

3- Control e instrumentación

Índice

3.1 INTRODUCCIÓN.....	4
3.2 ARQUITECTURA DE CONTROL.....	6
3.2.1 Implementación en planta.....	6
3.2.2 Estructura de control distribuida	6
3.2.2.1 Modo de operación	7
3.2.3 Elementos del sistema de control	8
3.2.4 Tipos de señales.....	9
3.2.4.1 Señales analógicas	9
3.2.4.2 Señales digitales	9
3.2.5 Lazos de control.....	10
3.2.6 Otros lazos	14
3.2.6.1 Lazos de seguridad	14
3.2.6.2 Lazos de monitorización.....	15
3.3 NOMENCLATURA LAZOS DE CONTROL.....	16
3.4 LAZOS PRESENTES. CHECK LIST	18
3.4.1 Área 100	18
3.4.2 Área 200	22
3.4.3 Área 300	26
3.4.4 Área 400	28
3.4.5 Área 500	31
3.5 DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMAS LAZOS DE CONTROL.....	33
3.5.1 Lazos de control.....	33
3.5.1.1 Área 100	33
3.5.1.2 Área 200	36
3.5.1.3 Área 300	41
3.5.1.4 Área 400	44
3.5.1.5 Área 500	45
3.5.2 Lazos de monitorización y seguridad	46
3.5.2.1 Área 100	47
3.5.2.2 Áreas 200, 300 y 400.....	47
3.5.2.3 Área 500	48

3.6 SEÑALES.....	49
3.7 INSTRUMENTACIÓN.....	50
3.7.1 Check list instrumentación de los lazos de control	51
3.7.1.1 Área 100	51
3.7.1.2 Área 200	55
3.7.1.3 Área 300	58
3.7.1.4 Área 400	60
3.7.1.5 Área 500	62
3.7.2 Check list instrumentación lazos monitorización y seguridad	63
3.7.2.1 Área 100	63
3.7.2.2 Área 200	65
3.7.2.3 Área 300	67
3.7.2.4 Área 400	68
3.7.2.5 Área 500	69
3.7.3 Elementos de medición.....	71
3.7.3.1 Temperatura.....	71
3.7.3.2 Presión	73
3.7.3.3 Nivel	75
3.7.3.3 Caudal másico	77
3.7.3.5 Carga.....	79
3.7.4 Elementos finales de control	81
3.7.4.1 Introducción.....	81
3.7.4.2 Listado válvulas de control.....	81
3.7.4.3 Dimensionado de válvulas de control.....	88
3.7.4.4 Hoja de especificaciones válvulas de control	93
3.8 BIBLIOGRAFÍA	97

3.1. Introducción

Una planta química consta de diversas unidades de proceso (reactores, intercambiadores de calor, bombas, columnas de destilación, columnas de absorción, evaporadores, tanques, etc.) dispuestas de una forma lógica y sistemática. Así, el objetivo de esta planta química es convertir ciertas materias primas (*feedstock input*) en unos productos determinados utilizando fuentes de energía disponibles, de la forma más económica posible.

Durante su operación, una planta química debe satisfacer diversos requerimientos o premisas impuestas ante la posible presencia de influencias (perturbaciones) externas. Entre esta serie de perturbaciones destacan:

- **Seguridad:** la operación segura de un proceso químico es un requerimiento primordial tanto para el bienestar del personal de planta como para la continua contribución al desarrollo económico. Por esta razón, las presiones, temperaturas de operación y concentraciones de las especies presentes deben estar siempre dentro de unos límites admisibles.
- **Especificaciones de producción:** una planta química debe cumplir con la producción deseada. Además, esta producción debe alcanzar los valores de calidad establecidos.
- **Reglamentos medioambientales:** a nivel nacional e internacional, existen una serie de leyes que especifican que las temperaturas, concentraciones y flujos de los efluentes resultantes estén dentro de unos ciertos límites.
- **Restricciones operacionales:** los diferentes tipos de equipos utilizados en una planta química tienen restricciones inherentes a su operación. Estas restricciones deben satisfacerse durante la operación de la planta.
- **Economía:** la operación en la planta debe ajustarse a las condiciones del mercado, es decir, a la disponibilidad y economía de las materias primas y la demanda de los productos finales.

Por lo tanto, todos estos requerimientos necesitan una monitorización continua de la operación de la planta química y una intervención externa (control) para garantizar con éxito los objetivos operacionales.

Finalmente, destacar que todo esto se consigue a través de una disposición de los equipos (medidores, válvulas, controladores, ordenadores...) de forma lógica, y también con la ayuda de técnicos y operarios de planta, quiénes en conjunto forman el sistema de control.

3.2. Arquitectura de control

3.2.1. Implementación en planta

Para la implementación del control en la planta se tendrá que instalar un sistema de control SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Este sistema consta de un sistema central que monitoriza y controla todos los procesos de la planta mediante la interacción de PC's y PLC's.

Por otra parte, se debe decidir el tipo de control a utilizar. Las dos posibles estructuras del sistema de control por computador son la centralizada y la distribuida.

En este caso, debido a la problemática que presenta la estructura de control centralizada en cuanto a la fiabilidad del sistema ante incidencias en la red de comunicaciones o en el ordenador central, se desarrollará un sistema de control distribuido. De esta forma, se combinará la supervisión global de toda la planta con controles locales en las diferentes áreas de proceso.

3.2.2. Estructura de control distribuida

Para implantar una arquitectura distribuida es necesario identificar grupos de procesos o áreas funcionales con cierta independencia con el objetivo de asignar a cada grupo una unidad de control. A su vez, cada unidad de control debe tener la capacidad de intercomunicación con el resto de unidades, y con todos los ordenadores que hacen de servidor y que recopilan toda la información del proceso.

En esta planta en concreto, tal agrupación de procesos se llevará a cabo por las áreas ya definidas, ya que la distribución por áreas se ha hecho teniendo en cuenta los grupos funcionales de proceso.

De esta forma, el hecho de que la información esté organizada por zonas, permite al operador comprobar *in situ* el funcionamiento del proceso y la posible modificación de éste a través del ordenador.

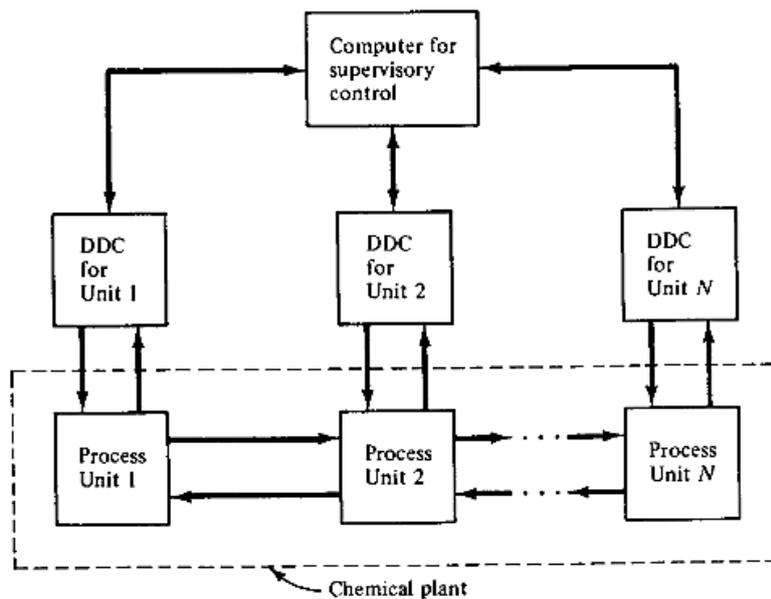


Figura 3.2.2.1. Estructura de control distribuida.

3.2.2.1. Modo de operación

En un tipo de estructura de control distribuida, los PLC's (*Programmable Logic Controller*) se sitúan en cada área de proceso y reciben las señales de toda la instrumentación de control de dicha área obteniendo, así, una recogida de datos distribuida.

Estos PLC's disponen de microprocesadores capaces de registrar señales como entradas (*inputs*) y manipular las salidas (*outputs*) en función de la información recibida. Así, si en la señal que reciben éstos no hay ninguna anomalía, actúan localmente y sólo se envía información a la sala de control cuando hay algún suceso. Los PLC's se conectan, mediante un BUS, con la sala de control principal.

3.2.3. Elementos del sistema de control

Los elementos o dispositivos (*hardware*) necesarios en todo sistema de control son los siguientes:

- 1- **Elementos medidores o sensores:** se utilizan para medir las perturbaciones, las variables de salida controladas, o las variables de salida secundarias, y las fuentes principales de información que indican cómo está yendo el proceso.

Las variables medidas en la planta de producción de 1-naftol son:

- Temperatura.
 - Presión.
 - Nivel.
 - Flujo másico y volumétrico.
 - Peso.
- 2- **Transductores:** estos dispositivos se encargan de transformar diferentes señales en otras señales físicas como voltaje eléctrico, las cuales se pueden transmitir fácilmente.
 - 3- **Líneas de transmisión:** se encargan de transmitir la medición o señal desde el elemento medidor hasta el controlador.
 - 4- **Controlador:** dispositivo que recibe la información del elemento medidor y decide que acción tomar en función de las premisas operacionales del proceso.
 - 5- **Elemento final de control:** actúa de acuerdo con la decisión que ha tomado el controlador con el fin de corregir la perturbación.

Entre estos elementos finales, se pueden encontrar algunos como las válvulas que controlan la entrada de vapor y agua de refrigeración, y de producto y materias primas, variadores de frecuencia de los agitadores...

3.2.4. Tipos de señales

Las señales que recibe y envía un controlador se dividen en dos grandes categorías: analógicas y digitales. Además, estas dos pueden ser tanto de entrada como de salida en función de quién da la información a quién. Así, una señal de salida será aquella que da información al elemento final.

3.2.4.1. Señales analógicas

Este tipo de señales indican el valor de una variable en continuo dentro de un rango. Ejemplos pueden ser la temperatura o presión medidas por el TT-201 o PT-201 del reactor R-201.

3.2.4.2. Señales digitales

Por otro lado, las señales digitales son aquellas que indican actividad o inactividad de una variable. Por ejemplo, los sensores de nivel de los distintos tanques de almacenamiento de HNO_3 y H_2SO_4 o de los reactores y equipos principales.

3.2.5. Lazos de control

En primer lugar, es necesario definir qué es un lazo de control. Así, éste es un sistema de toma de muestras, actuación y manipulación de las variables de proceso de acuerdo con las necesidades de proceso. Por lo tanto, un lazo de control se encarga de mantener una variable dentro de un rango establecido.

A continuación, se explican los diferentes lazos de control presentes en la planta. Sin embargo, su modo de funcionamiento se explicará más detalladamente en el apartado 3.5.

➤ **Control feed-back.**

Se considera el siguiente esquema de un control *feed-back*:

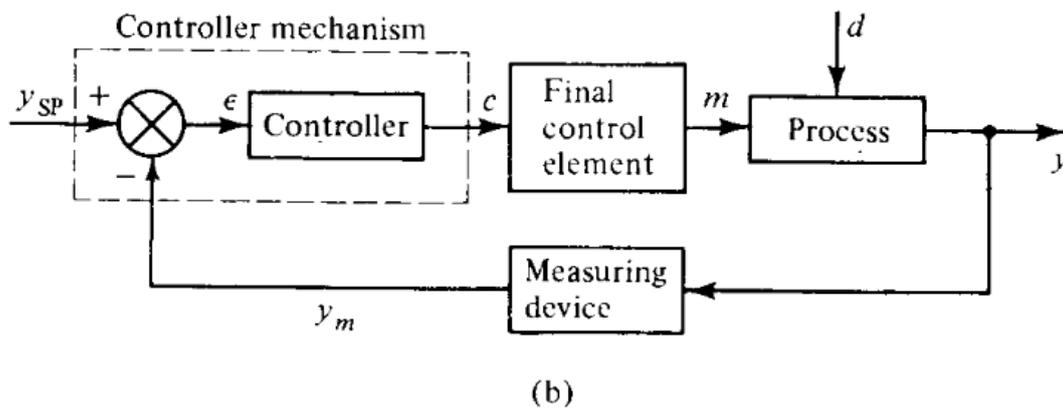


Figura 3.2.5.1. Control *feed-back*.

Éste está compuesto por una salida y , una perturbación d , y una variable manipulada m . Por ejemplo, en la planta podemos encontrar algún caso de control *feedback* como el que se explica a continuación:

- ❖ Control de temperatura del reboiler KR-206 de la columna DC-205

El esquema de dicho control sería el siguiente:

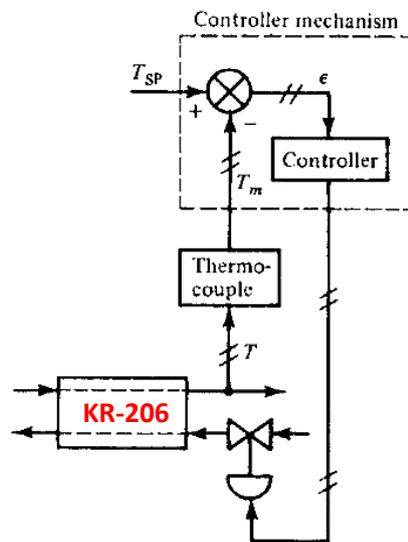


Figura 3.2.5.2. Control de temperatura feedback de la DC-205.

De esta forma, el funcionamiento de este control consta de las siguientes etapas:

- 1- Medición del valor de salida (temperatura del *kettle reboiler* KR-206 a partir del TT-206), donde y_m es el valor indicado por elemento medidor.
- 2- Comparación del valor indicado y_m con el valor deseado y_{sp} (*set point*) de salida. La desviación o error sería $\epsilon = y_{sp} - y_m$.
- 3- El valor de la desviación ϵ se envía al controlador principal. Sucesivamente, el controlador cambia el valor de la variable manipulada m con el fin de reducir la magnitud de la desviación ϵ . Este cambio lo realiza el elemento final de control, que en este caso sería la válvula TCV-203 que controla la entrada de vapor en dicho calderín.

➤ Control en cascada.

Un ejemplo típico de lazo de control en cascada en la presente planta es el control de la temperatura de los reactores o tanques que disponen de una media caña o camisa. Se considera el siguiente esquema de un control en cascada:

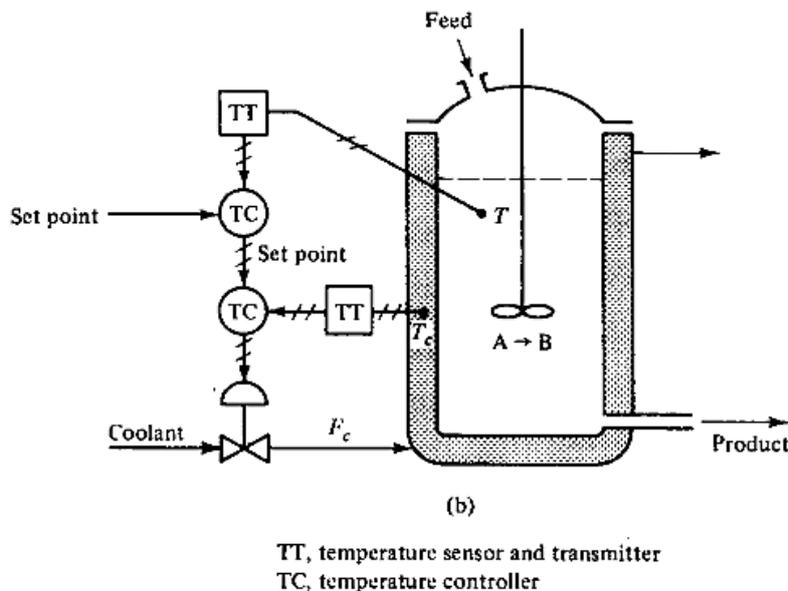


Figura 3.2.5.3. Control en cascada.

De esta forma, con un control en cascada se puede mejorar la respuesta de un simple control en *feedback* frente a cambios en la temperatura del refrigerante/calefactor midiendo la temperatura T_C (en nuestro caso en particular se denotará por TMC que hace referencia a la temperatura de la media caña). Por lo tanto, se consigue tomar la acción de control antes de que el efecto de esta corriente lo note la mezcla reactante.

Por lo tanto, se puede observar que existen dos lazos de control que usan dos diferentes mediciones, T y T_C , pero que comparten una única variable manipulada, F_C . Además:

- a) El lazo que mide T (variable controlada) es el lazo primario y utiliza el *set point* suministrado por el operador, mientras que
- b) El lazo que mide T_C utiliza la salida del controlador primario como su *set point* y recibe el nombre de lazo secundario.

➤ **Control ON/OFF.**

Finalmente, se ha optado por instalar lazos de control del tipo ON/OFF en los tanques de almacenamiento de materias primas. Así, este control se utiliza en las operaciones de llenado y vaciado de dichos tanques.

Este tipo de control es el más elemental y consiste en que el elemento final actúa una vez el sensor de nivel detecta que el líquido ha llegado al punto para el que dicho sensor está calibrado.

Por último, **destacar que se ha instalado, en las etapas en continuo, una segunda línea paralela a cada válvula de control para poder reparar dicha válvula si sufriera algún tipo de avería. De esta forma, se instala al lado de cada válvula de control dos válvulas manuales (HV) y otra en la línea paralela que ayudarán a poder reparar la válvula de control, y poder continuar el proceso, respectivamente.**

Por lo tanto, este último tipo de configuración únicamente se realizará en las etapas en continuo (áreas 200 y 300) y sólo en aquellas líneas que precisen de una operación en continuo como por ejemplo las líneas de flujo de proceso en continuo o las líneas de servicio de los intercambiadores, condensadores o *reboiler's*. Así, esta configuración no se verá por ejemplo en las líneas de vapor y agua de refrigeración de los reactores R-201 & R-202, ya que trabajan en discontinuo.

3.2.6. Otros lazos

En una planta química industrial, a parte de los lazos de control, es posible encontrar otro tipo de lazos como pueden ser los lazos de seguridad y de monitorización.

A continuación, se explicará en qué consisten cada uno de ellos y se mencionarán algunos ejemplos que se puedan encontrar en la planta de producción de 1-naftol. Sin embargo, la descripción detallada de éstos se realizará en el apartado 3.5.

3.2.6.1. Lazos de seguridad

Un lazo de seguridad es aquel que tiene un elemento o equipo diseñado para actuar automáticamente cuando una variable alcanza un cierto valor, sin necesidad de sensores ni de controladores.

En el caso de dicha planta, la variable de estos lazos es la presión y la instrumentación utilizada son las válvulas de seguridad y los discos de ruptura.

Una válvula de seguridad (PSV) se define como una válvula todo/nada que se abre cuando el sistema sobrepasa una cierta presión, y que vuelve a su estado de reposo una vez esta presión vuelve a estar por debajo del valor normal de trabajo.

En cambio, los discos de ruptura (BD) son dispositivos de alivio de presión sin cierre repetido del mecanismo, accionados por diferencia de presión entre el interior y exterior y diseñados para funcionar por estallido o venteo de un disco. De esta forma, un disco de ruptura está tarado a una cierta presión, y una vez el recipiente supera este valor de presión, el disco se rompe y la diferencia de presión provoca la descarga del contenido del recipiente [1].

Destacar que se establece que la presión de actuación de la válvula de seguridad sea un 10% por encima de la presión normal de trabajo, y que la presión de actuación del disco de ruptura sea del 20% por encima.

Por ejemplo, en el caso de la planta de producción de 1-naftol, todos los reactores y columnas de destilación están equipados con una válvula de seguridad y un disco de

ruptura, que envíen la mezcla reactiva a un tanque de recogida (*catch tank*) en caso de accidente.

3.2.6.2. Lazos de monitorización

Por otra parte, los lazos de monitorización son aquellos que constan únicamente de un sensor y, en algunos casos, con un dispositivo de alarma.

Estos lazos sirven para tener un registro de los diferentes valores que adquiere una cierta variable para poder avisar al sistema de control en caso de situaciones anómalas o peligrosas. Así, si la transcendencia de la variable es notoria, puede incluso llegar a darse el paro de emergencia del equipo implicado.

3.3. Nomenclatura lazos de control

Con el objetivo de conocer en todo momento de qué lazo de control se está hablando, es necesario categorizar o clasificar éstos en función de unos patrones determinados.

Por esta razón, la nomenclatura de un lazo de control será la siguiente:

$$V - EEEEE - XX$$

Dónde:

V → se corresponde con la variable controlada.

EEEE → equipo donde se está realizando dicho control.

XX → número del lazo ante posibles mediciones de la misma variable en un determinado equipo.

Por ejemplo, **T-R402-01** es el lazo 01 de la zona 400 que controla la temperatura en el reactor R-402. Así, esta medición de la temperatura la realiza el TT-402 que envía la señal al TC-402, y éste envía la acción a corregir a las válvulas de control bola de entrada de aceite y agua TCV-403 y TCV-404, respectivamente.

Finalmente, se presenta en la tabla 3.3.1 las diferentes nomenclaturas de la instrumentación presente en toda la planta:

Tabla 3.3.1. Nomenclatura instrumentación.

TT	Temperature Transmitter	AV	Automatic Valve (todo/nada)
PT	Pressure Transmitter	LCV	Level Control Valve (regulación)
WT	Weight Transmitter	FCV	Flow Control valve (todo/nada)
HL	High Level indicator	TCV	Temperature Control Valve (regulación)
LL	Low Level indicator	PCV	Pressure Control Valve (regulación)
TC	Temperature Controller	PSV	Pressure Security Valve
PC	Pressure Controller	BD	Burning Disc
WC	Weight Controller	MF	Mass Flow Meter
LC	Level Controller	VF	Variador de frecuencia

MFC	Mass Flow Controller	HV	Hand Valve (todo/nada manual)
RCV	Reflux Control Valve		

Por ejemplo, una célula de carga que controle la carga de un reactor recibirá la etiqueta de WT-YXX.

donde:

, Y se corresponde al área en la que se encuentre este elemento.

Por ejemplo, área 200 → Y=2

, XX es el número que se le asigna a esta instrumentación.

Además, **se debe tener en cuenta que no se hace distinción entre el sensor y el transmisor, sino que el mismo elemento incluye las dos funciones.**

3.4. Lazos presentes. Check list

A continuación, se presenta el listado de los lazos de control, monitorización y seguridad presentes a lo largo de la planta de producción de 1-naftol.

3.4.1. Área 100

Tabla 3.4.1.1. Lazos de control. Área 100.

	LAZOS DE CONTROL ÁREA 100	PROYECTO	1-naftol
		LOCALIZACIÓN	Tarragona
		Hoja nº	1 de 5
		Fecha	06/06/2014

Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point (m)
T-101					
L-T101-1	ON/OFF	Nivel máxima T-101	Entrada tanque T-101	AV-101	6
T-102					
L-T102-1	ON/OFF	Nivel máxima T-102	Entrada tanque T-102	AV-103	6
T-103					
L-T103-1	ON/OFF	Nivel máxima T-103	Entrada tanque T-103	AV-105	6
T-104					
L-T104-1	ON/OFF	Nivel máxima T-104	Entrada tanque T-104	AV-107	6

Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point (m)
T-105					
L-T105-1	ON/OFF	Nivel máxima T-105	Entrada tanque T-105	AV-109	4,5
T-106					
L-T106-1	ON/OFF	Nivel máxima T-106	Entrada tanque T-106	AV-111	4,5
T-107					
L-T107-1	ON/OFF	Nivel máxima T-107	Entrada tanque T-107	AV-113	4,5
T-108					
L-T108-1	ON/OFF	Nivel máxima T-108	Entrada tanque T-108	AV-115	4,5

Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point (m)
T-101					
L-T101-2	ON/OFF	Nivel mínima T-101	Salida tanque T-101	AV-102	0,3
T-102					
L-T102-2	ON/OFF	Nivel mínima T-102	Salida tanque T-102	AV-104	0,3
T-103					
L-T103-2	ON/OFF	Nivel mínima T-103	Salida tanque T-103	AV-106	0,3
T-104					
L-T104-2	ON/OFF	Nivel mínima T-104	Salida tanque T-104	AV-108	0,3

Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point (m)
T-105					
L-T105-2	ON/OFF	Nivel mínima T-105	Salida tanque T-105	AV-110	0,2
T-106					
L-T106-2	ON/OFF	Nivel mínima T-106	Salida tanque T-106	AV-112	0,2
T-107					

L-T107-2	ON/OFF	Nivel mínima T-107	Salida tanque T-107	AV-114	0,2
T-108					
L-T108-2	ON/OFF	Nivel mínima T-108	Salida tanque T-108	AV-116	0,2

Tabla 3.4.1.2. Lazos de monitorización y seguridad. Área 100.

	LAZOS DE MONITORIZACIÓN Y SEGURIDAD ÁREA 100	PROYECTO	1-naftol
		LOCALIZACIÓN	Tarragona
		Hoja n°	1 de 5
		Fecha	06/06/2014

Identificación	Variable	Tipo de medición	Alarma		Presión actuación	
			Mínimo	Máximo	Válvula seguridad	Disco ruptura
T-101						
L-T101-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,3 m	6 m	-	-
W-T101-1	Carga líquido	Continuo	0	60000 kg	-	-
T-102						
L-T102-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,3 m	6 m	-	-
W-T102-1	Carga líquido	Continuo	0	60000 kg	-	-

T-103						
L-T103-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,3 m	6 m	-	-
W-T103-1	Carga líquido	Continuo	0	60000 kg	-	-

T-104						
L-T104-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,3 m	6 m	-	-
W-T104-1	Carga líquido	Continuo	0	60000 kg	-	-

T-105						
L-T105-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,2 m	4,5 m	-	-
W-T105-1	Carga líquido	Continuo	0	50000 kg	-	-

T-106						
L-T106-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,2 m	4,5 m	-	-
W-T106-1	Carga líquido	Continuo	0	50000 kg	-	-

T-107						
L-T107-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,2 m	4,5 m	-	-
W-T107-1	Carga líquido	Continuo	0	50000 kg	-	-

T-108						
L-T108-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,2 m	4,5 m	-	-
W-T108-1	Carga líquido	Continuo	0	50000 kg	-	-

T-109						
-------	--	--	--	--	--	--

Planta de producción de 1-naftol

3. Control e instrumentación

T-T109-1	T	Continuo	5 °C	30 °C	-	-
P-T109-1	P	Continuo	0,8 atm	1,2 atm	-	-
L-T109-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,5 m	4,5 m	-	-
W-T109-1	Carga líquido	Continuo	0	20000 kg	-	-

T-110						
T-T110-1	T	Continuo	5 °C	30 °C	-	-
P-T110-1	P	Continuo	80 bar	120 bar	-	-

3.4.2. Área 200

Tabla 3.4.2.1. Lazos de control. Área 200.

	LAZOS DE CONTROL ÁREA 200		PROYECTO		1-naftol
			LOCALIZACIÓN		Tarragona
			Hoja n°		2 de 5
			Fecha		06/06/2014
Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point
R-201					
MF-R201-R202-1	Feedback	Flujo HNO3 R-201	Entrada HNO3 R-201	FCV-201	3153,56 kg
T-R201-1	Cascada	Temperatura R-201	Entrada vapor	TCV-201	81 °C
T-R201-2	Cascada	Temperatura R-201	Entrada agua chiller	TCV-202	70 °C

Planta de producción de 1-naftol

3. Control e instrumentación

R-202					
MF-R201-R202-2	Feedback	Flujo HNO3 R-202	Entrada HNO3 R-202	FCV-201	3153,56
T-R202-1	Cascada	Temp. R-202	Entrada vapor	TCV-203	81 °C
T-R202-2	Cascada	Temp. R-202	Entrada agua chiller	TCV-204	70 °C

FS-204					
T-FS204-1	Feedback	Temp. FS-204	Entrada vapor FS-204	TCV-205	105 °C
L-FS204-1	Feedback	Nivel líquido FS-204	Caudal salida líquido FS-204	LCV-201	0,7 m

DC-205					
T-DC205-1	Feedback	Temp. condensador EX-202	Entrada agua torre	TCV-208	140,2 °C
MF-DC205-1	Feedback	Reflujo columna DC-205	Apertura válvula reflujo	RCV-201	15
L-DC205-1	Feedback	Nivel líquido columna DC-205	Caudal colas y destilado columna DC-205	LCV-202 / LCV-203	-

KR-206					
T-KR206-1	Feedback	Temp. reboiler KR-206	Entrada aceite térmico KR-206	TCV-207	322,9 °C

EX-201					
T-EX201-1	Feedback	Temp. corriente entrada en DC-205	Entrada agua torre	TCV-206	80 °C

Tabla 3.4.2.2. Lazos de monitorización y seguridad. Área 200.

	LAZOS DE MONITORIZACIÓN Y SEGURIDAD ÁREA 200	PROYECTO	1-naftol
		LOCALIZACIÓN	Tarragona
		Hoja nº	2 de 5
		Fecha	06/06/2014

Identificación	Variable	Tipo de medición	Alarma		Presión actuación	
			Mínimo	Máximo	Válvula seguridad	Disco ruptura
R-201						
T-R201-1	T	Continuo	40 °C	90 °C	-	-
P-R201-1	P	Continuo	-	1,1 atm	-	-
P-R201-2	P seguridad	ON/OFF	-	1,1 atm	1,1 atm	1,2 atm
W-R201-1	Carga líquido	Continuo	-	8000 kg	-	-
L-R201-1	Nivel líquido	ON/OFF	1 m	6,5 m	-	-

R-202						
T-R202-1	T	Continuo	40 °C	90 °C	-	-
P-R202-1	P	Continuo	-	1,1 atm	-	-
P-R202-2	P seguridad	ON/OFF	-	1,1 atm	1,1 atm	1,2 atm
W-R202-1	Carga líquido	Continuo	-	8000 kg	-	-
L-R202-1	Nivel líquido	ON/OFF	1 m	6,5 m	-	-

BT-203						
T-BT203-1	T	Continuo	50 °C	90 °C	-	-
L-BT203-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,2 m	4,8 m	-	-

FS-204						
T-FS204-1	T	Continuo	60 °C	120 °C	-	-
L-FS204-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,1 m	0,7 m	-	-

DC-205						
T-DC205-1	T	Continuo	280 °C	320 °C	-	-
P-DC205-1	P	Continuo	-	1,1 atm	-	-
P-DC205-2	P seguridad	ON/OFF	-	1,1 atm	1,1 atm	1,2 atm
L-DC205-1	Nivel líquido	ON/OFF	-	-	-	-

KR-206						
T-KR206-1	T	Continuo	300 °C	400 °C	-	-

3.4.3. Área 300

Tabla 3.4.3.1. Lazos de control. Área 300.

	LAZOS DE CONTROL ÁREA 300			PROYECTO	1-naftol
				LOCALIZACIÓN	Tarragona
				Hoja nº	3 de 5
				Fecha	06/06/2014
Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point
HR-301					
T-HR301-1	Cascada	Temperatura HR-301	Entrada agua chiller	TCV-302	190 °C
P-HR301-1	Feedback	Presión HR-301	Potencia compresor CMP-301 y bomba CP-301	VF-301 & VF-302	100 bar
L-HR301-1	Feedback	Nivel de líquido HR-301	Caudal salida de líquido HR-301	LCV-301	-
DC-302					
T-DC302-1	Feedback	Temperatura condensador EX-302	Entrada agua torre	TCV-305	80,79 °C
MF-DC302-1	Feedback	Reflujo columna DC-302	Apertura válvula reflujo	RCV-301	10
L-DC302-1	Feedback	Nivel columna destilación DC-302	Caudal salida de líquido destilado y colas columna DC-302	LCV-302 & LCV-303	-
KR-304					
T-KR304-1	Feedback	Temperatura reboiler KR-304	Entrada aceite térmico a KR-304	TCV-304	300,5 °C
EX-301					
T-EX301-1	Feedback	Temperatura corriente entrada HR-301	Entrada aceite térmico a EX-301	TCV-303	190 °C

Tabla 3.4.3.2. Lazos de monitorización y seguridad. Área 300.

	LAZOS DE MONITORIZACIÓN Y SEGURIDAD ÁREA 300		PROYECTO	1-naftol			
			LOCALIZACIÓN	Tarragona			
			Hoja nº	3 de 5			
			Fecha	06/06/2014			
Identificación	Variable	Tipo de medición	Alarma		Presión actuación		
			Mínimo	Máximo	Válvula seguridad	Disco ruptura	
HR-301							
T-HR301-1	T	Continuo	150 °C	220 °C	-	-	
P-HR301-1	P	Continuo	-	100 bar	-	-	
P-HR301-2	P seguridad	ON/OFF	-	110 bar	110 bar	120 bar	
W-HR301-1	Carga líquido	Continuo	-	4000 kg	-	-	
L-HR301-1	Nivel líquido	ON/OFF	-	-	-	-	
DC-302							
T-DC302-1	T	Continuo	70 °C	100 °C	-	-	
P-DC302-1	P	Continuo	-	1,1 atm	-	-	
P-DC302-2	P seguridad	ON/OFF	-	1,1 atm	1,1 atm	1,2 atm	
L-DC302-1	Nivel líquido	ON/OFF	-	-	-	-	

KR-304						
T-KR304-1	T	Continuo	250 °C	350 °C	-	-

BT-303						
T-BT303-1	T	Continuo	320 °C	250 °C	-	-
L-BT303-1	Nivel líquido	ON/OFF	-	-	-	-

3.4.4. Área 400

Tabla 3.4.4.1. Lazos de control. Área 400.

	LAZOS DE CONTROL ÁREA 400			PROYECTO	1-naftol
				LOCALIZACIÓN	Tarragona
				Hoja n°	4 de 5
				Fecha	06/06/2014
Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point
R-401					
MF-R401-R402-1	Feedback	Flujo H2SO4 R-401	Entrada H2SO4 R-401	FCV-401	4081,854 kg
MF-R401-R402-2	Feedback	Flujo H2O R-401	Entrada H2O R-401	FCV-402	7981,91 kg
P-R401-1	Feedback	Presión R-401	Potencia compresor CP-401	VF-401	13 bar
T-R401-1	Cascada	Temperatura R-401	Entrada agua refrig. y aceite R-401	TCV-401 / TCV-402	190 °C

R-402					
MF-R401-R402-1	Feedback	Flujo H2SO4 R-402	Entrada H2SO4 R-402	FCV-401	4081,854 kg
MF-R401-R402-2	Feedback	Flujo H2O R-402	Entrada H2O R-402	FCV-402	7981,91 kg
P-R402-1	Feedback	Presión R-402	Potencia compresor CP-402	VF-402	13 bar
T-R402-1	Cascada	Temperatura R-402	Entrada agua refriger. y aceite R-402	TCV-403 / TCV-404	190 °C

EX501					
T-EX501-1	Feedback	Temperatura salida R-401 & R-402	Entrada agua de refriger.	TCV-405	98,5 °C

Tabla 3.4.4.2. Lazos de monitorización y seguridad. Área 400.

	LAZOS DE MONITORIZACIÓN Y SEGURIDAD ÁREA 400		PROYECTO	1-naftol			
			LOCALIZACIÓN	Tarragona			
			Hoja nº	4 de 5			
			Fecha	06/06/2014			
Identificación	Variable	Tipo de medición	Alarma		Presión actuación		
			Mínimo	Máximo	Válvula seguridad	Disco ruptura	
R-401							
T-R401-1	T	Continuo	150 °C	220 °C	-	-	
P-R401-1	P	Continuo	-	14 bar	-	-	
P-R401-2	P seguridad	ON/OFF	-	14 bar	14 bar	15 bar	

W-R401-1	Carga líquido	Continuo	-	15000 kg	-	-
L-R401-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,6 m	5,5 m	-	-

R-402						
T-R402-1	T	Continuo	150 °C	220 °C	-	-
P-R402-1	P	Continuo	-	14 bar	-	-
P-R402-2	P seguridad	ON/OFF	-	14 bar	14 bar	15 bar
W-R402-1	Carga líquido	Continuo	-	15000 kg	-	-
L-R402-1	Nivel líquido	ON/OFF	0,6 m	5,5 m	-	-

3.4.5. Área 500

Tabla 3.4.5.1. Lazos de control. Área 500.

	LAZOS DE CONTROL ÁREA 500		PROYECTO	1-naftol		
			LOCALIZACIÓN	Tarragona		
			Hoja nº	5 de 5		
			Fecha	06/06/2014		
Identificación	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento final	Set point	
EX501						
T-EX501-1	Feedback	Temperatura entrada DCT-501	Entrada agua de refrigeración	TCV-501	80 °C	
DCT-502						
T-DCT502-1	Cascada	Temperatura DCT-501	Entrada agua de refrigeración	TCV-502	75 °C	

Tabla 3.4.5.2. Lazos de monitorización y seguridad. Área 500.

	LAZOS DE MONITORIZACIÓN Y SEGURIDAD ÁREA 500		PROYECTO	1-naftol			
			LOCALIZACIÓN	Tarragona			
			Hoja nº	5 de 5			
			Fecha	06/06/2014			
Identificación	Variable	Tipo de medición	Alarma		Presión actuación		
			Mínimo	Máximo	Válvula seguridad	Disco ruptura	
DCT-501							
T-DCT501-1	T	Continuo	90 °C	110 °C	-	-	
L-DCT501-1	Nivel líquido	ON/OFF	-	4,3 m	-	-	
DCT-502							
T-DCT502-1	T	Continuo	60 °C	95 °C	-	-	
L-DCT502-1	Nivel líquido	ON/OFF	-	3,2 m	-	-	
CTF-503							
T-CTF503-1	T	Continuo	60 °C	95 °C	-	-	

3.5. Descripción y diagramas de los lazos de control

Este apartado tiene como objetivo explicar los distintos lazos de control y de seguridad y monitorización presentes en todo el proceso para conseguir el correcto funcionamiento de la planta. Se explicarán, por separado, los lazos de cada área de producción.

Destacar que se ha hecho hincapié en las etapas de reacción, ya que son los puntos más críticos en cuanto a la regulación y control de variables de proceso.

3.5.1. Lazos de control

3.5.1.1. Área 100

El área 100 se corresponde con el área de almacenamiento de materias primas. En ésta se pueden encontrar los tanques de almacenamiento de ácido nítrico, ácido sulfúrico, iso-propanol e hidrógeno.

La instalación de un sistema de control surge de la necesidad de controlar el nivel de los tanques de almacenamiento de materias primas. Así, se debe mantener en todo momento dicho nivel entre el nivel de máxima y el nivel de mínima.

Por una parte, el nivel de máxima (HL) permite saber cuándo la capacidad de estos tanques llega a su máximo y permite indicar al camión cisterna que debe parar de adicionar el compuesto en cuestión y, por lo tanto, se cierra la válvula de entrada a cada tanque.

Por otro lado, el nivel de mínima (LL) indica que la cantidad de materia prima se está agotando y, por lo tanto, es necesario reponerla.

Este sistema de control se podrá aplicar a:

- Llenado tanques de HNO_3 desde camión cisterna a T-101 – T-104.
- Llenado tanques de H_2SO_4 desde camión cisterna a T-105 – T-108.
- Suministro de HNO_3 desde T-101 – T-104 a R-201 y R-202.
- Suministro de H_2SO_4 desde T-105 – T-108 a R-401 y R-402.

A continuación, se explicarán por separado cada una de estas operaciones que requieren de un sistema de control.

- **Llenado tanques de HNO₃ desde camión cisterna a T-101 – T-104 y llenado tanques de H₂SO₄ desde camión cisterna a T-105 – T-108.**

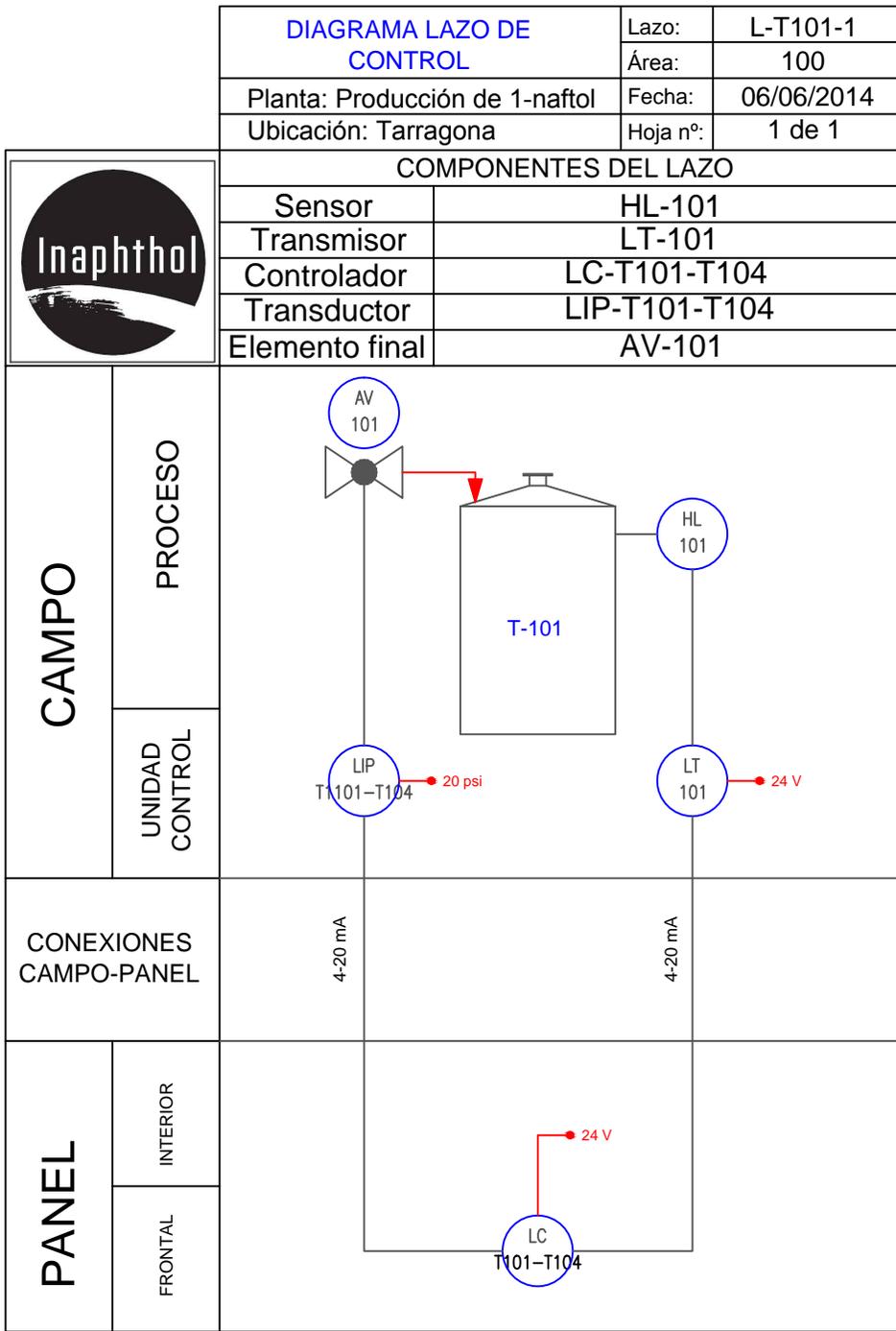
La operación que se lleva a cabo es la carga tanto de ácido nítrico como de ácido sulfúrico desde el camión cisterna hasta los respectivos tanques de almacenamiento.

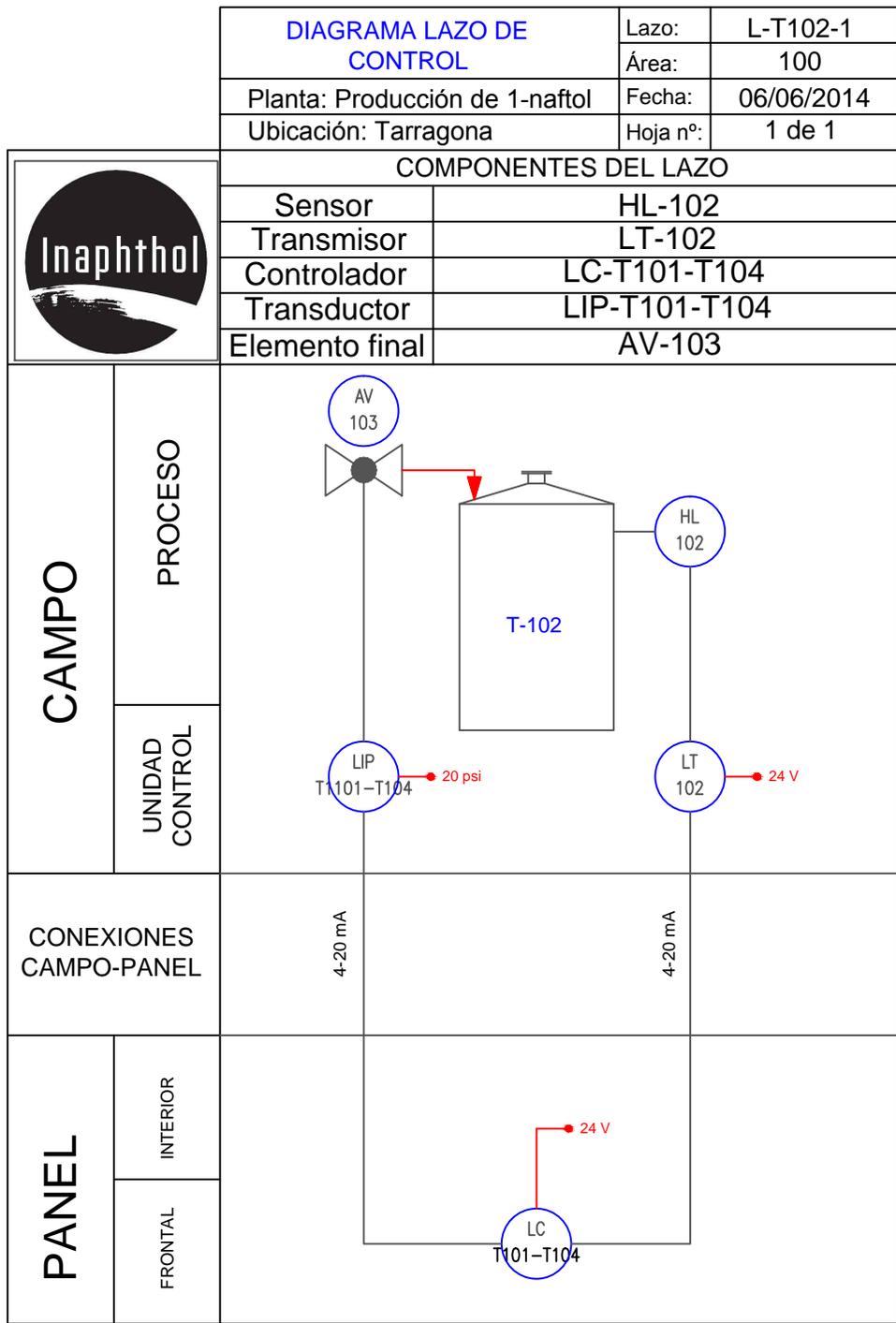
La metodología de operación de este lazo ON/OFF sería:

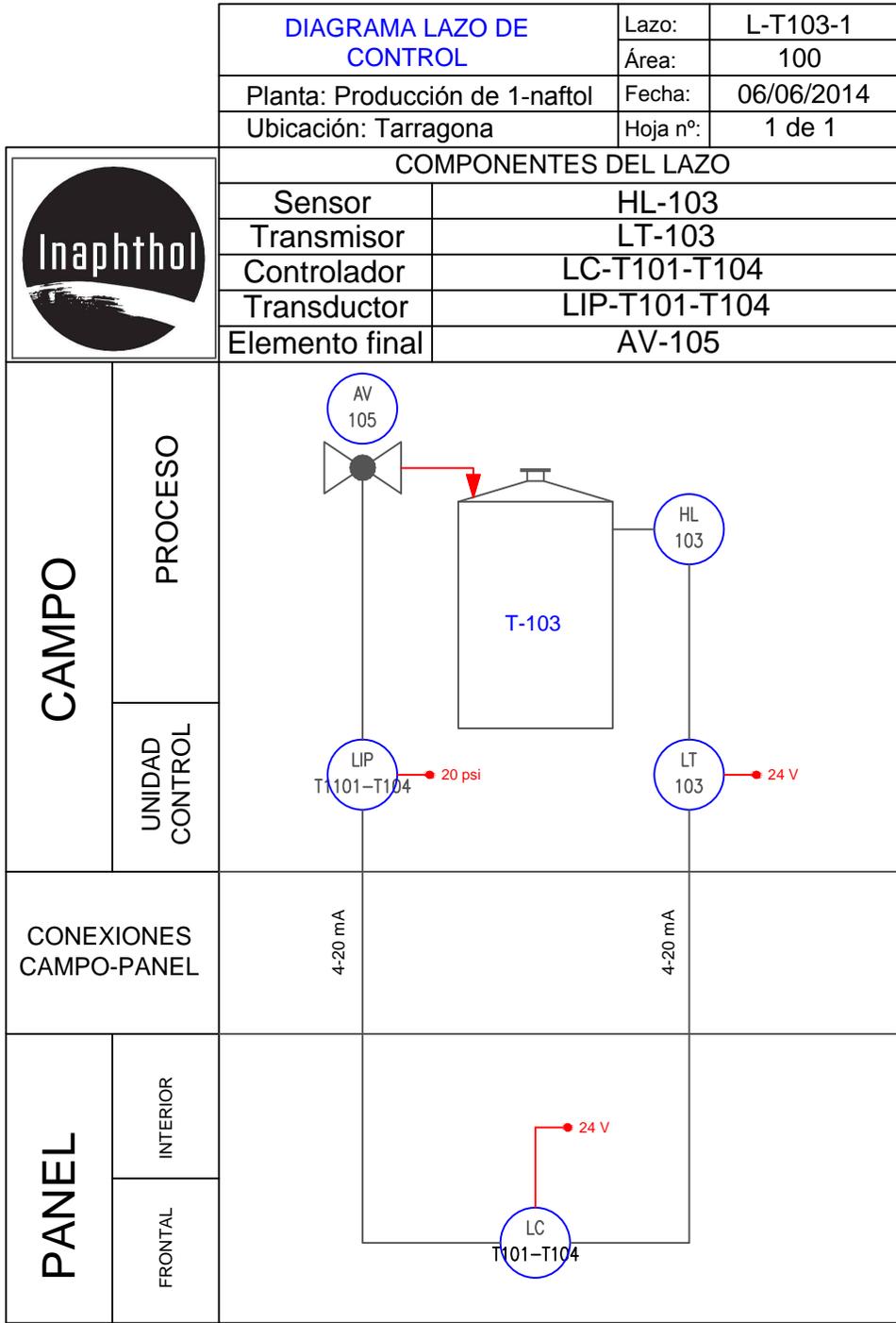
- 1- Detección y comprobación del nivel de mínima y máxima de cada tanque.
- 2- Envío de la señal al controlador responsable del control de llenado.
- 3- Bombeo desde el camión cisterna a los tanques.
- 4- Simultáneamente, se controla el peso que marca la célula de carga de cada tanque con el objetivo de saber cuándo ir finalizando la carga desde el camión cisterna.
- 5- Una vez, el nivel alcanza el nivel de máxima o HL (High Level), el controlador envía la señal al elemento final de control.
- 6- Actuación y consiguiente cierre de la válvula automática de entrada a cada tanque.
- 7- Finalmente, una vez están todos llenos, se produce el paro de la bomba centrífuga correspondiente (CP-101 en el caso del nítrico y CP-102 en el caso del sulfúrico).

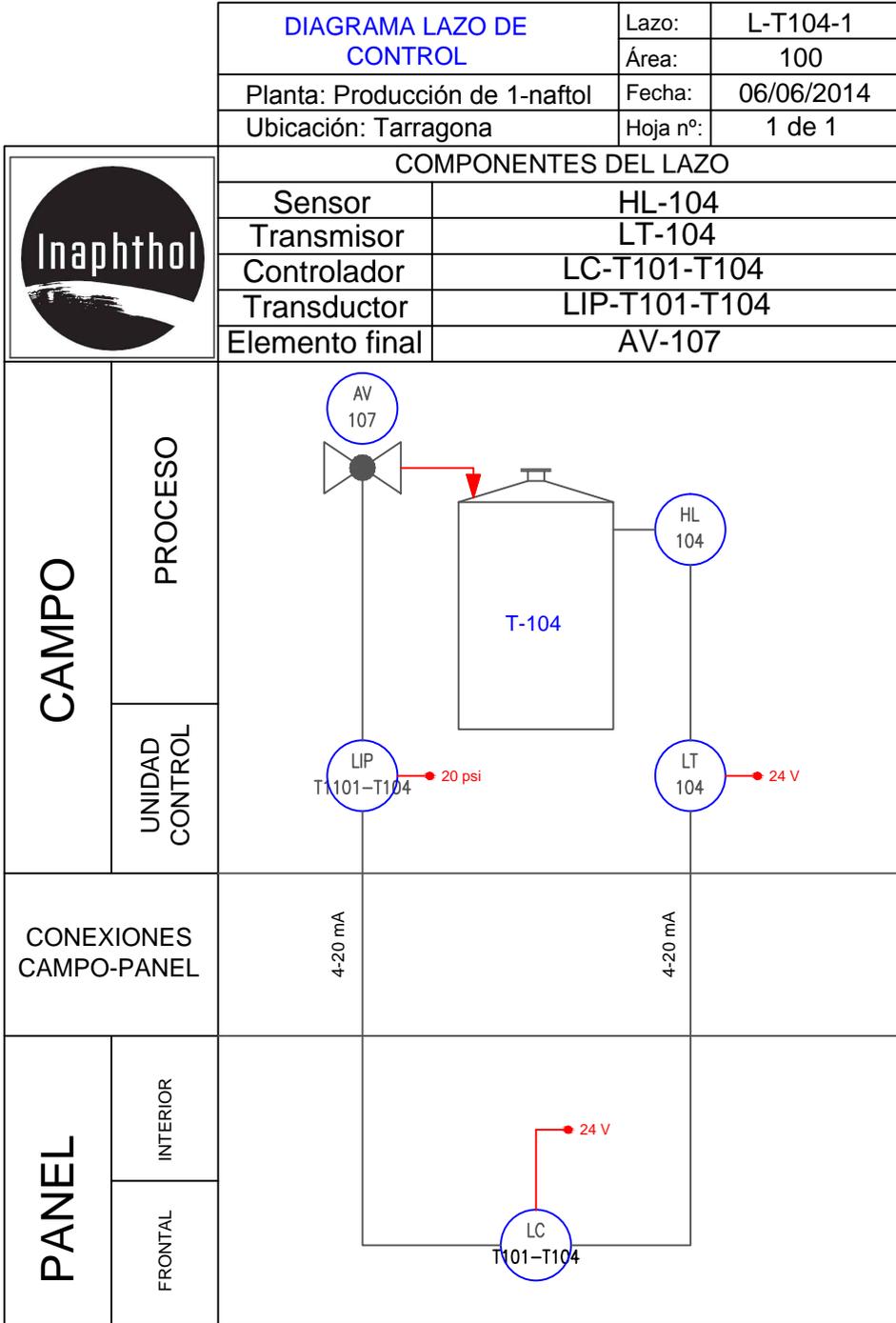
El sistema de control de llenado es el mismo para todos los tanques de almacenamiento con la excepción de que cambia la identificación de la instrumentación necesaria.

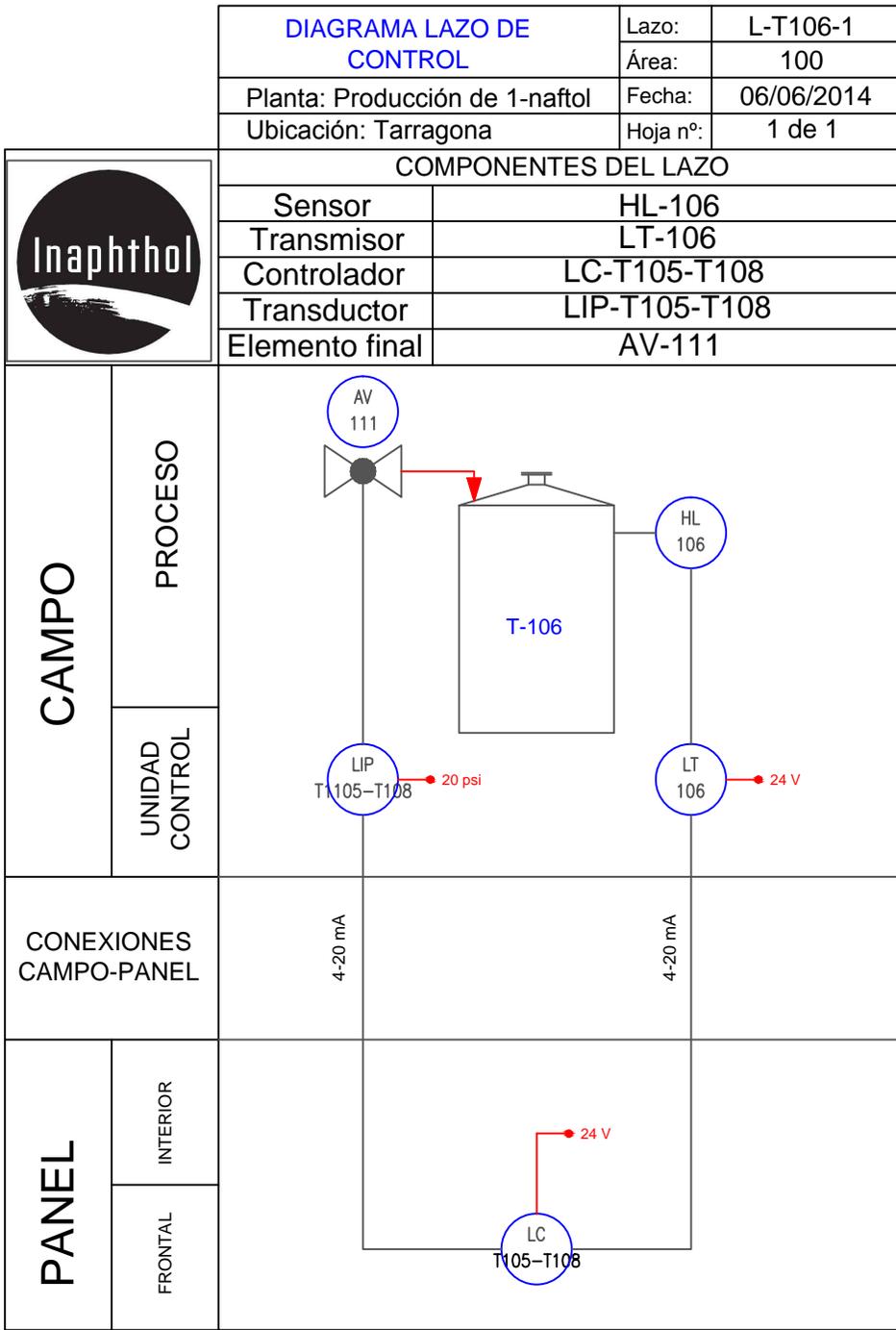
A continuación, se expondrán tales lazos de control:

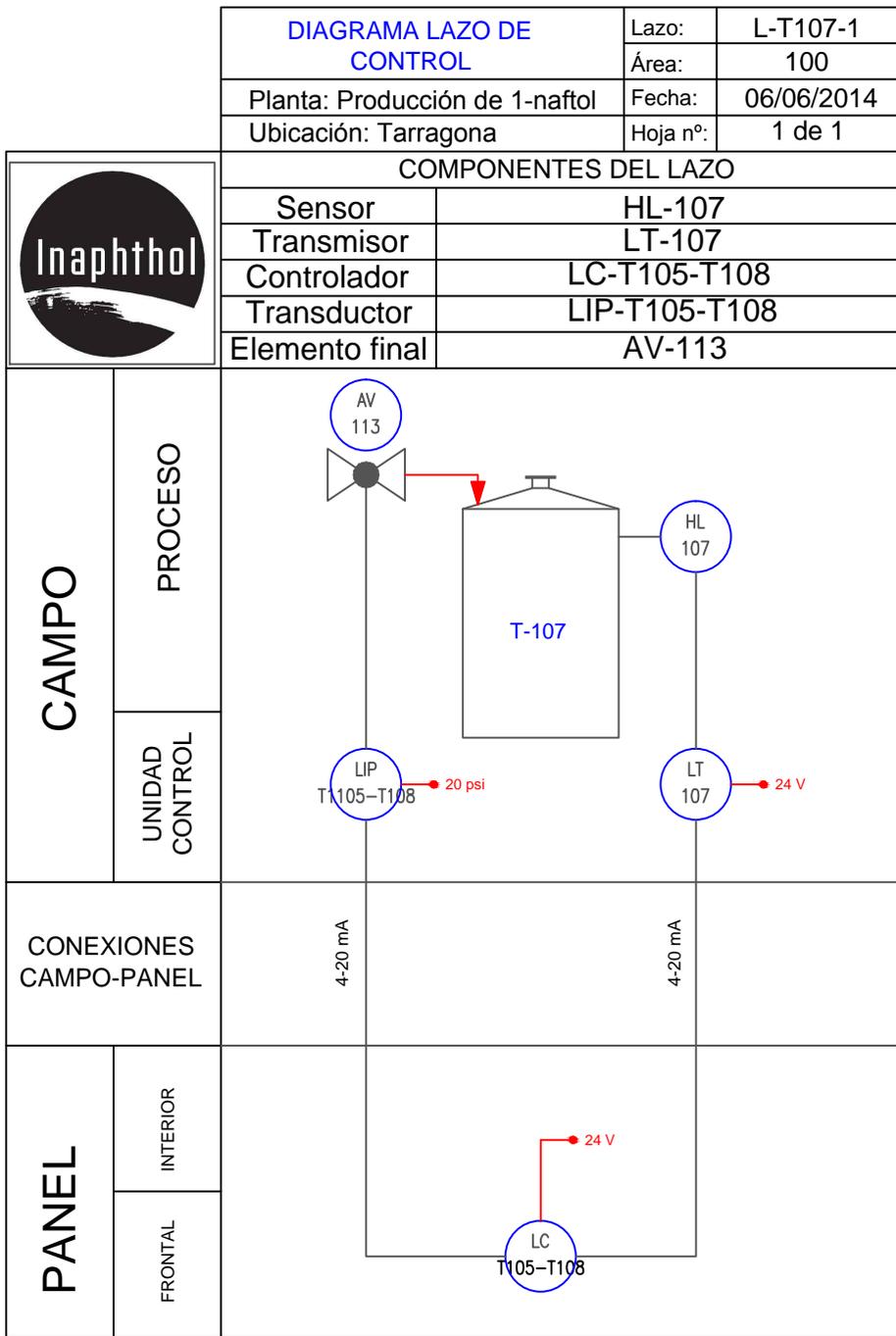


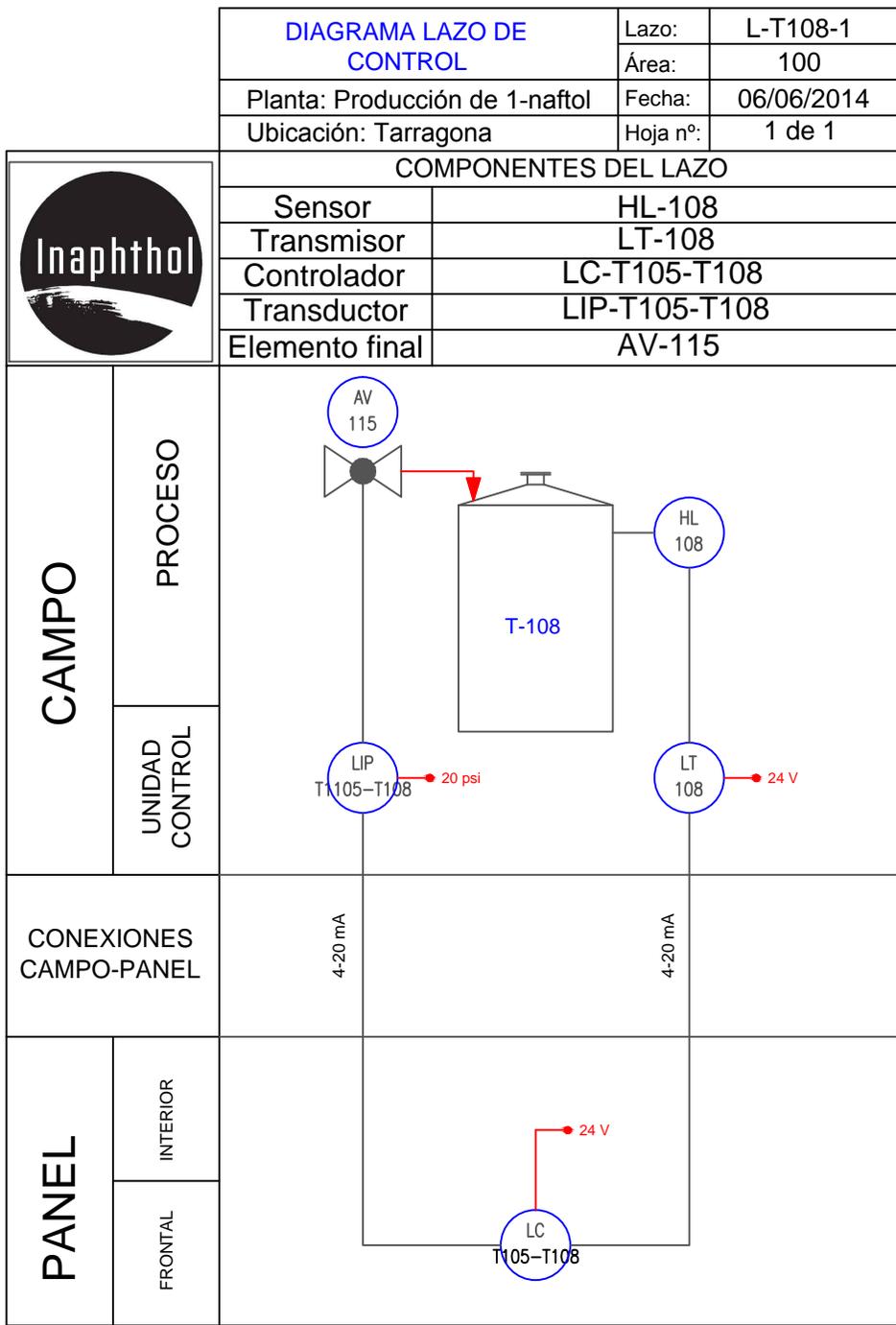










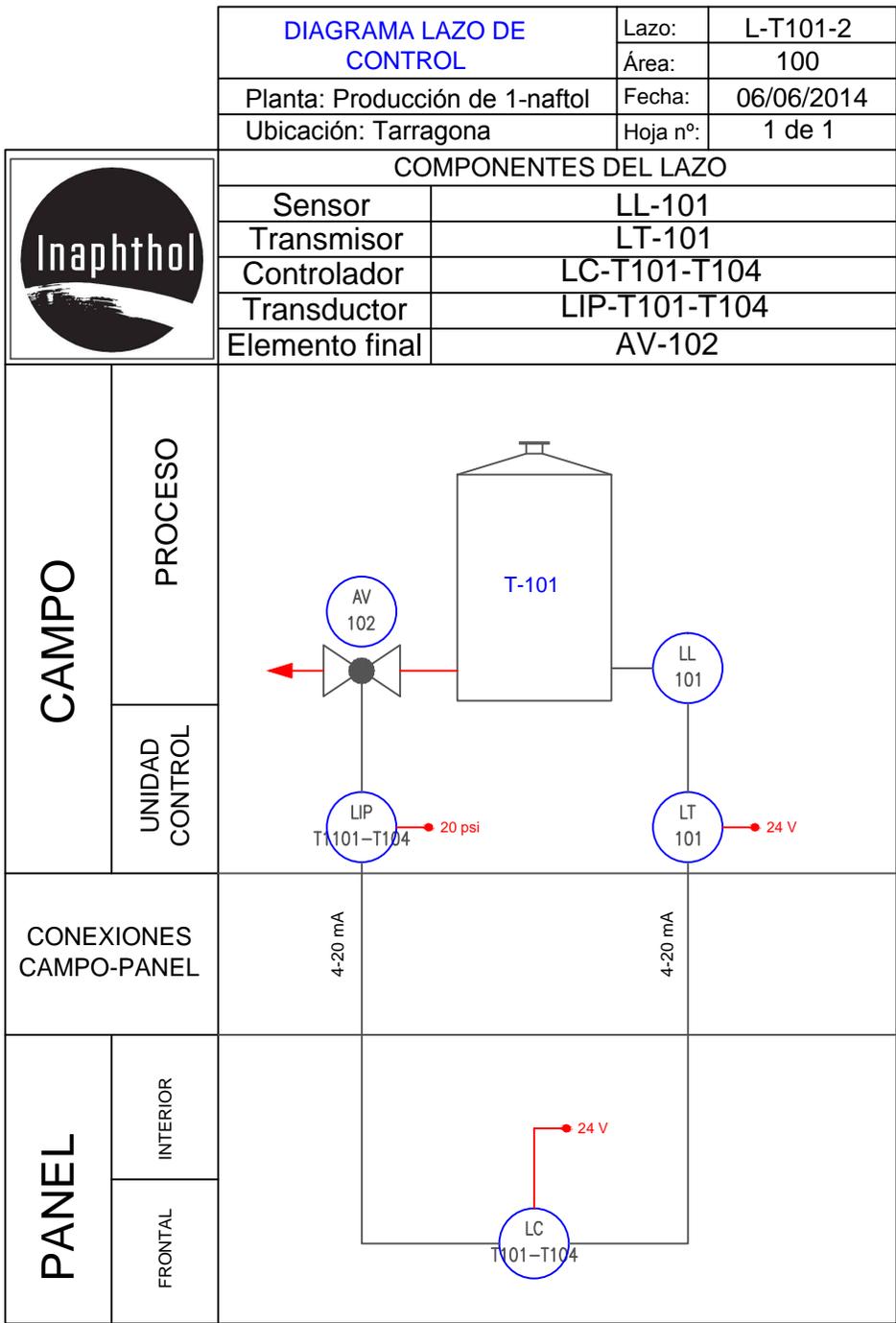


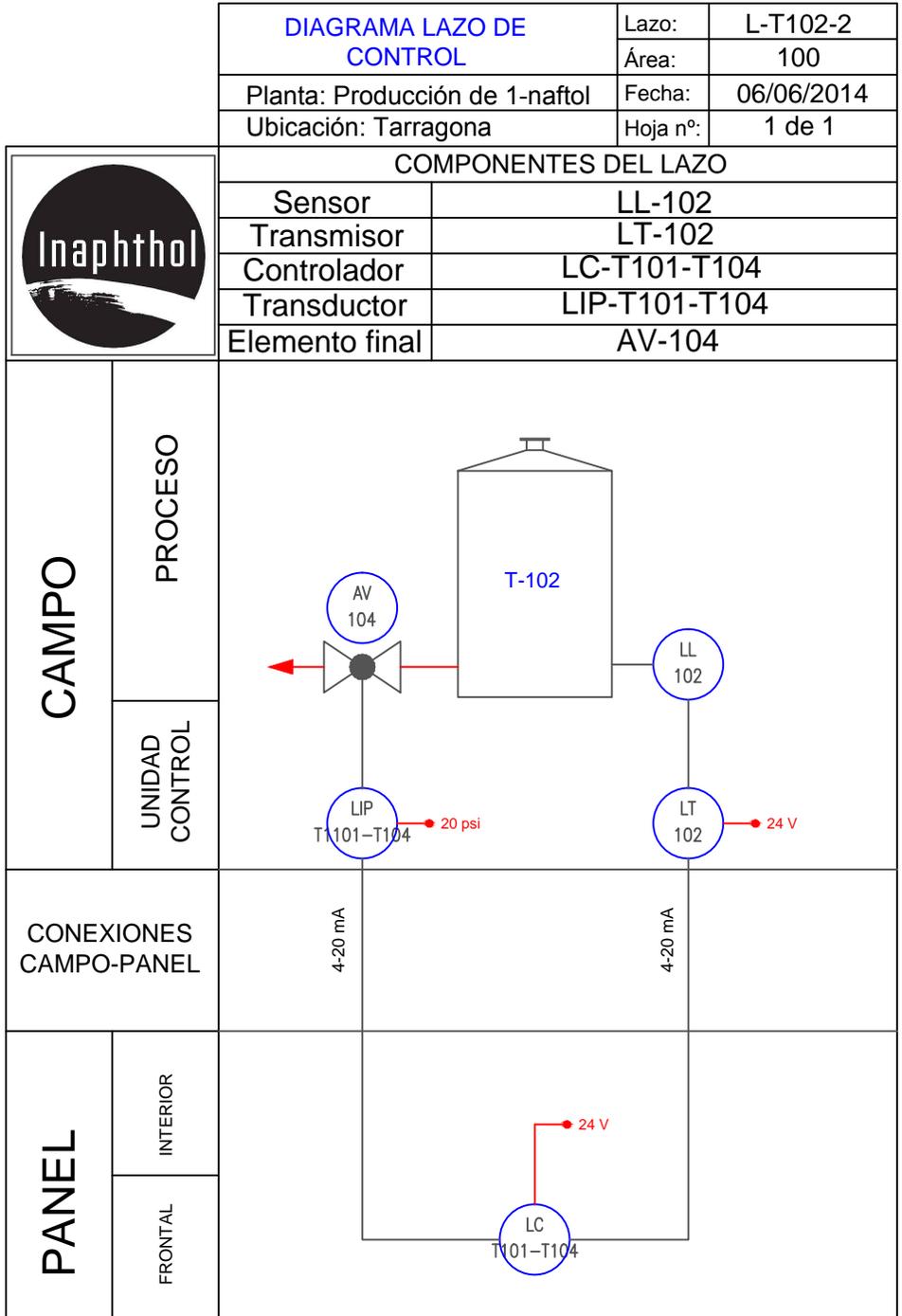
- **Suministro de HNO₃ desde T-101 – T-104 a R-201 y R-202 y de H₂SO₄ desde T-105 – T-108 a R-401 y R-402.**

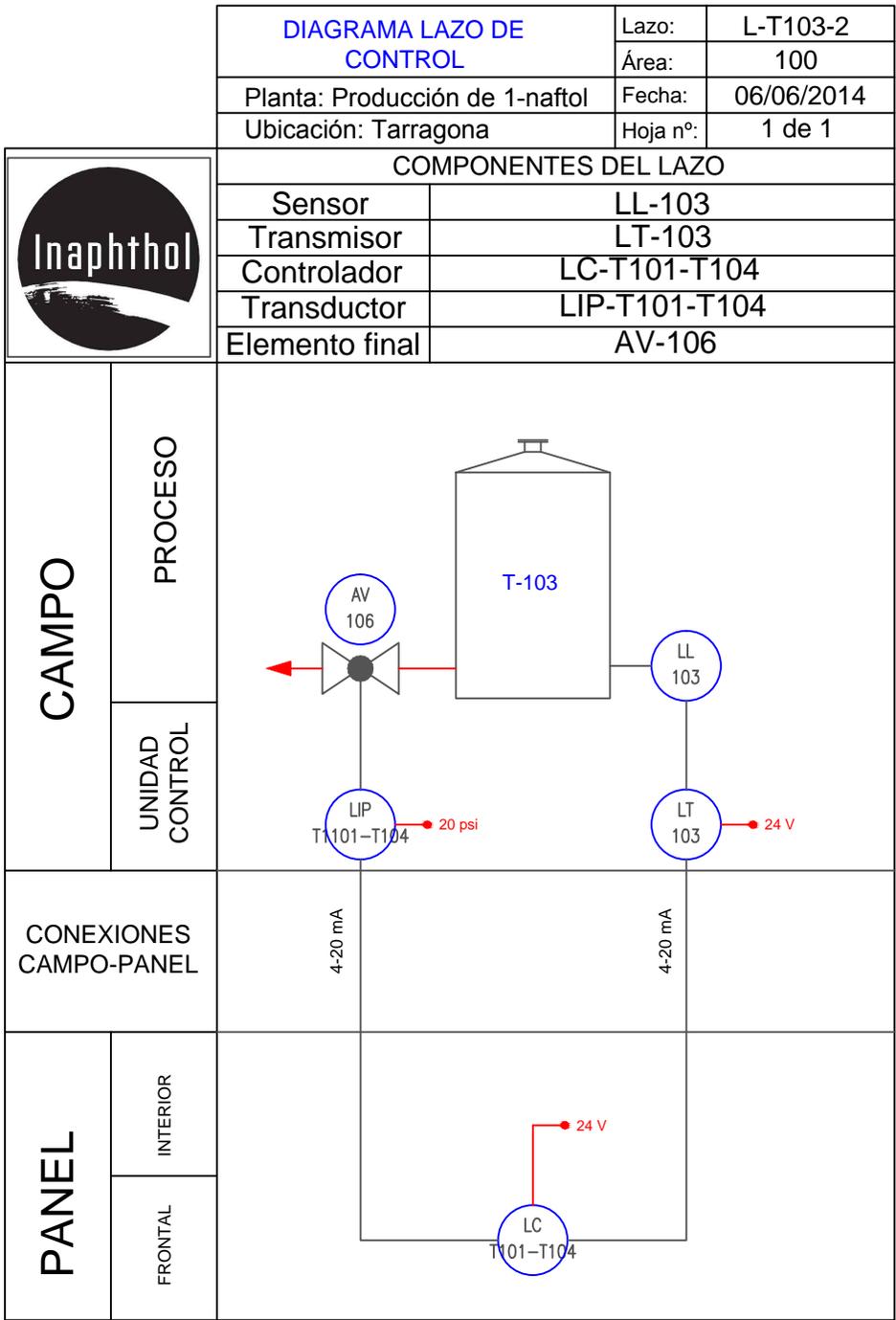
Por otro lado, se instala otro lazo de control encargado del suministro de dichas materias primas a los equipos de proceso pertinentes. De esta forma, se obtiene un suministro constante durante la operación de los equipos que precisan de estos ácidos.

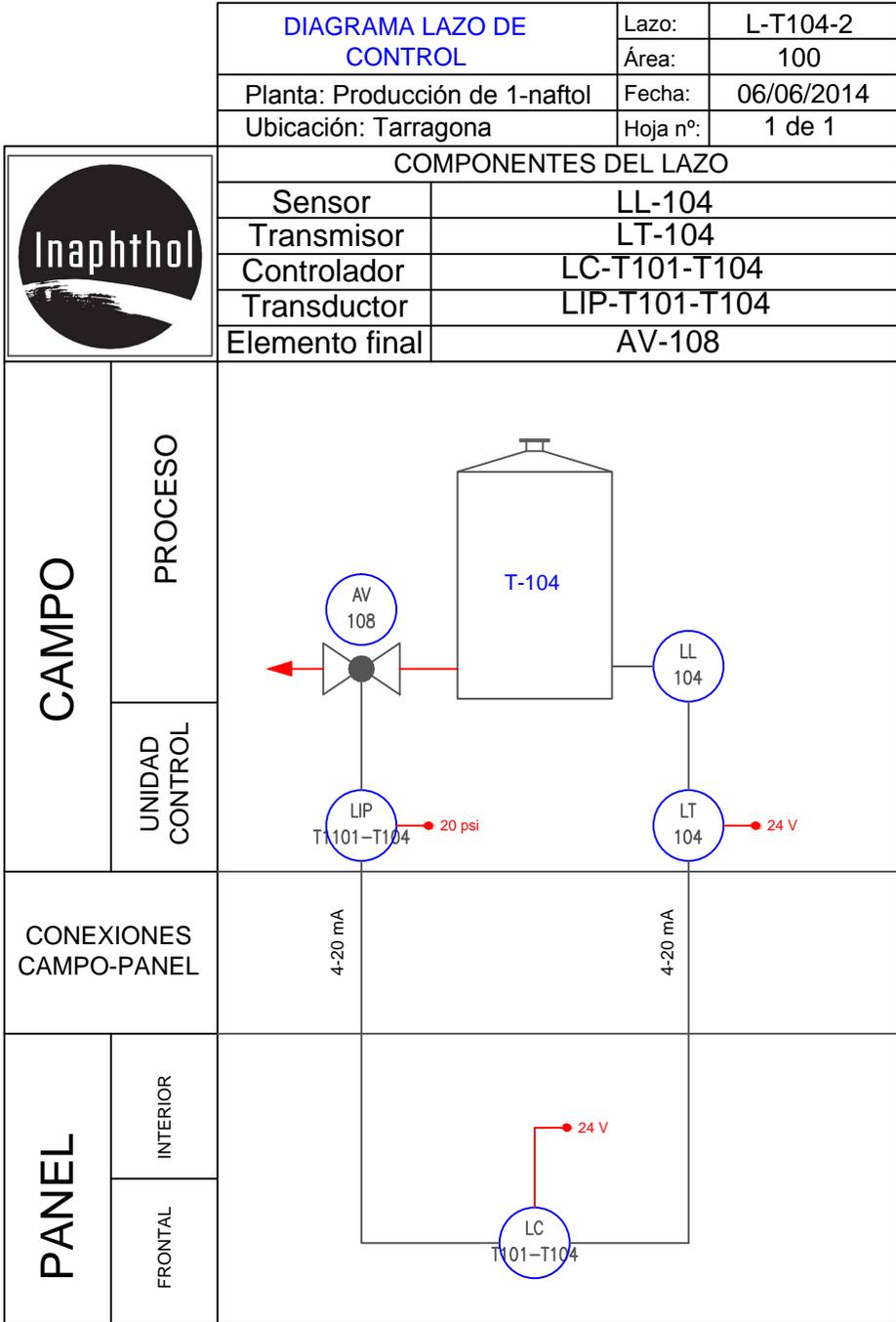
Cada tanque dispone de un sensor de nivel mínimo digital que indica si éste está vacío o no. Así, el controlador detecta qué tanques están llenos y cuáles vacíos, y mediante una serie de especificaciones funcionales, manda de forma lógica y ordenada el cierre de la válvula automática todo/nada del tanque que se queda vacío y la apertura de la válvula del siguiente tanque que esté lleno. Toda esta serie de acciones de control tienen lugar únicamente si las bombas CP-103/CP-104 (nitrógeno) y CP-105/CP-106 dan la señal de que están en funcionamiento.

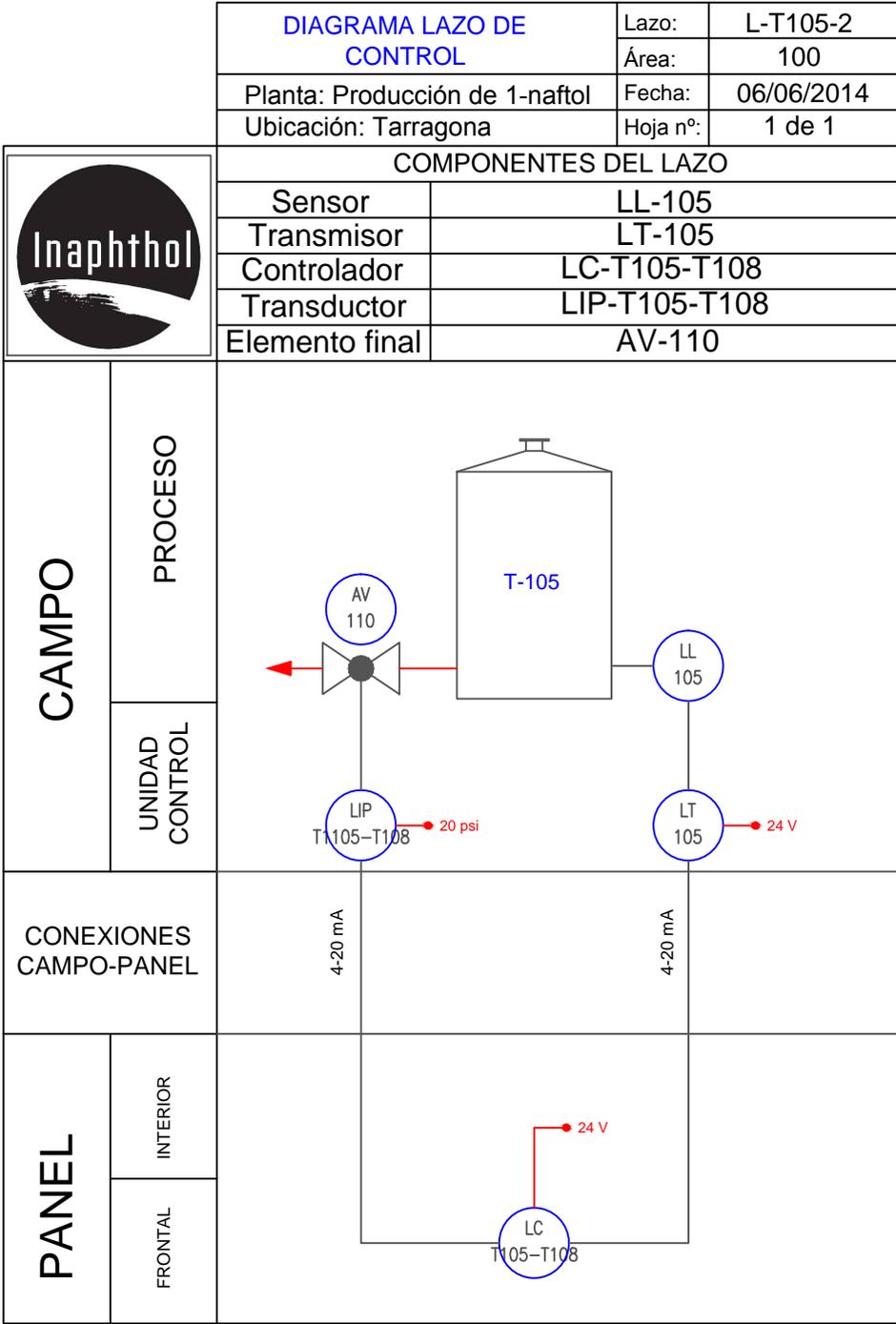
Una vez más, el funcionamiento es el mismo para todos los tanques cambiando únicamente la identificación de la instrumentación requerida.

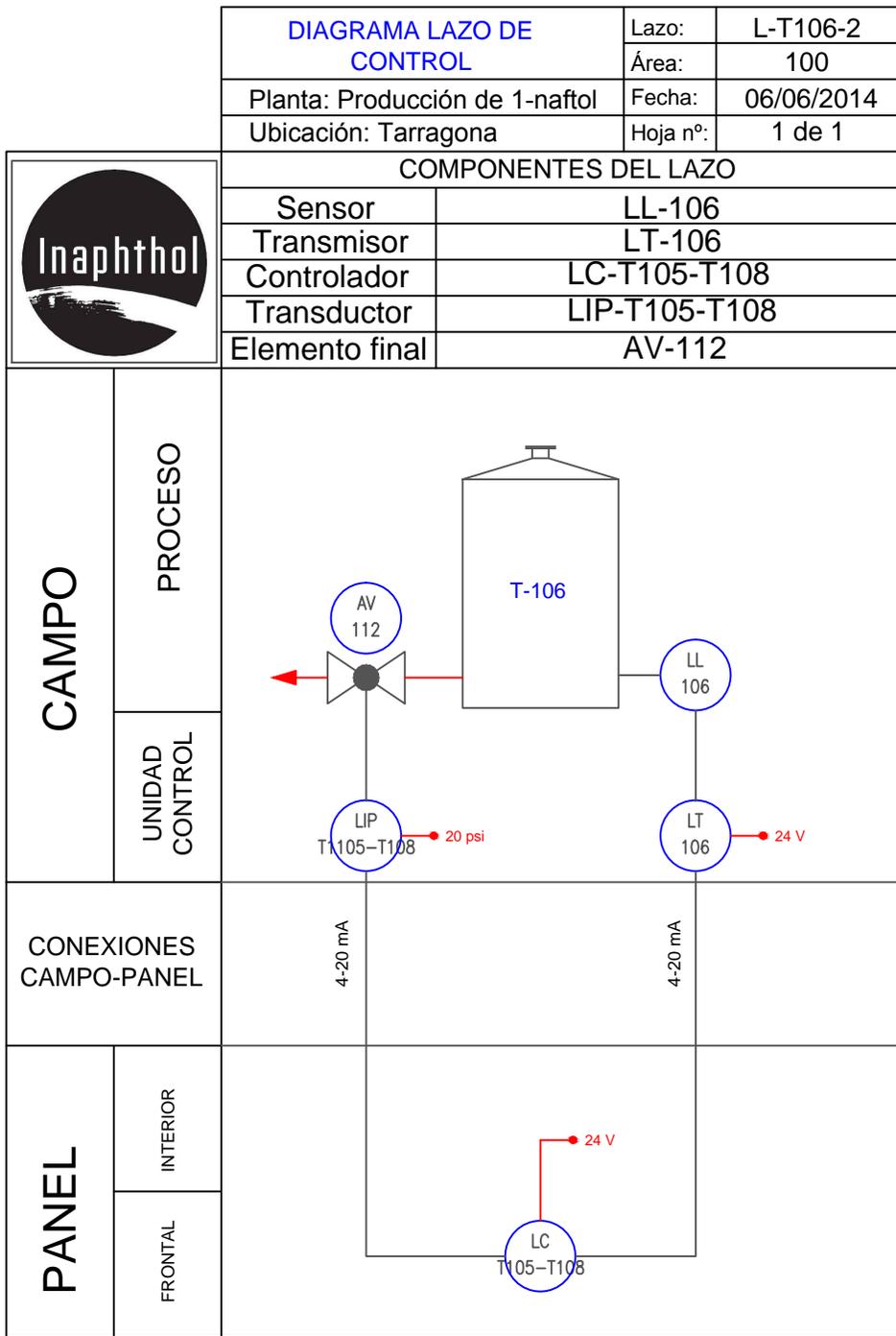


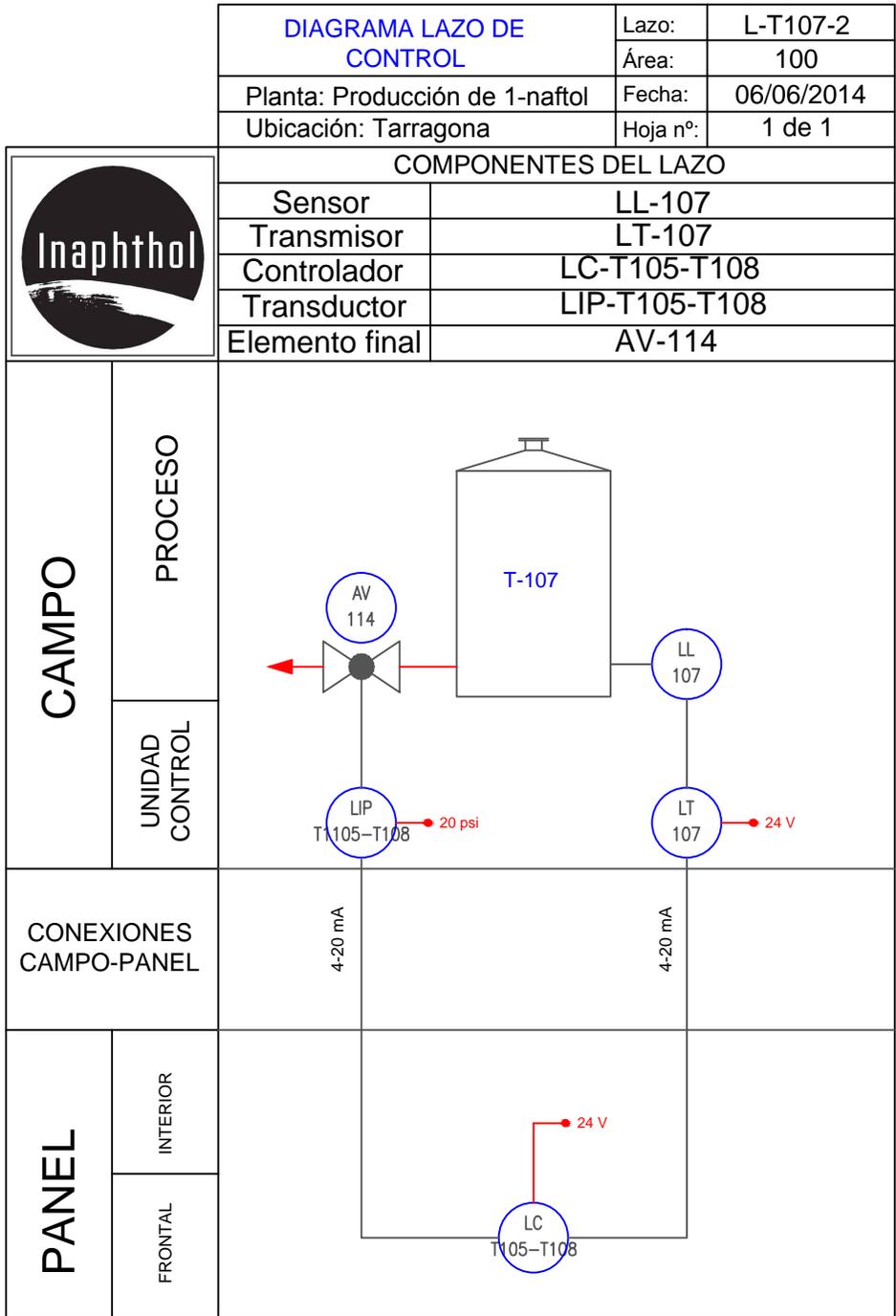


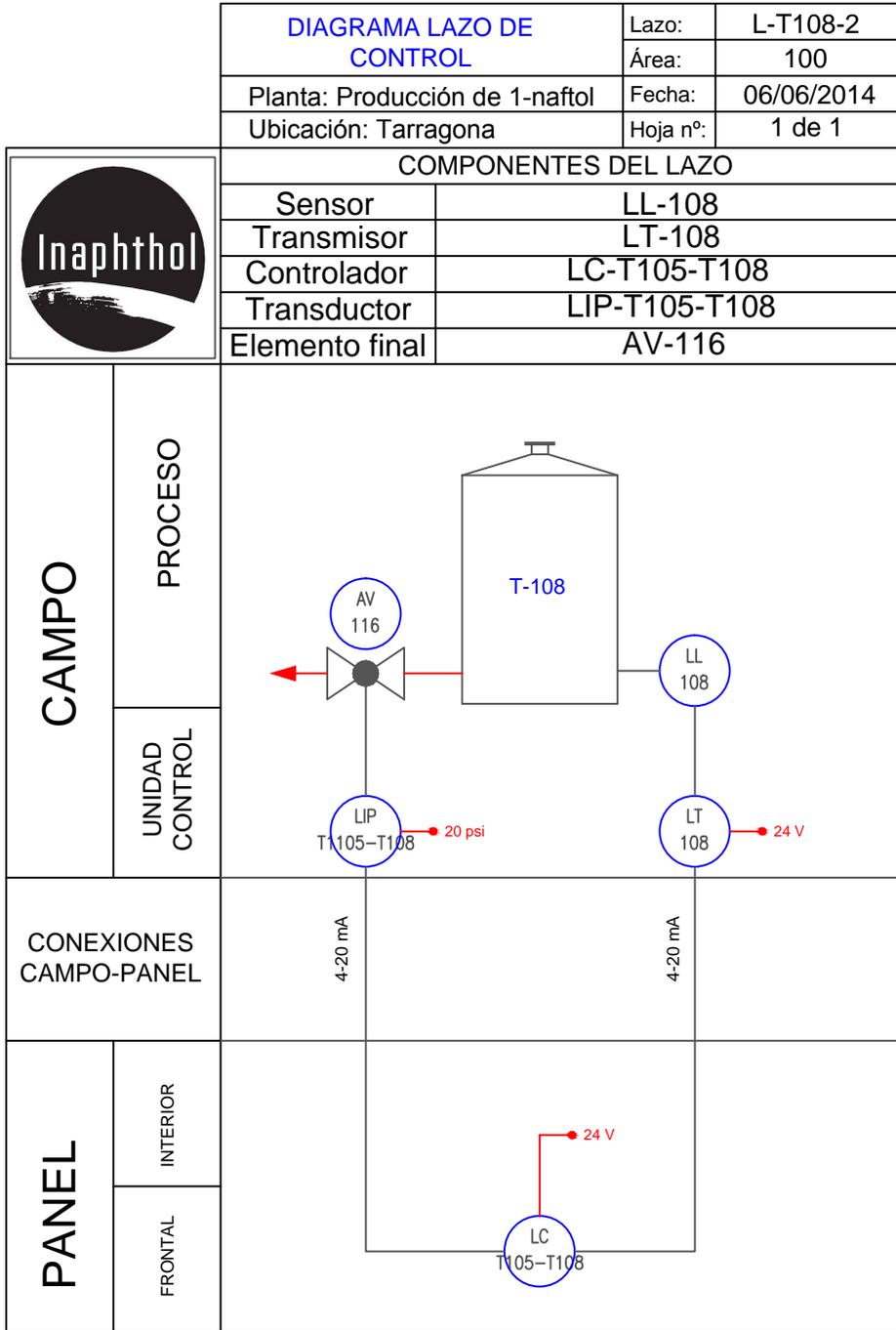












3.5.1.2. Área 200

A continuación, se ejemplificará y detallará el funcionamiento de los lazos de control presentes en el área de reacción 200.

Una vez más, si se requiere por ejemplo el control de la temperatura de dos equipos homólogos, únicamente se explicará uno de ellos, ya que lo único que es diferente es el número de la instrumentación requerida.

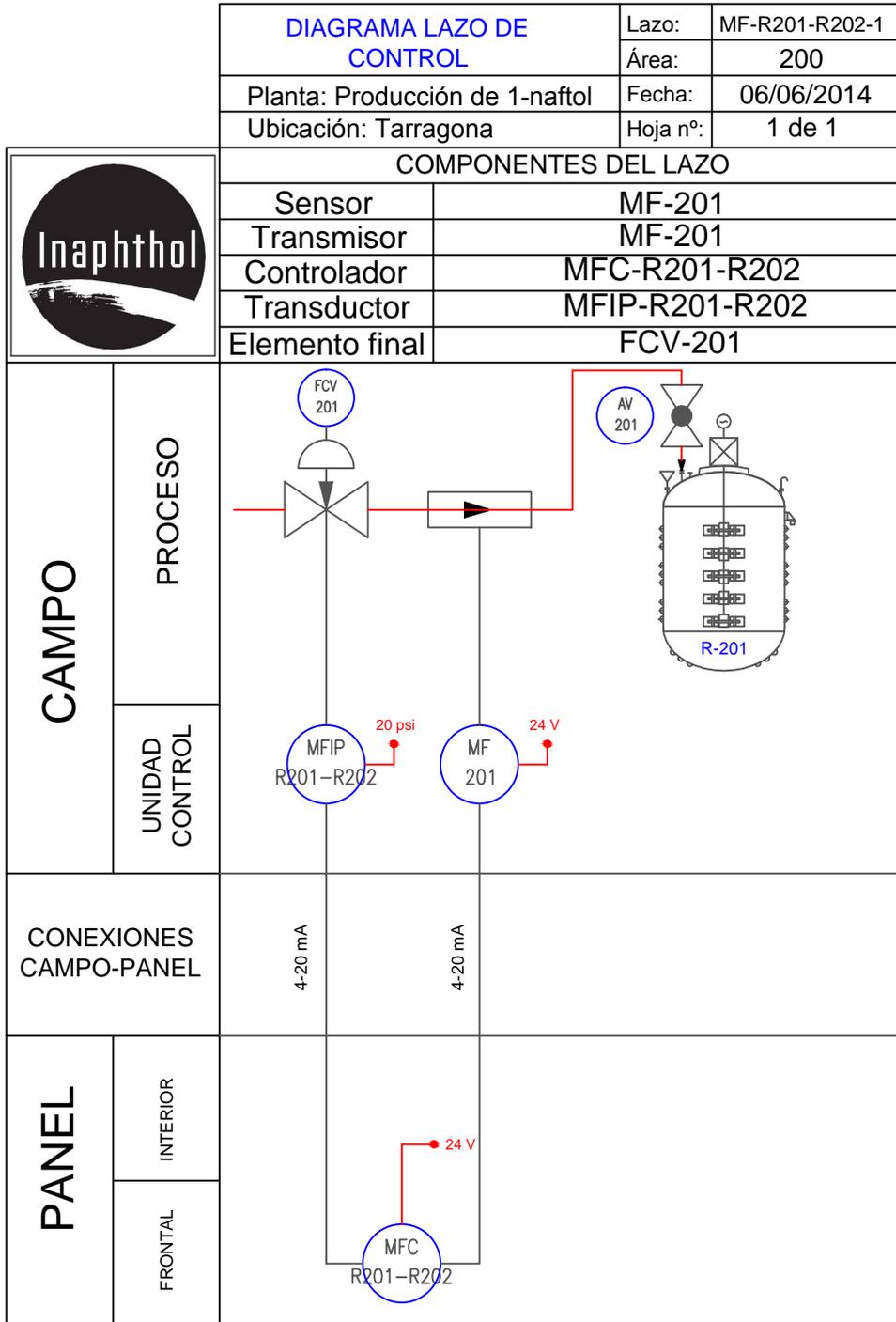
➤ Control de la cantidad de HNO_3 añadida en R-201 y R-202.

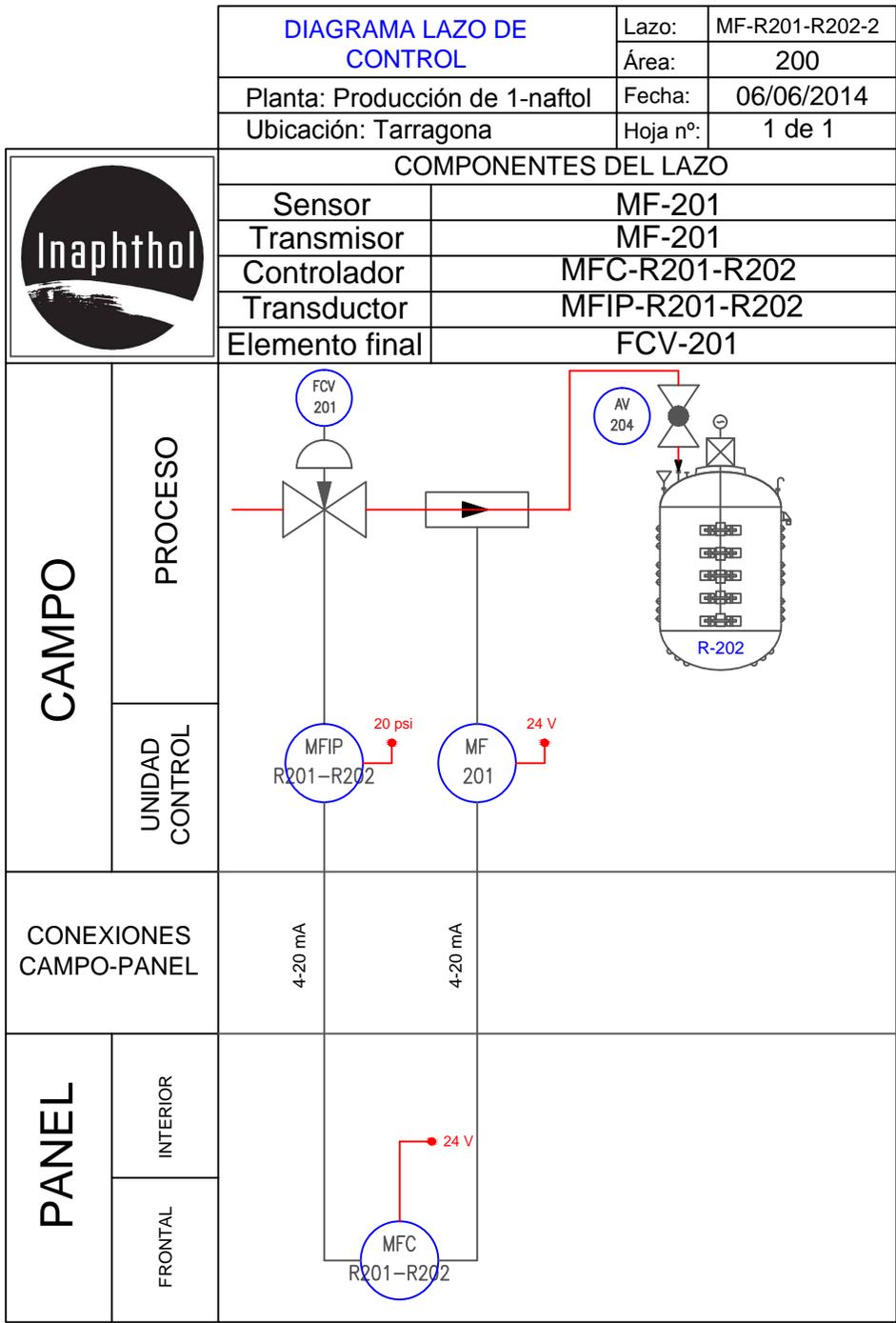
En primer lugar, se detalla el funcionamiento del lazo de control que regula la cantidad añadida de ácido nítrico necesaria para llevar a cabo la nitración.

Por ejemplo, para el reactor R-202, las acciones a tomar serían:

- 1- Inicio de la reacción. Apertura de la válvula de control de flujo másico FCV-201 y la válvula automática AV-204 para la adición de HNO_3 durante una hora.
- 2- Una vez el medidor másico registra que han circulado 3153,56 kg de HNO_3 (63%), envía la señal al controlador.
- 3- De esta forma, se cierra la válvula de control y, posteriormente, el operario hace lo mismo con la válvula automática, ya que no circulará más ácido nítrico por dicha entrada. Además, se produce el paro de la bomba centrífuga ubicada en el área 100 y que es la encargada de adicionar el ácido nítrico.
- 4- Finalmente, se consigue que en el reactor se haya adicionado la cantidad justa para poder llevar a cabo la reacción en las condiciones deseadas.

Se presenta el esquema de este lazo para cada uno de los dos reactores de nitración.





➤ Control de temperatura del R-201 y R-202.

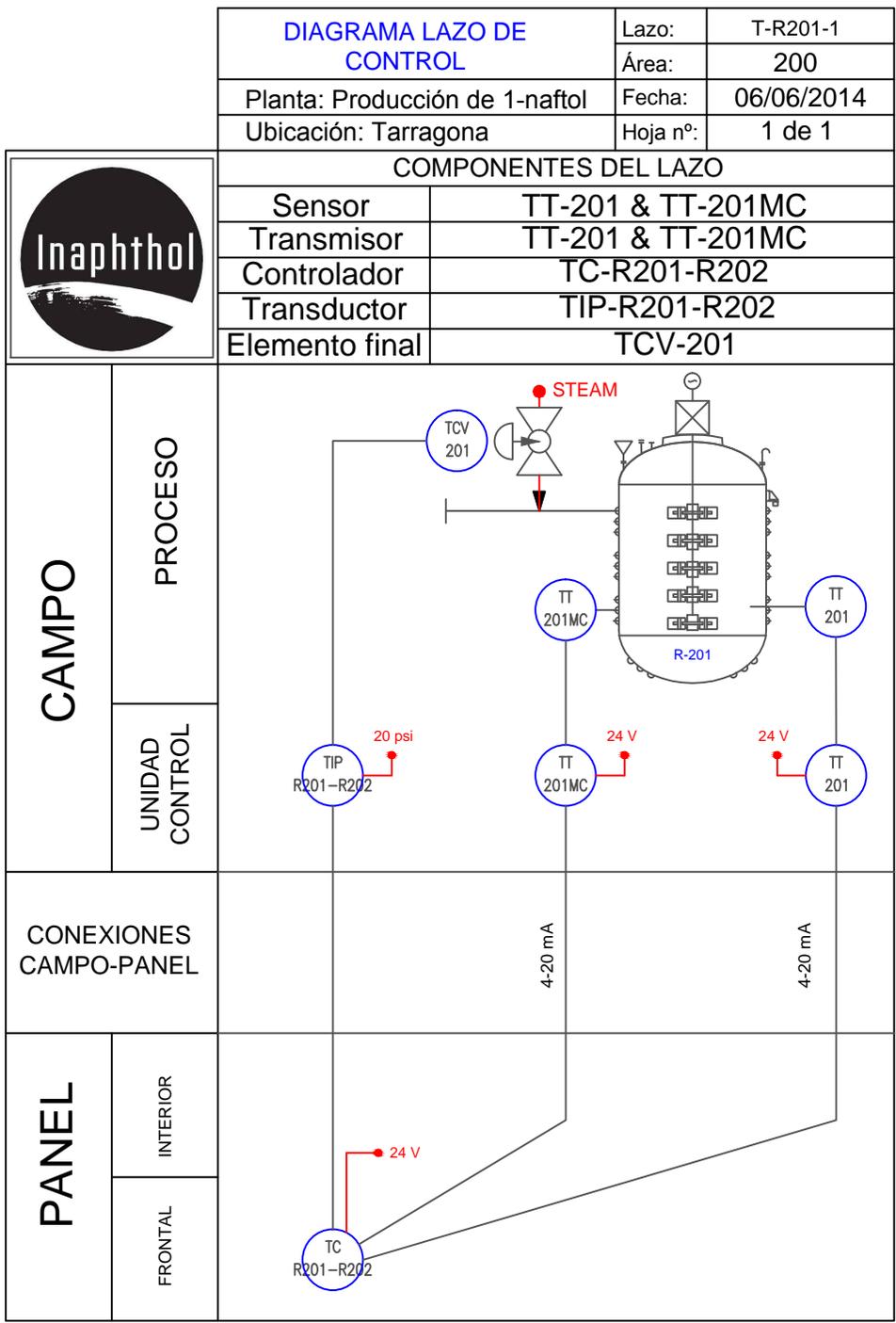
En este caso, se explica el lazo de control de la temperatura del reactor R-201.

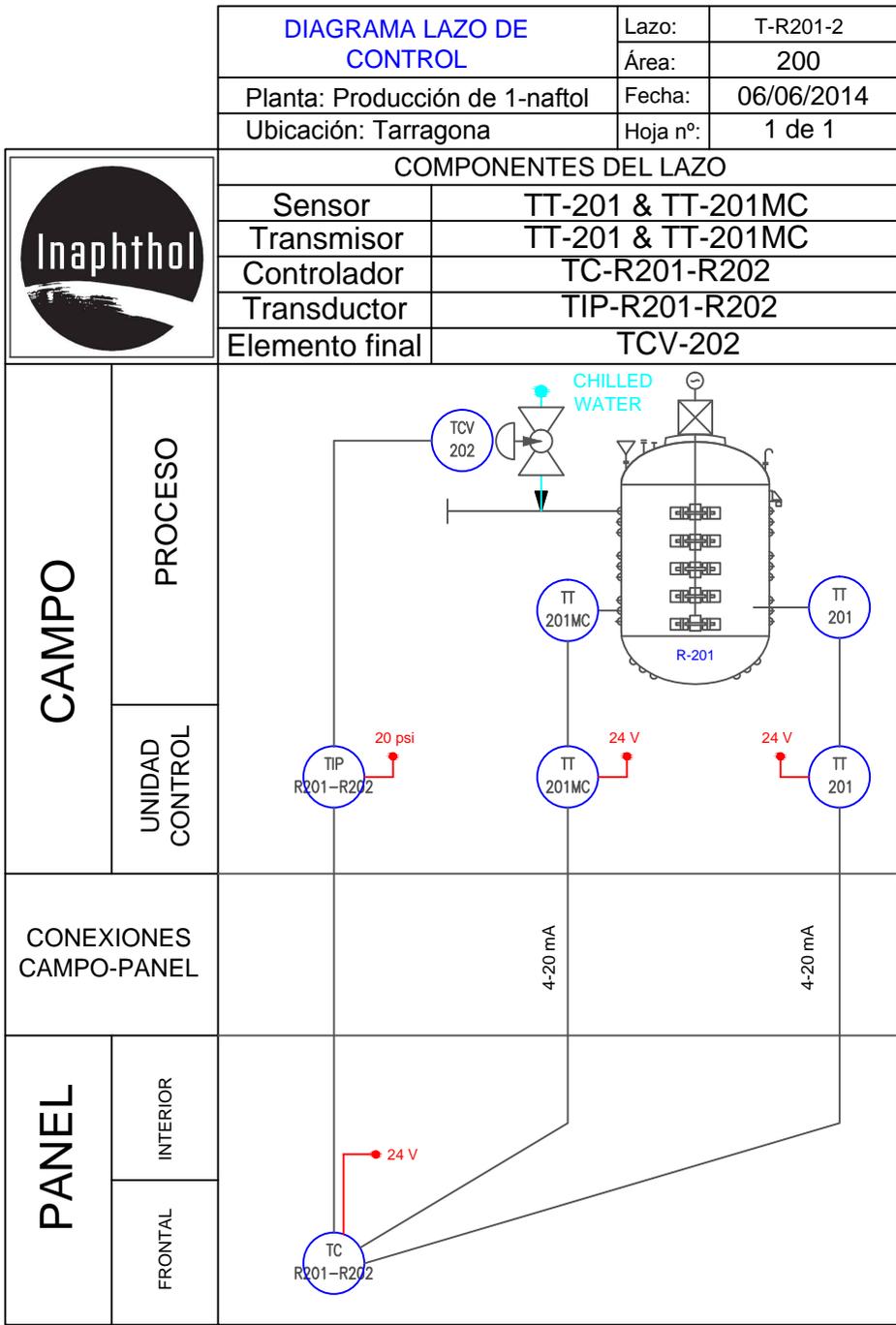
Como ya se ha mencionado en la descripción detallada del proceso, tal reactor trabaja de forma isoterma, por lo que es necesario controlar esta temperatura de forma que se mantenga en un valor determinado (*set-point*). El lazo de control aquí presente es un típico lazo de control en cascada.

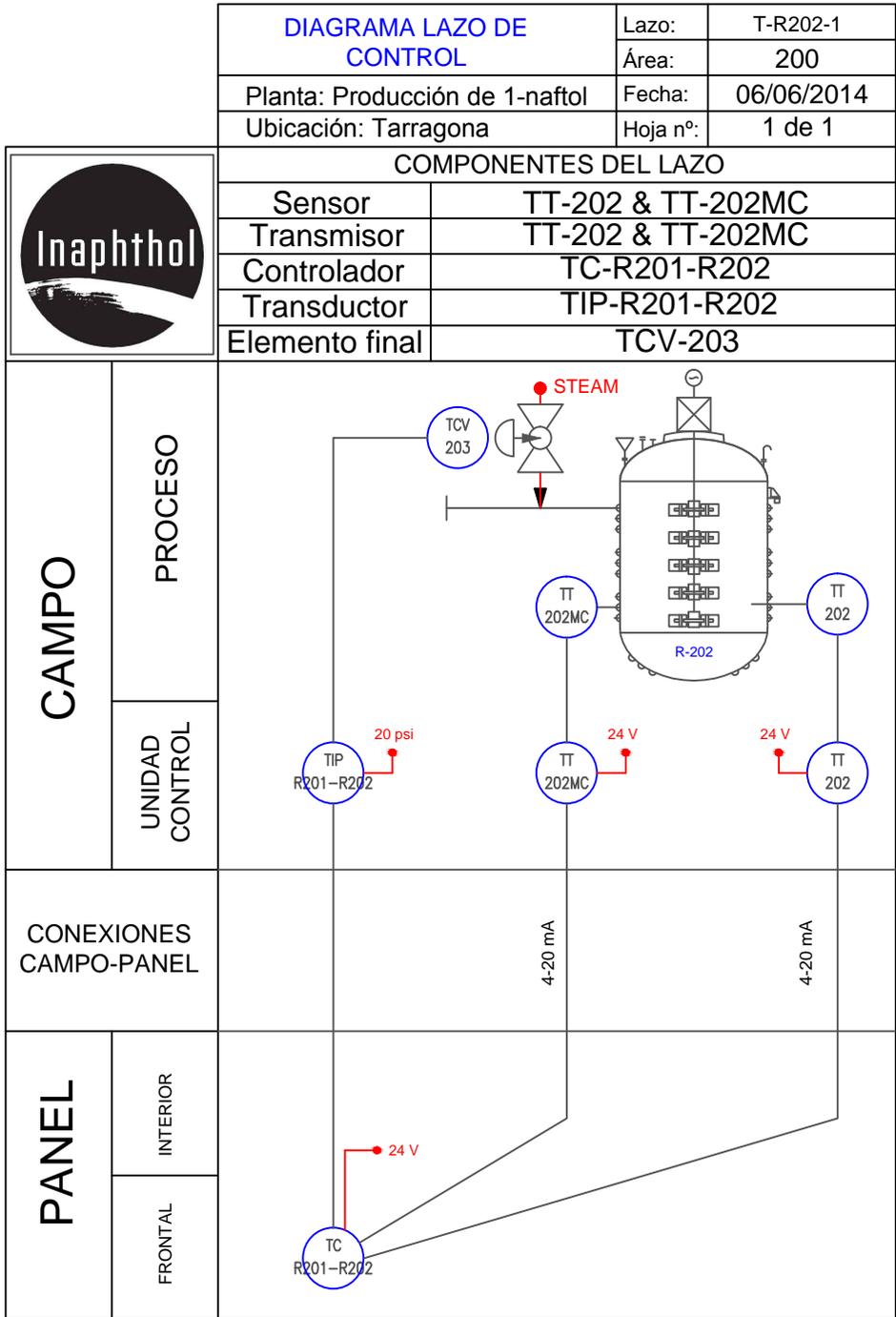
De esta forma, los transmisores y sensores de temperatura TT-201 y TT-201MC (transmisor temperatura de la media caña) registran y envían el valor instantáneo de la temperatura del R-201 al pertinente controlador. A continuación, el controlador decide qué acción tomar y envía dicha orden a las válvulas de control de temperatura TCV-201 y TCV-202 que permiten, el paso de vapor y agua respectivamente. Previamente, el transductor ha convertido la señal en una magnitud como voltaje o amperaje con el fin de que esta válvula pueda interpretar dicha señal.

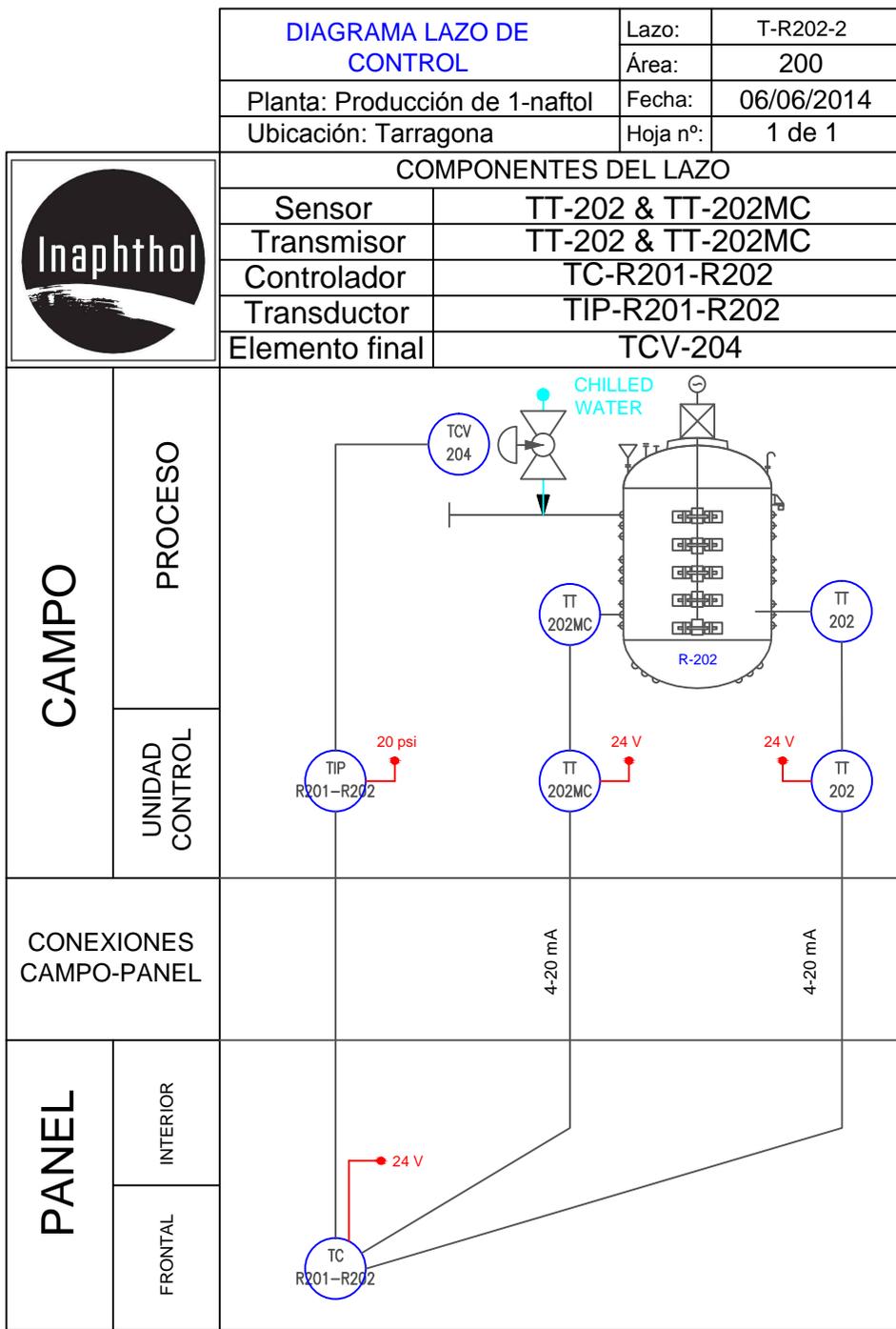
Por ejemplo, en el caso de que la reacción acentúe su carácter exotérmico y la temperatura supere el *set-point* de 70°C, se abre la válvula TCV-202 enfriándose, así, el contenido del reactor.

A continuación, se exponen los lazos de control de temperatura de los reactores R-201 y R-202. Además, destacar que cada reactor de nitración presentará dos lazos de control de temperatura, uno encargado del proceso de fusión del naftaleno y otro encargado de controlar la temperatura durante la reacción posterior.









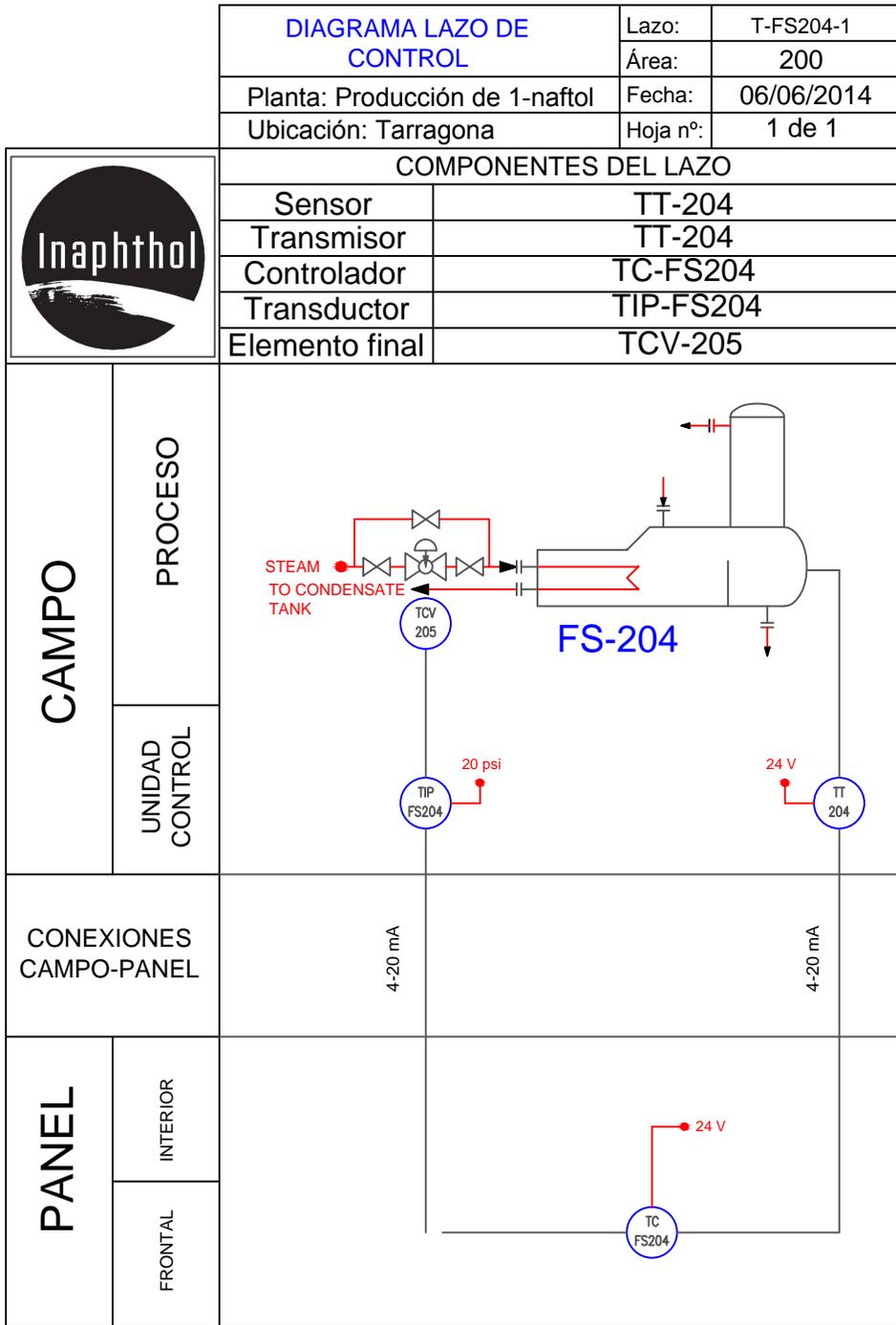
➤ Control de temperatura del separador flash FS-204.

Una de las primeras operaciones de separación necesarias en la planta de producción de 1-naftol es una separación tipo flash de una mezcla gas-líquido. Así, se consigue separar una gran cantidad de agua y de ácido nítrico del resto de la mezcla que seguirá el proceso de reacción.

De esta forma, este flash (FS-204) necesita un aporte energético que permita evaporar el agua y el nítrico para separar esta fase gas de la líquida (formada por compuestos de mayor temperatura de ebullición).

Por lo tanto, el lazo de control consistirá en controlar la temperatura del interior del separador variando el porcentaje de apertura de la válvula TCV-205 que permite el paso de vapor por el serpentín interno.

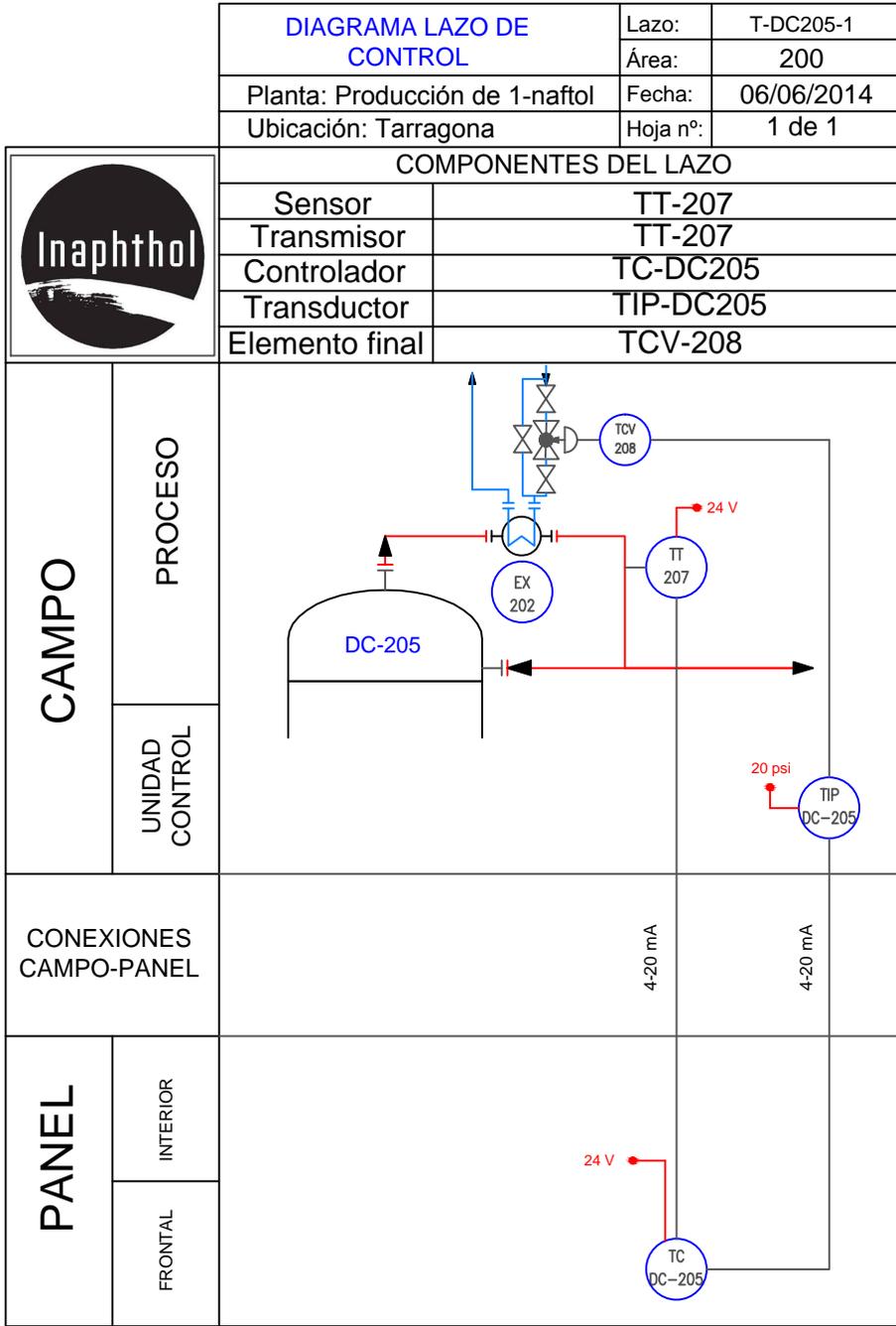
El esquema de dicho lazo se presenta en la siguiente hoja:

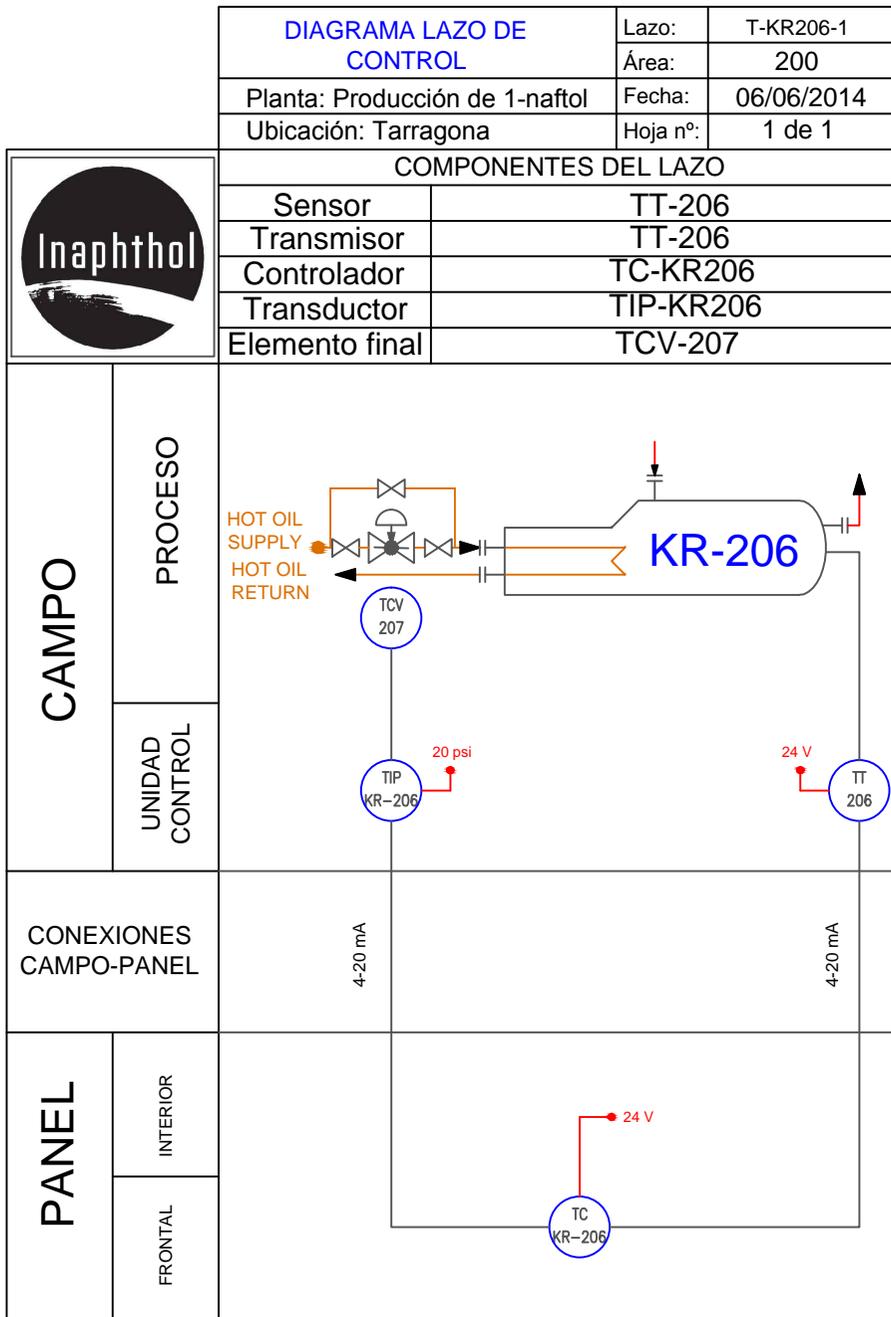


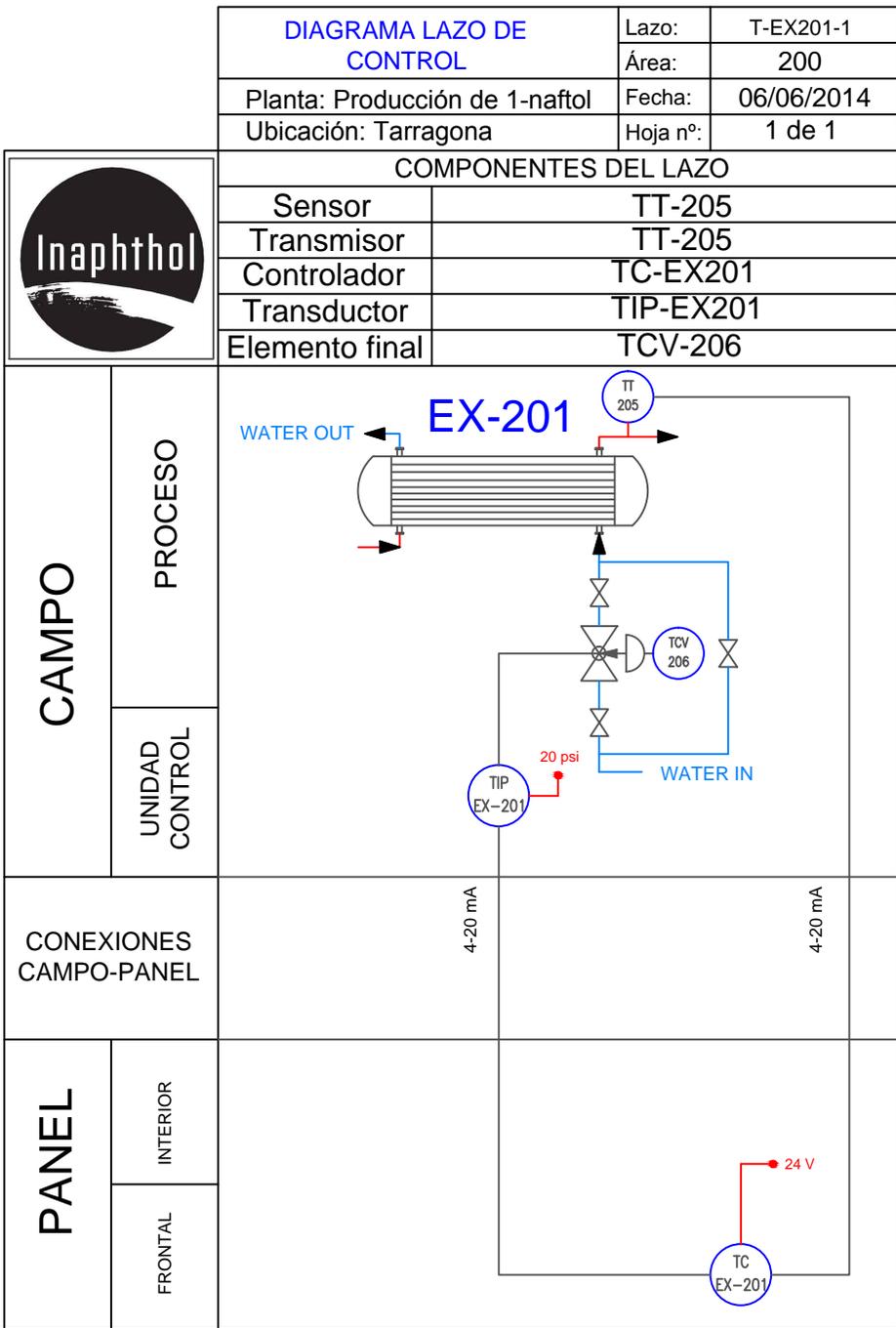
- **Control de temperatura del condensador de la torre de destilación DC-205.**
- **Control de temperatura del kettle reboiler KR-206.**
- **Control de temperatura del intercambiador de calor EX-201.**

Para acabar con los lazos de temperatura, se presentan los correspondientes a la temperatura del condensador y reboiler de la columna de destilación DC-205 así como el del intercambiador de calor EX-201.

La necesidad de instalar un control de temperatura en estas etapas se debe a la necesidad de mantener las condiciones de operación una vez la columna ya está en régimen estacionario. Sin embargo, no es necesario un control de la presión, ya que ésta trabaja a presión atmosférica.







- **Control de nivel del separador flash FS-204.**
- **Control de nivel de la columna de destilación DC-205.**

Por otra parte, otro de los parámetros más importantes a controlar en un proceso que trabaja en continuo es el nivel de líquido del equipo en cuestión ante posibles fluctuaciones del caudal de proceso.

Los equipos, presentes en el área 200, que precisan de un control de nivel son el separador flash FS-204 y la columna de destilación DC-205.

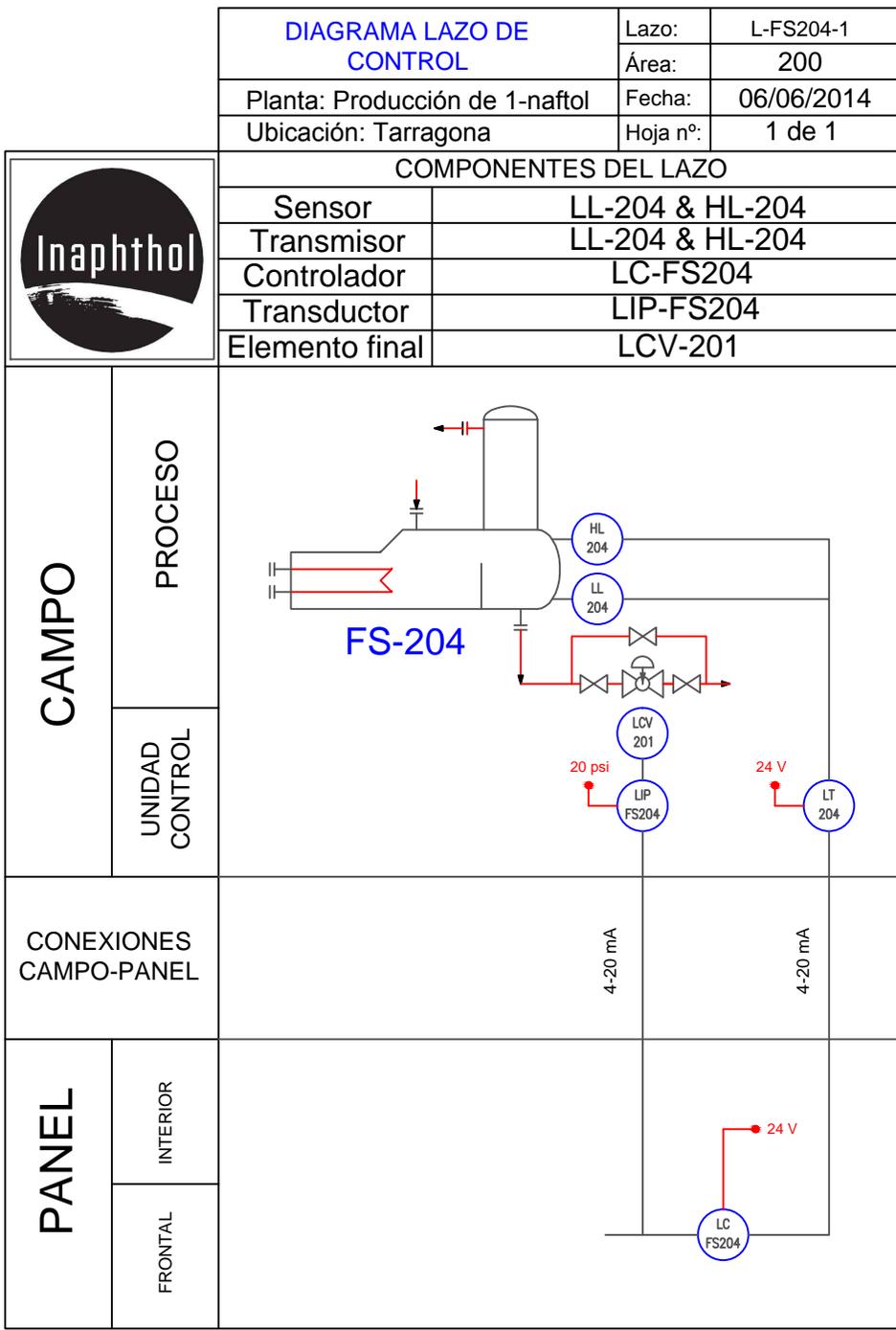
De esta forma, mediante la medición por parte de las sondas de nivel de alta (HL) y de baja (LL) y la posterior actuación de las válvulas de salida, se consigue controlar el nivel de líquido.

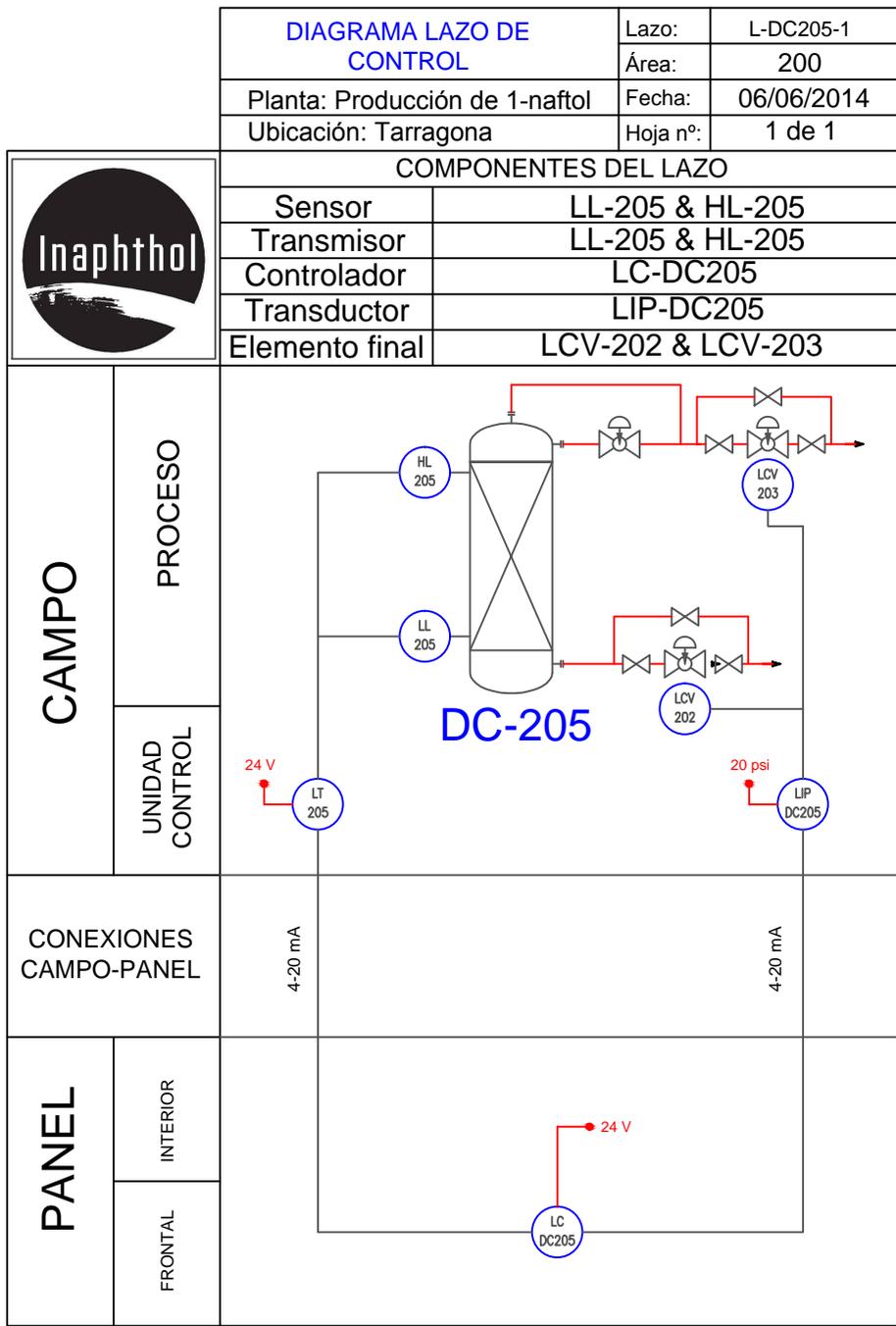
Por ejemplo, en el caso del FS-204, si el nivel de líquido por un casual sobrepasará el nivel de mínima o máxima, el controlador enviaría la señal de actuación a la válvula de bola LCV-201. Esta última, dejaría pasar más o menos caudal de líquido mediante la variación del área de paso por la acción del vástago de dicha válvula. Sin embargo, una vez los equipos se encuentran en estado estacionario, estas válvulas de control de nivel presentan un determinado grado de apertura que permite conseguir el caudal establecido en cada área de proceso.

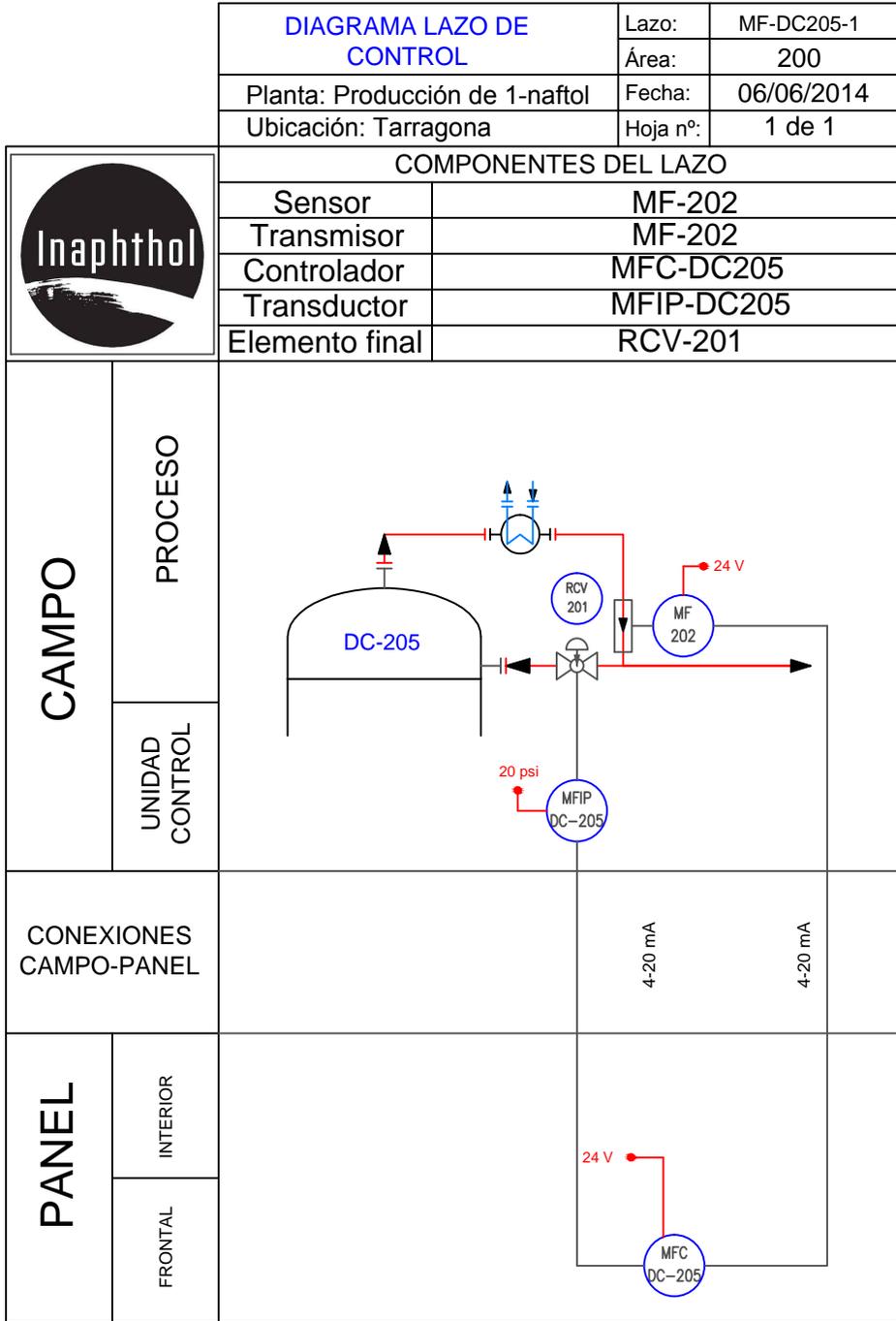
A continuación, se presentan los diagramas de lazos de control de los dos equipos mencionados anteriormente.

- **Control de la relación de reflujo la columna de destilación DC-205.**

Finalmente, se decide instalar un control de la relación de reflujo de dicha columna de destilación. Así, a partir del caudal másico que circula como destilado, dicha válvula aumenta o disminuye su grado de apertura para conseguir mantener la relación de reflujo constante. El valor de la relación de reflujo externa para esta columna está fijado en 15.



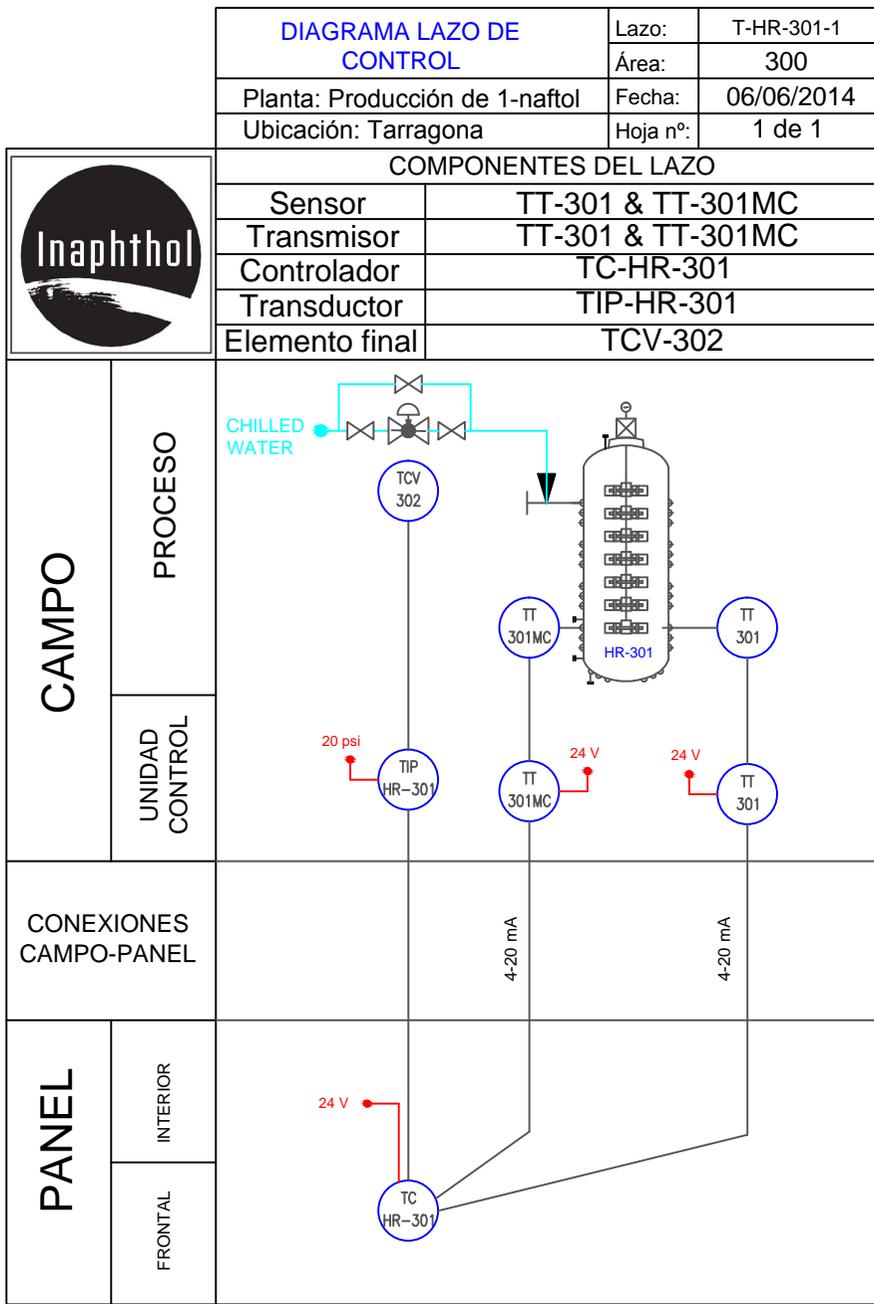




3.5.1.3. Área 300

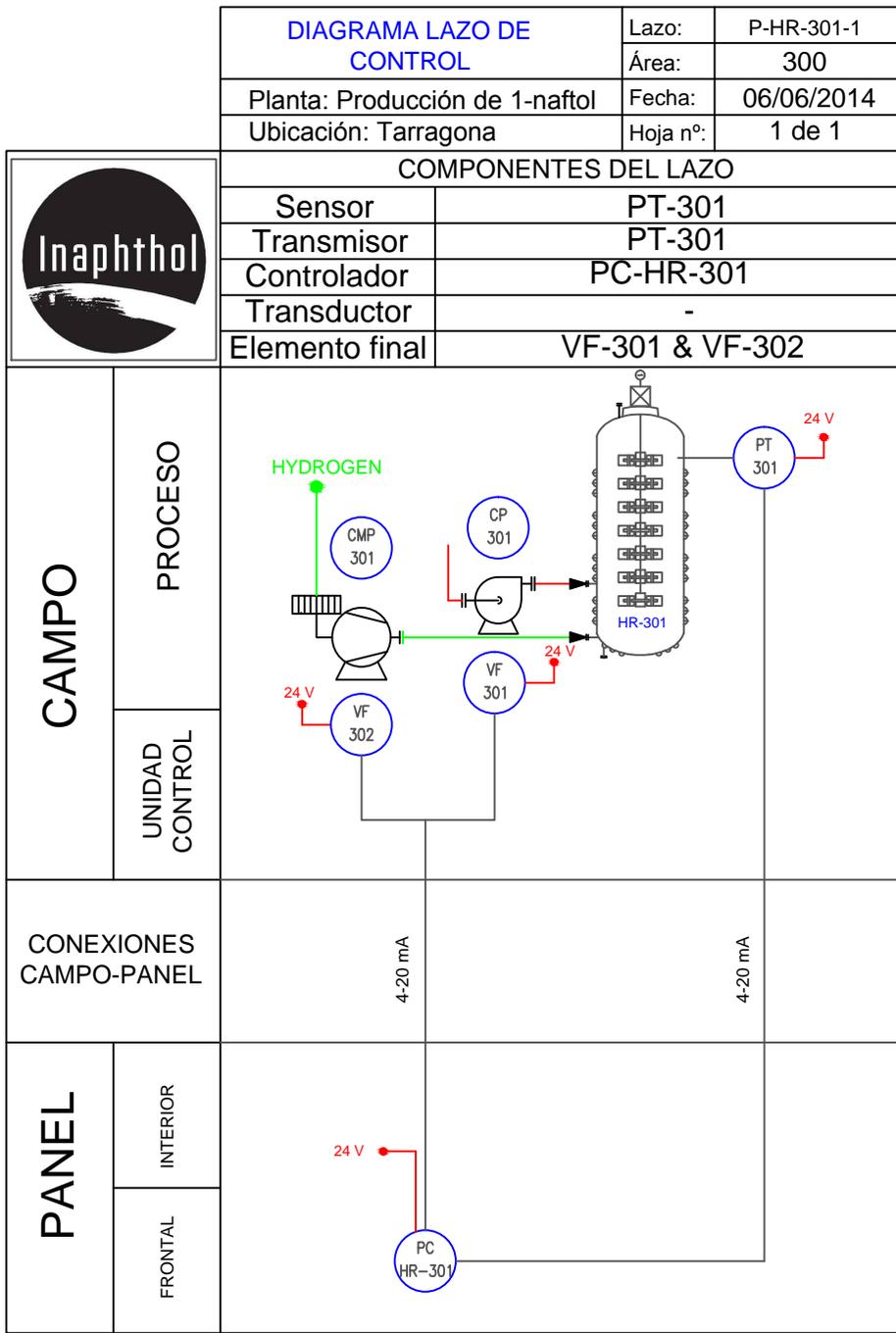
En el área 300 se encuentran instalados los siguientes lazos de control. Cabe destacar que únicamente se expone el esquema de los distintos lazos, y no se explican detalladamente debido a que su funcionamiento es el mismo que los del área anterior.

- **Control de temperatura del hidrogenador HR-301.**



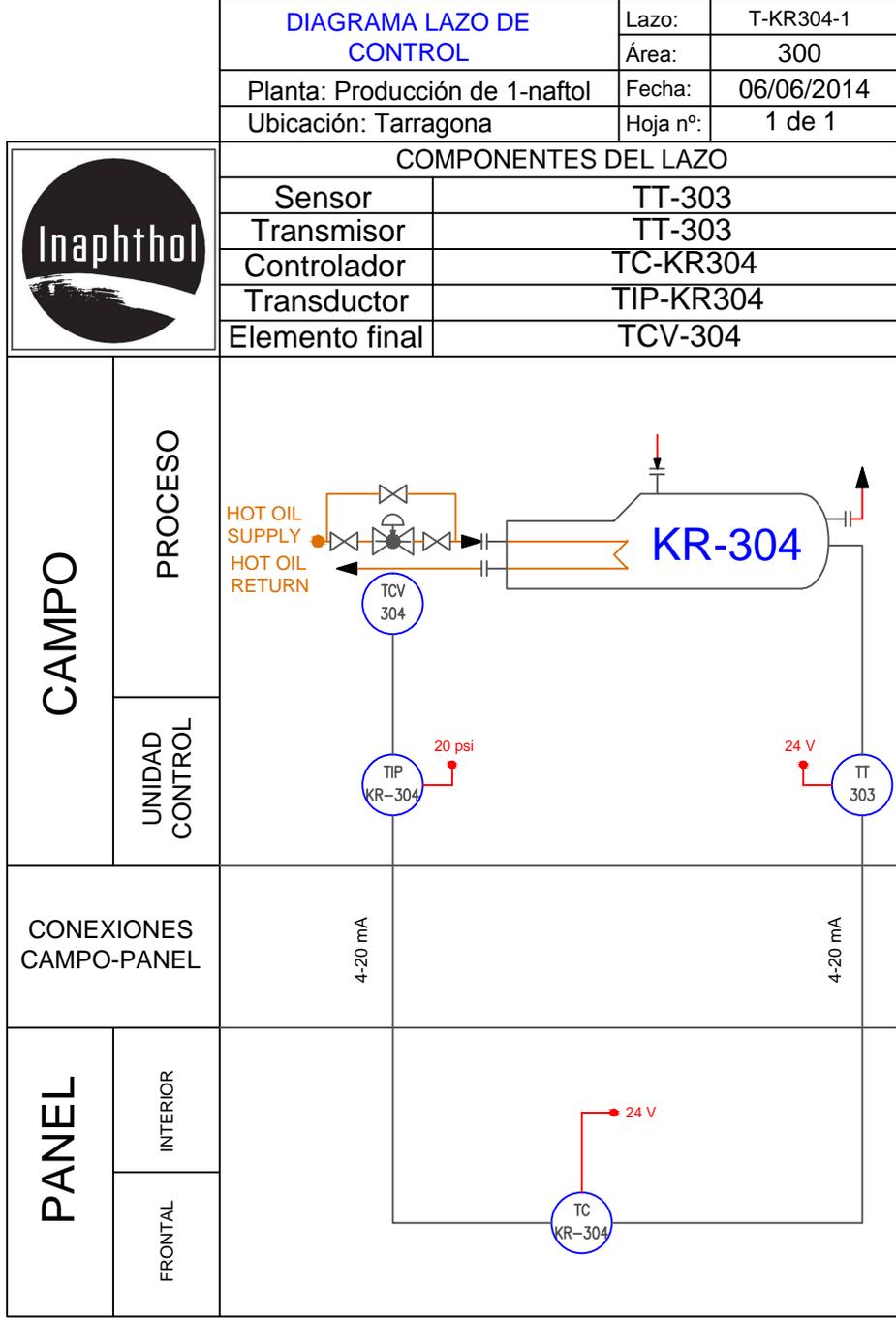
➤ Control de presión del hidrogenador HR-301.

Es necesario instalar un control de presión en el hidrogenador con el objetivo de mantener la presión de operación constante. Así, el sensor de presión enviará al controlador el valor de la presión en todo momento. Posteriormente, el controlador actuará sobre los variadores de frecuencia VF-301 y VF-302 de la bomba de producto entrante y el compresor de hidrógeno, respectivamente. De esta forma, en función del valor instantáneo de presión, el variador de frecuencia de la bomba y del compresor permitirá suministrar menos o más potencia que provoque conseguir un menor o mayor grado de compresión.



A continuación, se presentan el resto de los lazos de control presentes en el área 300. Dichos lazos son los siguientes:

- **Control de temperatura del kettle reboiler KR-304.**
- **Control de temperatura del condensador de la columna de destilación DC-302.**
- **Control de temperatura del intercambiador de calor EX-301.**
- **Control de nivel del hidrogenador HR-301.**
- **Control de nivel de la columna de destilación DC-302.**
- **Control de la relación de reflujo de la columna de destilación DC-302.**



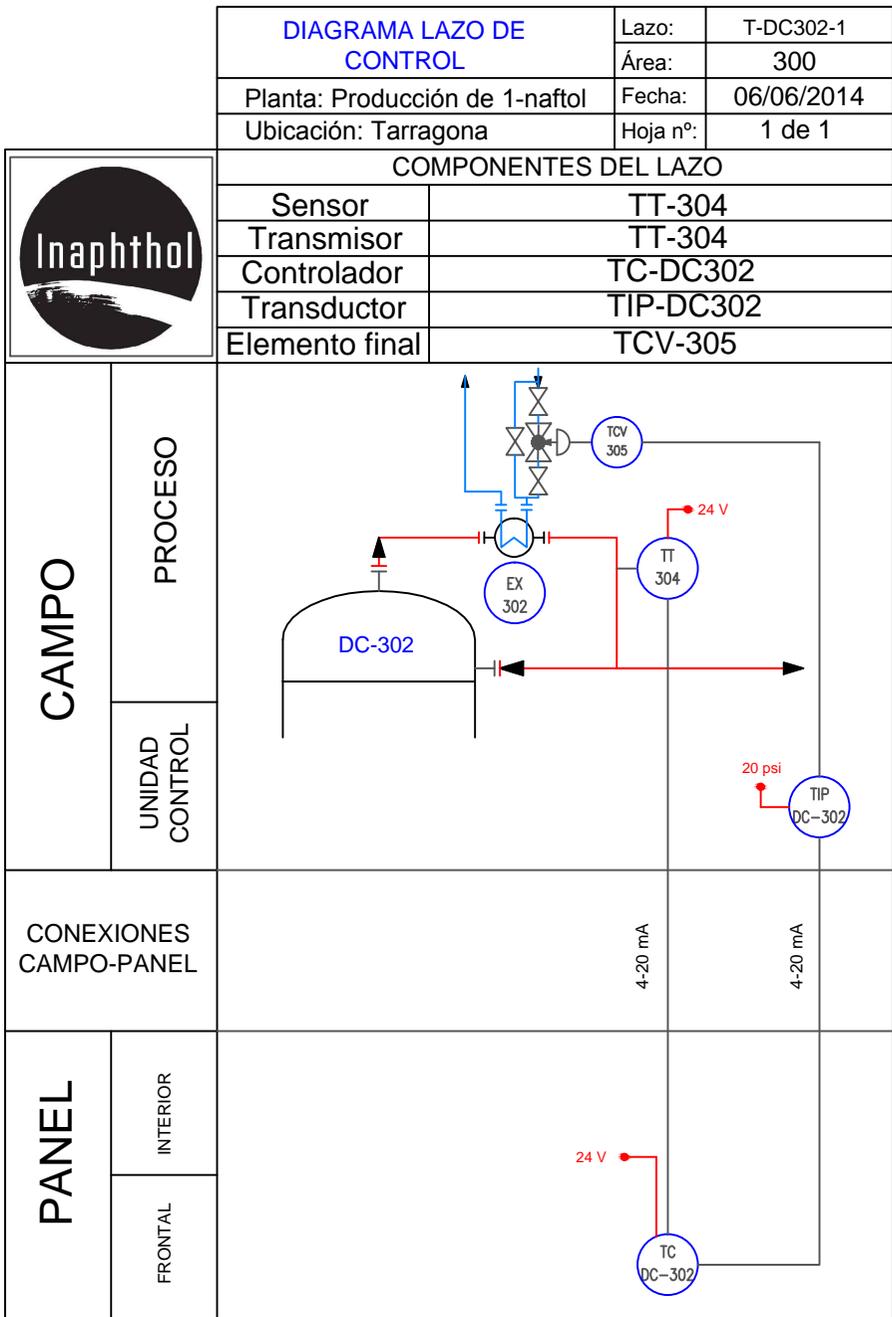
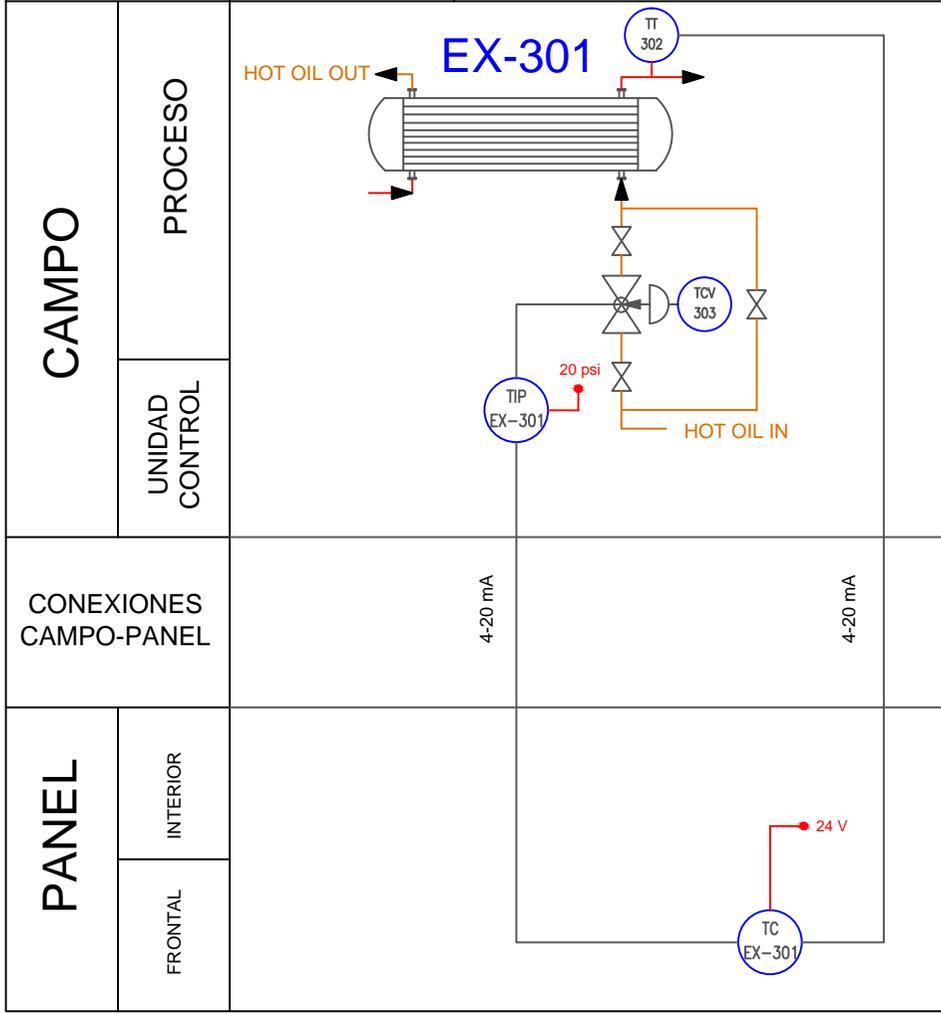
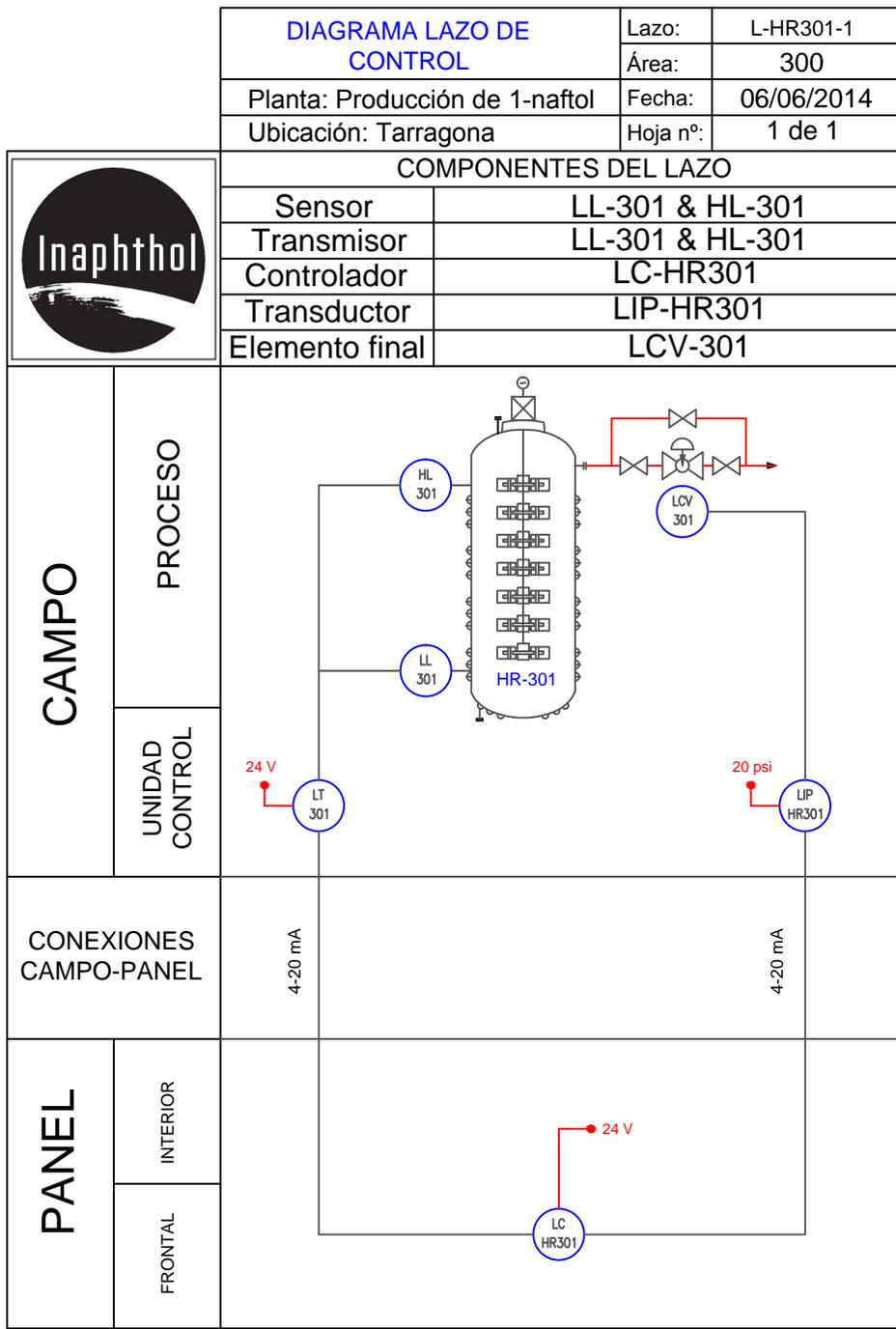


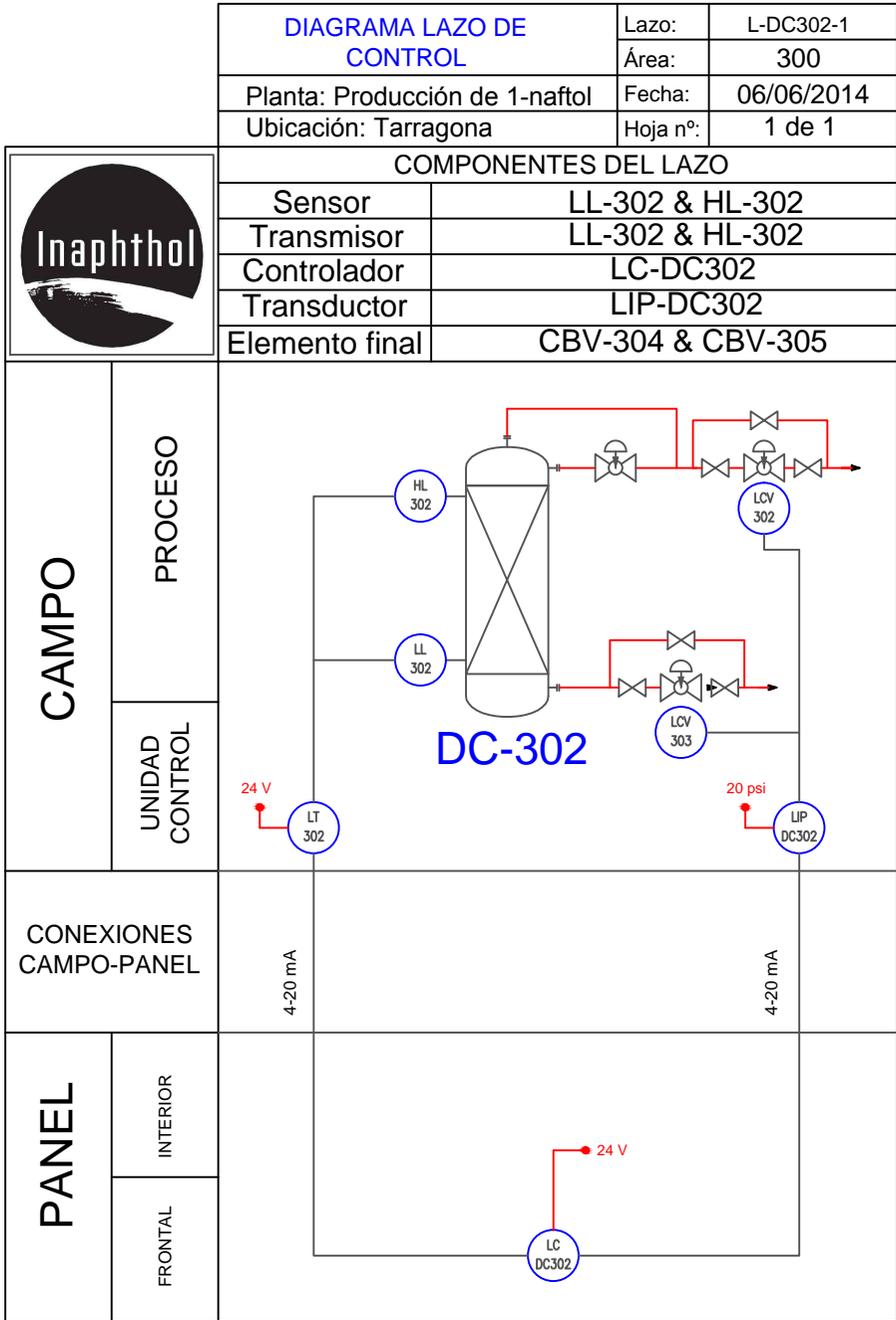


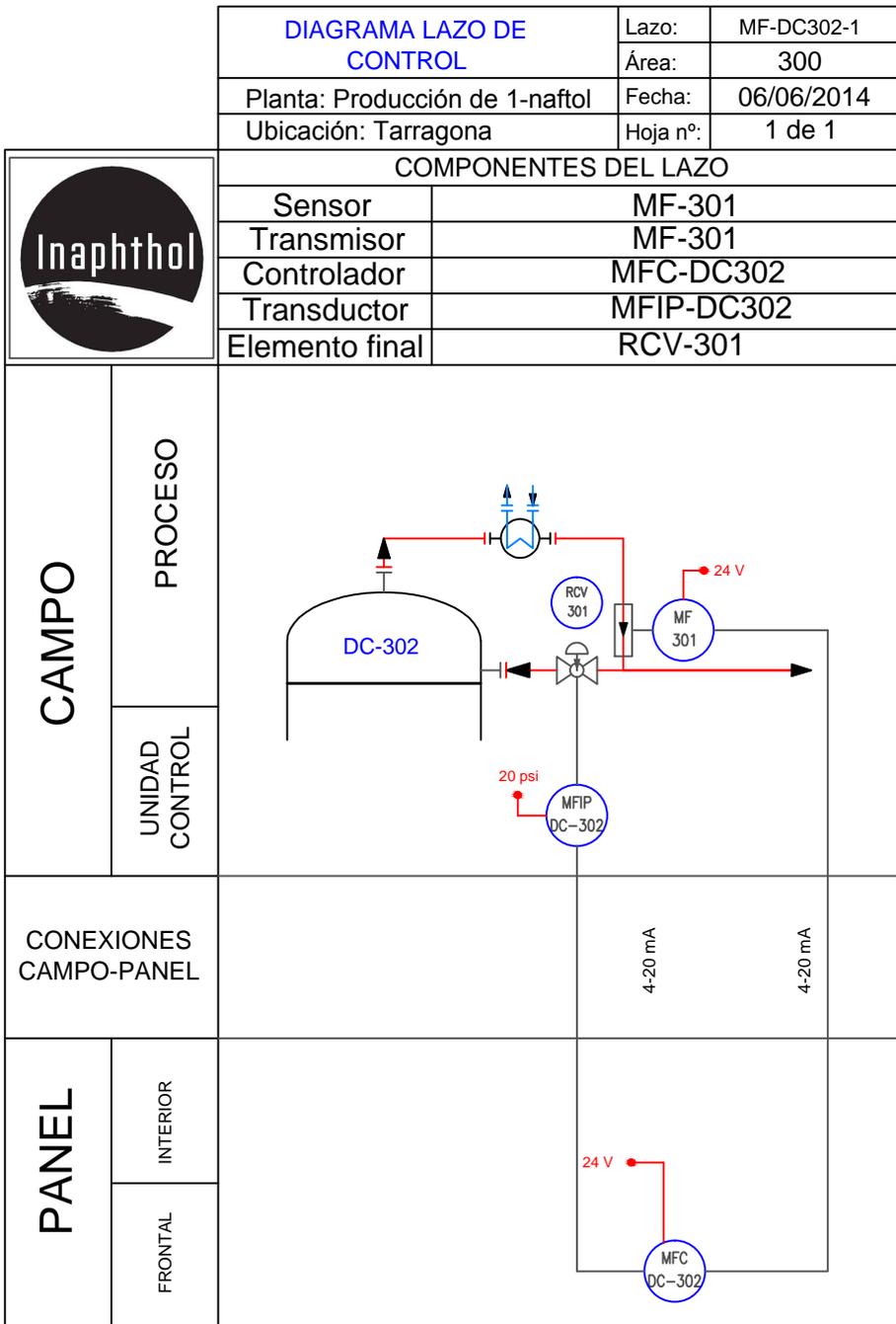
DIAGRAMA LAZO DE CONTROL	Lazo:	T-EX301-1
	Área:	300
Planta: Producción de 1-naftol	Fecha:	06/06/2014
Ubicación: Tarragona	Hoja nº:	1 de 1

COMPONENTES DEL LAZO	
Sensor	TT-302
Transmisor	TT-302
Controlador	TC-EX301
Transductor	TIP-EX301
Elemento final	TCV-303





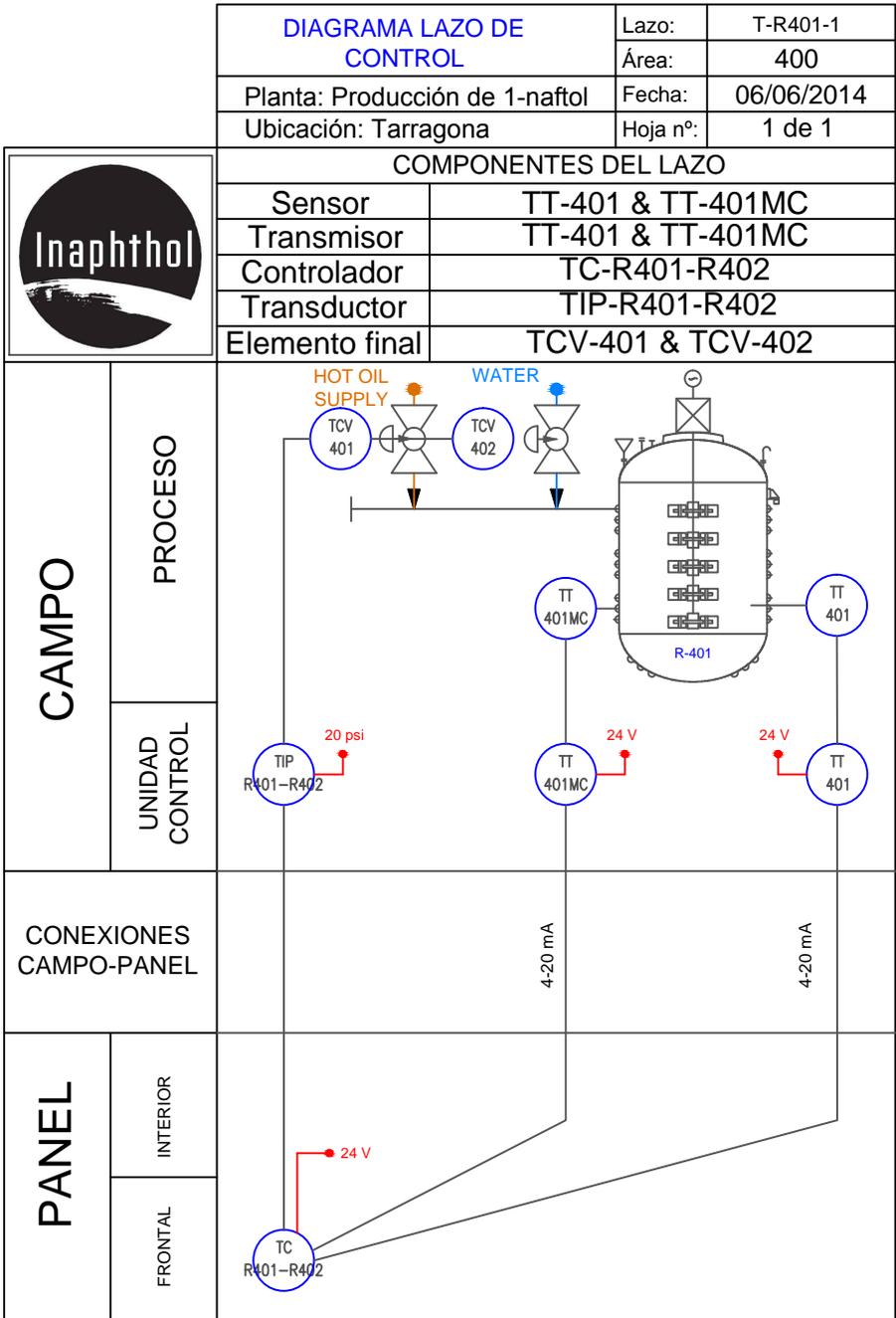


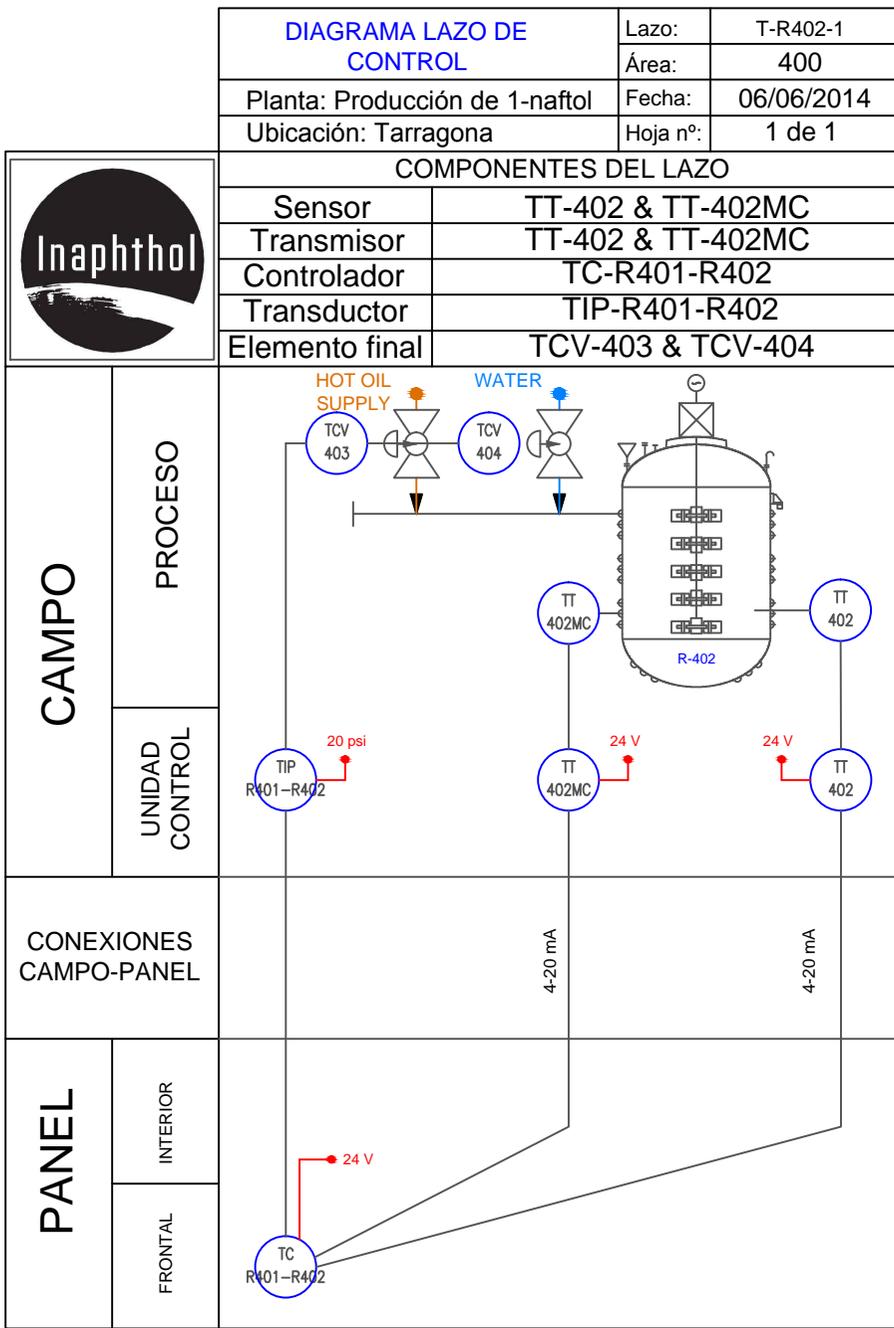


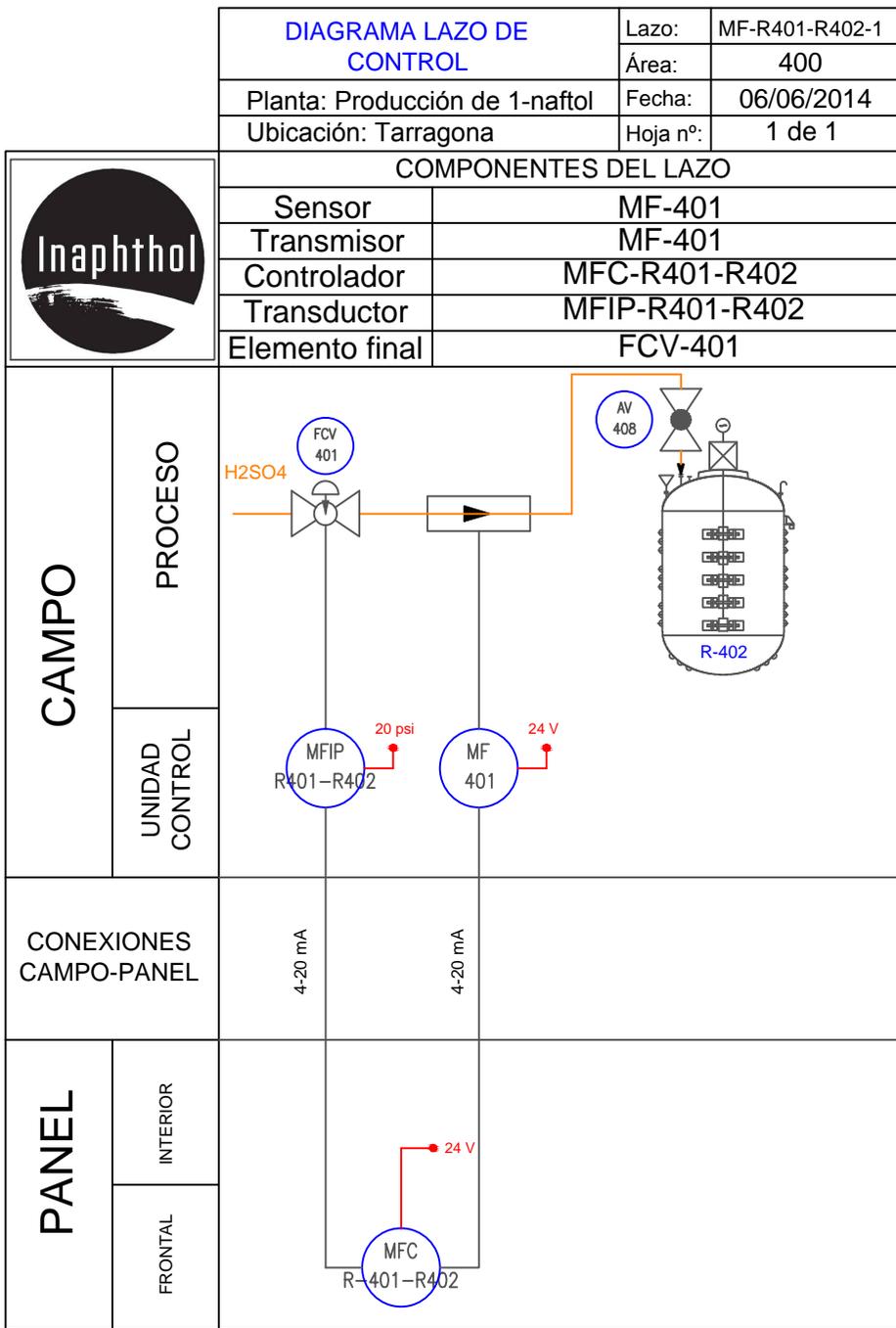
3.5.1.4. Área 400

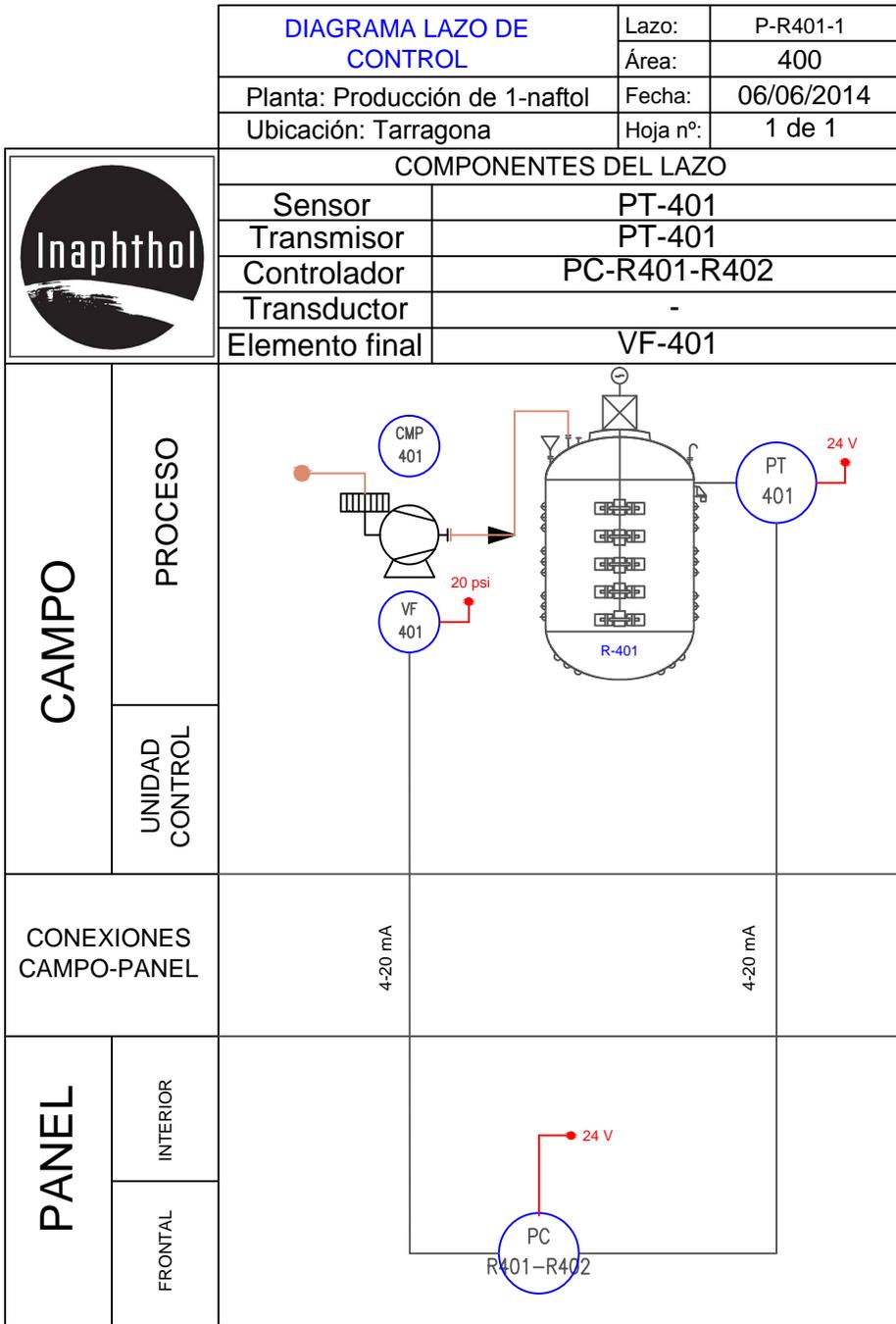
En el área 400 se pueden encontrar los siguientes lazos de control:

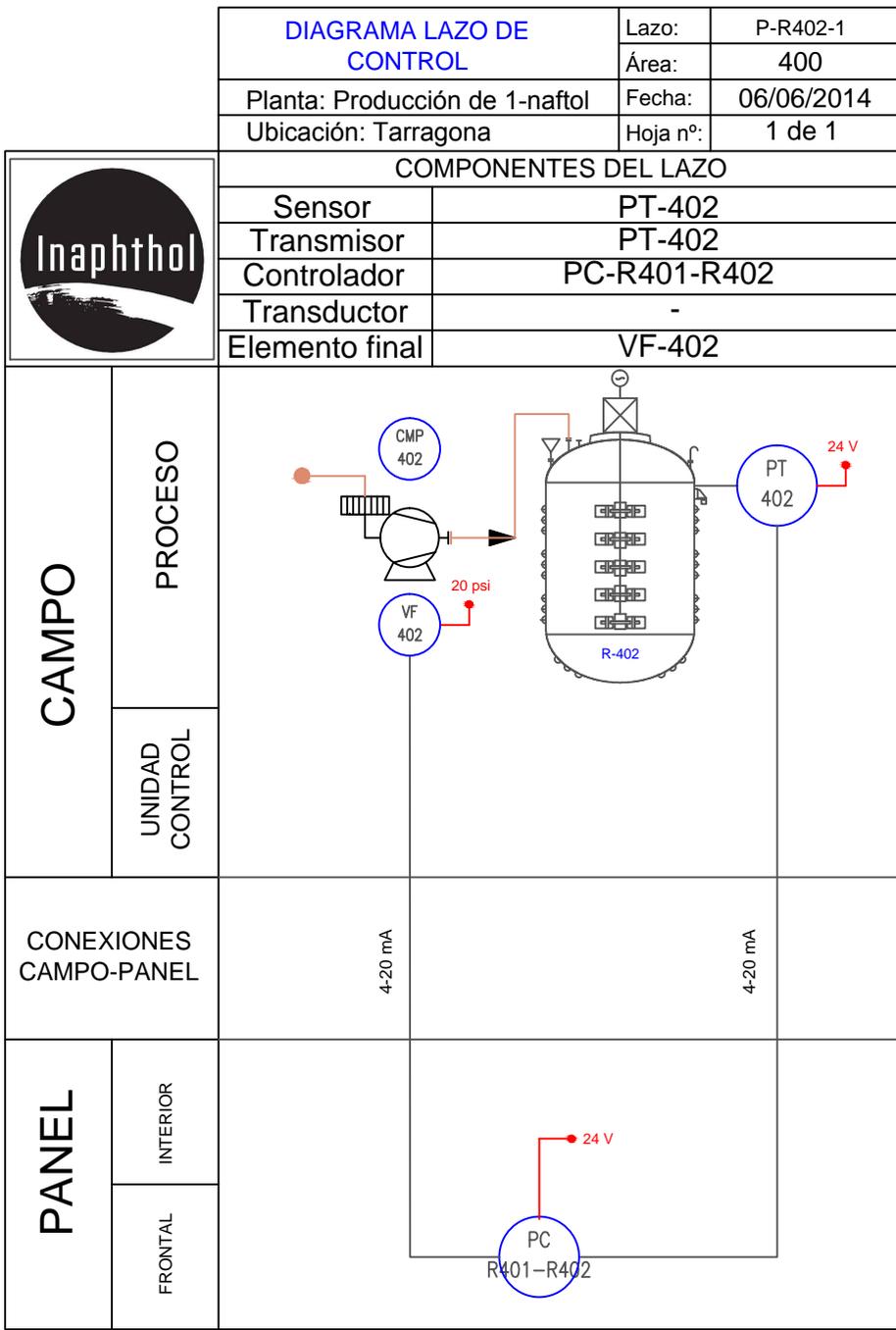
- **Control de temperatura de los reactores R-401 y R-402.**
- **Control caudal másico de entrada de ácido sulfúrico a los reactores R-401 y R-402.**
- **Control caudal másico de entrada de agua a los reactores R-401 y R-402.**
- **Control de presión de los reactores R-401 y R-402.**
- **Control de temperatura de la mezcla proveniente de los reactores R-401 & R-402.**

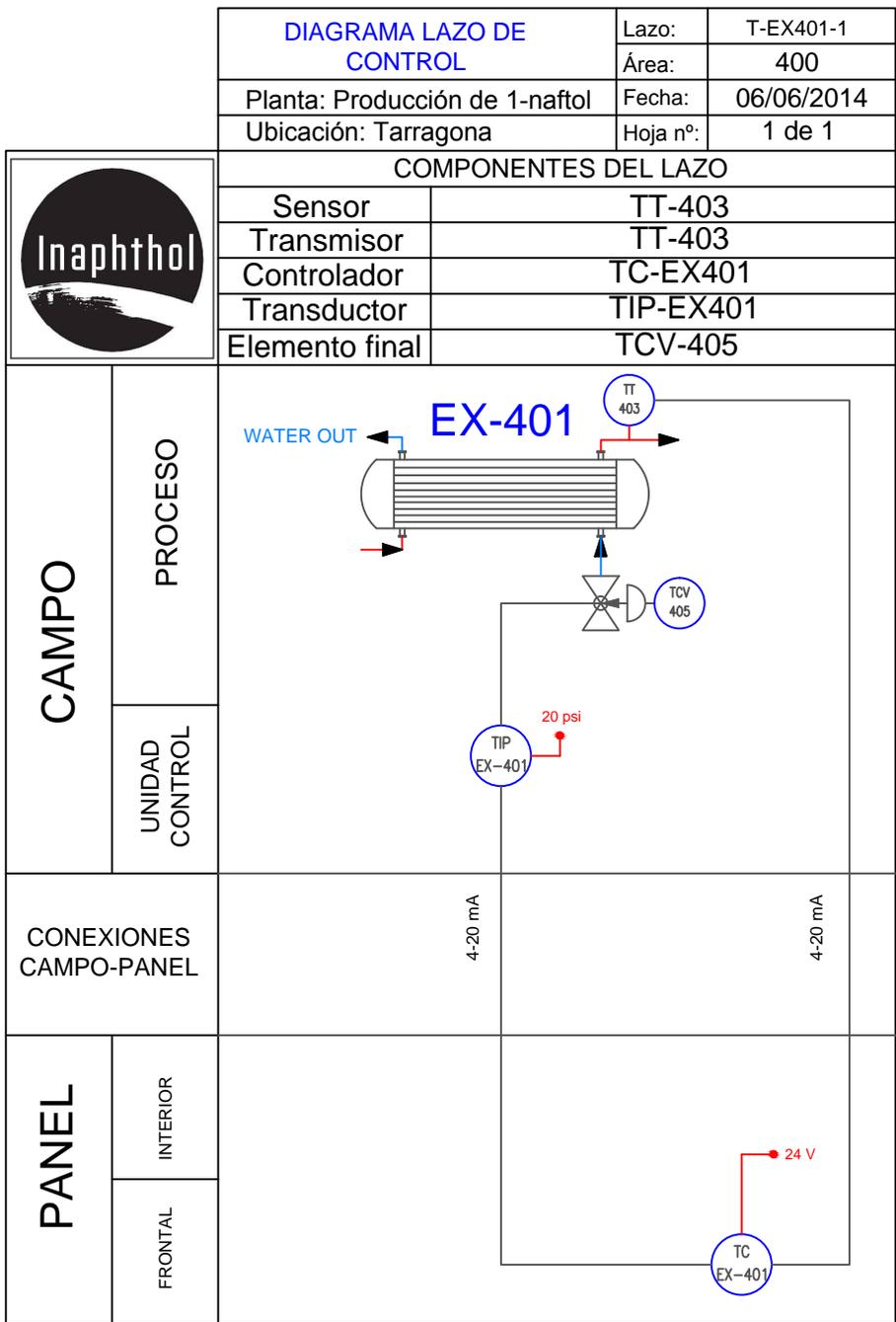






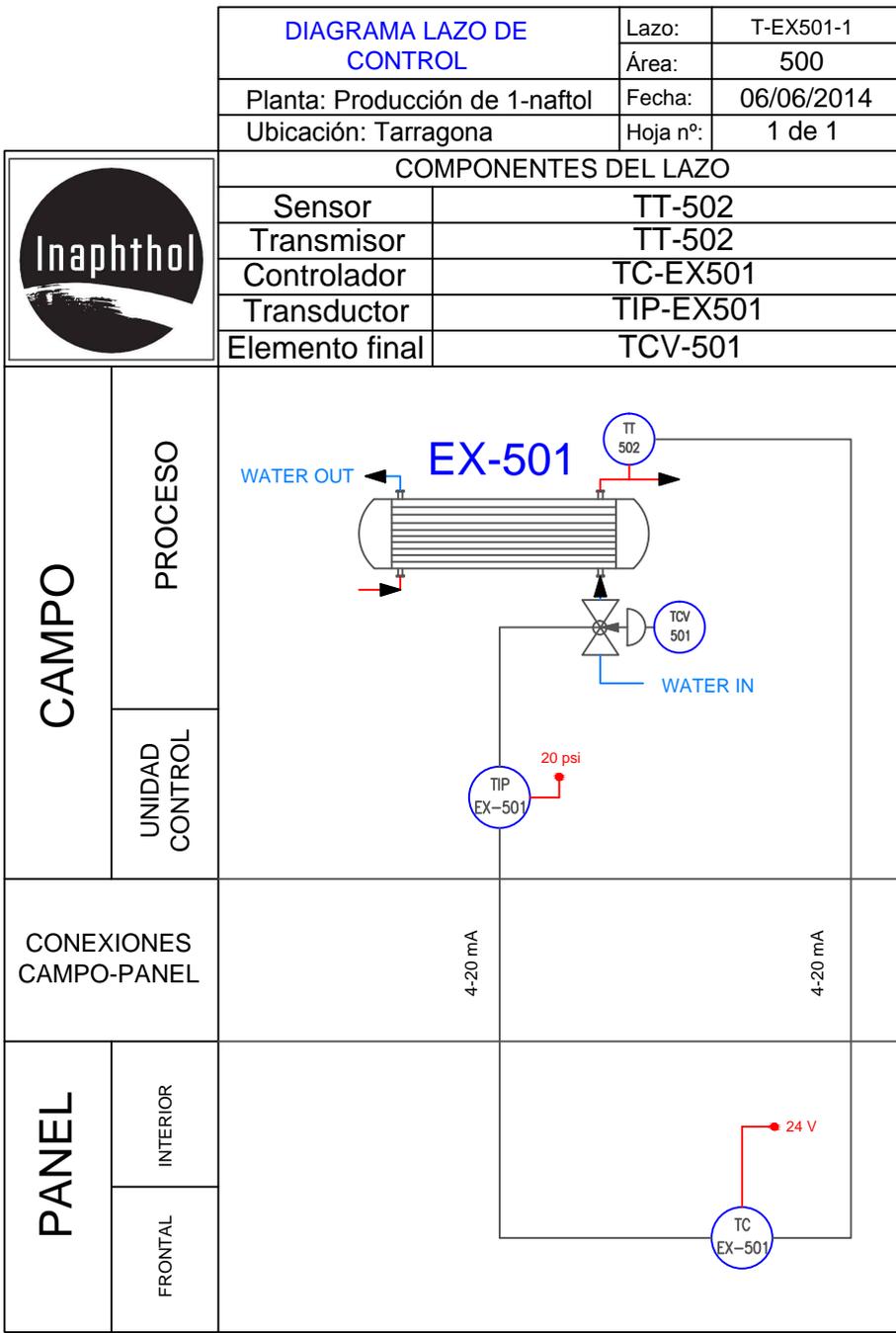


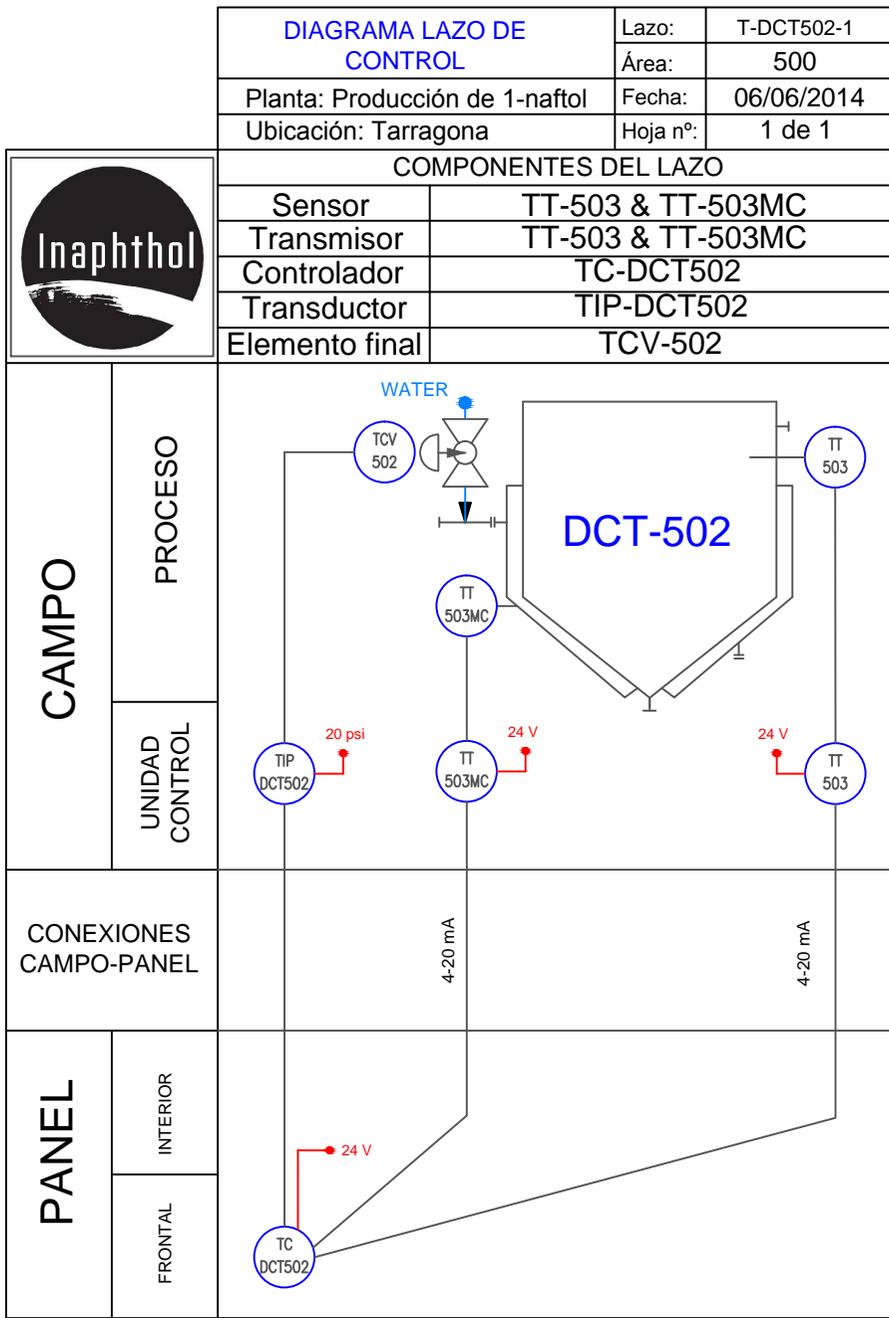




3.5.1.5. Área 500

Finalmente, en el área 500 se encuentran los dos últimos lazos de control: los lazos de control de temperatura del intercambiador de calor EX-501 y del segundo decantador DCT-502.





3.5.2. Lazos de monitorización y seguridad

A continuación, se tratarán de forma más detallada los lazos de monitorización y seguridad instalados en la presente planta.

Los lazos de monitorización pueden estar constituidos únicamente por sensores que transmiten la medición para ser almacenada por el ordenador central, o también por un sistema de aviso (alarma visual, sonora...).

De esta forma, cualquier variable de interés se puede monitorizar con el fin de conocer:

- El valor exacto de la variable (señal analógica).
- Si la señal ha sobrepasado o no un determinado *set-point* (señal digital).

Por otra parte, los lazos de seguridad están referidos exclusivamente a la presión. Estos lazos hacen referencia a las válvulas de seguridad o alivio de presión, y a los discos de ruptura.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la PSV estará calibrada a una presión un poco superior (+10%) a la presión de operación del equipo e inferior a la presión de tara del disco de ruptura (BD) (+20%).

Además, en función de la composición de la corriente que evacúen estos dispositivos, será necesaria la canalización de estos efluentes hacia un tanque de recogida para poder ser tratados. En concreto, se instalan dos tanques de recogida en el área 900.

Por último, destacar que tanto las válvulas de seguridad como los discos de ruptura están diseñados para actuar en situaciones de riesgo. Por lo tanto, en caso de sucederse una sobrepresión, éstos enviarían una señal a la sala de control para que no pase desapercibida la situación y se puedan tomar medidas de emergencia al respecto.

Una vez definidos estos lazos, se explicarán, por áreas de proceso, todos los presentes en la planta.

3.5.2.1. Área 100

En el área 100 se almacenan tanto las materias primas y reactivos necesarios para producir el 1-naftol, como el propio naftol. En general, son sustancias con un alto punto de ebullición, por lo que no se requiere almacenarlos a presión o refrigerados.

De esta forma, cada tanque de almacenamiento únicamente tiene instalado un sensor de nivel que avisa a la sala de control cuando éste es demasiado alto o bajo. Así, si se quisiera conocer la presión y temperatura de éstos, se debería mirar en los indicadores que tienen instalados, pero que no transmiten la señal a la sala de control.

Sin embargo, sí que se opta por instalar un sensor de temperatura y de presión, para una medición en continuo, para el tanque de iso-propanol y el gasómetro de hidrógeno porque requieren de unas ciertas condiciones de almacenamiento.

3.5.2.2. Áreas 200, 300 y 400

Las áreas 200, 300 y 400 son las áreas dónde se llevan a cabo la serie de reacciones y separaciones necesarias para producir el 1-naftol. Los equipos de estas zonas están ya fuertemente controlados, por lo que el número de lazos de monitorización no es abultado.

De esta forma, tanto los reactores (R-201&202, HR-301 y R-401&402) como el separador flash (FS-204) y las columnas (DC-205 y DC-302) están equipados con el pertinente sistema de seguridad ante sobrepresión.

A parte de los lazos de seguridad por sobrepresión, cabe destacar la presencia de sensores de nivel de líquido (LL y HL), de temperatura (TT) y de presión (PT).

Esta última variable es el parámetro más característico de un proceso de destilación, por lo que es evidente la necesidad de sondas de temperatura. Así, al diseñar las columnas con HYSYS® se han podido obtener unos perfiles de temperatura a lo largo de la columna. Por lo tanto, mediante la instalación de sondas de temperatura en puntos clave (condensador, calderín...), uno puede cerciorarse, en la práctica, de que en todo momento las temperaturas y, por lo tanto, el grado de separación es el correcto.

Por último, las sondas de nivel de líquido alertan de si la capacidad del equipo en cuestión está llegando a su máximo o mínimo. En caso de aviso de dichos sensores, se deben tomar medidas como pueden ser la actuación de válvulas de entrada y/o salida.

3.5.2.2. Área 500

Finalmente, el área 500 está dedicada a la cristalización del producto de interés, el 1-naftol. Ésta se caracteriza por ser un área en la que todas las corrientes se encuentran a presión atmosférica, y en la que las temperaturas no son un parámetro demasiado crítico.

Sin embargo, sí que se debe monitorizar y, por lo tanto, hacer un seguimiento de la temperatura de la mezcla en el decantador DCT-502. Así, ésta deber ser aproximadamente 75°C para que el naftol pueda solidificarse.

3.6. Señales

Como ya bien se ha comentado en el apartado 3.2.4 las señales se pueden clasificar en señales analógicas y señales digitales. A su vez, éstas pueden ser tanto de entrada como de salida. Algunos ejemplos de estos cuatro grandes grupos son:

- **Señal analógica de entrada o *Analogic Input* (AI)**: sensores, transmisores de variables medidas en continuo (temperatura, presión, caudal...).
- **Señal analógica de salida o *Analogic Output* (AO)**: válvulas de control, variador de frecuencia del agitador.
- **Señal digital de entrada o *Digital Input* (DI)**: sensores y transmisores de nivel de máxima/mínima, confirmación de marcha y de paro de motores.
- **Señal digital de salida o *Digital output* (DO)**: válvulas automáticas ON/OFF, finales de carrera.

3.7. Instrumentación

Tanto los lazos de control como los de monitorización precisan de una instrumentación específica. Toda esta instrumentación se puede clasificar en:

- Elementos primarios: captan y transmiten la señal (sensores, transmisores, transductores...).
- Elementos finales de control: reciben y ejecutan las acciones en función de la información que reciben del controlador.
- Tarjetas de adquisición de datos: toman un conjunto de señales físicas, las convierten en señales eléctricas y las digitalizan de manera que se puedan procesar en la unidad de control.
- Otros elementos: alarmas de nivel de máxima/mínima.

Una vez definida la instrumentación, se procederá a clasificar y hacer un listado de aquella que conforma los lazos de control, monitorización y seguridad de la presente planta de producción de 1-naftol. Además, se especificará si la señal de esta instrumentación se encuentra en campo o en el panel de control.

3.7.1. Check list instrumentación de los lazos de control

3.7.1.1. Área 100

Tabla 3.7.1.1.1. Instrumentación lazos de control. Área 100.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE CONTROL			PROYECTO	1-naftol
				LOCALIZACIÓN	Tarragona
				Hoja nº	1 de 5
				Fecha	06/06/2014
Área 100					
Lazo	Ítem	Tipo de señal	Descripción	Situación	
L-T101-1	HL-101	DI	Sensor nivel	Campo	
	LT-101	-	Transmisor nivel	Campo	
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel	
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo	
	AV-101	DO	Válvula automática	Campo	
L-T102-1	HL-102	DI	Sensor nivel	Campo	
	LT-102	-	Transmisor nivel	Campo	
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel	
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo	
	AV-103	DO	Válvula automática	Campo	
L-T103-1	HL-103	DI	Sensor nivel	Campo	
	LT-103	-	Transmisor nivel	Campo	
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel	
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo	

	AV-105	DO	Válvula automática	Campo
L-T104-1	HL-104	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-104	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo
	AV-107	DO	Válvula automática	Campo
L-T105-1	HL-105	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-105	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-109	DO	Válvula automática	Campo
L-T106-1	HL-106	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-106	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-111	DO	Válvula automática	Campo
L-T107-1	HL-107	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-107	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-113	DO	Válvula automática	Campo
L-T108-1	HL-108	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-108	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-115	DO	Válvula automática	Campo

L-T101-2	LL-101	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-101	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo
	AV-102	DO	Válvula automática	Campo
L-T102-2	LL-102	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-102	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo
	AV-104	DO	Válvula automática	Campo
L-T103-2	LL-103	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-103	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo
	AV-106	DO	Válvula automática	Campo
L-T104-2	LL-104	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-104	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T101-T104	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T101-T104	-	Transductor I/P	Campo
	AV-108	DO	Válvula automática	Campo
L-T105-2	LL-105	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-105	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-110	DO	Válvula automática	Campo

L-T106-2	LL-106	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-106	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-112	DO	Válvula automática	Campo
L-T107-2	LL-107	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-107	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-114	DO	Válvula automática	Campo
L-T108-2	LL-108	DI	Sensor nivel	Campo
	LT-108	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-T105-T108	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-T105-T108	-	Transductor I/P	Campo
	AV-116	DO	Válvula automática	Campo

3.7.1.2. Área 200

Tabla 3.7.1.2.1. Instrumentación lazos de control. Área 200.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol
			LOCALIZACIÓN	Tarragona
			Hoja nº	2 de 5
			Fecha	06/06/2014
Área 200				
Lazo	Ítem	Tipo de señal	Descripción	Situación
MF-R201-R202-1	MF-201	AI	Medidor caudal másico	Campo
	MF-201	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-R201-R202	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-R201-R202	-	Transductor I/P	Campo
	FCV-201	DO	Válvula control flujo másico	Campo
T-R201-1	TT-201 y TT-201MC	AI	Sensores temperatura	Campo
	TT-201 y TT-201MC	-	Transmisores temperatura	Campo
	TC-R201-R202	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-R201-R202	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-201	AO	Válvula control temperatura	Campo
T-R201-2	TT-201 y TT-201MC	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-201 y TT-201MC	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-R201-R202	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-R201-R202	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-202	AO	Válvula control temperatura	Campo
MF-R201-R202-2	MF-201	AI	Medidor caudal másico	Campo

	MF-201	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-R201-R202	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-R201-R202	-	Transductor I/P	Campo
	FCV-201	DO	Válvula control flujo másico	Campo
T-R202-1	TT-202 y TT-202MC	AI	Sensores temperatura	Campo
	TT-202 y TT-202MC	-	Transmisores temperatura	Campo
	TC-R201-R202	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-R201-R202	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-203	AO	Válvula control temperatura	Campo
T-R202-2	TT-202 y TT-202MC	AI	Sensores temperatura	Campo
	TT-202 y TT-202MC	-	Transmisores temperatura	Campo
	TC-R201-R202	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-R201-R202	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-204	AO	Válvula control temperatura	Campo
T-FS204-1	TT-204	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-204	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-FS204	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-FS204	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-205	AO	Válvula control temperatura	Campo
L-FS204-1	LL-204 / HL-204	AI	Sensores nivel	Campo
	LT-204	-	Transmisores nivel	Campo
	LC-FS204	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-FS204	-	Transductor I/P	Campo
	LCV-201	AO	Válvula control nivel	Campo
T-DC205-1	TT-207	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-207	-	Transmisor temperatura	Campo

	TC-DC205	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-DC205	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-204	AO	Válvula control temperatura	Campo
MF-DC205-1	MF-202	AI	Medidor caudal másico	Campo
	MF-202	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-DC205	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-DC205	-	Transductor I/P	Campo
	RCV-201	AO	Válvula control reflujo	Campo
L-DC205-1	LL-205 / HL-205	AI	Sensores nivel	Campo
	LL-205 / HL-205	-	Transmisores nivel	Campo
	LC-DC205	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-DC205	-	Transductor I/P	Campo
	LCV-202 / LCV-203	AO	Válvulas control nivel	Campo
T-KR206-1	TT-206	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-206	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-KR206	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-KR206	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-207	AO	Válvula control temperatura	Campo
T-EX201-1	TT-205	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-205	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-EX201	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-EX201	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-206	AO	Válvula control temperatura	Campo

3.7.1.3. Área 300

Tabla 3.7.1.3.1. Instrumentación lazos de control. Área 300.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol
			LOCALIZACIÓN	Tarragona
			Hoja nº	3 de 5
			Fecha	06/06/2014
Área 300				
Lazo	Ítem	Tipo de señal	Descripción	Situación
T-HR301-1	TT-301 y TT-301MC	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-301 y TT-301MC	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-HR-301	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-HR-301	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-302	AO	Válvula control temperatura	Campo
P-HR301-1	PT-301	AI	Sensor presión	Campo
	PT-301	-	Transmisor presión	Campo
	PC-HR-301	-	Controlador presión	Panel
	PIP-HR-301	-	Transductor I/P	Campo
	VF-301 & VF-302	AO	Variadores frecuencia compresor y bomba	Campo
L-HR301-1	LL-301 & HL-301	AI	Sensor nivel	Campo
	LT-301	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-HR-301	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-HR-301	-	Transductor I/P	Campo
	LCV-301	AO	Válvula control nivel	Campo
T-DC302-1	TT-304	AI	Sensor temperatura	Campo

	TT-304	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-DC302	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-DC302	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-305	AO	Válvula control temperatura	Campo
MF-DC302-1	MF-302	AI	Medidor caudal másico	Campo
	MF-203	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-DC302	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-DC302	-	Transductor I/P	Campo
	RCV-301	AO	Válvula control reflujo	Campo
L-DC302-1	LL-302 & HL-302	AI	Sensor nivel	Campo
	LT-302	-	Transmisor nivel	Campo
	LC-DC-302	-	Controlador nivel	Panel
	LIP-DC-302	-	Transductor I/P	Campo
	LCV-302 / LCV-303	AO /AO	Válvulas control nivel	Campo
T-KR304-1	TT-303	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-303	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-KR302	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-KR302	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-304	AO	Válvula control temperatura	Campo
T-EX301-1	TT-302	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-302	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-KR302	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-KR302	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-303	AO	Válvula control temperatura	Campo

3.7.1.4. Área 400

Tabla 3.7.1.4.1. Instrumentación lazos de control. Área 400.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol
			LOCALIZACIÓN	Tarragona
			Hoja nº	4 de 5
			Fecha	06/06/2014
Área 400				
Lazo	Ítem	Tipo de señal	Descripción	Situación
MF-R401-R402-1	MF-401	AI	Medidor caudal másico	Campo
	MF-401	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-R401-R402	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	FCV-401	AO	Válvula control flujo másico	Campo
MF-R401-R402-2	MF-402	AI	Medidor caudal másico	Campo
	MF-402	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-R401-R402	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	FCV-402	AO	Válvula control flujo másico	Campo
P-R401-1	PT-401	AI	Sensor presión	Campo
	PT-401	-	Transmisor presión	Campo
	PC-R401-R402	-	Controlador presión	Panel
	PIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	VF-401	AO	Variador frecuencia compresor	Campo
T-R401-1	TT-401	AI	Sensor temperatura	Campo

	TT-401	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-R401-R402	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-401 / TCV-402	AO / AO	Válvulas control temperatura	Campo
MF-R401-R402-1	MF-401	AI	Medidor caudal másico	Campo
	MF-401	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-R401-R402	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-401	AO	Válvula control flujo másico	Campo
MF-R401-R402-2	MF-402	AI	Medidor caudal másico	Campo
	MF-402	-	Transmisor caudal másico	Campo
	MFC-R401-R402	-	Controlador caudal másico	Panel
	MFIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-402	AO	Válvula control flujo másico	Campo
P-R402-1	PT-402	AI	Sensor presión	Campo
	PT-402	-	Transmisor presión	Campo
	PC-R401-R402	-	Controlador presión	Panel
	PIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	VF-401	AO	Variador frecuencia compresor	Campo
T-R402-1	TT-402	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-402	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-R401-R402	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-R401-R402	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-403 / TCV-404	AO / AO	Válvulas control temperatura	Campo
T-EX401-1	TT-403	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-403	-	Transmisor temperatura	Campo

	TC-EX401	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-EX401	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-405	AO	Válvula control temperatura	Campo

3.7.1.5. Área 500

Tabla 3.7.1.5.1. Instrumentación lazos de control. Área 500.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol
			LOCALIZACIÓN	Tarragona
			Hoja n°	5 de 5
			Fecha	06/06/2014
Área 500				
Lazo	Ítem	Tipo de señal	Descripción	Situación
T-EX501-1	TT-502	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-502	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-EX501	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-EX501	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-501	AO	Válvula control temperatura	Campo
T-DCT502-1	TT-503 / TT-503MC	AI	Sensor temperatura	Campo
	TT-503 / TT-503MC	-	Transmisor temperatura	Campo
	TC-DCT502	-	Controlador temperatura	Panel
	TIP-DCT502	-	Transductor I/P	Campo
	TCV-502	AO	Válvula control temperatura	Campo

3.7.2. Check list instrumentación de los lazos de monitorización y seguridad

3.7.2.1. Área 100

Tabla 3.7.2.1.1. Instrumentación lazos de monitorización y seguridad. Área 100.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN	PROYECTO	1-naftol
		LOCALIZACIÓN	Tarragona
		Hoja n°	1 de 5
		Fecha	06/06/2014
		Área 100	
Lazo	Ítem	Descripción	Situación
L-T101-1	LL-101	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-101	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T101-1	WT-101	Sensor/transmisor carga	Campo
L-T102-1	LL-102	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-102	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T102-1	WT-102	Sensor/transmisor carga	Campo
L-T103-1	LL-103	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-103	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo

W-T103-1	WT-103	Sensor/transmisor carga	Campo
L-T104-1	LL-104	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-104	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T104-1	WT-104	Sensor/transmisor carga	Campo
L-T105-1	LL-105	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-105	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T105-1	WT-105	Sensor/transmisor carga	Campo
L-T106-1	LL-106	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-106	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T106-1	WT-106	Sensor/transmisor carga	Campo
L-T107-1	LL-107	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-107	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T107-1	WT-107	Sensor/transmisor carga	Campo
L-T108-1	LL-108	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
	HL-108	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T108-1	WT-108	Sensor/transmisor carga	Campo
T-T109-1	TT-101	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
P-T109-1	PT-101	Sensor/transmisor de presión	Campo
L-T109-1	LL-109	Sensor/transmisor nivel mínima	Campo

		(ON/OFF)	
	HL-109	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
W-T109-1	WT-109	Sensor/transmisor carga	Campo
T-T110-1	TT-102	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
P-T110-1	PT-102	Sensor/transmisor de presión	Campo

3.7.2.2. Área 200

Tabla 3.7.2.2.1. Instrumentación lazos de monitorización y seguridad. Área 200.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN	PROYECTO	1-naftol
		LOCALIZACIÓN	Tarragona
		Hoja n°	2 de 5
		Fecha	06/06/2014
		Área 200	
Lazo	Ítem	Descripción	Situación
T-R201-1	TT-201	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
P-R201-1	PT-201	Sensor/transmisor de presión	Campo
P-R201-2	PSV-201 / BD-201	Válvula seguridad / disco de ruptura (ON/OFF)	Campo

W-R201-1	WT-201	Célula carga líquido	Campo
L-R201-1	LL-201	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-R201-2	HL-201	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
T-R202-1	TT-202	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
P-R202-1	PT-202	Sensor/transmisor de presión	Campo
P-R202-2	PSV-202 / BD-202	Válvula seguridad / disco de ruptura (ON/OFF)	Campo
W-R202-1	WT-202	Célula carga líquido	Campo
L-R202-1	LL-202	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-R202-2	HL-202	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
T-BT203-1	TT-203	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
L-BT203-1	LL-203	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-BT203-2	HL-203	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
T-FS204-1	TT-204	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
L-FS204-1	LL-204	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-FS204-2	HL-204	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
T-DC205-1	TT-208	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
P-DC205-1	PT-203	Sensor/transmisor de presión	Campo
P-DC205-2	PSV-203 / BD-203	Válvula seguridad / disco de ruptura (ON/OFF)	Campo
L-DC205-1	LL-205	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-DC205-2	HL-205	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
T-KR206-1	TT-206	Sensor/transmisor de temperatura	Campo

3.7.2.3. Área 300

Tabla 3.7.2.3.1. Instrumentación lazos de monitorización y seguridad. Área 300.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN		PROYECTO	1-naftol
			LOCALIZACIÓN	Tarragona
			Hoja n°	3 de 5
			Fecha	06/06/2014
			Área 300	
Lazo	Ítem	Descripción	Situación	
T-HR301-1	TT-301	Sensor/transmisor de temperatura	Campo	
P-HR301-1	PT-301	Sensor/transmisor de presión	Campo	
P-HR301-2	PSV-301 / BD-301	Válvula seguridad / disco de ruptura (ON/OFF)	Campo	
W-HR301-1	WT-301	Célula carga líquido	Campo	
L-HR301-1	LL-301	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo	
L-HR301-2	HL-301	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo	
T-DC302-1	TT-302	Sensor/transmisor de temperatura	Campo	
P-HR301-1	PT-302	Sensor/transmisor de presión	Campo	
P-DC302-2	PSV-302 / BD-302	Válvula seguridad / disco de ruptura (ON/OFF)	Campo	
L-DC302-1	LL-302	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo	
L-DC302-2	HL-302	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo	
T-KR304-1	TT-303	Sensor/transmisor de temperatura	Campo	

T-BT303-1	TT-305	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
L-BT303-1	LL-303	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-BT303-2	HL-303	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo

3.7.2.4. Área 400

Tabla 3.7.2.4.1. Instrumentación lazos de monitorización y seguridad. Área 400.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN	PROYECTO	1-naftol
		LOCALIZACIÓN	Tarragona
		Hoja n°	4 de 5
		Fecha	06/06/2014
		Área 400	
Lazo	Ítem	Descripción	Situación
T-R401-1	TT-401	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
P-R401-1	PT-401	Sensor/transmisor de presión	Campo
P-R401-2	PSV-401 / BD-401	Válvula seguridad / disco de ruptura (ON/OFF)	Campo
W-R401-1	WT-401	Célula carga líquido	Campo
L-R401-1	LL-401	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-R401-2	HL-401	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
T-R402-1	TT-402	Sensor/transmisor de temperatura	Campo
P-R402-1	PT-402	Sensor/transmisor de presión	Campo

P-R402-2	PSV-402 / BD-402	Válvula seguridad / disco de ruptura (ON/OFF)	Campo
W-R402-1	WT-402	Célula carga líquido	Campo
L-R402-1	LL-402	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo
L-R402-2	HL-402	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo

3.7.2.5. Área 500

Tabla 3.7.2.5.1. Instrumentación lazos de monitorización y seguridad. Área 500.

	INSTRUMENTACIÓN LAZOS DE SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN		PROYECTO	1-naftol
			LOCALIZACIÓN	Tarragona
			Hoja nº	5 de 5
			Fecha	06/06/2014
			Área 500	
Lazo	Ítem	Descripción	Situación	
T-DCT501-1	TT-501	Sensor/transmisor de temperatura	Campo	
L-DCT501-1	LL-501	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo	
L-DCT501-2	HL-501	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo	
T-DCT502-1	TT-503	Sensor/transmisor de temperatura	Campo	
L-DCT502-1	LL-503	Sensor/transmisor nivel mínima (ON/OFF)	Campo	

L-DCT502-2	HL-503	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo
T-CTF503-1	TT-504	Sensor/transmisor nivel máxima (ON/OFF)	Campo

Una vez expuesto el listado de los elementos de control necesarios, se tratarán más en detalladamente algunos de los elementos más importantes del sistema de control como, por ejemplo, los elementos de medición o los elementos finales.

3.7.3. Elementos de medición

Las sondas y sensores se encargan de la medición de unas determinadas variables físicas de proceso tales como:

- Temperatura.
- Presión.
- Nivel.
- Caudal másico.
- Carga.

Además, con el fin de seguir un criterio de simplicidad, destacar que se utilizará la misma instrumentación en todos los lazos de una misma variable.

A continuación, se explica la instrumentación necesaria para la determinación de cada variable, y se añade una hoja de especificación típica.

3.7.3.1. Temperatura

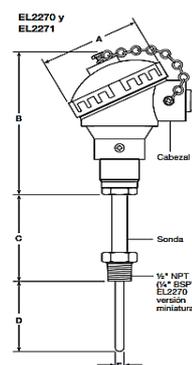
Las sondas de temperatura están en contacto directo con el fluido de proceso. En el caso concreto de la producción de 1-naftol, el pH del medio normalmente es ácido, por lo que estas sondas deben ir aisladas para evitar la corrosión de las mismas.

Por otra parte, las sondas instaladas en equipos que trabajen a presiones y temperaturas elevadas serán más complejas y caras.

Se adjunta la hoja de especificación de la sonda de temperatura TT-201 del reactor de nitración R-201.

Tabla 3.7.3.1.1. Hoja especificación sonda de temperatura TT-201. Reactor R-201.

Sensor de temperatura	Nº ítem	TT-201	Área 200
	Planta de producción de 1-naftol Ubicación: Tarragona	Fecha:	06/06/2014
IDENTIFICACIÓN			
Nº lazo	T-R201-1		
Descripción	Sensor de temperatura del reactor R-201		
Condiciones de operación			
Fluido	Naftaleno, HNO ₃ , H ₂ O, nitronaftaleno		
	Mínimo	Máximo	
Presión (bar)	1	1,1	
Temperatura (°C)	0	100	
Características de operación			
Elemento de medida	Termómetro de resistencia		
Alimentación	24 V		
Señal de salida	4-20 mA (analógica)		
Variable medida	Temperatura		
Rango	0-100 °C		
Sensibilidad	± 0.1 %		
Calibrado	Sí		
Características de fabricación			
Elemento sensor	Pt-100		
Temperatura máxima (°C)	500		
Presión máxima (bar)	35		
Baina	AISI 316L		
Tipo y norma	EN 60751 Clase A		
Dimensiones	L= 265 mm D= 88 mm		
Proveedor			
Proveedor	Spirax Sarco		
Modelo	EL2271		
Certificado	ATEX II 1G EExia IIC / IIB T4 / T5 / T6		
Enlace hoja especificación completa	http://www.spiraxsarco.com		



De esta forma, cada sonda de temperatura instalada será diferente en función del rango de operación. Para la selección del resto de sondas presentes, se puede buscar en la [página de spirax-sarco](http://www.spirax-sarco.com).

3.7.3.2. Presión

Al igual que las sondas de temperatura, las sondas de presión también deben ir recubiertas con un material que impida su corrosión. Además, como el hidrogenador y los reactores de hidrólisis trabajan a presiones bastante elevadas, éstas serán más sofisticadas y, por lo tanto, más caras.

Se adjunta la hoja de especificación de la sonda/transmisor de presión PT-301 del hidrogenador HR-301. Se ha elegido tal sonda debido a que el hidrogenador es uno de los puntos en el que la presión es elevada y, por lo tanto, uno de los puntos críticos a controlar.

Tabla 3.7.3.2.1. Hoja especificación sonda de presión PT-301. Hidrogenador HR-301.

Sensor de presión	Nº ítem	PT-301	Área 300
	Planta de producción de 1-naftol Ubicación: Tarragona	Fecha:	06/06/2014
IDENTIFICACIÓN			
Nº lazo	P-HR301-1		
Descripción	Sensor de presión del hidrogenador HR-301		
Condiciones de operación			
Fluido	1-nitronaftaleno, iso-propanol, agua, 1-naftilamina, hidrógeno		
	Mínimo	Máximo	
Presión (bar)	100	110	
Temperatura (°C)	180	200	
Características de operación			
Elemento de medida	Transmisor digital con sensor piezoresistivo		
Alimentación	24 V		
Señal de salida	4-20 mA (analógica)		
Variable medida	Presión		
Rango	100 mbar - 700 bar		
Sensibilidad	± 0.075 %		
Calibrado	Sí		
Características de fabricación			
Elemento sensor	Sensor piezoresistivo		
Temperatura máxima (°C)	400		
Presión máxima (bar)	700		
Posición	Vertical		
Conexión a proceso	Rosca y brida		
Proveedor			
Proveedor	Endress+Hauser		
Modelo	Cerabar S PMP75		
Certificado	ATEX, FM, CSA, CSA C/US, IEC Ex...		
Enlace hoja especificación completa	http://www.es.endress.com/		



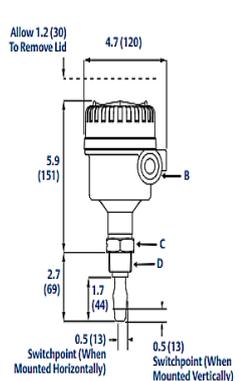
3.7.3.3. Nivel

Los sensores de nivel son digitales (ON/OFF). Es decir, el elemento medidor le indica al controlador si el líquido ha sobrepasado o no un cierto nivel. Estos sensores pueden ser de nivel máximo o mínimo y la detección de éste se realiza por vibración. Así, un diapasón emite una serie de vibraciones, de diferente frecuencia, en función del medio en el que se encuentra sumergido.

En este caso, se expone la hoja de especificación del sensor de nivel del tanque T-101 de almacenamiento de ácido nítrico.

Tabla 3.7.3.3.1. Hoja especificación sonda de nivel de mínima. Tanque T-101.

Sensor de nivel	Nº ítem	LL-101	Área 100
	Planta de producción de 1-naftol Ubicación: Tarragona	Fecha:	06/06/2014
IDENTIFICACIÓN			
Nº lazo	L-T101-T104-2		
Descripción	Sensor de nivel de mínima tanque HNO3 T-101		
Condiciones de operación			
Fluido	Ácido nítrico		
	Mínimo	Máximo	
Presión (bar)	1	1,1	
Temperatura (°C)	5	35	
Características de operación			
Elemento de medida	Cristal piezoeléctrico		
Alimentación	24 V		
Señal de salida	4-20 mA (digital)		
Variable medida	Frecuencia de vibración		
Rango	-		
Sensibilidad	± 0.1 %		
Calibrado	Sí		
Características de fabricación			
Elemento sensor	Cristal piezoeléctrico		
Temperatura máxima (°C)	150		
Presión máxima (bar)	32		
Baina	-		
Conexión	Rosca y brida		
Dimensiones	Detalladas en figura		
Proveedor			
Proveedor	Emerson Rosemount		
Modelo	Rosemount 2120 level switch		
Certificado	ATEX		
Enlace hoja especificación completa	http://www2.emersonprocess.com		



3.7.3.4. Caudal másico

En todas las áreas de proceso, la medición precisa del caudal másico es esencial para la optimización del proceso y de la calidad del producto. A diferencia del caudal volumétrico, el caudal másico proporciona una medición de la cantidad absoluta, ya que no se ve afectado por los cambios de temperatura y presión, proporcionando una medición de caudal fiable en todo momento.

Se adjunta la hoja de especificación del medidor de caudal másico de entrada de ácido sulfúrico a los reactores de hidrólisis R-401&R-402.

Tabla 3.7.3.4.1. Hoja especificación medidor de caudal másico. R-401 & R-402.

Medidor de caudal másico	Nº ítem		MF-401	Área 400
	Planta de producción de 1-naftol Ubicación: Tarragona		Fecha:	06/06/2014
IDENTIFICACIÓN				
Nº lazo	MF-R401-R402-1			
Descripción	Medidor de caudal másico H2SO4 R-401&R-402			
Condiciones de operación				
Fluido	Ácido sulfúrico			
	Mínimo	Máximo		
Presión (bar)	1	1,1		
Temperatura (°C)	10	35		
Características de operación				
Principio de medición	Coriolis			
Alimentación	24 V			
Señal de salida	0-20 mA (activa) / 4-20 mA (activa/pasiva)			
Variable medida	Flujo másico			
Rango	0-180000 kg/h			
Sensibilidad	± 0.5 %			
Calibrado	Sí			
Características de fabricación				
Elemento sensor	Coriolis			
Temperatura máxima (°C)	140			
Presión máxima (bar)	PN100			
Baina	1.4301 (304) resistente corrosión			
Conexión	Brida			
Rango diámetro nominal	DN8 to DN80			
Proveedor				
Proveedor	Endress+Hauser			
Modelo	Promass 40E			
Certificado	ATEX, IECEx, FM, CSA, NEPSI, TIIS			
Enlace hoja especificación completa	http://www.es.endress.com/			



3.7.3.5. Carga

Las células de carga proporcionan información de la cantidad másica de fluido que contiene un recipiente. En la planta se instala una célula de carga en cada reactor con el fin de conocer, en todo momento, la cantidad de mezcla reactiva. De esta forma, se consigue tener un control más óptimo de las condiciones de operación.

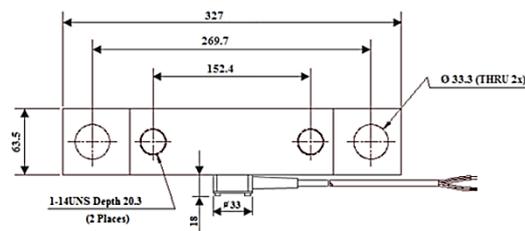
Se adjunta la hoja de especificación de la célula de carga WT-201 del reactor de nitración R-201.

Planta de producción de 1-naftol

3. Control e instrumentación

Tabla 3.7.3.5.1. Hoja especificación célula de carga de líquido reactor R-201.

Célula de carga	Nº ítem	WT-201	Área 200
		Planta de producción de 1-naftol Ubicación: Tarragona	Fecha:
IDENTIFICACIÓN			
Nº lazo	W-R201-1		
Descripción	Célula de carga de líquido del reactor R-201		
Condiciones de operación			
Fluido	Naftaleno, HNO ₃ , H ₂ O, nitronaftaleno		
	Mínimo	Máximo	
Presión (bar)	1	1,1	
Temperatura (°C)	0	100	
Características de operación			
Elemento de medida	Plato de aleación de níquel IP67 sobre célula de carga		
Alimentación	24 V		
Señal de salida	4-20 mA (digital)		
Variable medida	Peso líquido		
Rango	0-15t		
Sensibilidad	± 0.05 %		
Calibrado	Sí		
Características de fabricación			
Nº máx. intervalos célula carga	3000		
Temperatura máxima (°C)	70		
Presión máxima (bar)	-		
Baina	-		
Balance tara	< ± 2 %		
Dimensiones	Especificadas en figura		
Proveedor			
Proveedor	Zemic europe		
Modelo	H10J Load Cell		
Certificado	-		
Enlace hoja especificación completa	http://www.zemiceurope.com/es		



3.7.4. Elementos finales de control

3.7.4.1. Introducción

Un elemento final de control es aquel que recibe la información del controlador y actúa sobre la variable manipulada con el fin de conseguir que ésta se encuentre dentro de los valores establecidos por el *set-point*, corrigiendo posibles perturbaciones que puedan afectar al sistema.

El elemento final de control más utilizado en la planta es la válvula de control. Este tipo de válvula se encuentra instalada a lo largo de la planta en forma de dos subclases:

- **Válvulas de regulación (CBV):** son aquellas que actúan variando el flujo de una corriente, aumentando o disminuyendo la sección de paso del fluido a través de ella. Además, puntualizar que cuando la variable manipulada es la temperatura, presión, nivel, caudal másico o la relación de reflujo, se denotan como TCV, PCV, LCV, FCV y RCV, respectivamente.
- **Válvula todo/nada (AV):** son aquellas que únicamente tienen dos posiciones: abierta donde el fluido no encontrará ningún impedimento para circular, y cerrada en la que el fluido no podrá circular por dicha sección. Sobre todo, se encuentran instaladas a la salida y entrada de los tanques de almacenamiento.

3.7.4.2. Listado de válvulas de control

A continuación, se expone el listado de válvulas de control presentes en la planta. Éstas se agrupan por áreas y se especifica la posición en caso de fallo del suministro de aire comprimido en dicha válvula.

Este último aspecto es primordial a la hora de instalar una válvula de control, ya que está relacionado con la seguridad e integridad tanto del proceso como de la misma planta. A esto se le llama que una válvula de control es normalmente abierta o normalmente cerrada. Algunos ejemplos de la posición de la válvula serían:

- Las válvulas automáticas que controlan el llenado y vaciado de los tanques de almacenamiento son normalmente cerradas para evitar el rebose y vaciado completo de dichas materias primas.
- Las tres reacciones son exotérmicas, por lo que la válvula de control que regula la cantidad de agua de refrigeración añadida estará abierta en caso de fallo en el suministro de aire comprimido. De esta forma, se evita que la reacción no alcance la temperatura de no retorno (velocidad de generación de calor es mayor a la velocidad de disipación de este calor), y no se origine una reacción descontrolada.
- En el caso de la presión, los correspondientes variadores de frecuencia (VF) que regulan la presión en el hidrogenador y en los reactores de hidrólisis serán normalmente cerrados. Así, si hubiera una sobrepresión, únicamente actuarían la válvula y disco de seguridad consiguiendo reducir esta presión hasta la atmosférica.
- La válvula de control de temperatura del condensador y reboiler de una columna de destilación son normalmente abierta y cerrada, respectivamente.
- Las válvulas de control de nivel son normalmente abiertas en caso de rebose o variación en el caudal volumétrico de entrada a la columna.
- Por último, las válvulas que permiten el paso tanto del ácido nítrico como del ácido sulfúrico son normalmente cerradas en caso de fallo, con el fin de evitar introducir más cantidad de la permitida. Así, se consigue disminuir el carácter exotérmico y/o rebose de la mezcla.

Tabla 3.7.4.2.1. Listado válvulas de control. Área 100.

	LISTADO VÁLVULAS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol		
			LOCALIZACIÓN	Tarragona		
			Hoja n°	1 de 5		
			Fecha	06/06/2014		
Área 100						
Equipo	Nombre del lazo	Ítem	Descripción	Posición en caso de fallo	Situación	Actuación
T-101	L-T101-1	AV-101	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-101	L-T101-2	AV-102	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-102	L-T102-1	AV-103	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-102	L-T102-2	AV-104	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-103	L-T103-1	AV-105	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-103	L-T103-2	AV-106	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-104	L-T104-1	AV-107	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-104	L-T104-2	AV-108	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-105	L-T105-1	AV-109	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-105	L-T105-2	AV-110	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-106	L-T106-1	AV-111	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-106	L-T106-2	AV-112	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-107	L-T107-1	AV-113	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-107	L-T107-2	AV-114	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-108	L-T108-1	AV-115	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
T-108	L-T108-2	AV-116	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática

Tabla 3.7.4.2.2. Listado válvulas de control. Área 200.

	LISTADO VÁLVULAS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol		
			LOCALIZACIÓN	Tarragona		
			Hoja nº	2 de 5		
			Fecha	06/06/2014		
Área 200						
Equipo	Nombre del lazo	Ítem	Descripción	Posición en caso de fallo	Situación	Actuación
R-201	MF-R201-R202-1	FCV-201	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
R-201	T-R201-1	TCV-201	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-201	T-R201-2	TCV-202	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
R-202	MF-R201-R202-1	FCV-201	Válvula todo/nada	Cerrada	Campo	Neumática
R-202	T-R202-1	TCV-203	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-202	T-R202-2	TCV-204	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
FS-204	T-FS204-1	TCV-205	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
FS-204	L-FS204-1	LCV-201	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-205	T-DC205-1	TCV-208	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-205	L-DC205-1	LV-202	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-205	L-DC205-1	LCV-203	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-205	MF-DC205-1	RCV-201	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
KR-206	T-KR206-1	TCV-207	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
EX-201	T-EX201-1	TCV-206	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática

Tabla 3.7.4.2.3. Listado válvulas de control. Área 300.

	LISTADO VÁLVULAS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol		
			LOCALIZACIÓN	Tarragona		
			Hoja n°	3 de 5		
			Fecha	06/06/2014		
Área 300						
Equipo	Nombre del lazo	Ítem	Descripción	Posición en caso de fallo	Situación	Actuación
HR-301	T-HR301-1	TCV-301	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
HR-301	L-HR301-1	LCV-301	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-302	T-DC302-1	TCV-305	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-302	L-DC302-1	LCV-303	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-302	L-DC302-1	LCV-302	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
DC-302	L-DC302-1	RCV-301	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
KR-304	T-KR304-1	TCV-304	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
EX-301	T-EX301-1	TCV-303	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática

Tabla 3.7.4.2.4. Listado válvulas de control. Área 400.

	LISTADO VÁLVULAS DE CONTROL		PROYECTO		1-naftol	
			LOCALIZACIÓN		Tarragona	
			Hoja n°		4 de 5	
			Fecha		06/06/2014	
Área 400						
Equipo	Nombre del lazo	Ítem	Descripción	Posición en caso de fallo	Situación	Actuación
R-401	MF-R401-R402-1	FCV-401	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-401	MF-R401-R402-2	FCV-402	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-401	T-R401-1	TCV-401	Válvulas de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-401	T-R401-1	TCV-402	Válvulas de regulación	Abierta	Campo	Neumática
R-402	MF-R401-R402-1	FCV-401	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-402	MF-R401-R402-2	FCV-402	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-402	T-R402-1	TCV-403	Válvulas de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
R-402	T-R402-1	TCV-404	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática
EX-401	T-EX401-1	TCV-405	Válvula de regulación	Abierta	Campo	Neumática

Tabla 3.7.4.2.5. Listado válvulas de control. Área 500.

	LISTADO VÁLVULAS DE CONTROL		PROYECTO	1-naftol		
			LOCALIZACIÓN	Tarragona		
			Hoja n°	5 de 5		
			Fecha	06/06/2014		
Área 500						
Equipo	Nombre del lazo	Ítem	Descripción	Posición en caso de fallo	Situación	Actuación
EX-501	T-EX501-1	TCV-501	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática
DCT-501	T-DCT501-1	TCV-502	Válvula de regulación	Cerrada	Campo	Neumática

3.7.4.3. Dimensionado de válvulas de control

En este último apartado, se realizará el diseño de todas las válvulas de control presentes. Éste consiste básicamente en el cálculo de los coeficientes K_v y K_{vs} , y el diámetro nominal de dicha válvula.

En primer lugar, es importante definir estos parámetros característicos de toda válvula de control.

- **K_v** es el caudal de agua (m^3/h) a una temperatura de $5\text{ }^\circ\text{C}$ y $30\text{ }^\circ\text{C}$ que con una pérdida de presión de 1 bar fluye a través de una válvula con una carrera H .
- **K_{vs}** es el valor que representa el K_v previsto para un grado de apertura teórico de la válvula del 100%.

$$K_v = K_{vs} \cdot f(x) \quad (1)$$

Finalmente, destacar que antes de elegir los parámetros de la válvula de control es necesario hacer un cálculo previo a partir de los valores de caudal, de la pérdida de presión y de las propiedades del fluido que circula.

A continuación, se expone el listado de las válvulas de control ya dimensionadas:

Tablas 3.7.4.3.1- 5. Dimensionado válvulas de control.

	DIMENSIONADO VÁLVULAS DE CONTROL			PROYECTO	1-naftol				
				LOCALIZACIÓN	Tarragona				
				Hoja n°	1 de 5				
				Fecha	06/06/2014				
Área 100									
Ítem	Diámetro (m)	DN (mm)	Estado	ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	e _v (m)	ΔP (bar)	Kvs (m ³ /h)
AV-101	0,0762	80	L	1234	30,04	1,8	1,71	0,208	73,15
AV-102	0,0254	25	L	1234	2,531	1,4	0,98	0,120	8,13
AV-103	0,0762	80	L	1234	30,04	1,8	1,71	0,208	73,15
AV-104	0,0254	25	L	1234	2,531	1,4	0,98	0,120	8,13
AV-105	0,0762	80	L	1234	30,04	1,8	1,71	0,208	73,15
AV-106	0,0254	25	L	1234	2,531	1,4	0,98	0,120	8,13
AV-107	0,0762	80	L	1234	30,04	1,8	1,71	0,208	73,15
AV-108	0,0254	25	L	1234	2,531	1,4	0,98	0,120	8,13
AV-109	0,0762	80	L	1856	30,04	1,8	1,71	0,313	73,15
AV-110	0,0381	40	L	1856	4,4	1,1	0,59	0,107	18,29
AV-111	0,0762	80	L	1856	30,04	1,8	1,71	0,313	73,15
AV-112	0,0381	40	L	1856	4,4	1,1	0,59	0,107	18,29
AV-113	0,0762	80	L	1856	30,04	1,8	1,71	0,313	73,15
AV-114	0,0381	40	L	1856	4,4	1,1	0,59	0,107	18,29
AV-115	0,0762	80	L	1856	30,04	1,8	1,71	0,313	73,15
AV-116	0,0381	40	L	1856	4,4	1,1	0,59	0,107	18,29

	DIMENSIONADO VÁLVULAS DE CONTROL			PROYECTO	1-naftol				
				LOCALIZACIÓN	Tarragona				
				Hoja n°	2 de 5				
				Fecha	06/06/2014				
Área 200									
Ítem	Diámetro (m)	DN (mm)	Estado	ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	e _v (m)	ΔP (bar)	Kvs (m ³ /h)
FCV-201	0,0254	25	L	1234	2,531	1,4	1,28	0,156	7,13
TCV-201	0,0889	125	V	1,094	483,64	21,6	310,70	0,034	125,38
TCV-202	0,127	125	L	1000	67,81	1,5	1,47	0,145	178,22
TCV-203	0,0889	125	V	1,094	483,64	21,6	310,70	0,034	125,38
TCV-204	0,127	125	L	1000	67,81	1,5	1,47	0,145	178,22
LCV-201	0,0254	25	L	830	2,341	1,3	1,09	0,090	7,13
LCV-202	0,0095	10	L	625,9	0,234	0,9	0,55	0,034	1,00
LCV-203	0,0254	25	L	758,8	2,368	1,3	1,12	0,084	7,13
TCV-205	0,1016	100	V	1,094	548,45	18,8	234,20	0,025	142,18
TCV-206	0,01905	20	L	1004	1,723	1,7	1,87	0,185	4,01
TCV-207	0,3556	350	L	835,5	347,10	1,0	0,63	0,052	1397,26
TCV-208	0,3048	300	L	1044	296,935	1,1	0,85	0,087	1026,56
RCV-201	0,1016	100	L	758,8	35,520	1,2	0,98	0,074	114,06

	DIMENSIONADO VÁLVULAS DE CONTROL			PROYECTO	1-naftol				
				LOCALIZACIÓN	Tarragona				
				Hoja n°	3 de 5				
				Fecha	06/06/2014				
Área 300									
Ítem	Diámetro (m)	DN (mm)	Estado	ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	e _v (m)	ΔP (bar)	Kvs (m ³ /h)
TCV-301	-	-	V	-	-	-	-	-	-
TCV-302	0,1524	150	L	1000	80,92	1,2	1,01	0,099	256,64
LCV-301	0,0381	40	L	687	5,272	1,3	1,09	0,074	16,04
LCV-303	0,0254	25	L	627,7	2,323	1,3	1,08	0,067	7,13
LCV-302	0,0254	25	L	766,3	2,824	1,5	1,59	0,120	7,13
TCV-303	0,0635	65	L	835,5	11,97	1,0	0,73	0,060	44,56
TCV-304	0,3048	300	L	835,5	299,22	1,1	0,86	0,071	1026,56
TCV-305	0,3048	300	L	1004	438,25	1,7	1,85	0,183	1026,56
RCV-301	0,1016	100	L	766,3	28,24	1,0	0,62	0,047	114,06

	DIMENSIONADO VÁLVULAS DE CONTROL			PROYECTO	1-naftol				
				LOCALIZACIÓN	Tarragona				
				Hoja n°	4 de 5				
				Fecha	06/06/2014				
Área 400									
Ítem	Diámetro (m)	DN (mm)	Estado	ρ (kg/m ³)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	e _v (m)	ΔP (bar)	Kvs (m ³ /h)
TCV-401	0,0762	80	L	850	23,27	1,4	1,33	0,112	64,16
TCV-402	0,0762	80	L	1000	20,58	1,3	1,04	0,103	64,16
TCV-403	0,0762	80	L	850	23,27	1,4	1,33	0,112	64,16

Planta de producción de 1-naftol

3. Control e instrumentación

TCV-404	0,0762	80	L	1000	20,58	1,3	1,04	0,103	64,16
FCV-401	0,0381	40	L	1856	4,4	1,1	0,76	0,140	16,04
FCV-402	0,0381	40	L	1007	4,76	1,2	0,89	0,089	16,04
TCV-405	0,03175	32	L	1007	3,73	1,3	1,14	0,113	11,14

	DIMENSIONADO VÁLVULAS DE CONTROL			PROYECTO	1-naftol					
				LOCALIZACIÓN	Tarragona					
				Hoja nº	5 de 5					
				Fecha	06/06/2014					
Área 500										
Ítem	Diámetro (m)	DN (mm)	Estado	ρ (kg/m³)	Q (m³/h)	v (m/s)	e_v (m)	ΔP (bar)	Kvs (m³/h)	
TCV-501	0,0381	40	L	1004	4,315	1,1	0,73	0,073	16,04	
TCV-502	0,0508	50	L	1004	10,8	1,5	1,45	0,144	28,52	

3.7.4.4. Hoja de especificaciones válvulas de control

Finalmente, se presentan algunos ejemplos de hojas de especificación para determinadas válvulas de control.

De esta forma, se expone una hoja de especificación para una válvula de control todo/nada y para una de regulación:

Tabla 3.7.4.4.1. Hoja de especificación válvula de control todo/nada FCV-201.

	Válvula de control	Nº ítem	FCV-201	Área 200
		Planta de producción de 1-naftol Ubicación: Tarragona	Fecha:	06/06/2014
IDENTIFICACIÓN				
Lazo de control		MF-R201-R202-1		
Denominación		Válvula de control de caudal de ácido nítrico (63%)		
Nº de línea		109-F		
CONDICIONES DE SERVICIO				
Fluido: Ácido nítrico (63%)		Líquido: X	Gas:	
Caudal (kg/h)		3153,56		
Temperatura (°C)		25		
Presión de entrada (bar)		1,01		
Presión de salida (bar)		0,854		
Pérdida de carga (bar)		0,156		
Densidad (kg/m³)		1234		
Kvs (m³/h)		Kvs calculado: 7,13	Kvs válvula: 10	

CARACTERIZACIÓN DE LA VÁLVULA				
Características válvula	Todo / nada	X	Isoporcentual	
	Lineal		Apertura rápida	
Actuación	Neumática	X	Eléctrica	
Alimentación	20 psi	Posición en caso de fallo	Cerrada	
Señal de entrada	3-15 psi	Final de carrera (sí/no)	Sí	
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
Diámetro nominal	DN25	Presión nominal (PN)	10-16	
Material	Fundición gris EN-JL1040	Cierre asiento-obturador	Metálico con junta blanda	
Tipo posicionador	Efecto simple	X	Efecto doble	
DATOS DE INSTALACIÓN				
Rango de temperatura (°C)		-10 - 220		
Posición acturador respecto a la válvula		Vertical		
MODELO				
Proveedor	SAMSON			
Modelo	3241-1			
Más información:	http://www.samson.de/pdf_in/t80150es.pdf			



Tabla 3.7.4.4.2. Hoja de especificación válvula de control de regulación TCV-205.

	Válvula de control	Nº ítem	TCV-205	Área 200
		Planta de producción de 1-naftol Ubicación: Tarragona	Fecha:	06/06/2014
IDENTIFICACIÓN				
Lazo de control		T-FS204-1		
Denominación		Válvula de control de temperatura del FS-204		
Nº de línea		-		
CONDICIONES DE SERVICIO				
Fluido: Vapor de agua a 120 °C y 2 bar		Líquido: X	Gas:	
Caudal (kg/h)		600		
Temperatura (°C)		120		
Presión de entrada (bar)		2		
Presión de salida (bar)		1,975		
Pérdida de carga (bar)		0,025		
Densidad (kg/m³)		1,09		
Kvs (m³/h)		Kvs calculado: 142,18	Kvs válvula: 344	
CARACTERIZACIÓN DE LA VÁLVULA				
Características válvula	Todo / nada		Isoporcentual	
	Lineal	X	Apertura rápida	
Actuación	Neumática	X	Eléctrica	
Alimentación	20 psi	Posición en caso de fallo	Cerrada	

Señal de entrada	3-15 psi	Final de carrera (sí/no)	Sí
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
Diámetro nominal	DN100	Presión nominal (PN)	-
Material	Acero inoxidable	Cierre asiento-obturador	Metálico
Tipo posicionador	Efecto simple	X	Efecto doble
DATOS DE INSTALACIÓN			
Rango de temperatura (°C)		-10 a 200	
Posición acturador respecto a la válvula		Vertical	
MODELO			
Proveedor	SAMSON		
Modelo	3310 / BR 31a		
Más información:	http://www.samson.de/pdf_in/t82220es.pdf		



3.8. Bibliografía

Bibliografía general:

- Stephanopoulos, G. "Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice". Prentice-Hall. New Jersey (USA), 1984.
- Seborg, D.E.; Edgar, T.; Mellichamp, D.A. "Process Dynamics and Control". 2nd edition, John Wiley & Sons. New York (USA). 2004.
- Ollero de Castro, P. ; Fernández, E. "Control e instrumentación de procesos químicos". Síntesis. Madrid (España), 1998.
- Romagnoli J.A., Palazoglu A. "Introduction to Process Control". CRC Taylor and Francis. Boca Ratón (USA), 2006.
- Apuntes de la asignatura control, instrumentación y automatismos (Curso 2012-2013)

Bibliografía específica:

[1]

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_456.pdf

Loss Prevention in the Process Industries. Oxford, Butterworth Heinemann, 1996, 3 vols.

Relief Systems Handbook. Rugby, England, Institution of Chemical Engineers, 1992.

Elementos de medida:

- **Sonda de temperatura:**

<http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/p322-06.pdf>

- **Sonda de presión:**

<http://www.endress.com>

<http://www.es.endress.com/#product/PMP75>

Sonda de nivel:

<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0100-4030.pdf>

- **Medidor de caudal másico:**

<http://www.es.endress.com/#product/40E>

http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Caudal/Principios/Caudal_Sensores.pdf

- **Célula de carga:**

http://www.zemiceurope.com/media/H10J_Datasheet.pdf

- **Dimensionado de válvulas de control:**

Manual de cálculo SAMSON: http://www.samson.de/pdf_in/t00040es.pdf

http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%205.%20Elementos%20finales%20de%20Control.pdf

http://www.herrera.unt.edu.ar/iidpr/practicos/guia_valvulas.pdf

- **Hojas de especificaciones de válvulas de control:**

http://www.samson.de/pdf_in/t80150es.pdf

http://www.samson.de/pdf_in/t82200es.pdf