula está abierta o cerrada. Las válvulas de regulación también tienen dos señales: una salida correspondiente a la señal que recibe la válvula para regular su nivel de apertura, y otra de entrada que permitirá dar a conocer el nivel de apertura de la válvula.

Tabla 3.55. Elementos que devienen una entrada o salida del controlador

Elementos del sistema de control	
Entrada digital	Sensores y válvulas (final de carrera)
Salida digital	Alarmas y válvulas todo o nada
Entrada analógica	Medidores e indicadores
Salida analógica	Válvulas de regulación

A continuación, se presentan tablas con el recuento de entradas y salidas, digitales y analógicas que tiene cada unidad remota. De esta manera, se podrá dimensionar y determinar el número de tarjetas necesarias para cada una de las unidades. Como hay una unidad remota en cada área, el recuento se realizará de manera independiente en cada área.

3.7.1. Área 200 – Acondicionado y almacenamiento de materias primas

Tabla 3.56. Recuento de entradas y salidas en el área 200

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	REFERENCIA	EA	SA	ED	SD
T-201	Medidor y transmisor de presión	PT-201	1			
T-201	Válvula de control de presión	PCV-201		1	1	
CO-201a	Final de carrera	ZS-201			1	
CO-201b	Final de carrera	ZS-202			1	
CO-201	Medidor y transmisor de presión	PT-202	1			
CO-201a	Variador de frecuencia	SC-202		1		
CO-201b	Variador de frecuencia	SC-202		1		
E-201	Medidor y transmisor de temperatura	TT-203	1			
E-201	Válvula de control de temperatura	TCV-203		1	1	
E-202	Medidor y transmisor de temperatura	TT-204	1			
E-202	Válvula de control de temperatura	TCV-204		1	1	
T-202	Medidor y transmisor de presión	PT-205	1			
T-202	Válvula de control de presión	PCV-205		1	1	
CO-202a	Final de carrera	ZS-203			1	
CO-202b	Final de carrera	ZS-204			1	
CO-202a/b	Medidor y transmisor de presión	PT-206	1			
CO-202a	Variador de frecuencia	SC-206		1		
CO-202b	Variador de frecuencia	SC-206		1		
E-203	Medidor y transmisor de temperatura	TT-207	1			
E-203	Válvula de control de temperatura	TCV-207		1	1	
E-204	Medidor y transmisor de temperatura	TT-208	1			
E-204	Válvula de control de temperatura	TCV-208		1	1	
E-205	Medidor y transmisor de temperatura	TT-209	1			
E-205	Válvula de control de temperatura	TCV-209		1	1	
VRP-201	Medidor y transmisor de presión	PT-210	1			
VRP-201	Válvula reductora de presión	PCV-210		1	1	
E-206	Medidor y transmisor de temperatura	TT-211	1			
E-206	Válvula de control de temperatura	TCV-211		1	1	
VRP-202	Medidor y transmisor de presión	PT-212	1			
VRP-202	Válvula reductora de presión	PCV-212		1	1	
E-207	Medidor y transmisor de temperatura	TT-213	1			
E-207	Válvula de control de temperatura	TCV-213		1	1	
E-208	Medidor y transmisor de temperatura	TT-214	1			
E-208	Válvula de control de temperatura	TCV-214		1	1	
TOTAL:			14	16	16	0

3.7.2. Área 300 – Reacción

Tabla 3.57. Recuento de entradas y salidas en el área 300

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	REFERENCIA	EA	SA	ED	SD
R-301	Medidor y transmisor de caudal	FT-301	1			
R-301	Indicador y controlador de caudal	FIC-301				
R-301	Válvula de control de caudal	FCV-301		1	1	
R-301	Medidor y transmisor de caudal	FT-302	1			
R-301	Indicador y controlador de caudal	FIC-302				
R-301	Válvula reguladora de caudal	FCV-302		1	1	
R-301a	Medidor y transmisor de temperatura	TT-303a	1			
R-301a	Medidor y transmisor de temperatura	TT-303b	1			
R-301a	Indicador y controlador de temperatura	TIC-303				
R-301a	Medidor y transmisor de concentración	CT-303	1			
R-301a	Indicador y controlador de concentración	CIC-303				
R-301a	Válvula de control de concentración	CCV-303		1	1	
R-301a	Indicador de presión	PI-301	1			
R-301a	Indicador de presión	PI-302	1			
R-301b	Medidor y transmisor de temperatura	TT-304a	1			
R-301b	Medidor y transmisor de temperatura	TT-304b	1			
R-301b	Indicador y controlador de temperatura	TIC-304				
R-301b	Medidor y transmisor de concentración	CT-304	1			
R-301b	Indicador y controlador de concentración	CIC-304				
R-301b	Válvula de control de concentración	CCV-304		1	1	
R-301b	Indicador de presión	PI-303	1			
R-301b	Indicador de presión	PI-304	1			
R-301c	Medidor y transmisor de temperatura	TT-305a	1			
R-301c	Medidor y transmisor de temperatura	TT-305b	1			
R-301c	Indicador y controlador de temperatura	TIC-305				
R-301c	Medidor y transmisor de concentración	CT-305	1			
R-301c	Indicador y controlador de concentración	CIC-305				
R-301c	Válvula de control de concentración	CCV-305		1	1	
R-301c	Indicador de presión	PI-305	1			
R-301c	Indicador de presión	PI-306	1			
R-301d	Medidor y transmisor de temperatura	TT-306a	1			
R-301d	Medidor y transmisor de temperatura	TT-306b	1			
R-301d	Indicador y controlador de temperatura	TIC-306				
R-301d	Medidor y transmisor de concentración	CT-306	1			
R-301d	Indicador y controlador de concentración	CIC-306				
R-301d	Válvula de control de concentración	CCV-306		1	1	
R-301d	Indicador de presión	PI-307	1			
R-301d	Indicador de presión	PI-308	1			
E-301	Indicador de caudal	FI-301	1			
P-401a	Final de carrera	ZS-301			1	

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	REFERENCIA	EA	SA	ED	SD
P-401a	Variador de frecuencia	SC-302		1		
P-401b	Final de carrera	ZS-302			1	
P-401b	Variador de frecuencia	SC-302		1		
P-401	Indicador de caudal	FI-302	1			
E-301	Medidor y transmisor de temperatura	TT-307	1			
E-301	Indicador y controlador de temperatura	TIC-307				
E-301	Válvula de control de temperatura	TCV-307		1	1	
E-302	Indicador de presión	PI-309	1			
E-302	Indicador de caudal	FI-303	1			
E-302	Medidor y transmisor de temperatura de M-04 a la S del intercambiador	TT-308	1			
E-302	Indicador y controlador de temperatura	TIC-308				
E-302	Válvula de control de temperatura	TCV-308		1	1	
			28	10	10	0

3.7.3. Área 400 – Separación

Tabla 3.58. Recuento de entradas y salidas en el área 400

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	REFERENCIA	EA	SA	ED	SD
DC-401	Medidor y transmisor de temperatura	TT-401	1			
DC-401	Válvula de control de temperatura de cabezas de la columna	TCV-401		1	1	
DC-401	Indicador de caudal	FI-401	1			
DC-401	Medidor y transmisor del nivel de las colas	LT-402	1			
DC-401	Válvula de control de nivel	LCV-402		1	1	
DC-401	Alarma de nivel bajo de las colas de la columna	LAL-402				1
DC-401	Alarma de nivel alto de las colas de la columna	LAH-402				1
DC-401	Indicador de temperatura	TI-401	1			
DC-401	Indicador de caudal	FI-402	1			
DC-401	Indicador de caudal	FI-403	1			
DC-401	Medidor y transmisor de diferencia de presión	dPT-403	1			
DC-401	Válvula de control de diferencia de presión	dPCV-403		1	1	
CD-401	Medidor y transmisor de temperatura	TT-404	1			
CD-401	Válvula de control de temperatura del condensado	TCV-404		1	1	
T-401	Medidor y transmisor de nivel	LT-405	1			
T-401	Indicador y controlador de nivel	LIC-405				
T-401	Válvula de control nivel del tanque de condensado	LCV-405		1	1	
T-401	Indicador de caudal	FI-404	1			
P-401a	Final de carrera	ZS-401				1
P-401a	Variador de frecuencia	SC-402		1		
P-401b	Final de carrera	ZS-402				1
P-401b	Variador de frecuencia	SC-401		1		
P-401	Indicador de caudal	FI-405	1			
T-402	Medidor y transmisor de nivel del tanque pulmón	LT-406	1			
T-402	Válvula de control nivel del tanque de condensado	LCV-406		1	1	
T-402	Alarma de nivel bajo del tanque pulmón	LAL-406				1
T-402	Alarma de nivel alto del tanque pulmón	LAH-406				1
TOTAL:			12	8	8	4

3.7.4. Área 500 – Purificación

Tabla 3.59. Recuento de entradas y salidas en el área 500

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	REFERENCIA	EA	SA	ED	SD
P-501a	Final de carrera	ZS-01			1	
P-501a	Variador de frecuencia	SC-502		1		
P-501b	Final de carrera	ZS-502			1	
P-501b	Variador de frecuencia	SC-501		1		
P-501	Indicador de caudal	FI-501	1			
DC-501	Medidor y transmisor de temperatura	TT-501	1			
DC-501	Válvula de control de temperatura de cabezas de la columna	TCV-501		1	1	
DC-501	Indicador de caudal	FI-502	1			
DC-501	Medidor y transmisor del nivel de las colas	LT-502	1			
DC-501	Indicador y controlador de nivel	LIC-502				
DC-501	Válvula de control de nivel	LCV-502		1	1	
DC-501	Alarma de nivel bajo de las colas de la columna	LAL-502				1
DC-501	Alarma de nivel alto de las colas de la columna	LAH-502				1
DC-501	Indicador de temperatura	TI-501	1			
DC-501	Indicador de caudal	FI-503	1			
DC-501	Indicador de caudal	FI-504	1			
DC-501	Medidor y transmisor de diferencia de presión	dPT-503	1			
DC-501	Válvula de control de diferencia de presión	dPCV-503		1	1	
CD-501	Medidor y transmisor de temperatura	TT-504	1			
CD-501	Válvula de control de temperatura del condensado	TCV-504		1	1	
T-501	Medidor y transmisor de nivel	LT-505	1			
T-501	Indicador y controlador de nivel	LIC-505				
T-501	Válvula de control nivel del tanque de condensado	LCV-505		1	1	
T-501	Indicador de caudal	FI-505	1			
TOTAL:			11	7	7	2

3.7.5. Área 600 – Almacenamiento de producto

Tabla 3.60. Recuento de entradas y salidas en el área 600

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	REFERENCIA	EA	SA	ED	SD
E-601	Medidor y transmisor de temperatura	TT-601	1			
E-601	Indicador y controlador de temperatura	TIC-601				
E-601	Válvula de control de temperatura	TCV-601		1	1	
VRP-601	Medidor y transmisor de presión	PT-602	1			
VRP-601	Indicador y controlador de presión	PIC-602				
VRP-601	Válvula reductora de presión	PCV-602		1	1	
T-601a	Medidor y transmisor de temperatura	TT-603	1			
T-601a	Indicador y controlador de temperatura	TIC-603				
T-601a	Válvula de control de temperatura	TCV-603		1	1	
T-601a	Switch de nivel alto	LSH-604			1	
T-601a	Controlador de nivel	LC-604				
T-601a	Válvula de ON/OFF de nivel	XV-604			1	1
T-601a	Indicador de nivel	LI-601	1			
T-601a	Switch de nivel alto alto	LSHH-601			1	
T-601a	Alarma de nivel alto alto	LAHH-601				1
T-601b	Medidor y transmisor de temperatura	TT-605	1			
T-601b	Indicador y controlador de temperatura	TIC-605				
T-601b	Válvula de control de temperatura	TCV-605		1	1	
T-601b	Switch de nivel alto	LSH-606			1	
T-601b	Controlador de nivel	LC-606				
T-601b	Válvula de ON/OFF de nivel	XV-606			1	1
T-601b	Indicador de nivel	LI-602	1			
T-601b	Switch de nivel alto alto	LSHH-602			1	
T-601b	Alarma de nivel alto alto	LAHH-602				1
P-601a	Final de carrera	ZS-601			1	
P-601b	Final de carrera	ZS-602			1	
P-601	Indicador de caudal	FI-601	1			
T-602a	Switch de nivel alto	LSH-607			1	
T-602a	Controlador de nivel	LC-607				
T-602a	Válvula de ON/OFF de nivel	XV-607			1	1
T-602a	Indicador de nivel	LI-603				
T-602a	Switch de nivel alto alto	LSHH-603			1	
T-602a	Alarma de nivel alto alto	LAHH-603				1
T-602b	Switch de nivel alto	LSH-608			1	
T-602b	Controlador de nivel	LC-608				
T-602b	Válvula de ON/OFF de nivel	XV-608			1	1
T-602b	Indicador de nivel	LI-604	1			

EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO	REFERENCIA	EA	SA	ED	SD
T-602b	Switch de nivel alto alto	LSHH-604			1	
T-602b	Alarma de nivel alto alto	LAHH-604				1
P-602a	Final de carrera	ZS-603			1	
P-602b	Final de carrera	ZS-604			1	
P-602	Indicador de caudal	FI-602	1			
TOTAL:			9	4	20	8

3.7.6. Selección de los dispositivos de la arquitectura de control

Como se ha comentado anteriormente, el sistema de control sigue una arquitectura de control donde tanto las señales que se emiten por parte de la instrumentación, como la que reciben son recogidas por una unidad terminal remota. Habrá una RTU en cada área, que a su vez estarán conectadas a la DN, la cual está conectada con el PLC, que procesará la información y transmitirá la información para llevar a cabo las acciones de control pertinentes.

3.7.6.1. Unidad Terminal Remota (RTU)

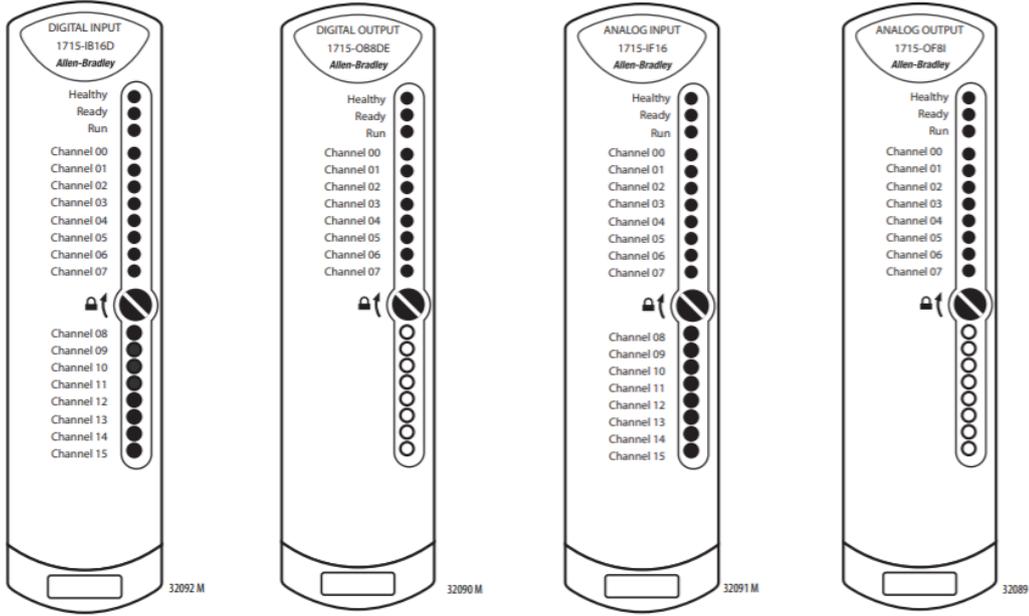
El dispositivo instalado que ejercerá las funciones de RTU es el Sistema de E/S (entradas/salidas) redundantes 1715 de Rockwell Automation (7), que consiste en un adaptador y una base de E/S que se juntan mediante conexiones de apareamiento. Este sistema tiene la capacidad de poder comunicarse con el controlador ControlLogix mediante el uso de Ethernet/IP. El controlador ControlLogix se describirá más adelante. El sistema usado como RTU se caracteriza por la tolerancia a posibles fallos y su redundancia para procesos críticos, ya que tiene capacidad para diagnosticar y sus módulos son fácilmente reemplazables.

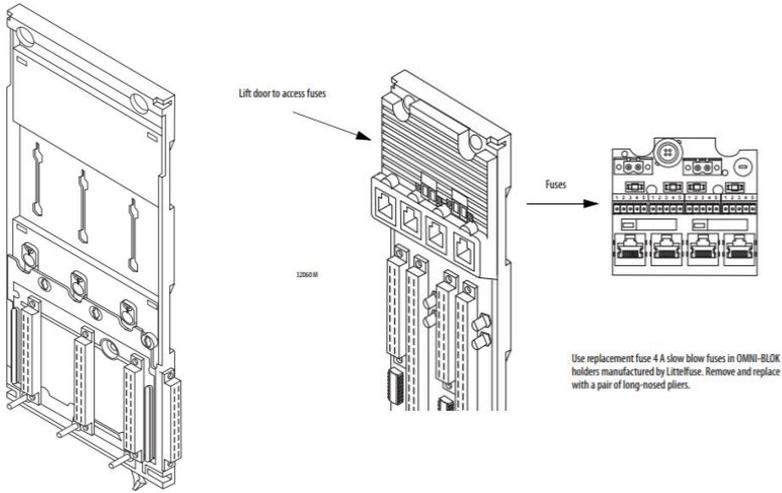
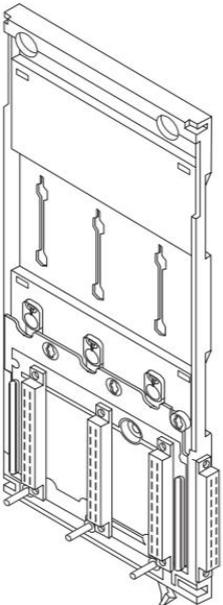
La arquitectura modular que caracteriza este sistema le otorga la cualidad de ser adaptable a cualquier necesidad de la instalación. El sistema está formado por una base adaptadora que se puede conectar a hasta ocho unidades base E/S, que pueden sostener hasta 24 módulos E/S (tres módulos E/S por unidad base). Esta RTU incluye adaptadores Ethernet apropiados, que evitan la necesidad de accesorios adicionales.

La ficha técnica de la instalación se encuentra a continuación. Los módulos E/S pueden ser tanto digitales como analógicos dependiendo de las necesidades. En la ficha técnica se especifican los módulos que se pueden emplear para esta RTU, y cuantas conexiones pueden establecerse en cada uno de ellos. A partir de las señales contadas en los apartados anteriores para cada área, se podrá calcular cuántos módulos de cada tipo serán necesarios para la RTU de cada área. Como la capacidad de conexiones de cada RTU es ampliable mediante la adición de módulos, se deja la puerta abierta a posibles ampliaciones de la planta. El número de módulos necesarios para la planta se encuentran en la **Tabla 3.61**. Las RTU se encontrarán en armarios eléctricos denominados como paneles locales. Habrá un panel local situado en cada área, para así minimizar el uso excesivo de cableado, y favorecer la capacidad de la planta a ser ampliada.

Tabla 3.61. Recuento de módulos necesarios

MÓDULO	A-200	A-300	A-400	A-500	A-600	TOTAL
1715-IB16D (ED)	1	1	1	1	2	6
1715-OB8DE (SD)	0	0	1	1	1	3
1715-IF16 (EA)	1	2	1	1	1	6
1715-OF8I (SA)	2	2	1	1	1	7

HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE DISPOSITIVOS:	
		Unidad Terminal Remota	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	200/300/400/500/600
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
NOMBRE DISPOSITIVO	Unidad Terminal Remota (RTU)		
NOMBRE MODELO	Sistema de E/S redundantes 1715		
PROVEEDOR			
MÓDULOS			
NOMBRE	DESCRPCIÓN		
1715-AENTR (x2)	Par de adaptadores Ethernet		
1715-IB16D	Módulo de 16 canales de entradas digitales		
1715-OB8DE	Módulo de 8 canales de salidas digitales		
1715-IF16	Módulo de 16 canales de entradas analógicas		
1715-OF8I	Módulo de 8 canales de salidas analógicas		
MÓDULOS E/S DIGITALES Y ANALÓGICOS			
			

HOJA 2 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE DISPOSITIVOS:	
		Unidad Terminal Remota	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	200/300/400/500/600
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
BASE ADAPTADORA			
			
UNIDAD BASE (1715-A3IO I/O Base Unit)			
			

3.7.6.2. Controlador Lógico Programable

El siguiente nivel consiste en el PLC, que estará situado en un armario eléctrico central, también conocido como panel central. En este controlador se programan los lazos de control, y se lleva a cabo el procesamiento de las señales que provienen de las unidades remotas para generar una respuesta que serán reenviadas al RTU para que este las transmita a la instrumentación de campo.

El controlador seleccionado es un *ControlLogix* de *Rockwell Automation* (8). Este provee un control escalable que es capaz de dirigir varios puntos de E/S. El controlador *ControlLogix* puede ser ubicado en cualquier hueco de un chasis *ControlLogix* E/S, y se pueden instalar múltiples controladores en el mismo chasis.

Estos controladores pueden monitorizar y controlar E/S a través de las conexiones de red. El controlador *ControlLogix 5580* incluye un puerto Ethernet para una conexión directa con dispositivos y redes habilitados por conexión Ethernet. A continuación, se describen las especificaciones de este controlador, que son las adecuadas para ser instaladas en este proyecto. Este controlador se encuentra integrada en un chasis *ControlLogix 1756*. Este le da estructura al controlador y permite la comunicación de alta velocidad entre módulos. Este chasis puede tener, para la integración de controladores, desde 4 hasta 17 espacios vacíos.

Este controlador se encuentra en el panel central, que tiene conexión con cada uno de los paneles locales distribuidos por las diferentes áreas de la planta.

La conexión entre los paneles local y el panel central se lleva a cabo mediante conexión Ethernet/IP. Esta comunicación se realiza mediante una fibra que tiene una velocidad de comunicación de 100 Mbps. La conexión Ethernet/IP es seleccionada del catálogo del mismo proveedor, cuya referencia es *1756-EN2F*. La conexión entre la unidad de E/S y el dispositivo de control quedaría tal y como se muestra en la **Figura 3.19**.

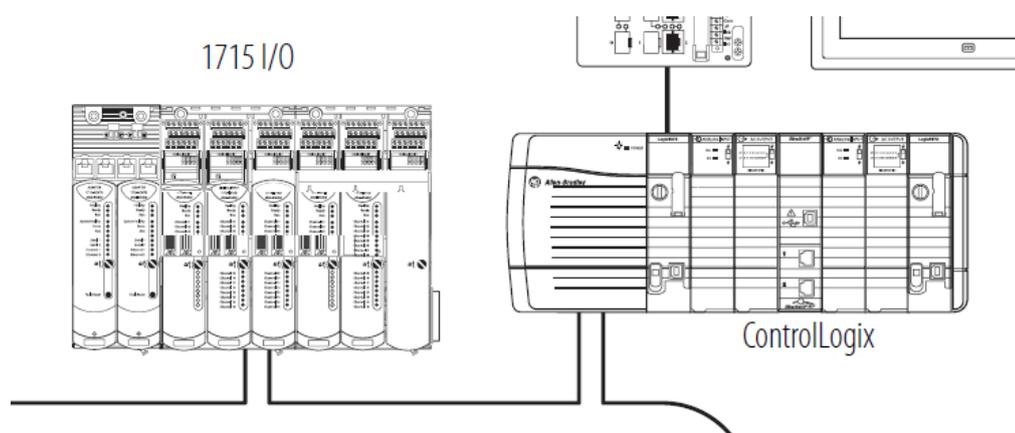
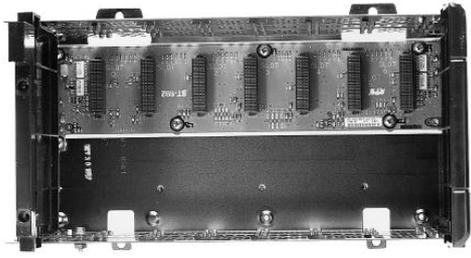


Figura 3.19. Conexión entre RTU y controlador lógico

HOJA 1 DE 2		HOJA DE ESPECIFICACIONES DE DISPOSITIVOS:	
		Controlador Lógico Programable (PLC)	
REVISADO POR:	Departamento de Calidad	ÁREA:	200/300/400/500/600
FECHA:	13/06/2018	PLANTA:	Planta de cloruro de vinilo
APROVADO POR:	Dirección Técnica	LOCALIZACIÓN:	Sabadell
IDENTIFICACIÓN			
NOMBRE DISPOSITIVO	Controlador Lógico Programable		
NOMBRE MODELO	ControlLogix 5580		
PROVEEDOR			
CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES			
Tareas del controlador	32 tareas y 1,000 programas por tarea		
Puertos de comunicación	1 puerto USB y un puerto Ethernet (10/100/1,000 Mbps)		
Opciones de comunicación	Ethernet/IP, ControlNet, DeviceNet, Data Highway Plus		
Máximo de nodos Ethernet/IP	60 - 300 nodos		
Lenguajes de programación	RLL, Structured Text, Function Block Diagram		
Memoria de usuario	3 – 40 MB		
E/S Digital máx.	128,000		
E/S Analógica máx.	4,000		
Categoría del cable	3 (Puerto USB) y 2 (Puerto Ethernet)		
Dimensión del cable	Cableado e instalación Ethernet acorde con IEC 61918 y IEC 61784-5-2		
Model del chasis (número de espacios)	Standard (4-17 espacios)		
CONTROLADOR		CHASIS	
			

3.7.6.3. Supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)

El sistema SCADA permite monitorizar y controlar varias funciones remotas y procesos mediante el uso de enlaces de comunicación por módems entre ubicación central y remota. Para el diseño de la arquitectura del sistema de control de este proyecto, la ubicación central corresponde a la sala de control, mientras que la ubicación remota comprende el controlador programable y las RTU.

El sistema SCADA se ha seleccionado siguiendo el catálogo proporcionado por el mismo proveedor al que se le comprarán los controladores y unidades remotas (9), para así asegurar que todos los dispositivos sean compatibles entre sí. Siguiendo las instrucciones del catálogo, el primer paso para diseñar un sistema SCADA es la selección de la red de telemetría. Esta red está formada por las topologías, modos de transmisión, medios de enlace y protocolos.

- **Topología:** La topología es la disposición de los nodos y enlaces que forman una red. En un sistema SCADA, esta puede ser *point-to-point*, *point-to-multipoint (multidrop)* y *multipoint-to-multipoint*. Se ha seleccionado la topología *point-to-point* ya que es una comunicación entre dos estaciones, donde cualquiera de ambas puede iniciar la comunicación con la otra, o una puede ejercer control sobre la otra. La conexión seguiría la estructura que se representa en la **Figura 3.20**.

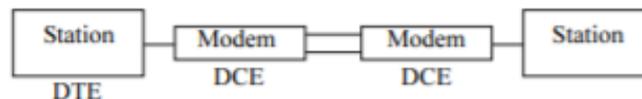


Figura 3.20. Topología point-to-point

- **Modo de transmisión:** El modo de transmisión define cómo la información es enviada y recibida entre dispositivos de una misma red. El modo de transmisión viene definido por la topología seleccionada. Para una topología *point-to-point* el modo de transmisión es *full-duplex*: La información es enviada y recibida de forma simultánea a través de la red, tal y como se muestra en la **Figura 3.21**.



Figura 3.21. Modo de transmisión full-duplex

- **Medio de enlace:** Hay varios tipos de medios de enlace entre dispositivos, pero los más comunes se incluyen dentro de los medios públicos de transmisión, medios atmosféricos o líneas dedicadas. El que mejor encaja en el sistema diseñado es la red celular (medio atmosférico). Esta red se caracteriza por tener una banda ancha de conexiones Ethernet de alta velocidad, cuyos costes son bajos y cuyo acceso remoto se puede realizar desde cualquier lugar mediante Internet. El equipamiento requerido es un *router* de Ethernet celular y un hardware de seguridad Ethernet.
- **Protocolo:** El protocolo gobierna el formato de transmisión de datos entre dos o más estaciones. Como el modo de transmisión es bidireccional, el protocolo seleccionado es *Ethernet/Industrial Protocol (Ethernet/IP)* ya que es el recomendado para los dispositivos de control de la compañía proveedora, porque permite monitorizar datos remotos y programar de manera online mediante el software de programación que ofrece la compañía. También permite la comunicación entre estaciones remotas y deviene una solución menos costosa ya que está incorporada en los dispositivos comprados a la misma compañía.

Una vez seleccionada la red de telemetría, se debe seleccionar el equipo de comunicación de datos. El equipo seleccionado para este fin es el sistema de transmisión celular. Los módems celulares cada vez son más usados en las aplicaciones SCADA con el objetivo de aumentar la productividad. La arquitectura que sigue la red celular está formada de dos componentes principales, que son la ubicación remota (*remote site*) y la ubicación central (*host site*). La ubicación remota está formada por el conjunto de RTU y el controlador lógico. La ubicación central consiste en un servidor, que podría ser un servidor web, que es el responsable de dirigir la aplicación. La arquitectura de cómo es la arquitectura de este sistema se muestra en la **Figura 3.22**. Para poder usar la tecnología de módem celular, el usuario debe estar en posesión de una suscripción a un plan de datos y un módem celular.

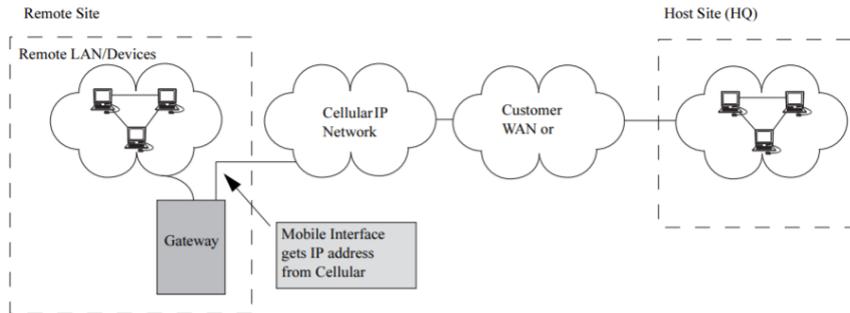


Figura 3.22. Arquitectura de la red celular

Finalmente, el último paso consiste en la selección del dispositivo para la estación central, cuya función sea tomar datos de campo de manera periódica desde las estaciones remotas. Este equipo también se encarga de ofrecer una monitorización y control coordinados sobre el sistema entero hacia la interfaz del operador. Hay varios tipos de estaciones centrales, pero para este proyecto se ha elegido la estación central basada en una computadora. Este ordenador ejecuta el programa Rockwell Software FactoryTalk View SE, ya que cumple los requisitos necesarios: proporciona interfaz para el operador y funcionalidad a la estación maestra, ambas de manera simultánea. Este es el sistema más integrado y económicamente eficiente. En la **Figura 3.23** se muestra el esquema del funcionamiento del sistema. Las computadoras de la figura se encuentran en la sala de control desde donde el operador podrá visualizar los valores de las variables que se quiere realizar, y ejecutar medidas correctoras sobre instrumentos del campo.

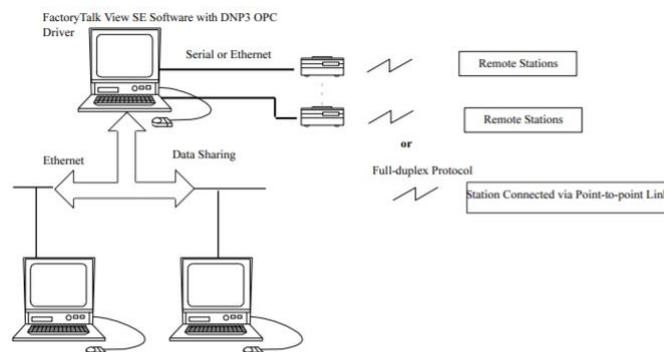


Figura 3.23. Estación central basada en una computadora

3.8. BIBLIOGRAFÍA

1. **Stephanopoulos, George.** *Chemical process control: an introduction to theory and practice.* Englewood Cliffs : Prentice-Hall International, 1984.
2. **Ollero de Castro, Pedro y Fernández Camacho, Eduardo.** *Control e instrumentación de procesos químicos.* Madrid : Editorial Síntesis, 1997.
3. **Rojas Lozano, Norquis Norela, Gonzales Machado, Diana Marcela y Cardenas, Diega Alejandro.** *Elementos primarios de medición.* Santander : Unidades Tecnológicas de Santander, 2015.
4. **Martínez Cifuentes, Billy Noé y Castillo rojas, Ing. Julio Edgar.** *Escogencia de los elementos primarios para medición de presión en sistemas de automatización de procesos.* Guatemala : Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008.
5. **Balchen, Jens G. y Mummé, Kenneth I. .** *Process control: structures and applications.* New York : Van Nostrand Reinhold, 1988.
6. **M. Jesus, Josias, Pedro L., Santana y Flávio V., Silva.** *Different Approaches in Concentration-Temperature Cascade Control of a Fixed Bed Reactor for the Phthalic Anhydride Synthesis.* Sergipe : AIDIC: The Italian Association of Chemical Engineering, 2013.
7. **Rockwell Software, Allen Bradley.** *Redundant I/O system: User Manual.* s.l. : Rockwell Automation, 2017.
8. —. *ControlLogix System: Selection guide.* s.l. : Rockwell Automation, 2018.
9. —. *Flexible Solutions for Your Supervisory Control and Data Acquisition Needs: SCADA system selection guide.* s.l. : Rockwell Automation, 2015.