



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Industrial

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres
Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**

Autor: Valeria Ospina Bohórquez

Tutor: Teodoro Martínez Fernández

Septiembre 2017



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR

DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo Fin de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres
Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**

Autor: Valeria Ospina Bohórquez

Tutor: Teodoro Martínez Fernández

Septiembre 2017

Índice General

MEMORIA	21
Introducción	23
Antecedentes	25
1. Centro de Láseres Pulsados (CLPU)	25
2. El láser VEGA	25
3. Descripción de la instalación de alto vacío del láser VEGA	27
3.1. Distribución en planta	28
3.2. Nomenclatura	29
Objetivo del proyecto	31
Planificación temporal	32
Presentación de la memoria	35
Capítulo I. Marco teórico	37
Bajo, medio y alto vacío	39
1. Introducción	39
2. Sistema de vacío del Centro de Láseres Pulsados	40
3. Bombas de vacío tipo tornillo (<i>screw</i>)	40
4. Bombas de vacío tipo Roots	42
5. Bombas de vacío turbomoleculares	44
Concepto de láser	47
1. Introducción	47
2. Espectro y longitudes de onda de un láser	47
3. Un poco de historia	48
4. Naturaleza de la radiación electromagnética	49
5. Relación entre frecuencia y longitud de onda	49
6. Coherencia	50
7. Átomos y energía: modelo atómico de Bohr	50
8. Decaimiento de los estados excitados: emisión espontánea	52
9. Absorción y emisión estimulada	53
10. Inversión de población	55
11. Bombeo óptico y bombeo eléctrico	56
12. El máser de amoníaco	56
13. El máser paramagnético	58
14. El primer láser	58
15. VEGA un Láser de Titanio – Zafiro	60
15.1. Características del láser	60
15.2. Mode - locking	60
15.3. Chirped Pulse Amplification (CPA) – Amplificación de pulso gorjeado	62
Referencias	64

Capítulo II. Toma de requerimientos	67
Componentes	69
1. Introducción	69
2. Válvulas	69
2.1. Válvula de guillotina	70
Presiones de trabajo	72
2.2. Válvulas de ángulo	72
2.3. Válvula de ángulo manual	77
3. Bombas turbomoleculares	78
4. Medidor de presión	89
Requerimientos del automatismo	94
1. Introducción	94
2. Pasos para hacer vacío en una cámara	95
3. Niveles de interacción con el usuario	97
4. Lógica de programación	98
4.1. Grafcet principal (Main)	99
4.2. Subgrafcet de mantenimiento	99
4.3. Subgrafcet de chequeo de marcas	100
4.4. Subgrafcet vacío cámara	101
4.5. Subgrafcet acciones bombeo rough pump	102
4.6. Subgrafcet acciones válvula fore pump	103
4.7. Subgrafcet acciones bomba turbomolecular	103
4.8. Subgrafcet línea VEGA-2 (200 TW)	103
4.9. Subgrafcet línea VEGA-3 (1 PW)	104
4.10. Subgrafcet modo semiautomático (1), (2) y (3)	104
4.11. Subgrafcet cambio válvula de ángulo del fore pump	110
4.12. Subgrafcet cambio válvula de ángulo del rough pump	111
4.13. Subgrafcet cambio de un componente de una cámara	111
5. Elementos conectados mediante Profibus DP	112
5.1. Listado de elementos	114
6. Software de control y supervisión del proceso (SCADA)	114
Requerimientos del cableado eléctrico	120
1. Introducción	120
2. Alimentación	120
2.1. Alimentación de control (24V CC)	120
2.2. Alimentación de fuerza (230V AC)	121
2.3. PLC	121
Referencias	122
Capítulo III. Diseño del automatismo y del cableado eléctrico	123
Diseño del automatismo	125
Hardware	127
1. Introducción	127
2. Bases de la automatización	128
2.1. Información disponible para la automatización	128

2.2.	Estandarización de cámaras	128
3.	Nivel de campo	129
3.1.	Profibus	129
3.1.1.	Estructura del bus	130
	Elementos del bus	130
	Topología	130
3.1.2	Protocolo	130
	Medio físico	130
	Arquitectura	131
	Trama	131
3.1.3.	Profibus DP	132
4.	Nivel de control	132
4.1.	Componentes	135
	Módulo de periferia descentralizada ET200SP	135
	CPU 1510SP-1 PN	137
	Módulo de interfaz Profinet IM 155-6 PN	138
	Módulo de interfaz Profibus CM DP	138
	Módulos de periferia	139
4.2.	ET200SP	139
4.3.	Profinet	141
5.	Nivel de supervisión	141
6.	Distribución hardware final	142
7.	Armarios eléctricos	143
7.1.	Distribución en planta	144
Software		146
1.	Introducción	146
2.	TIA Portal. Bloques de programación	146
2.1.	OB – Bloque de organización	147
2.2.	FB – Bloque de función	148
2.3.	FC – Función	148
2.4.	DB – Bloque de datos	149
3.	Estructura del programa de usuario	149
4.	Programación mediante bloques genéricos	150
5.	Software SCADA de control y supervisión	152
Modos de funcionamiento		153
1.	Introducción	153
2.	Modo de funcionamiento automático	153
3.	Modo de funcionamiento semiautomático	154
4.	Modo de funcionamiento manual	155
Diseño del cableado eléctrico		157
Esquema general		159
Alimentación de fuerza (230 V CA)		160
1.	Enchufe del armario de control	160
2.	Circuito de fuerza: bombas turbomoleculares	161
2.1.	Cálculo de la sección hasta la bomba	165

3.	Circuito de fuerza: electroválvulas _____	169
4.	Aviso de fallo en la alimentación vía SMS _____	171
5.	Fuente de alimentación y módulo de protección _____	174
Alimentación de control (24 V CC) _____		177
1.	Alimentación de tarjetas de entrada al módulo de periferia _____	177
2.	Alimentación de relés de salida del módulo de periferia _____	177
3.	Alimentación de la pantalla HMI _____	178
4.	Reserva de entradas del módulo de periferia _____	179
Entradas digitales _____		180
Salidas digitales _____		185
Vista del módulo de periferia _____		190
Pantalla táctil HMI _____		192
Red de comunicaciones Profinet _____		193
Referencias _____		194
Capítulo IV. Implementación parcial del sistema _____		195
Objetivo de la implementación parcial del sistema _____		197
Hardware _____		200
1.	Nivel de campo _____	200
2.	Nivel de control _____	201
3.	Nivel de supervisión _____	202
4.	Armario eléctrico _____	203
Software _____		204
1.	Introducción _____	204
2.	Nivel de control _____	204
2.1.	Bloque de organización principal (OB1 - Main) _____	205
2.2.	Funciones _____	206
2.2.1.	Hacer vacío desde 1 bar _____	206
2.2.2.	Hacer vacío desde 1 mbar _____	209
2.2.3.	Quitar vacío _____	210
2.2.4.	Acuse de acciones del usuario _____	212
2.2.5.	Comunicaciones con la bomba turbomolecular _____	213
2.2.6.	Implementación del control semiautomático _____	214
2.2.7.	Medición de presión en cámara y velocidad de la bomba turbomolecular _____	214
2.2.8.	Reset de señales de simulación _____	216
2.3.	Bloques de funciones _____	216
2.3.1.	Apagar una bomba turbomolecular _____	216
	Bloque de datos de instancia asociado _____	217
2.3.2.	Encender una bomba turbomolecular _____	218
	Bloque de datos de instancia asociado _____	218
2.3.3.	Abrir la válvula de ángulo del <i>rough pump</i> _____	219
	Bloque de datos de instancia asociado _____	220
2.3.4.	Cerrar la válvula de ángulo del <i>rough pump</i> _____	220

Bloque de datos de instancia asociado	221
2.3.5. Abrir la válvula de ángulo del <i>fore pump</i>	221
Bloque de datos de instancia asociado	221
2.3.6. Cerrar la válvula de ángulo del <i>fore pump</i>	222
Bloque de datos de instancia asociado	222
2.3.7. Abrir la válvula de guillotina del <i>fore pump</i>	222
Bloque de datos de instancia asociado	223
2.3.8. Cerrar la válvula de guillotina del <i>fore pump</i>	223
Bloque de datos de instancia asociado	223
2.3.9. Marca interna de la válvula	224
Bloque de datos de instancia asociado	225
3. Nivel de supervisión	225
3.1. Control automático	225
3.2. Bomba turbomolecular	226
3.3. Confirmaciones de usuario	227
3.4. Control semiautomático	227
3.5. Gráfico de presión en cámara	228
3.6. Vacío primario (rough pump)	229
3.7. Registro de usuarios	229
3.8. Registro de alarmas	230
Cableado eléctrico y red Profibus	231
1. Cableado eléctrico	231
2. Red Profibus	232
ANEXOS	235
Anexo I. Graficets de programación	237
Anexo II. Listado de elementos conectados al bus	239
Anexo III. Listado de entradas y salidas digitales del controlador	245
Anexo IV. Cámaras de vacío de las líneas VEGA.2 y VEGA.3	261
1. Cámaras de VEGA-2	263
1.1. Compresor	263
1.2. Cámara de giro 1	264
1.3. Cámara de giro 2	265
1.4. Cámara de focalización	266
1.5. Cámara de experimentación 1	267
1.6. Cámara de experimentación 2	268
2. Cámaras de VEGA-3	269
2.1. Compresor	269
2.2. Cámara de giro 1	270
2.3. Cámara de giro 3	271
2.4. Cámara de focalización	272
2.5. Cámara de experimentación	273
Anexo V. Implementación parical del sistema. Programa del autómeta	275
1. Bloque de control principal (OB1 - Main)	277
2. Funciones	278

2.1. Hacer vacío desde 1 bar	278
2.2. Hacer vacío desde 1 mbar	283
2.3. Quitar vacío	285
2.3. Acuse de acciones de usuario	290
2.4. Comunicaciones con la bomba turbomolecular	292
2.5. Implementación del control semiautomático	294
2.6. Medición de la presión en cámara y velocidad de la bomba turbomolecular	295
2.7. Reset señales de simulación	297
3. Bloques de funciones	298
3.1. Apagar una bomba turbomolecular	298
3.2. Encender una bomba turbomolecular	300
3.3. Abrir la válvula de ángulo del <i>rough pump</i>	302
3.4. Cerrar la válvula de ángulo del <i>rough pump</i>	303
3.5. Abrir la válvula de ángulo del <i>fore pump</i>	304
3.6. Cerrar la válvula de ángulo del <i>fore pump</i>	306
3.7. Abrir la válvula de guillotina del <i>fore pump</i>	307
3.8. Cerrar la válvula de guillotina del <i>fore pump</i>	308
3.9. Marca interna de la válvula	309
Anexo VI. Configuración de una conexión Profibus	311
1. Insertar archivo .gsd en TIA Portal	313
2. Direccionamiento Profibus	314
3. Leer parámetro 150 de la bomba turbomolecular	315
PLANOS	319
Plano I. Planta de la instalación	321
Plano II. Instalación de vacío	323
Plano III. Esquema eléctrico sistema completo	325
Plano IV. Esquema eléctrico implementación parcial del sistema	327
PRESUPUESTO	329
PLIEGO DE CONDICIONES	339
Pliego de condiciones administrativas	341
1. Objeto y régimen jurídico	343
2. Presupuesto, existencia de crédito, impuestos y revisión de precios	343
3. Empresas licitadoras. Documentación y ofertas	344
4. Garantía definitiva	354
5. Formalización del contrato	355
6. Ejecución y cumplimiento del contrato	356
6.1. Plazo de ejecución y entrega del suministro	356
6.2. Obligaciones del contratista	357
6.3. Abonos al contratista	358
6.4. Cumplimiento del contrato y plazo de garantía	358
6.5. Penalidades administrativas y régimen sancionador	359
7. Modificaciones contractuales, cesión del contrato y subcontratación	360

8.	Resolución del contrato y efectos _____	360
9.	Prerrogativas de la administración y jurisdicción _____	360
Pliego de condiciones técnicas _____		371
1.	Información general _____	373
2.	Objeto y alcance del contrato _____	373
3.	Presentación de ofertas y documentación técnica a valorar _____	373
4.	Obligaciones del adjudicatario _____	374
5.	Especificaciones técnicas _____	375
6.	Mejoras técnicas _____	375
7.	Responsable del contrato _____	375
8.	Recepción del suministro _____	375
9.	Plazo de garantía _____	376
10.	Asistencia técnica _____	376
11.	Equipamiento y repuestos _____	377
12.	Programas formativos para técnicos y usuarios _____	377
13.	Plazo de ejecución _____	377
14.	Presupuesto máximo _____	377
15.	Lugar de ejecución _____	378
16.	Información técnica y contratos _____	378
17.	Estudio de requerimientos técnicos _____	378
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD _____		383
1.	Justificación _____	385
2.	Objeto del estudio _____	386
3.	Informe para todos los intervinientes _____	386
4.	Características de la obra _____	388
4.1.	Situación _____	388
4.2.	Configuración arquitectónica _____	388
4.3.	Presupuesto _____	389
4.4.	Plazo de ejecución _____	389
4.5.	Personal _____	389
4.6.	Interferencias y climatología _____	390
4.7.	Instalación eléctrica _____	390
4.8.	Medios auxiliares a utilizar _____	390
5.	Actuaciones previas a la ejecución de la obra _____	391
5.1.	Actuaciones previas a los trabajos _____	391
5.2.	Recepción y formación de los asalariados en materia de seguridad y salud _____	391
5.3.	Calendario general provisional de ejecución _____	391
6.	Análisis de riesgos posibles y medios de prevención _____	392
6.1.	Instalación eléctrica _____	392
6.2.	Productos peligrosos _____	394
7.	Medios generales de prevención de riesgos _____	395
8.	Decisiones en materia de interacción dentro de la obra _____	398
9.	Descripción de los medios de protección colectiva a implantar en la obra _____	400
10.	Descripción de los equipos de protección individual (EPI) _____	400
11.	Descripción de las instalaciones provisionales para los trabajadores _____	401
12.	Normas para la obra _____	401
13.	Instalaciones de higiene y bienestar _____	403

13.1.	Aseos	403
13.2.	Vestuarios	404
13.3.	Comedor	404
13.4.	Locales comunes	404
13.5.	Oficinas talleres y almacenes	405
13.6.	Oficinas talleres y almacenes	405
14.	Planos de instalación de la zona de trabajo	405
15.	Instalación eléctrica	406
15.1.	Normas básicas de seguridad	406
15.2.	Normas de actuación para la supervisión y control de la instalación eléctrica	408
15.3.	Normas complementarias de actuación para la supervisión y control de la instalación eléctrica	409
16.	Descripción de la asistencia sanitaria y accidentes, índices de control y organigrama de seguridad	411
17.	Índices de control	412
18.	Presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud	414

Índice de Figuras y Tablas

<i>In. Fig. 1</i> Esquema del láser VEGA _____	26
<i>In. Fig. 2</i> Esquema de una cámara de vacío _____	28
<i>In. Fig. 3</i> Esquema en planta de VEGA-2 (verde) y VEGA-3 (rosa) _____	29
<i>In. Fig. 4</i> Leyenda de símbolos utilizados en los esquemas de las cámaras _____	30
<i>In. Tabla. 1</i> Láser VEGA _____	26
<i>MI. Fig. 1</i> Rotores en forma de tornillo (screw) _____	41
<i>MI. Fig. 2</i> Partes de una bomba de tornillo _____	41
<i>MI. Fig. 3</i> Rotores en forma de ocho. Bomba tipo Roots _____	43
<i>MI. Fig. 4</i> Etapas de rotación de una bomba tipo Roots _____	44
<i>MI. Fig. 5</i> Cojinetes magnéticos de cinco ejes _____	45
<i>MI. Fig. 6</i> Bomba turbomolecular _____	46
<i>MI. Fig. 7</i> Espectro electromagnético - longitudes de onda de los distintos láseres _____	48
<i>MI. Fig. 8</i> Línea del tiempo de la evolución del láser _____	48
<i>MI. Fig. 9</i> Componentes de la radiación electromagnética _____	49
<i>MI. Fig. 10</i> Relación frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación _____	50
<i>MI. Fig. 11</i> Cuerpo negro de Planck _____	54
<i>MI. Fig. 12</i> Procesos radiativos producidos por la interacción de dos niveles energéticos _____	55
<i>MI. Fig. 13</i> Esquema del máser de amoniaco _____	57
<i>MI. Fig. 14</i> Emisión de un fotón de la longitud de onda requerida para dar paso a la emisión estimulada _____	59
<i>MI. Fig. 15</i> Modos longitudinales de una cavidad plana _____	61
<i>MI. Fig. 16</i> Producción de pulsos cortos mediante la técnica del mode – locking _____	62
<i>MI. Fig. 17</i> Técnica de Amplificación de Pulso Gorjeado (CPA Chirped Pulse Amplification) _____	63
<i>MI. Fig. 18</i> _____	110
<i>MI. Fig. 19</i> Válvula de ángulo del rough pump _____	111
<i>MI. Fig. 20</i> Cables PROFIBUS con conectores _____	113
<i>MI. Fig. 21</i> Boceto SCADA. Pantalla Inicial _____	116
<i>MI. Fig. 22</i> Boceto SCADA. Control de líneas _____	116
<i>MI. Fig. 23</i> Boceto SCADA. Control de la línea de VEGA-2 _____	117
<i>MI. Fig. 24</i> Boceto SCADA. Control de la línea de VEGA-3 _____	117
<i>MI. Fig. 25</i> Boceto SCADA. Control de la cámara de vacío compresor de VEGA-2 _____	118
<i>MI. Fig. 26</i> Boceto SCADA. Control de la cámara de vacío compresor de VEGA-3 _____	118
<i>MI. Fig. 27</i> Boceto SCADA. Gestor de alarmas _____	119
<i>MI. Fig. 28</i> Boceto SCADA. Configuración de parámetros _____	119
<i>MI. Tabla. 1</i> Niveles de presión _____	39
<i>MI. Tabla. 2</i> Válvula de guillotina _____	71
<i>MI. Tabla. 3</i> Válvula de guillotina _____	72
<i>MI. Tabla. 4</i> Válvula de guillotina _____	72
<i>MI. Tabla. 5</i> Válvula de ángulo _____	73
<i>MI. Tabla. 6</i> Válvula de ángulo _____	74

<i>MI. Tabla. 7</i> Válvula de ángulo _____	74
<i>MI. Tabla. 8</i> Válvula de ángulo _____	75
<i>MI. Tabla. 9</i> Válvula de ángulo _____	76
<i>MI. Tabla. 10</i> Válvula de ángulo _____	77
<i>MI. Tabla. 11</i> Válvula manual _____	78
<i>MI. Tabla. 12</i> Válvula manual _____	78
<i>MI. Tabla. 13</i> Bomba turbomolecular _____	79
<i>MI. Tabla. 14</i> Bomba turbomolecular _____	80
<i>MI. Tabla. 15</i> Bomba turbomolecular _____	84
<i>MI. Tabla. 16</i> Bomba turbomolecular _____	84
<i>MI. Tabla. 17</i> Bomba turbomolecular _____	87
<i>MI. Tabla. 18</i> Convertidor de frecuencia _____	88
<i>MI. Tabla. 19</i> Medidor de presión _____	91
<i>MI. Tabla. 20</i> Lógica de programación modo semiautomático 1 bar>P>1 mbar _____	106
<i>MI. Tabla. 21</i> Lógica de programación modo semiautomático. 1 mbar>=P>5E-6 mbar _____	108
<i>MI. Tabla. 22</i> Lógica de programación modo semiautomático. P<5E-6 mbar _____	110
<i>MI. Tabla. 23</i> Rango de direcciones PROFIBUS asignadas _____	114
<i>MII. Fig. 1</i> Válvula de guillotina marca VAT. Actuador neumático. _____	70
<i>MII. Fig. 2</i> Válvula de ángulo marca Oerlikon Leybold. Actuador neumático. _____	73
<i>MII. Fig. 3</i> Válvula de ángulo marca VAT. Actuador neumático. _____	75
<i>MII. Fig. 4</i> Válvula de ángulo marca VAT. Actuador manual. _____	77
<i>MII. Fig. 5</i> Bomba turbomolecular de la serie MAG W. Marca Oerlikon Leybold _____	79
<i>MII. Fig. 6</i> Convertidor de frecuencia. MAG DRIVE S. Casilla de servicio. _____	81
<i>MII. Fig. 7</i> Conector para control local MAG DRIVE S. Numeración. _____	81
<i>MII. Fig. 8</i> Control local MAG DRIVE S. Estado de la bomba. _____	82
<i>MII. Fig. 9</i> Control local MAG DRIVE S. Encendido/apagado de la bomba. _____	82
<i>MII. Fig. 10</i> Control local MAG DRIVE S. Encendido/apagado de la bomba. Conector. _____	82
<i>MII. Fig. 11</i> Bomba turbomolecular TURBOVAC 450 i. Marca Oerlikon Leybold _____	83
<i>MII. Fig. 12</i> Convertidor de frecuencia Turbo Drive 400. Comunicación remota. Marca: Oerlikon Leybold _____	85
<i>MII. Fig. 13</i> Control local Turbo Drive 400. Estado de la bomba. _____	85
<i>MII. Fig. 14</i> Control local Turbo Drive 400. Encendido/apagado de la bomba. _____	86
<i>MII. Fig. 15</i> Control local Turbo Drive 400. Encendido/apagado de la bomba. Conector. _____	86
<i>MII. Fig. 16</i> Bomba turbomolecular Pfeiffer HiPace 800M. Marca Pfeiffer _____	87
<i>MII. Fig. 17</i> Convertidor de frecuencia TM70 PB Electronic Drive Unit. Comunicación remota. Marca: Pfeiffer _____	88
<i>MII. Fig. 18</i> Convertidor de frecuencia TM 700 PB. Comunicación remota Profibus. Marca: Pfeiffer _____	89
<i>MII. Fig. 19</i> Control local Pfeiffer TM 700 PB. Encendido/apagado de la bomba. Conector. _____	89
<i>MII. Fig. 20</i> Medidor de presión IONIVAC ITR 90 PB. Marca: Oerlikon Leybold. _____	90
<i>MII. Fig. 21</i> Medidor de presión IONIVAC ITR 90 P. Pantalla informativa. _____	92
<i>MII. Fig. 22</i> Medidor de presión IONIVAC ITR 90 P. Conexión del cable Profibus. _____	93
<i>MII. Fig. 23</i> Cámara de vacío estándar. Elementos. _____	95
<i>MII. Fig. 24</i> Proceso para hacer vacío en una cámara. Rough pump. _____	96
<i>MII. Fig. 25</i> Proceso para hacer vacío en una cámara. Arranque bomba turbomolecular. _____	96
<i>MII. Fig. 26</i> Proceso para hacer vacío en una cámara. Apertura de la válvula de guillotina. _____	97
<i>MII. Fig. 27</i> Proceso para hacer vacío en una cámara. Fore pump. _____	97
<i>MII. Fig. 28</i> Principios básicos del grafcet _____	98
<i>MII. Fig. 29</i> Grafcet principal (main) _____	99

MII. A. Tabla. 1 ET200SP. Tipo de módulos de periferia	137
MII. A. Tabla. 2 Recuento entradas y salidas digitales y conexiones Profibus	139
MIII. Fig. 1 Pirámide de automatización. Hardware	127
MIII. Fig. 2 Estandarización de cámaras	128
MIII. Fig. 3 Pirámide de automatización. Nivel de campo	129
MIII. Fig. 4 Profibus - Topologías permitidas	130
MIII. Fig. 5 Profibus - Tipos de tramas	132
MIII. Fig. 6 Nivel de control. Plano de planta	134
MIII. Fig. 7 Nivel de control. Plano esquemático del sistema de vacío	135
MIII. Fig. 8 ET200SP	136
MIII. Fig. 9 ET200SP. Conexión Profinet	136
MIII. Fig. 10 ET200SP. CPU 1510SP-1 PN	137
MIII. Fig. 11 Módulo de interfaz Profinet IM 155-6 PN	138
MIII. Fig. 12 Módulo de interfaz Profibus CM DP	138
MIII. Fig. 13 ET200SP. Armario de compresores CC_A (PLC_1)	140
MIII. Fig. 14 ET200SP. Armario de VEGA-2 CV2_A (PLC_2)	140
MIII. Fig. 15 ET200SP. Armario de VEGA-3 CV3_A (PLC_3)	141
MIII. Fig. 16 Nivel de supervisión	142
MIII. Fig. 17 Distribución hardware final	143
MIII. Fig. 18 Armario de control. Esquema	144
MIII. Fig. 19 Armarios eléctricos. Distribución en planta	145
MIII. Fig. 20 Entorno TIA Portal Siemens	147
MIII. Fig. 21 OB. Bloque de organización	148
MIII. Fig. 22 FB. Bloque de función	148
MIII. Fig. 23 FC. Función	149
MIII. Fig. 24 DB. Bloque de datos	149
MIII. Fig. 25 Estructura de programa de usuario lineal	150
MIII. Fig. 26 Estructura de programa de usuario modular	150
MIII. Fig. 27 Programación mediante bloques de acciones genéricas	151
MIII. Fig. 28 Modo de funcionamiento automático	154
MIII. Fig. 29 Modo de funcionamiento semiautomático	154
MIII. Fig. 30 Modo de funcionamiento manual	155
MIII. Fig. 31 Enchufe del armario de control	161
MIII. Fig. 32 Código de colores alimentación bombas turbomoleculares VEGA-2	162
MIII. Fig. 33 Alimentación bombas turbomoleculares VEGA-2	163
MIII. Fig. 34 Alimentación de fuerza. Bombas turbomoleculares VEGA.2 bornero 1	164
MIII. Fig. 35 Sección a calcular	165
MIII. Fig. 36 Esquema. Sección a calcular	166
MIII. Fig. 37 Distribución de las secciones en el plano	166
MIII. Fig. 38 Caída de tensión instalación industrial alimentada en alta tensión mediante un transformador de distribución propio	169
MIII. Fig. 39 Alimentación de fuerza. Electroválvulas	170
MIII. Fig. 40 Alimentación de fuerza. Electroválvulas	171
MIII. Fig. 41 Fallo en la alimentación. Sistema de aviso SMS	172

MIII. Fig. 42 Fallo en la alimentación. Sistema de aviso SMS	173
MIII. Fig. 43 Fallo en la alimentación. Sistema de aviso SMS	174
MIII. Fig. 44 Fuente de alimentación	175
MIII. Fig. 45 Módulo de control	176
MIII. Fig. 46 Alimentación de entradas digitales	177
MIII. Fig. 47 Alimentación de salidas digitales	178
MIII. Fig. 48 Alimentación de la pantalla HMI	178
MIII. Fig. 49 Reserva de entradas del módulo de periferia	179
MIII. Fig. 50 Esquema de conexión bornero de doble piso	180
MIII. Fig. 51 Entradas digitales. Finales de carrera	181
MIII. Fig. 52 Entradas digitales. Pulsadores marcha - paro	182
MIII. Fig. 53 Entradas digitales. Señales de fallo en la alimentación	183
MIII. Fig. 54 Entradas digitales. Reserva	184
MIII. Fig. 55 Salidas digitales. Activación de electroválvulas	186
MIII. Fig. 56 Salidas digitales. Señales del PSS	187
MIII. Fig. 57 Salidas de tensión. Contactos libres de tensión	188
MIII. Fig. 58 Salidas digitales. Reserva SAI	189
MIII. Fig. 59 ET200SP Armario de compresores CC_A	190
MIII. Fig. 60 ET200SP Armario de VEGA-2 CV2_A	191
MIII. Fig. 61 ET200SP Armario de VEGA-3 CV3_A	191
MIII. Fig. 62 Pantalla HMI	192
MIII. Fig. 63 Red Profinet entre módulo de periferia y pantalla HMI	193
MIII. CE Tabla. 1 Intensidades admisibles conductores de cobre	167
MIII. CE. Tabla. 2 Intensidades admisibles conductores de cobre	168
MIV. Fig. 1 Cámara de giro 3 de VEGA-3	197
MIV. Fig. 2 Cámara de giro 3 de VEGA-3. Esquema	198
MIV. Fig. 3 Cámara de vacío de VEGA-3	198
MIV. Fig. 4 Hardware programa demo. Nivel de campo	201
MIV. Fig. 5 Autómata S71200	201
MIV. Fig. 6 Hardware programa demo. Nivel de supervisión	202
MIV. Fig. 7 Programa demo. Conexión pantalla HMI- autómata	202
MIV. Fig. 8 Programa demo. Armario eléctrico	203
MIV. Fig. 9 Vista de dispositivos y redes	204
MIV. Fig. 10 Código de programación	205
MIV. Fig. 11 Código de programación	206
MIV. Fig. 12 Código de programación	207
MIV. Fig. 13 Código de programación. Llamada a un bloque de función de acción genérica	208
MIV. Fig. 14 Código de programación. Llamada encadenada de funciones.	208
MIV. Fig. 15 Código de programación. Llamado a bloque de función genérico	209
MIV. Fig. 16 Código de programación. Llamado a bloque de función genérico	210
MIV. Fig. 17 Código de programación	210
MIV. Fig. 18 Código de programación. Llamada a bloque de función genérico	211
MIV. Fig. 19 Código de programación. Llamada a bloque de función genérico	212

MIV. Fig. 20 Código de programación. Reset de variable de aviso tras confirmación del usuario	212
MIV. Fig. 21 Código de programación. Comunicación con la bomba turbomolecular.	213
MIV. Fig. 22 Código de programación. Comunicación con la bomba turbomolecular	213
MIV. Fig. 23 Código de programación. Comunicación con la bomba turbomolecular	214
MIV. Fig. 24 Código de programación. Implementación del modo semiautomático	214
MIV. Fig. 25 Código de programación. Rangos de presión	215
MIV. Fig. 26 Cambio de base de un logaritmo	215
MIV. Fig. 27 Código de programación. Linealización de la medición de presión	216
MIV. Fig. 28 Código de programación. Apagar una bomba turbomolecular	216
MIV. Fig. 29 Código de programación. Apagar una bomba turbomolecular	217
MIV. Fig. 30 Código de programación. Bloque de datos de instancia asociado	217
MIV. Fig. 31 Código de programación. Encender una bomba turbomolecular	218
MIV. Fig. 32 Código de programación. Encender una bomba turbomolecular	218
MIV. Fig. 33 Bloque de datos de instancia	219
MIV. Fig. 34 Código de programación. Apertura de la válvula de ángulo del rough pump	219
MIV. Fig. 35 Código de programación marca interna de la válvula	220
MIV. Fig. 36 Bloque de datos de instancia	220
MIV. Fig. 37 Bloque de datos de instancia	221
MIV. Fig. 38 Bloque de datos de instancia	221
MIV. Fig. 39 Código de programación	222
MIV. Fig. 40 Bloque de datos de instancia	222
MIV. Fig. 41 Código de programación	222
MIV. Fig. 42 Bloque de datos de instancia	223
MIV. Fig. 43 Bloque de datos de instancia	224
MIV. Fig. 44 Código de programación. Marca interna válvula.	224
MIV. Fig. 45 Bloque de datos de instancia	225
MIV. Fig. 46 SCADA: Control automático	226
MIV. Fig. 47 SCADA. Bomba turbomolecular	226
MIV. Fig. 48 SCADA. Confirmaciones de usuario	227
MIV. Fig. 49 SCADA. Control semiautomático	228
MIV. Fig. 50 SCADA. Gráfico de presión en cámara.	228
MIV. Fig. 51 SCADA. Vacío primario	229
MIV. Fig. 52 SCADA. Visor de usuarios	230
MIV. Fig. 53 SCADA. Registro de alarmas	230
MIV. Fig. 54 Cable RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 4x1	231
MIV. Fig. 55 Esquema red Profibus implementación parcial del sistema	233
MIV. Tabla. 1 Sistema demo. Sensores y actuadores	200
MIV. Tabla. 2 Cableado de control	231
MIV. Tabla. 3 Cableado de fuerza	232
MIV. Tabla. 4 Red Profibus	232
All. Tabla. 1 Listado de elementos conectados al bus Profibus	243

<i>AIII. Tabla. 1</i> Listado de entradas y salidas digitales del autómatas	260
<i>AIV. Fig. 1</i> Esquema: Compresor de VEGA-2	263
<i>AIV. Fig. 2</i> Esquema: Cámara de giro 1 de VEGA-2	264
<i>AIV. Fig. 3</i> Esquema: Cámara de giro 2 de VEGA-2	265
<i>AIV. Fig. 4</i> Esquema: Cámara de focalización de VEGA-2	266
<i>AIV. Fig. 5</i> Esquema: Cámara de experimentación 1 de VEGA-2	267
<i>AIV. Fig. 6</i> Esquema: Cámara de experimentación 2 de VEGA-2	268
<i>AIV. Fig. 7</i> Esquema: Compresor de VEGA-3	269
<i>AIV. Fig. 8</i> Esquema: Cámara de giro 1 de VEGA-3	270
<i>AIV. Fig. 9</i> Esquema: Cámara de giro 3 de VEGA-3	271
<i>AIV. Fig. 10</i> Esquema: Cámara de focalización de VEGA-3	272
<i>AIV. Fig. 11</i> Esquema: Cámara de experimentación de VEGA-3	273
<i>AIV. Tabla. 1</i> Componentes: Compresor de VEGA-2	263
<i>AIV. Tabla. 2</i> Componentes: Cámara de giro 1 de VEGA-2	264
<i>AIV. Tabla. 3</i> Componentes: Cámara de giro 2 de VEGA-2	265
<i>AIV. Tabla. 4</i> Componentes: Cámara de focalización de VEGA-2	266
<i>AIV. Tabla. 5</i> Componentes: Cámara de experimentación 1 de VEGA-2	267
<i>AIV. Tabla. 6</i> Componentes: Cámara de experimentación 2 de VEGA-2	268
<i>AIV. Tabla. 7</i> Componentes: Compresor de VEGA-3	269
<i>AIV. Tabla. 8</i> Componentes: Cámara de giro 1 de VEGA-3	270
<i>AIV. Tabla. 9</i> Componentes: Cámara de giro 3 de VEGA-3	271
<i>AIV. Tabla. 10</i> Componentes: Cámara de focalización de VEGA-3	272
<i>AIV. Tabla. 11</i> Componentes: Cámara de experimentación de VEGA-3	273
<i>AV. Fig. 1</i> Bloque de control principal (OB1 - Main)	278
<i>AV. Fig. 2</i> Hacer vacío desde 1 bar	282
<i>AV. Fig. 3</i> Hacer vacío desde 1 mbar	284
<i>AV. Fig. 4</i> Quitar vacío	289
<i>AV. Fig. 5</i> Acuse de acciones de usuario	291
<i>AV. Fig. 6</i> Comunicaciones con la bomba turbomolecular	293
<i>AV. Fig. 7</i> Implementación del control semiautomático	294
<i>AV. Fig. 8</i> Medición de la presión en cámara y la velocidad de la bomba turbomolecular	296
<i>AV. Fig. 9</i> Reset señales de simulación	297
<i>AV. Fig. 10</i> Apagar una bomba turbomolecular	299
<i>AV. Fig. 11</i> Encender una bomba turbomolecular	301
<i>AV. Fig. 12</i> Abrir la válvula de ángulo del rough pump	302
<i>AV. Fig. 13</i> Cerrar la válvula de ángulo del rough pump	303
<i>AV. Fig. 14</i> Abrir la válvula de ángulo del fore pump	305
<i>AV. Fig. 15</i> Cerrar la válvula de ángulo del fore pump	306
<i>AV. Fig. 16</i> Abrir la válvula de guillotina del fore pump	307
<i>AV. Fig. 17</i> Cerrar la válvula de guillotina del fore pump	308
<i>AV. Fig. 18</i> Marca interna de la válvula	309

<i>AVI. Fig. 1 Insertar archivo .gsd en TIA Portal</i>	313
<i>AVI. Fig. 2 Asignación automática de direcciones de entrada y salida en TIA Portal</i>	313
<i>AVI. Fig. 3 Direccionamiento Profibus</i>	314
<i>AVI. Fig. 4 Direcciones de entrada de la bomba</i>	315
<i>AVI. Fig. 5 Bytes de salida 64 y 65</i>	316
<i>AVI. Fig. 6 Conversión a binario</i>	316
<i>AVI. Fig. 7 Conversión a binario</i>	316
<i>AVI. Fig. 8 Código para lectura de un parámetro</i>	317
<i>AVI. Fig. 9 Bytes de salida 72-75</i>	317
<i>AVI. Fig. 10 Parámetro leído</i>	318

MEMORIA

Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

INTRODUCCIÓN

Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

ANTECEDENTES

1. Centro de Láseres Pulsados (CLPU)

El Centro de Láseres Pulsados se estableció en diciembre de 2017 como un consorcio compuesto por el Ministerio de Ciencia y Educación, el gobierno regional de Castilla y León y la Universidad de Salamanca. Se creó como parte de la implementación del plan estratégico español para las Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS).

Los principales objetivos del Consorcio son:

- Diseñar, construir y operar un láser de Petavatio en Salamanca.
- Desarrollar tecnología de pulsos ultracortos en España.
- Realizar avances importantes en tecnología de láseres compactos e intensos.
- Promover el uso de esta tecnología en campos diversos como la Física, la Ingeniería, la Biología y la Medicina.
- Ofrecer la instalación a la comunidad científica nacional e internacional.

Así, se explica a continuación el láser específico que posee el Centro de Láseres Pulsados llamado VEGA.

2. El láser VEGA

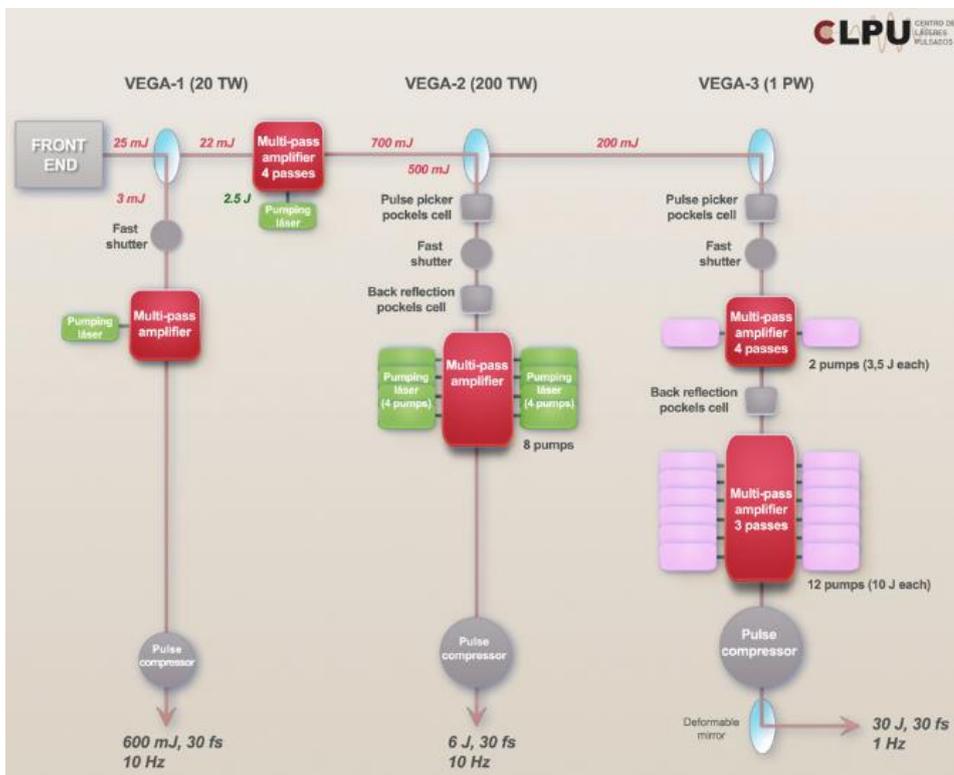
El equipamiento láser principal del Centro de Láseres Pulsados (CLPU) es su láser VEGA. Este láser es capaz de alcanzar una potencia pico de Petavatio y tiene dos salidas añadidas: una de 20 Teravatios TW (VEGA-1) y una de 200 Teravatios TW (VEGA-2) con tasas de repetición de 10 MHz y 1 Hz, lo que lo convierte en un láser único en su clase. Además de la potencia pico alcanzable los tres brazos de VEGA pueden sincronizarse para actuaciones conjuntas sobre un mismo experimento.

Las características del sistema VEGA se observan en la siguiente tabla:

VEGA				
Salida	Energía del pulso	Duración del pulso	Longitud de onda	Tasa de repetición
VEGA 1	600 mJ	30 fs	800 nm	10 Hz
VEGA 2	6 J	30 fs	800 nm	10 Hz
VEGA 3	30 J	30 fs	800 nm	1 Hz

In. Tabla. 1 Láser VEGA

En la imagen inferior se observa un plano esquemático de los tres brazos que conforman el láser VEGA.



In. Fig. 1 Esquema del láser VEGA

El láser VEGA está compuesto por un cristal de titanio – zafiro que actúa como medio amplificador de un pulso generado a través de mode – locking en la que varias ondas de distintas frecuencias entran en fase para luego sumar sus amplitudes y obtener señales de naturaleza repetitiva en la que aparecen los pulsos que se necesitan.

Los pulsos ultracortos se amplifican hasta las potencias descritas mediante la técnica de amplificación de pulso gorjeado, extendiendo temporalmente el pulso para luego amplificarlo y recomprimirlo obteniendo un pulso de alta potencia. En este caso, es posible obtener tres salidas con diferentes características técnicas y aplicaciones experimentales.

Como se dijo anteriormente, VEGA es capaz de producir potencias pico de 20 TW, 200 TW y 1 PW. Realizando una analogía con una bombilla de 60 W puede decirse que la salida VEGA-1 de 20 TW equivaldría a 333.333.333.334 bombillas encendidas todas al mismo tiempo teniendo en cuenta que este es el brazo menos potente de VEGA. Tales potencias no pueden desarrollarse a presión atmosférica puesto que la materia presente en el aire se ionizaría inutilizando parte de la energía del láser. De aquí nace la necesidad de efectuar todos los experimentos láser dentro de compartimentos en vacío. Los niveles de vacío necesarios son de $5 \cdot 10^{-6}$ mbar y se consiguen mediante sistemas de bombeo en dos fases. Este es precisamente el sistema que se trata de automatizar y por ende se explicará en detalle más adelante [1].

VEGA es un láser de estado sólido cuyo medio de amplificación es un cristal de titanio – zafiro. Para la producción de los pulsos cortos semilla se utiliza la técnica del mode – locking, El láser VEGA posee tres brazos con potencias pico de 20 TW, 200 TW y 1 PW. Para alcanzar estas potencias se emplea la técnica de amplificación conocida como *Chirped Pulse Amplification* (CPA o en español Amplificación de Pulso Gorjeado) que se basa en la extensión temporal del pulso antes de amplificarlos para luego recomprimirlo obteniendo finalmente un pulso ultracorto de altísima potencia pico. La necesidad de trabajar el alto vacío nace de la naturaleza de estos pulsos ultracortos y de su capacidad de ionizar el aire, como se explica más adelante.

3. Descripción de la instalación de alto vacío del láser VEGA

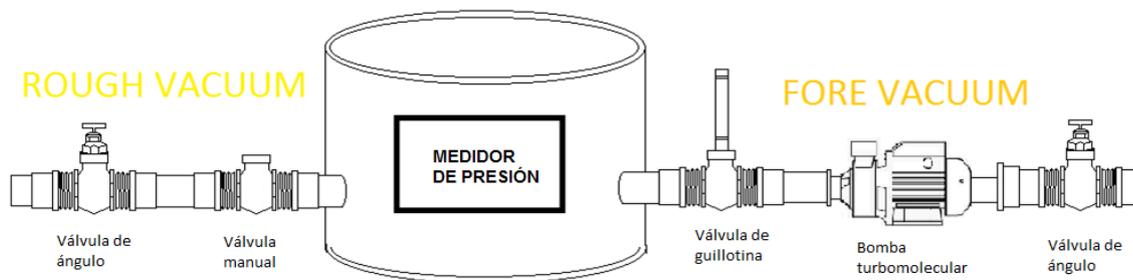
La instalación de alto vacío del láser VEGA está compuesta por diversas cámaras de vacío unidos entre sí a través de tuberías estancas y seccionadas en diversos puntos mediante válvulas de vacío de diversos tipos. Las cámaras albergan elementos que realizan distintas funciones. De esta forma, se encuentran compresores, cámaras de giro, de focalización o de experimentación.

El vacío por tanto debe de realizarse en todo el conjunto de cámaras y tuberías estancas por las que se desea que transcurra el haz de láser durante la experimentación. Debido a las

características técnicas de las bombas utilizadas para conseguir los niveles de vacío deseado el proceso se divide en dos etapas. En una primera etapa se llega hasta 1 mbar de presión y en la segunda se alcanza el nivel de alto vacío de $5 \cdot 10^{-6}$ mbar. Para ello cada cámara se conecta a dos sistemas de vacío diferentes. Por un lado, el vacío *rough pump* conectado a su vez a un acumulador que sirve a todo el sistema permite disminuir la presión desde 1 bar hasta 1mbar. Por otro, el vacío *fore pump* mediante el uso de bombas turbomoleculares específicas de cada cámara disminuye la presión de 1 mbar hasta el nivel de $5 \cdot 10^{-6}$ mbar necesario para trabajar en alto vacío. A continuación se describirá el sistema de cámaras y tuberías de VEGA-2 y VEGA-3 que son los sistemas que atañen a este proyecto. Se especificarán todos los elementos que los componen: cámaras, válvulas, bombas turbomoleculares y medidores de presión.

3.1. Distribución en planta

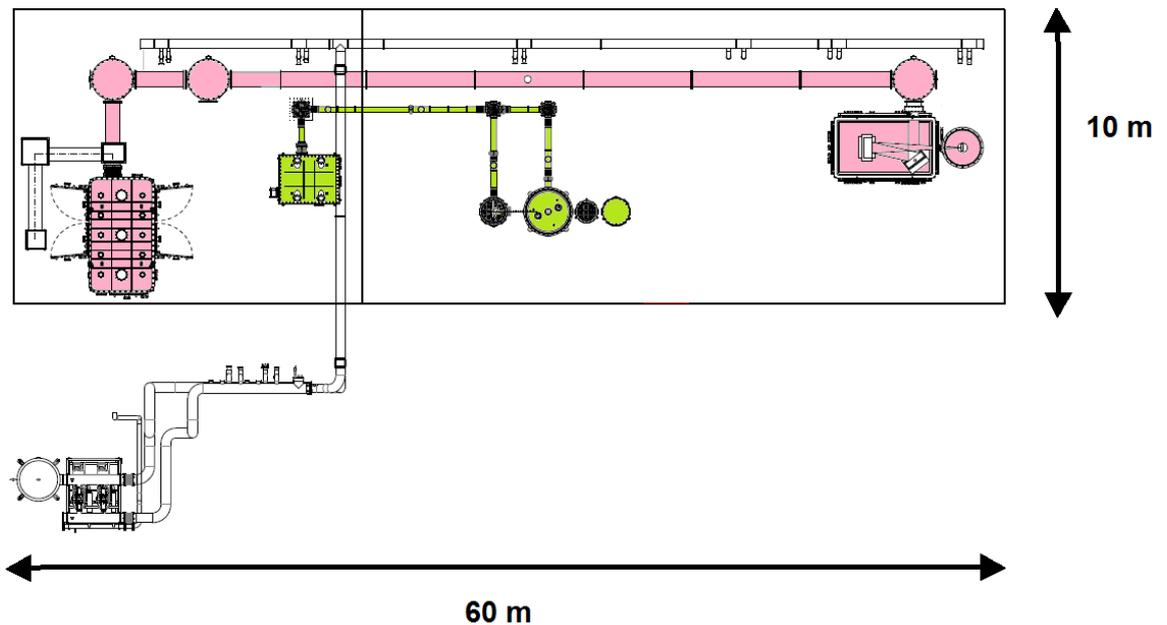
Cada cámara de alto vacío se conecta a una línea de vacío *rough pump* y a una línea de vacío *fore pump*. La línea de vacío *rough pump* se compone a su vez de una válvula de ángulo y una válvula manual. La línea de vacío *fore pump* se compone de una válvula de ángulo, una bomba turbomolecular y una válvula de guillotina. A su vez, cada cámara posee un medidor de presión. En la imagen inferior se observa el esquema de una cámara.



In. Fig. 2 Esquema de una cámara de vacío

Dependiendo del tamaño de la cámara puede ser necesario conectar dos líneas de vacío *fore pump* o instalar dos medidores de presión para realizar una doble verificación de la medida. En total el sistema se compone de once cámaras de vacío que conforman dos de los sistemas láser de VEGA: VEGA-2 (200 TW) y VEGA-3 (1 PW). VEGA-2 cuenta con seis cámaras de vacío distribuidas de la siguiente manera: compresor, cámara de giro 1, cámara de giro 2, cámara de focalización, cámara de experimentación 1 y cámara de experimentación 2. VEGA-3 se compone de: compresor, cámara de giro 1, cámara de giro 3, cámara de focalización y cámara de experimentación.

En la imagen inferior se observa en rosa las cámaras y tuberías de VEGA-3 y en verde las de VEGA-2. Parte de la instalación (la de la izquierda) se encuentra ubicada en la llamada Sala Láser, un recinto de 10m x 40m x 6m de altura que alberga el *front end* o inicio común de las tres líneas de VEGA. A la derecha se encuentra la Sala de Experimentación con 10m x 20m x 6m de altura. Separando ambas salas existe una pared de plomo de 1m de espesor.

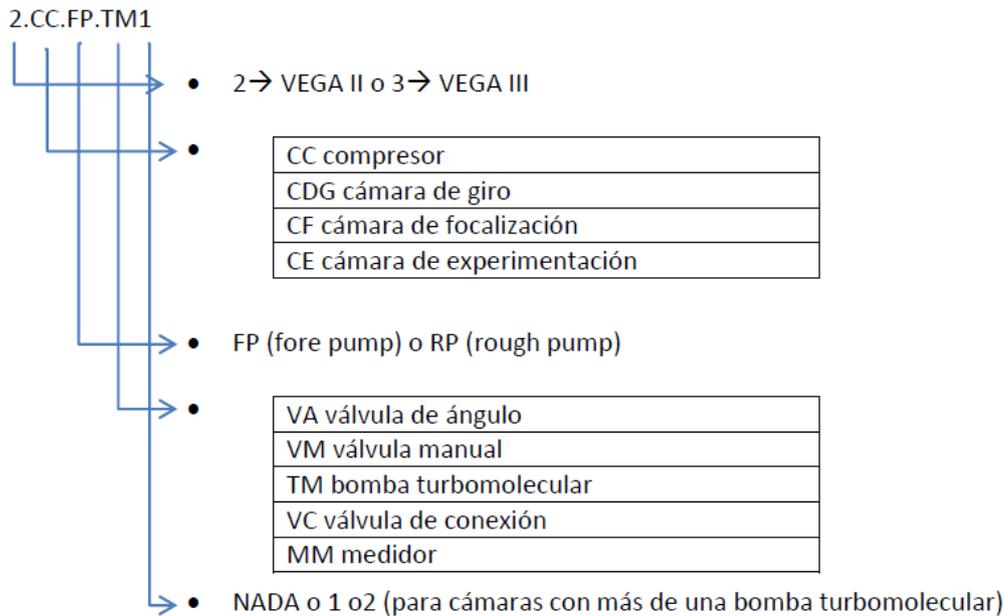


In. Fig. 3 Esquema en planta de VEGA-2 (verde) y VEGA-3 (rosa)

Teniendo en cuenta la cantidad de cámaras existentes y todos los elementos que se conectan a cada una de ellas se obtiene una gran cantidad de componentes singulares a los que hay que referirse con precisión. De esta necesidad surge la nomenclatura que se creó con este fin y que a continuación se explica.

3.2. Nomenclatura

El esquema de la nomenclatura de los componentes del sistema de alto vacío que se diseñó es el siguiente.



De esta forma quedan nombrados todos los elementos que componen el sistema. A continuación se detallan los elementos pertenecientes a cada una de las cámaras. En los esquemas se utilizan los siguientes símbolos.

LEYENDA	
■ VÁLVULA DE ÁNGULO	
■ VÁLVULA DE GUILLOTINA	
■ BOMBA TURBOMOLECULAR	
■ VÁLVULA MANUAL	
■ MEDIDOR	

In. Fig. 4 Leyenda de símbolos utilizados en los esquemas de las cámaras

OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es la automatización del sistema de alto vacío del láser VEGA ubicado en el Centro de Láseres Pulsados (CLPU) en Salamanca. El sistema se encuentra actualmente funcionando de forma manual por lo que es una necesidad primordial para el Centro realizar la automatización descrita atendiendo a criterios de seguridad de funcionamiento tanto para los usuarios como para el equipamiento.

Este objetivo principal se subdivide a nivel de diseño en tres objetivos parciales que coinciden con los documentos entregables que exige la Empresa:

- Realizar la toma de requerimientos y estudio del alcance del proyecto.
- Realizar el diseño del automatismo a nivel de hardware y software.
- Realizar los planos eléctricos de la instalación.

A nivel de ejecución se espera:

- Implementar el automatismo en una sección del sistema real.

PLANIFICACIÓN TEMPORAL

Como se observa en el Diagrama de Gantt de la página siguiente el proyecto se subdividió para su diseño y ejecución parcial en cuatro etapas:

- Toma de requerimientos y planificación temporal: en esta etapa se realizó el documento escrito de la Toma de requerimientos que constituye uno de los tres entregables del Proyecto. Una vez visto el alcance del Proyecto se procedió a realizar la planificación temporal del mismo.
- Diseño del automatismo: el diseño del Proyecto inició con el automatismo. En primer lugar, se planteó el hardware que compondrá la base física de la automatización. A continuación, se sentaron las bases de la programación software y finalmente se unieron estos conceptos para diseñar los modos de funcionamiento que la Empresa desea implementar.
- Diseño del cableado eléctrico: el cableado eléctrico se diseñó para cada uno de los tres armarios que componen la instalación siguiendo este orden: alimentación de control, entradas y salidas digitales del autómeta, alimentación de fuerza y finalmente la generación de la lista de artículos final.
- Implementación del sistema parcial: debido a la imposibilidad de ejecutar todo el Proyecto se decidió por una ejecución parcial del mismo tanto a nivel de hardware como de software. De esta forma se validaron tanto el diseño software como el diseño hardware.

Proceso	Fecha Inicio	Fecha Fin	Duración (días)	Automatización y diseño del cableado eléctrico de la instalación de alto vacío del láser VEGA																																											
				may-16				jun-16				jul-16				sep-16				oct-16				nov-16				dic-16				ene-17				feb-17				mar-17				abr-17			
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4								
ETAPA INICIAL	1 Marco teórico	02/05/2016	22/05/2016	20	█																																										
	2 Toma de requerimientos	15/05/2016	04/06/2016	19					█																																						
	3 Planificación temporal	17/06/2016	29/06/2016	12									█																																		
DISEÑO DEL AUTOMATISMO	4 Hardware	26/09/2016	14/10/2016	18													█																														
	5 Modos de funcionamiento	04/10/2016	22/10/2016	18													█																														
	6 Software (Implementación parcial)	15/10/2016	21/12/2016	66													█																														
DISEÑO DEL CABLEADO ELÉCTRICO	7 Alimentación de control	08/01/2017	19/01/2017	11																					█																						
	8 Entradas y salidas digitales PLC	20/01/2017	31/01/2017	11																					█																						
	9 Alimentación de fuerza	01/02/2017	12/02/2017	11																					█																						
	10 Generación de lista final de artículos	13/02/2017	24/02/2017	11																					█																						
IMPLEMENTACIÓN PARCIAL DEL SISTEMA	11 Pruebas de conexión Profibus	25/02/2017	08/03/2017	13																													█														
	12 Programación del autómeta	09/03/2017	22/03/2017	13																													█														
	13 Puesta en marcha (Implementación parcial)	23/03/2017	05/04/2017	12																													█														
	14 Pruebas de validación del sistema	06/04/2017	29/04/2017	23																													█														

PRESENTACIÓN DE LA MEMORIA

Esta memoria está dividida en cuatro capítulos que coinciden con las cuatro etapas de planificación del Proyecto detalladas en el apartado de Planificación Temporal.

El Capítulo I. Marco teórico contiene todos los conocimientos teóricos que fue necesario comprender antes de iniciar con la Toma de requerimientos del Proyecto. En primer lugar, se estudió a fondo la técnica de generación de alto vacío que debe realizarse en dos etapas: vacío *rough* mediante bombas tipo *root* y *screw* (hasta 1 mbar) y vacío *fore* mediante bombas turbomoleculares (hasta el nivel de alto vacío $5 \cdot 10^{-6}$ mbar). En segundo lugar, se realiza una breve introducción al complejo concepto de láser puesto que la instalación de alto vacío objeto de este Proyecto es una instalación de apoyo del láser VEGA. El objeto de esta introducción teórica no es más que proporcionar el contexto de desarrollo del Proyecto.

El Capítulo II. Toma de requerimientos, como su nombre lo indica, contiene todos los requerimientos por los que se deberá de guiar tanto el diseño del Proyecto como la ejecución parcial de la obra. Los requerimientos se dividen en dos categorías. Por un lado, los requerimientos que atañen al automatismo. En este apartado se detallarán todas las características técnicas a nivel de hardware y software con las que se deberá contar. Por otro, se describen los requerimientos del cableado eléctrico en los que se enumera todas las prestaciones y funcionalidades que deberá ofrecer la solución final de cableado diseñada.

El Capítulo III. Diseño del automatismo y del cableado eléctrico contiene la descripción del grueso del Proyecto. El Diseño del automatismo se divide en diseño Hardware a nivel de campo, control y supervisión; y diseño Software que incluye la programación del controlador y de la interfaz a nivel de supervisión para interacción con el usuario (pantalla táctil en la que se implementa un software SCADA). El apartado de Diseño del cableado eléctrico presenta las partes en las que se divide el Esquema eléctrico del sistema completo: alimentación de fuerza y de control, entradas y salidas del módulo de periferia descentralizada, vista del módulo de periferia, pantalla táctil para supervisión del proceso y red de comunicaciones Profinet.

El Capítulo IV. Implementación parcial del sistema incluye la descripción de la ejecución parcial del sistema que se llevó a cabo con el objeto de demostrar y validar las prestaciones que se esperan obtener del sistema final, lo que es perfectamente factible gracias a la naturaleza escalable y reproducible del sistema a automatizar. La implementación parcial se describe detalladamente subdividiéndola en Hardware y Software.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

BAJO, MEDIO Y ALTO VACÍO

1. Introducción

El vacío es la ausencia total de materia en un volumen. En la práctica, se denomina vacío a la región donde la densidad de partículas es extremadamente baja. El vacío necesario para realizar experimentos con el láser VEGA se consigue mediante un sistema de bombeo en tres etapas. En la primera etapa se produce lo que se conoce como bajo vacío consiguiendo una presión de 50 mbar y en la segunda etapa de vacío medio se alcanza la presión de 1 mbar. Finalmente, en la tercera etapa de alto vacío o se alcanza la presión de $5 \cdot 10^{-6}$ mbar.

En la siguiente tabla se presentan las características de los niveles de vacío mencionados. El camino libre medio es la distancia que pueden recorrer las partículas antes de chocar entre sí [4].

Nivel de Vacío	Presión (mbar)	Moléc. / cm ³	Camino libre medio	Tecnología de bombeo utilizada
Presión atmosférica	1000	2.7×10^{19}	68 nm	-
Bajo Vacío	300 – 1	$10^{19} - 10^{16}$	0.1 – 100 μm	Bombas de vacío tipo tornillo
Medio Vacío	$1 - 10^{-3}$	$10^{16} - 10^{13}$	0.1 – 100 mm	Bombas de vacío <i>roots</i>
Alto Vacío	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{13} - 10^9$	10 cm – 1 km	Bombas turbomoleculares

MI. Tabla. 1 Niveles de presión

2. Sistema de vacío del Centro de Láseres Pulsados

El sistema de vacío del Centro de Láseres Pulsados utiliza tres tecnologías de bombeo diferentes para generar cada uno de los tres niveles de vacío que se requieren para finalmente llegar al alto vacío.

- Bomba tipo tornillo (*screw*) → hasta 50 mbar
- Bomba tipo Roots → hasta 1 mbar
- Bomba turbomolecular → hasta $5 \cdot 10^{-6}$ mbar

Cada tipo de bomba extrae aire de la cámara hasta el nivel en el que la siguiente bomba entra en funcionamiento. Así, las bombas de vacío de vacío tipo tornillo (*screw* en inglés) funcionan en el rango 1000 mbar (aproximadamente igual a la presión atmosférica) hasta 50 mbar. Las bombas de vacío tipo Roots trabajan entre los 50 mbar y 1 mbar. Finalmente, las bombas turbomoleculares permiten alcanzar el nivel de alto vacío disminuyendo la presión en la cámara hasta $5 \cdot 10^{-6}$ mbar. En la práctica se habla de dos niveles globales de vacío. El vacío primario o *rough pump* conformado por las etapas de funcionamiento de las bombas Roots y bombas de tornillo que alcanza el nivel de presión de 1 mbar. A partir de este punto entran en funcionamiento las bombas turbomoleculares que permiten alcanzar el nivel de alto vacío o *fore vacuum*.

A continuación se describen por separado cada una de las tres tecnologías de vacío mencionadas anteriormente.

3. Bombas de vacío tipo tornillo (*screw*)

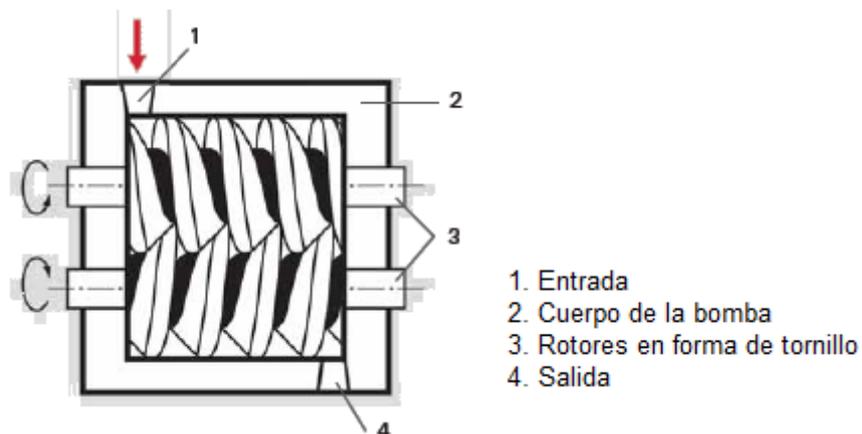
Este tipo de bombas de desplazamiento positivo están compuestas por un rotor doble formado por dos tornillos soportados por un cojinete. Las bombas de desplazamiento positivo desplazan gas que se encuentra en volúmenes sellados a la atmósfera o a otra etapa de vacío (como es el caso de las bombas tipo Roots que se verán en el punto 3 de esta sección). Los tornillos tienen hélices inversas que rotan en sentidos contrarios sin llegar a tocarse confinados dentro de un volumen cilíndrico. Debido a las hélices inversas de los dos rotores los volúmenes confinados en cada rosca avanzan hacia la salida de la bomba que no tiene válvulas ni a la salida ni a la entrada. Cuando un volumen de desplazamiento llega a la salida la presión se iguala con la presión atmosférica. Este flujo de gas genera un alto nivel de disipación de energía y calienta la bomba. La energía que se disipa se puede minimizar mediante compresión interna que se logra al reducir el tamaño de la rosca de la hélice conforme se llega a la salida de la bomba. Las distancias entre los cilindros y los rotores y entre ambos rotores determinan la presión última que se podrá alcanzar. A su vez, es de gran importancia la geometría del volumen formado en los huecos entre las hélices.

Mientras que la temperatura en la entrada de la bomba es baja debido a que en este punto el trabajo de compresión es casi nulo a la salida de la bomba la energía disipada por el caudal de gas calienta la bomba. Es justo en este punto donde se requiere un sistema de refrigeración ya sea a través de aceite o agua.



MI. Fig. 1 Rotores en forma de tornillo (screw)

En la imagen inferior se observa las partes de las que se compone una bomba de tornillo.



MI. Fig. 2 Partes de una bomba de tornillo

Las bombas de tornillo refrigeradas por agua y las bombas roots multi etapa (que se explican en la siguiente sección) son muy utilizadas en aplicaciones que requieren caudales volumétricos de gas de entre 100 y 600 m³/h. Dentro de las ventajas de este tipo de bombas están [6]:

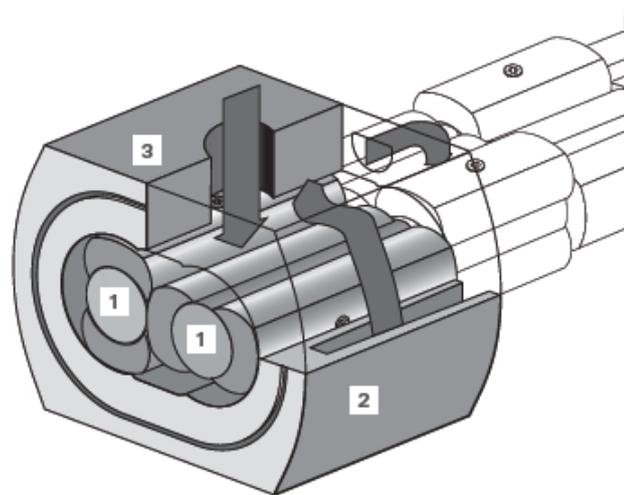
- No es necesario lubricar el volumen de desplazamiento del gas.
- No se contamina el medio a bombear.

- Mayor eficiencia debido a la compresión interna.
- Velocidad de bombeo constante en el rango de 1 a 1000 mbar.
- Buena resistencia al líquido y al polvo.
- Son las bombas ideales para aplicaciones de bombeo de apoyo de bombas tipo roots (como la que existe en el vacío primario del Centro).

4. Bombas de vacío tipo Roots

En este tipo de bombas de desplazamiento positivo poseen dos rotores giran en sentidos opuestos sin llegar a tocarse. Los rotores tienen una sección transversal en forma de ocho y están separados uno del otro por una distancia minúscula. A lo largo del eje de la bomba se ubican entre cuatro y seis pares de rotores que se separan por discos que funcionan como estatores y que poseen orificios para que el gas atravesase de una etapa a otra. El gas se bombeo desde la entrada a la salida. Debe favorecerse siempre un bombeo en dirección vertical ya que de este modo el espacio entre las distintas etapas de bombeo se puede utilizar como una trampa natural para las partículas del gas. Esta es la forma más eficiente de evitar el taponamiento de la bomba.

Debido a que no existe fricción alguna en la cavidad de succión las bombas tipo Roots pueden alcanzar velocidades de rotación de hasta 100 rps. Además, la distribución simétrica de la masa alrededor del rotor permite una rotación bastante silenciosa e independiente de las altas velocidades de rotación. La lubricación se limita a los cojinetes y engranajes que se encuentran separados de la cavidad de succión. Para evitar condensación de químicos en la bomba el cuerpo de la misma se debe calentar mediante un flujo de agua caliente.



MI. Fig. 3 Rotores en forma de ocho. Bomba tipo Roots

Este tipo de bombas no posee compresión interna ni una válvula de salida por lo que al abrirse la cámara de succión es gas entra ocupando el volumen y debe de bombearse nuevamente. Como resultado de este efecto y particularmente en presencia de grandes diferencias de presión entre la entrada y la salida, se produce una gran disipación de energía que calienta la bomba. Debido al calor y la dificultad de refrigerar los rotadores estos pueden dilatarse lo sufriente como para llegar a tocar la pared de la cavidad de succión. Para prevenir esta situación la presión diferencial máxima se limitan mediante una válvula de descarga. Debido a esta limitación de la presión diferencial las bombas tipo Roots no pueden evacuar el gas contra un volumen a presión atmosférica por lo que necesitan de una bomba de apoyo (en este caso, la bomba tipo tornillo).

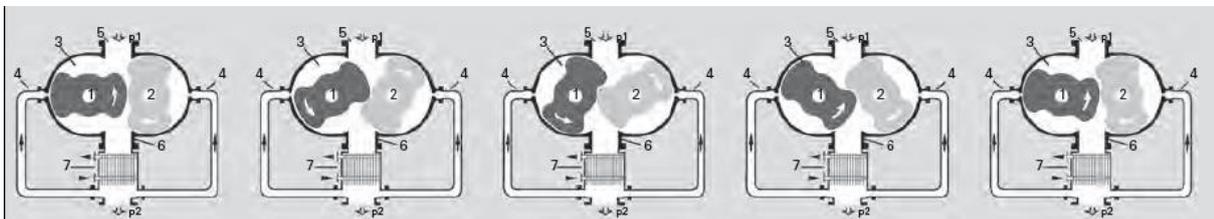
Las aplicaciones de este tipo de bombas son:

- Adaptabilidad al proceso de vacío gracias a su ajuste de temperatura y de velocidad de rotación.
- No es necesario lubricar el volumen de desplazamiento del gas.
- Alta fiabilidad.
- Largos intervalos de servicio, bajo consumo de energía y de agua de refrigeración.
- Son las bombas ideales para aplicaciones de bombeo de apoyo de bombas turbomoleculares (como la que existe en el vacío *fore pump* del Centro).

Las características básicas de funcionamiento de este tipo de bombas son la velocidad de rotación y el ratio de compresión. La velocidad de bombeo teórica en el caudal que puede entregar la bomba sin contrapresión. El caudal bombeado va desde 200 m³/h hasta 3000

m^3/h . El ratio de compresión se ve negativamente afectado por dos efectos: el flujo inverso que se produce entre rotor y cavidad de succión y el gas que se deposita por adsorción en la superficie de los rotores en la salida [5].

En la imagen inferior se observan las etapas de rotación de una bomba tipo Roots:

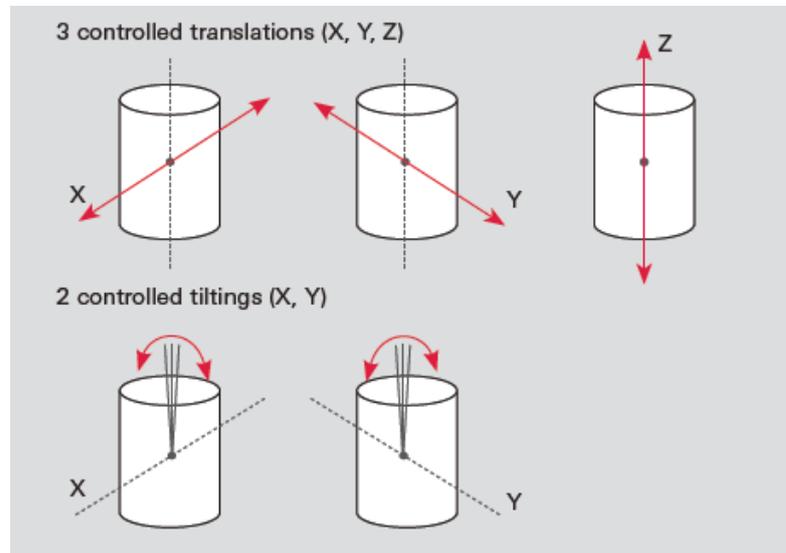


MI. Fig. 4 Etapas de rotación de una bomba tipo Roots

5. Bombas de vacío turbomoleculares

Las bombas turbomoleculares fueron desarrolladas y patentadas por la empresa *Pfeiffer Vacuum* en 1958 por W. Becker. Estas bombas pertenecen a la categoría de bombas de vacío cinéticas que desplazan el gas al acelerarlo en la dirección de bombeo. El diseño de esta bomba es similar al de una turbina. Se incluyen cojinetes de dos tipos. Por un lado, cojinetes lubricados mediante aceite se montan del lado de baja presión del eje. Por otro, en el lado de alta presión se instalan cojinetes magnéticos que permiten centrar el rotor radialmente y que son completamente insensibles a vibraciones.

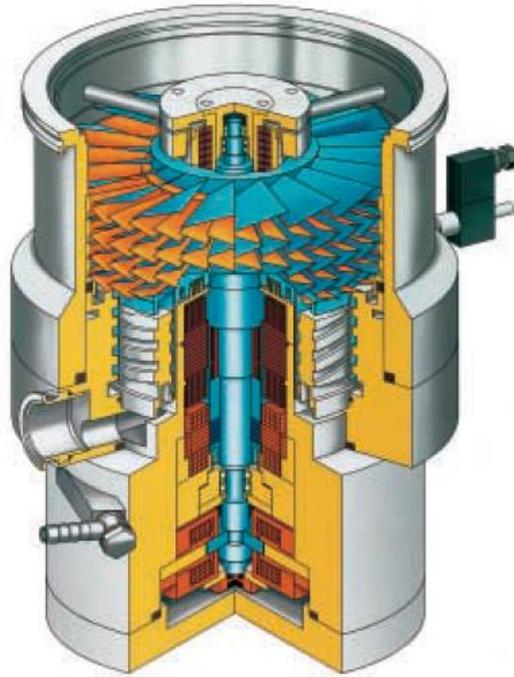
Las bombas turbomoleculares de mayor tamaño incorporan lo que se conoce como cojinetes magnéticos de cinco ejes. En este caso el rotor levita mediante un control electrónico que utiliza sensores de proximidad y electroimanes. De esta forma, los movimientos correspondientes a cinco de los seis grados de libertad del rotor se reajusten continuamente en tiempo real. Así, el rotor siempre gira alrededor de su eje de inercia. La ausencia de contacto mecánico entre la cavidad de succión y el rotor permite que la vibración generada por la bomba sea muy baja. En la imagen inferior se observan las traslaciones y giros controlados por los cojinetes magnéticos de cinco ejes.



MI. Fig. 5 Cojinetes magnéticos de cinco ejes

En caso de fallo en la alimentación los cojinetes magnéticos se surten de un alternador instalado en la propia bomba. Mediante este mecanismo los cortes en la alimentación pueden subsanarse por varios minutos. En el caso de que el fallo continúe el rotor se parará de forma segura mediante un cojinete de seguridad. Las velocidades de rotación de la bobina alcanzan las 800 rps.

El principio de operación físico de este tipo de bombas se basa en la transferencia de impulsos de las aspas del rotor a las moléculas del gas que se requiera bombear. Las moléculas que colisionan con las aspas son absorbidas y expulsadas después de un periodo de tiempo. Para asegurarse de que el componente de velocidad transferido a las moléculas no se pierda debido a las colisiones con otras moléculas el flujo molecular debe de prevalecer en la bomba, es decir, el camino libre medio de las partículas debe ser mucho mayor que el espaciado entre las aspas de la bomba [7].



MI. Fig. 6 Bomba turbomolecular

CONCEPTO DE LÁSER

1. Introducción

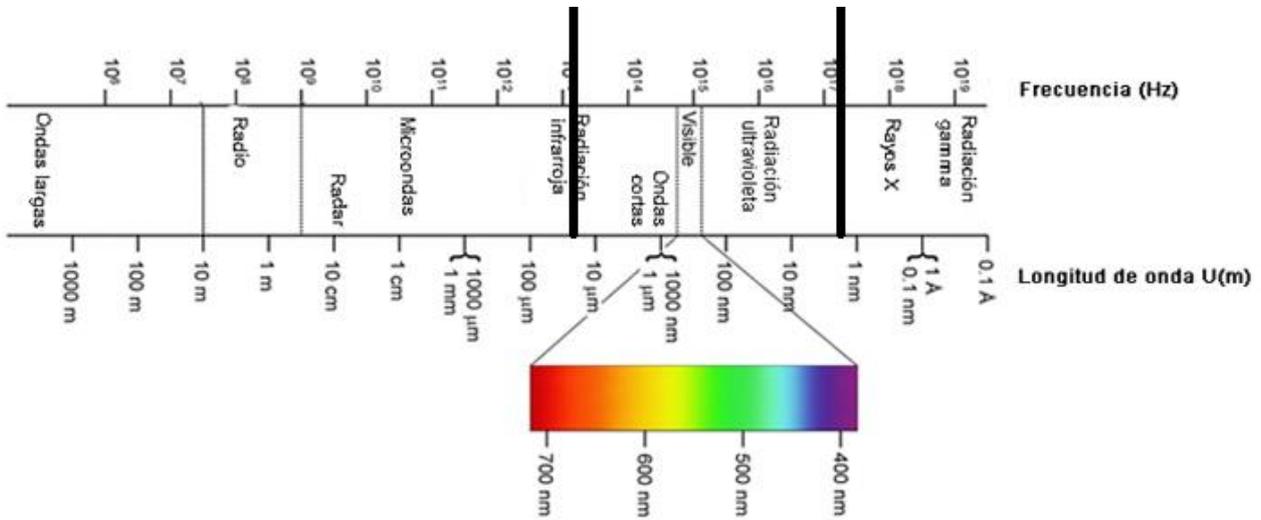
En este capítulo se plantean las bases científicas sobre las cuales se sustenta el concepto de láser. El láser, como se verá más adelante, es un invento de mediados del siglo XX que en cuestión de sesenta años ha transformado numerosos campos del conocimiento humano [8].

A lo largo de esta sección se hablará de las longitudes de onda a las que emiten los láseres actuales y su posición dentro del espectro electromagnético. Posteriormente, se analizarán los fenómenos de coherencia temporal y coherencia espacial, conceptos básicos para el funcionamiento del láser.

El modelo atómico de Bohr sienta las bases de la cuantización de los estados de energía de los átomos que permiten el estudio de fenómenos como el decaimiento de los estados excitados, la absorción y la emisión estimulada. Ésta última, la emisión estimulada, es esencial para el funcionamiento de un láser junto con la inversión de población y el bombeo. Finalmente, se hablará del desarrollo de los primeros máseres precursores del láser y de la invención de éste en 1960 por T. Townes.

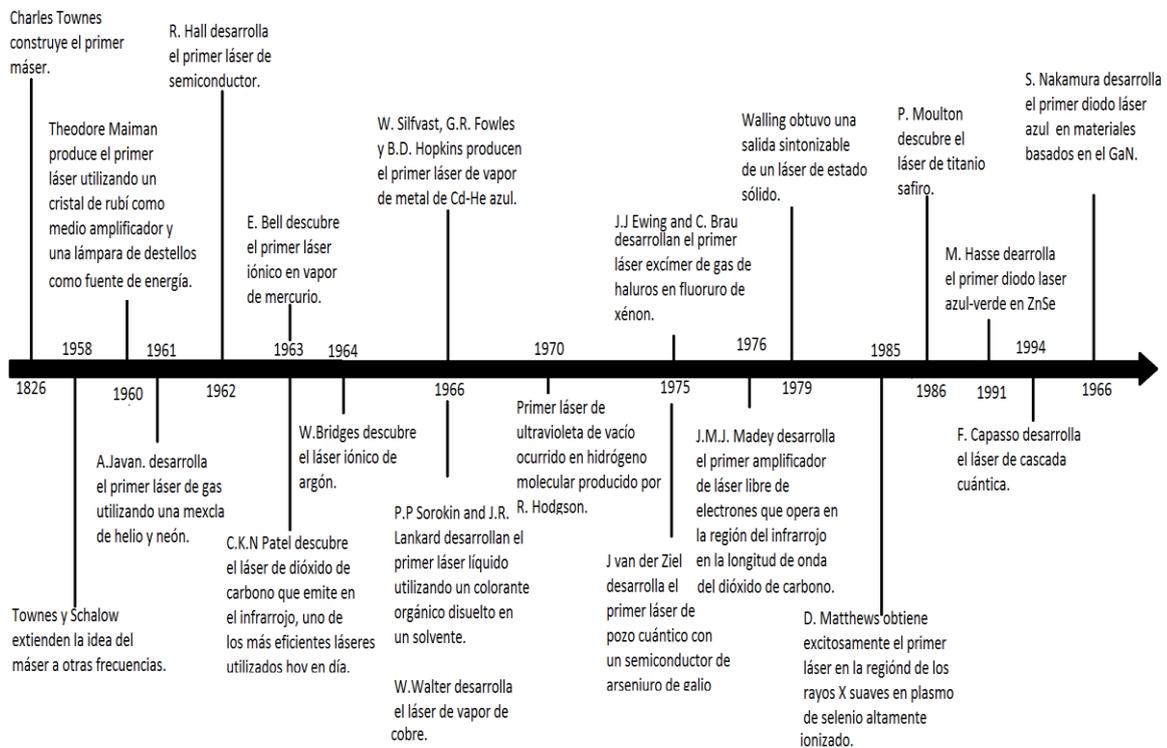
2. Espectro y longitudes de onda de un láser

En la figura inferior se muestra el espectro electromagnético de radiaciones demarcando entre líneas negras la región en la que trabajan los distintos láseres actuales. Los láseres poseen longitudes de onda que van desde la región de infrarrojo lejano ($\lambda = 30 \mu\text{m}$) a la región de los rayos X suaves ($\lambda = 3 \text{ nm}$) [8].



MI. Fig. 7 Espectro electromagnético - longitudes de onda de los distintos láseres

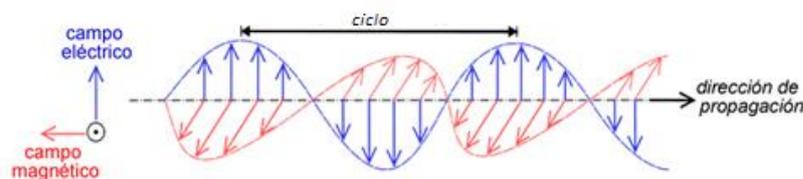
3. Un poco de historia



MI. Fig. 8 Línea del tiempo de la evolución del láser

4. Naturaleza de la radiación electromagnética

¿Cómo puede un haz luminoso abrir por fusión un agujero en una placa de acero? Puede hacerlo porque la luz es una forma de energía radiante y un láser concentra mucha energía radiante en un foco muy puntual. Como ya se vio anteriormente, la energía radiante existe en muchas formas además de la luz visible: ondas de radio, luz ultravioleta e infrarroja, rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos [2,9]. Toda radiación electromagnética está formada por dos componentes: un campo eléctrico E y un campo magnético H. Los dos campos así como la dirección del movimiento de la onda son perpendiculares entre sí. Además, la magnitud y el sentido de las dos componentes varían constantemente. El cambio que se produce en E desde un máximo en un sentido hasta el mismo máximo tras haber pasado por todos los valores intermedios se denomina ciclo. Si se traza una línea continua que una todos los valores de E se obtiene una curva sinusoidal, E varía por lo tanto sinusoidalmente. La componente magnética de la onda H varía también sinusoidalmente a lo largo de un plano perpendicular a la página con el mismo eje que el campo E [8]. La figura inferior ilustra lo descrito:



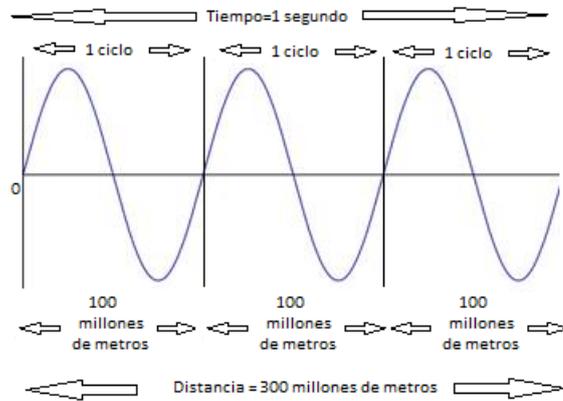
MI. Fig. 9 Componentes de la radiación electromagnética

5. Relación entre frecuencia y longitud de onda

La velocidad de una onda electromagnética que se desplaza por el vacío es de 300.000 km/s aproximadamente. La relación entre la velocidad de una onda electromagnética, su frecuencia y su longitud de onda es la siguiente:

$$f \text{ (Hz)} = \frac{300.000 \left(\frac{\text{km}}{\text{s}}\right)}{\text{longitud de onda } \lambda \text{ (m)}}$$

En la imagen inferior se observa la relación existente entre la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de propagación de una onda electromagnética. La onda representada es una onda que en un segundo se ha propagado de forma que ha completado tres ciclos habiendo recorrido tres millones de metros (velocidad de una onda de radio en el espacio) [8].



MI. Fig. 10 Relación frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación

Como en un segundo la onda ha completado tres ciclos completos, su longitud de onda será:

$$\lambda(m) = \frac{300 \cdot 10^6 \text{ m}}{3 \text{ ciclos}} = 100 \cdot 10^6 \text{ m}$$

6. Coherencia

La coherencia define la interacción entre dos ondas electromagnéticas cuyas frecuencias difieren mínimamente o que se originan en puntos extremadamente cercanos en el espacio. En estas ocasiones los dos haces interferirán entre sí produciendo efectos muy variados que van desde generación de pulsos cortos hasta la multiplicación de frecuencias.

La coherencia temporal hace referencia a la coherencia de fases de dos ondas en dos diferentes ubicaciones a lo largo de la dirección de propagación de dos haces. También se le conoce como coherencia longitudinal o de frecuencias. Este tipo de coherencia se produce cuando, asumiendo que ambas ondas se encuentran en fase en la primera ubicación, seguirán estando en fase a una distancia X conocida como "longitud de coherencia".

La coherencia espacial o coherencia transversal define la distancia X máxima a la que pueden separarse dos puntos en una dirección transversal a la de propagación observándose interferencia en uno de los puntos y cesando ésta en el otro punto. Esta distancia se conoce como "longitud transversal de coherencia" [15].

7. Átomos y energía: modelo atómico de Bohr

El modelo atómico de Bohr (1913) es un modelo clásico del átomo pero fue el primer modelo atómico en el que se introduce una cuantización a partir de ciertos postulados. Bohr se basó en el átomo de hidrógeno para intentar realizar un modelo

atómico capaz de explicar la estabilidad de la materia y los espectros de emisión y absorción discretos que se observan en los gases. Describió el átomo de hidrógeno con un protón en el núcleo y girando a su alrededor un electrón. El modelo atómico de Bohr partía conceptualmente del modelo atómico de Rutherford y de las incipientes ideas sobre cuantización que habían surgido unos años antes con las investigaciones de Max Planck y Albert Einstein.

En este modelo los electrones giran en órbitas circulares alrededor del núcleo, ocupando la órbita de menor energía posible, o la órbita más cercana posible al núcleo. La mecánica clásica predecía que una partícula cargada moviéndose de forma circular emitiría energía por lo que los electrones deberían colapsar sobre el núcleo. Para superar este problema Bohr supuso que los electrones solamente se podían mover en órbitas específicas, cada una caracterizada por un nivel energético. Cada órbita se identifica mediante un número entero n que toma valores desde 1 en adelante. Este número n recibe el nombre de número cuántico principal.

Bohr supuso además que el momento angular de cada electrón estaba cuantizado y sólo podía variar en fracciones enteras de la constante de Planck. De acuerdo al número cuántico principal calculó las distancias a las cuales se hallaba del núcleo cada una de las órbitas permitidas en el átomo de hidrógeno; estos niveles electrónicos se ordenaron por números. Cada órbita tiene electrones con distintos niveles de energía a liberar, por esa razón salta de una órbita a otra hasta llegar a una que tenga el espacio y nivel adecuado, dependiendo de la energía que posea. El modelo atómico de Bohr como se dijo anteriormente se sustenta en una serie de postulados, tres en concreto: los electrones describen órbitas circulares en torno al núcleo del átomo sin irradiar energía, las únicas órbitas permitidas para un electrón son aquellas para las cuales el momento angular del electrón sea un múltiplo entero de la constante h de Planck y el electrón solo emite o absorbe energía en los saltos de una órbita permitida a otra, en dicho cambio emite o absorbe un fotón cuya energía es la diferencia de energía entre ambos niveles.

La producción de luz láser trajo consigo un concepto totalmente nuevo en producción de ondas electromagnéticas. Antes, la electrónica se limitaba al control y aprovechamiento de la energía de los electrones libres que pasaban de un sistema atómico a otro. Los láseres utilizan los estados de energía dentro de los propios átomos para producir ondas electromagnéticas, es decir, la radiación electromagnética se genera y amplifica a nivel subatómico. El modelo atómico de Bohr es por tanto la base teórica inicial que sustenta la generación de luz láser.

Todos los sistemas atómicos ya sea un átomo individual, una molécula o un cristal poseen ciertos niveles de energía característicos. Los sistemas se encuentran en reposo en su nivel energético más bajo pudiendo absorber energía, lo que los conducirá a un estado excitado.

Este estado no es natural por lo que el sistema atómico tenderá a volver a su estado de reposo.

Los sistemas atómicos solo pueden absorber cantidades específicas de energía características de cada sistema. Estas unidades discretas de energía se conocen como fotones y pueden considerarse como diminutos paquetes de energía que presenta al mismo tiempo características de materia y de radiación electromagnética. Los fotones se propagan con la velocidad de la luz. Este modelo forma parte de la teoría cuántica de la materia, que ha conseguido explicar satisfactoriamente fenómenos atómicos difíciles de entender.

La frecuencia en que puede ser absorbido un fotón y el nivel de energía al que lleva el sistema están unidos la siguiente relación cuántica fundamental conocida como relación de Planck.

$$E = h \cdot \nu$$

En la ecuación anterior E es el estado energético en julios (J), ν es la frecuencia del fotón y h es la constante de Planck igual a $6,626 \cdot 10^{-34}$ J s en unidades del sistema internacional. La ecuación demuestra que el nivel de energía al que se eleva un sistema atómico excitado es proporcional a la frecuencia del fotón absorbido por dicho sistema [11].

8. Decaimiento de los estados excitados: emisión espontánea

Se considera un grupo de átomos a temperatura ambiente cuyos electrones se encuentran en su estado energético más bajo. Si se aplica energía a estos átomos ya sea en forma de colisión de partículas, corriente eléctrica o absorción de luz los electrones más superficiales son “bombeados” a niveles excitados de mayor energía. Estos electrones excitados decaen eventualmente de vuelta a su estado inicial cuando la fuente de energía es removida. El paso de electrones desde niveles de energía excitados a niveles energéticos más bajos se realiza de muchas formas. En el estudio de láseres conviene comprender los conceptos de emisión espontánea y emisión estimulada, ambos relacionados con el decaimiento a estados energéticos menores citado anteriormente.

La emisión espontánea posee este nombre ya que es un proceso natural que ocurre sin ningún estímulo externo. Este tipo de emisión puede producirse siguiendo dos procesos diferentes: el decaimiento radiativo y el no radiativo.

En un caso hipotético en el que un grupo de átomos se encontraran en sus niveles de energía más bajos y alguna forma de excitación lo condujera a todos rápidamente a un estado de energía excitado, la densidad de población del nuevo nivel medida como una función en el tiempo decaería típicamente con una constante de decaimiento exponencial. La población se transferiría a niveles de energía menores ya sean estos el nivel más

bajo o niveles intermedios. En el caso más sencillo toda la población decaería a un único nivel de energía y considerando que la densidad de población del nivel excitado sea lo suficientemente baja como para que no se produzcan colisiones durante el decaimiento, el único gasto de energía palpable sería la diferencia entre la energía del nivel excitado y la del nivel al que decae toda la población. El dilema es la inexistencia de una prueba que acredite la pérdida de energía: los átomos al parecer regresan a su estado inicial conservando su energía y momento angular sin haber ocurrido ninguna alteración debida al decaimiento. La solución es la emisión de radiación durante el proceso. Cada fotón radiado tendrá una frecuencia igual a:

$$\nu = (E_u - E)/h$$

Siendo E_u el nivel de energía excitado y E el nivel al que decaen finalmente los átomos. El decaimiento radiativo es por tanto aquel en el que como resultado del retorno de un electrón a un nivel de energía menor se produce la liberación de un fotón.

Sin embargo, los átomos raramente se encuentran aislados y en la mayoría de los casos la población ubicada en el nivel de energía excitado colisionará con otros átomos. Estas colisiones pueden provocar que los átomos excitados transiten a un nivel inferior sin que se produzca ningún tipo de radiación. La energía perdida por el átomo que decae es transferida a aquel con el que colisiona con el objetivo de conservar su energía y momento. Este tipo de decaimiento, en el que no se produce radiación, se conoce como decaimiento no radiativo [14].

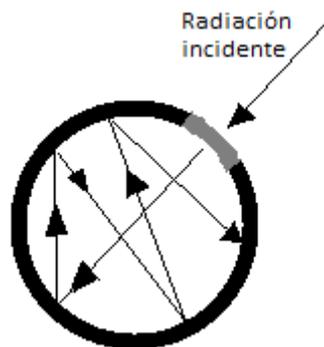
9. Absorción y emisión estimulada

La emisión espontánea radiativa es por tanto inherente a todos los estados excitados de un átomo. Sin embargo, este tipo de emisión espontánea no es dominante en muchos procesos de decaimiento. Como se dijo anteriormente la emisión no radiativa juega un papel fundamental: las colisiones entre partículas provocan también el regreso de los átomos a estados de energía menores y realizan este proceso en menor tiempo que si se produjera una emisión de radiación. Aún más, tales colisiones pueden no solo despoblar un nivel energético sino también contribuir a poblarlo.

La excitación y desexcitación pueden ocurrir también mediante la acción de fotones, partículas de luz que poseen energías determinadas. Este fenómeno en el que la luz provoca la excitación de los átomos se llama absorción y se conoce hace más de cien años. No hay ninguna razón para suponer que el proceso contrario no pueda ocurrir. Sin embargo esta idea no se planteó hasta 1917, año en el que Einstein introdujo el concepto de emisión estimulada.

Einstein consideró la recientemente desarrollada fórmula de radiación de Planck (1900) referida a la radiación del cuerpo negro y se cuestionó cómo el principio de equilibrio detallado (introducido por Ludwig Boltzmann en 1872) se aplicaría en el caso el estudio de radiaciones en equilibrio.

Planck consideró un cuerpo especial en el que toda la energía incidente desde el exterior es absorbida y toda la energía incidente desde el interior es emitida, el cuerpo negro. En la naturaleza tal cuerpo no existe pero puede sustituirse con gran aproximación por una cavidad con una pequeña abertura.

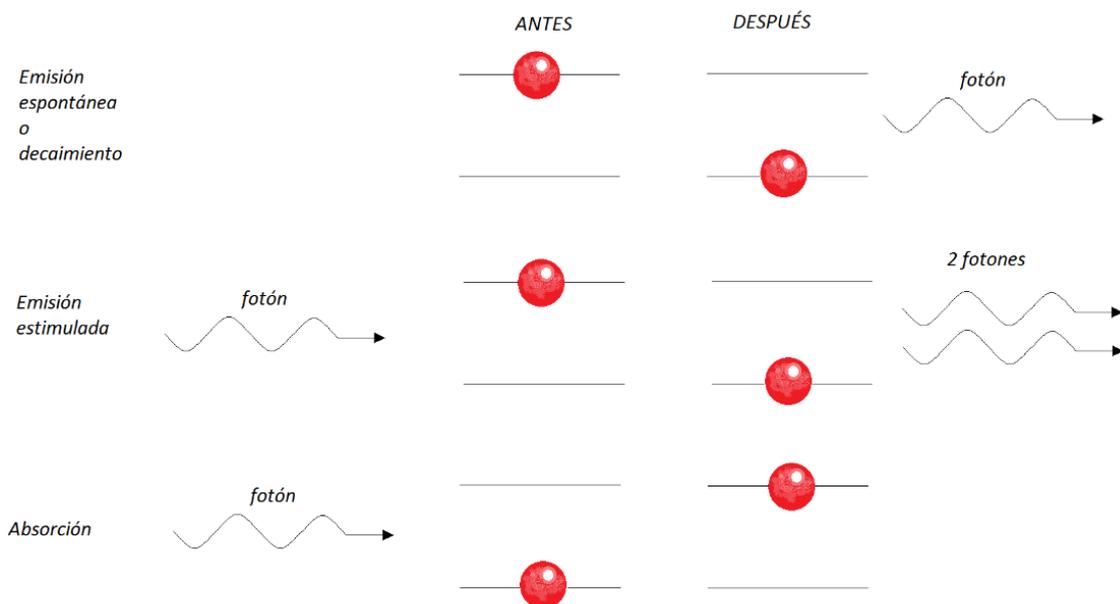


MI. Fig. 11 Cuerpo negro de Planck

La energía radiante incidente a través de la abertura es absorbida por las paredes y solamente una mínima proporción escapa. Puede decirse que toda la energía incidente es absorbida; los átomos que componen las paredes del cuerpo emiten radiación electromagnética y al mismo tiempo absorben la radiación emitida por otros átomos. Cuando la radiación encerrada dentro de la cavidad alcanza el equilibrio con los átomos de las paredes y todas las paredes de la cavidad están a una misma temperatura, la cantidad de energía que se emite por unidad de tiempo es igual a la que se absorbe. En consecuencia, la densidad de energía existente en la cavidad es constante.

El principio de equilibrio detallado afirma que en el equilibrio el número total de partículas que abandonan un estado cuántico por unidad de tiempo es igual al número de partículas que adquieren dicho estado cuántico por unidad de tiempo. El equilibrio detallado de Boltzmann, también llamado principio de reversibilidad microscópica, describe el por qué la población de un nivel de energía específico no puede aumentar indefinidamente. Este principio sugiere que si un fotón puede excitar un electrón y como consecuencia moverlo a un nivel de energía mayor por medio de la absorción, un fotón debería de poder a su vez excitar a un electrón provocando el movimiento inverso. En el caso de la absorción el fotón desaparece al transferirse su energía a otras partículas. En el caso de la emisión estimulada las partículas deberán de emitir un fotón adicional para cumplir con el principio de conservación de la energía.

Las relaciones entre la absorción y la emisión estimulada están asociadas con la ley de Planck para radiación en equilibrio térmico explicada anteriormente. Para que el sistema se encuentre en equilibrio al producirse absorciones de fotones se necesita del proceso inverso: la emisión estimulada. Se han identificado tres procesos radiativos producidos mediante la interacción de dos niveles energéticos: la emisión espontánea o decaimiento, la absorción y la emisión estimulada. En el caso de la emisión estimulada se emite un fotón adicional de la misma frecuencia (conservación de la energía) que el fotón incidente y en la misma dirección y fase (conservación del momento).



MI. Fig. 12 Procesos radiativos producidos por la interacción de dos niveles energéticos

En definitiva, la emisión estimulada supone que si mientras un átomo se encuentra en un estado excitado incide en él un fotón de frecuencia adecuada, emitirá un fotón adicional y volverá a su nivel energético normal, emitiendo un segundo fotón. Este concepto posee una importancia fundamental al proveer un mecanismo completamente revolucionario para amplificar radiación electromagnética. Si de algún modo se consiguiera elevar la mayoría de los átomos o moléculas de un sistema dado a un estado excitado podría amplificarse un haz de fotones incidentes, ya que la cantidad de fotones que saldrían sería mayor a los que entran [12-14].

10. Inversión de población

El hecho de que la emisión estimulada produzca dos fotones idénticos a partir de un fotón inicial es precisamente lo que permite amplificar la luz y es también responsable de

que la luz generada por emisión estimulada sea coherente. Pero para que sea posible amplificar la luz por emisión estimulada es necesario que haya en el medio activo un número mayor de electrones en el nivel de energía superior que en el inferior, esto es lo que se conoce como inversión de población. Si por el contrario hubiera más electrones en el nivel inferior que en el superior predominaría la absorción y el medio amortiguaría la energía de la luz en vez de amplificarla.

La inversión de población es el principio vital de los láseres y se consigue mediante el bombeo adecuado de ciertos materiales con niveles de energía electrónicos metaestables, es decir, con niveles de energía en los cuales los electrones tardan un tiempo relativamente largo en desexcitarse por emisión espontánea, lo cual favorece precisamente la acumulación de electrones en el estado de energía superior [9,13].

11. Bombeo óptico y bombeo eléctrico

Como ya se ha mencionado, la amplificación de ondas necesita un cierto aporte de energía que se conoce como bombeo. Si el aporte de energía se realiza en forma de un haz de luz se le llama bombeo óptico y si se realiza en forma de corriente eléctrica recibe el nombre de bombeo eléctrico [14].

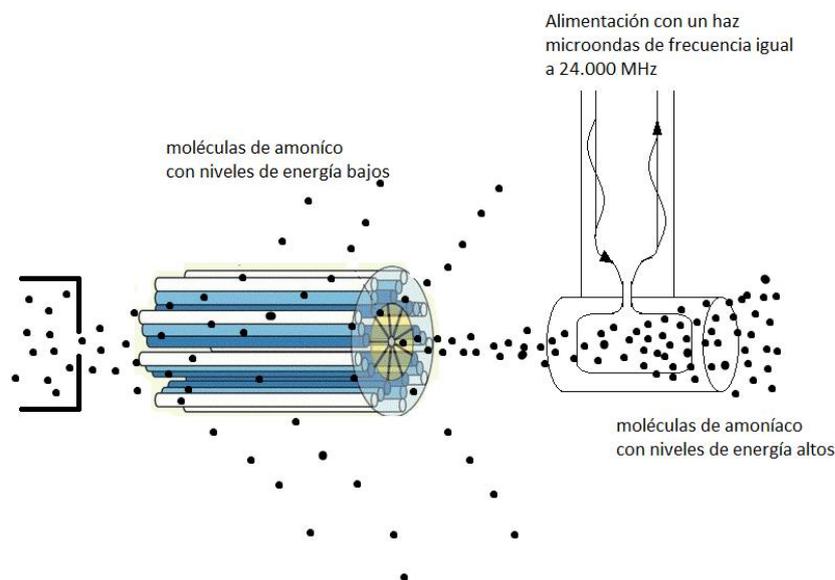
12. El máser de amoníaco

La energía electromagnética interactúa con la materia en tres formas: si la frecuencia de la onda es diferente a E/h no puede excitar al sistema atómico que atraviesa. Si v es igual a E/h el sistema queda excitado a un nivel de energía mayor con la absorción de un fotón o el fotón incidente choca con un átomo ya excitado con lo que se emitirá otro fotón y el sistema volverá a su nivel energético inferior con la emisión de dos fotones.

El primer máser utilizado fue desarrollado por C H. Townes en la Universidad de Columbia mientras estudiaba la absorción de microondas en gases. Townes se basó en el hecho de que una molécula de amoníaco, compuesta por tres átomos de hidrógeno y uno de nitrógeno, posee dos estados de energía. En el nivel más alto, la molécula de amoníaco es repelida por un campo eléctrico fuerte, mientras que en el estado de menor energía es atraída por él. Townes descubrió que la diferencia entre los niveles de energía era igual a la energía de un fotón cuya frecuencia fuese igual a 24.000 MHz.

Para separar las moléculas de ambos estados de energía Townes empleó un cilindro formado por varillas cargadas en el que el campo eléctrico junto a las varillas era fuerte mientras que hacia el centro del cilindro era más débil. Las moléculas de amoníaco de estado energético más bajo eran atraídas por las varillas mientras que las de estado más alto eran repelidas por el campo y continuaban su camino a lo largo del eje del cilindro para terminar dentro de una cavidad. Casi todas las moléculas que entraban en la cavidad estaban en su

estado energético superior. Posteriormente, Townes bombardeó éstas moléculas con un haz de ondas microondas (en definitiva un haz de fotones) cuya frecuencia era de 24.000 MHz y observó cómo las moléculas de amoníaco excitadas cedían su energía en forma de fotones adicionales de la misma frecuencia amplificando así la onda de entrada. El resultado era un haz de ondas microondas de una pureza increíble que difería de una onda sinusoidal matemáticamente perfecta en una parte en cien mil millones.



MI. Fig. 13 Esquema del máser de amoníaco

En el instrumento utilizado, las moléculas excitadas entraban en una cámara metálica con paredes interiores muy reflectantes. La señal de entrada se llevaba por una guía de ondas que permitía que recorrieran la cámara muchas veces antes de salir de ella. Los fotones producidos por la energía incidente también recorrían la cámara, actuando sobre las moléculas de gas en ella y produciendo fotones adicionales. Con una cantidad suficiente de moléculas de amoníaco en el recipiente metálico se podía detener la señal de entrada y mantener la producción de nuevos fotones. Esta acción de automantenimiento convertía el dispositivo amplificador en generador, capaz de producir una señal de 24.000 MHz sin entrada de señal alguna.

El máser de amoníaco tiene una anchura de banda muy estrecha, no amplifica señales que difieran más de 3 a 5 kHz de su frecuencia central. Como consecuencia, su utilidad como amplificador es limitada. La importancia del descubrimiento de Townes es que abrió la puerta al desarrollo de dispositivos amplificadores y generadores que aprovechan los niveles de energía internos de los átomos y moléculas para producir ondas con frecuencias tan pequeñas que no pueden crearse de otro modo. El máser despejó el camino para el

posterior descubrimiento del láser, que básicamente consiste en la idea del máser pero llevada a otras frecuencias del espectro electromagnético [8].

13. El máser paramagnético

El desarrollo del máser de gas de amoníaco fue prontamente seguido por el desarrollo de otro máser, esta vez de estado sólido. Este máser tenía un nivel de ruido menor que el anterior, su anchura de banda era más amplia y su potencia de salida mayor. Además, la frecuencia de salida podía modificarse facilitando así su empleo como amplificador. Esto debido a la utilización de sustancias paramagnéticas que poseen electrones sin pareja que permiten la existencia de estos electrones en varios niveles de energía. El primer máser paramagnético se fabricó con silicio impurificado con átomos de fósforo, una sustancia paramagnética. El cristal de silicio retenía los átomos de fósforo a una distancia conveniente y absorbía el exceso de calor producido durante las reacciones.

El funcionamiento del máser de estado sólido se conseguía colocando el cristal en un campo magnético intenso y enfriándolo en helio líquido hasta una temperatura cercana al cero absoluto, con el objetivo de llevar los electrones no apareados del fósforo a su nivel de energía menor. A continuación se bombardeaba el cristal con un haz de ondas microondas muy potente que llevaba la mayoría de los electrones del fósforo a su nivel de energía superior, tras lo cual se amplificaba una pequeña señal de ondas microondas aplicada al máser [8].

14. El primer láser

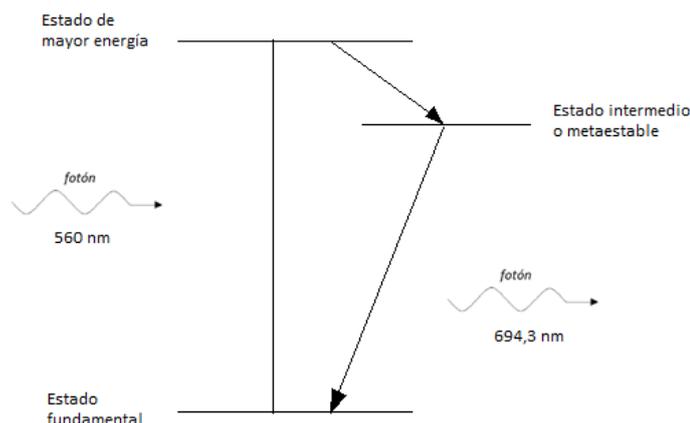
En 1958 A.L. Schawlow y C. H. Townes propusieron un método para construir un máser para longitudes de onda ópticas mediante una cavidad resonante conformada por dos espejos enfrentados entre sí uno de los cuales debía ser semitransparente para facilitar la salida del máser. Este dispositivo se llamó el máser óptico, debido a que la radiación quedaba en la porción visible del espectro electromagnético.

En 1960 Theodore Maiman consiguió desarrollar el máser óptico al producir un haz de luz roja pura de una sola frecuencia utilizando un cristal de rubí como medio activo amplificador y una lámpara de destellos como fuente de energía (bombeo óptico). El descubrimiento de Maiman tenía en particular que la luz producida era coherente en fase y el haz casi paralelo. Este dispositivo difería de los demás generadores de luz. Las fuentes luminosas, tales como las lámparas de wolframio, los tubos fluorescentes y las lámparas de vapor de sodio producen una amplia gama de frecuencias que están desfasadas entre sí y tienen diferentes amplitudes y polarizaciones. Maiman había desarrollado el primer láser.

El rubí posee una cantidad de cromo muy pequeña pero en la cual radica su aprovechamiento como medio amplificador para el láser. El cristal del láser tenía las caras

extremas pulidas y planas. Ambas estaban plateadas: una de ellas fuertemente mientras que la otra, la cara de salida, lo estaba ligeramente con una capa que le permite reflejar solamente el 92% de la luz que incide sobre ella. La varilla de rubí está colocada en el interior de una lámpara tubular de xenón, de forma helicoidal. Al incidir las ondas luminosas procedentes de la lámpara de destellos con una longitud de onda de 560 nm la energía de los iones de cromo presentes en el rubí se eleva desde su estado fundamental hasta distintos niveles (propiedad de la que gozan las sustancias paramagnéticas). Algunos electrones descienden directamente al nivel fundamental mientras que otros caen a un nivel intermedio o estado metaestable donde permaneces un tiempo corto; esto es lo que hace posible la acción del láser.

Mientras que los iones de cromo tienden a volver al estado fundamental la lámpara de destellos irradia más iones de cromo produciéndose una acumulación de electrones en el nivel intermedio metaestable. En el momento en que la densidad de población del nivel metaestable supere la densidad de población del nivel de energía fundamental se producirá el fenómeno conocido como inversión de población, del que ya se ha hablado anteriormente. Cuando se ha logrado la inversión de población es hora de hacer uso del legado de Einstein: la emisión estimulada. La clave para generar fotones de una determinada longitud de onda es precisamente un fotón de la longitud de onda que deba ser emitida (694,3 nm).



MI. Fig. 14 Emisión de un fotón de la longitud de onda requerida para dar paso a la emisión estimulada

La emisión comienza cuando, una vez aplicado el haz de la longitud de onda deseada, un electrón salta espontáneamente del nivel intermedio al fundamental emitiendo un fotón con una longitud de onda $\lambda=694,3$ nm. El fotón colisiona con otras partículas del nivel metaestable provocando una reacción en cadena de emisión de fotones. Cuando los fotones se propagan a lo largo del cristal unos se pierden por las paredes laterales mientras que

otros son reflejados por las caras planas estableciéndose así una corriente de fotones. El número de fotones aumenta progresivamente y en consecuencia el haz se hace cada vez más intenso. Eventualmente la corriente de fotones adquiere una intensidad suficiente como para emerger como un destello por la pared menos reflectante [8].

15. VEGA un Láser de Titanio – Zafiro

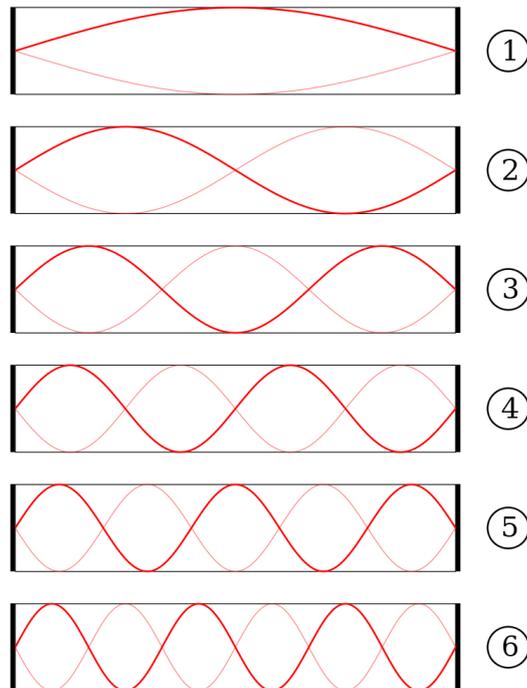
15.1. Características del láser

El láser de titanio – zafiro es el láser de estado sólido sintonizable (puede escogerse la frecuencia de emisión del láser) más usado. Puede operarse en un rango de longitudes de onda de 660 – 1180 nm lo que lo convierte en el láser sintonizable con la ganancia de ancho de banda más ancha. Además, tiene una sección cruzada de emisión relativamente larga para un láser sintonizable. Los iones de titanio se dopan con cristal de zafiro (óxido de aluminio) con una concentración aproximada del 0,1% en masa. El cristal de titanio – zafiro posee buena conductividad térmica y rigidez mecánica, es químicamente inerte y posee alta dureza [11].

Este láser emplea una cavidad compuesta por dos espejos paralelos para generar pulsos cortos a través de la técnica conocida como mode – locking [15].

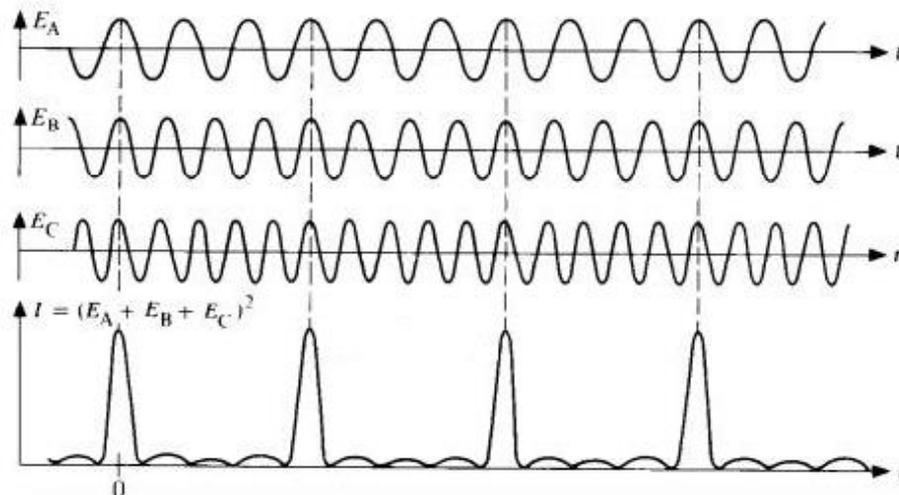
15.2. Mode - locking

El mode – locking es una técnica para la consecución de pulsos cortos que se basa en combinar las fases de distintos modos longitudinales de un láser que posean frecuencias diferentes. Dentro de una cavidad resonante un modo longitudinal es un patrón de onda estacionaria particular. En la imagen inferior se observan los seis primeros modos longitudinales en una cavidad plano paralela.



MI. Fig. 15 Modos longitudinales de una cavidad plana

Cuando se suman modos longitudinales de ondas electromagnéticas de distintas frecuencias se obtiene una distribución aleatoria del campo eléctrico y de la intensidad en el dominio del tiempo. Cuando la suma de las frecuencias se realiza en fase, es decir, cuando todas las fases se anulan en la misma localización espacial, estas se combinan para producir una amplitud de campo eléctrico y una intensidad que poseen una repetitividad de pulsos natural como se observa en la imagen inferior.



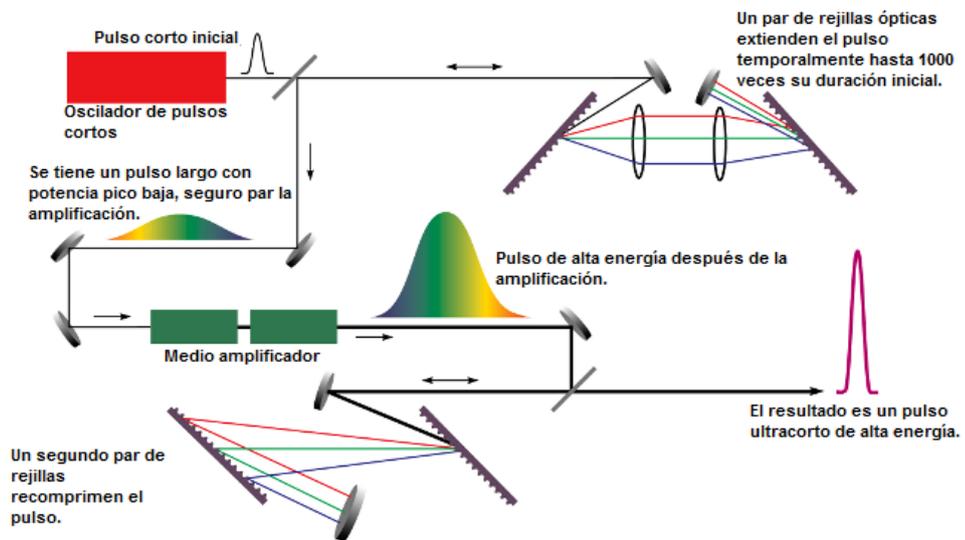
MI. Fig. 16 Producción de pulsos cortos mediante la técnica del mode – locking

Es por esto que la suma de distintas frecuencias en fase o mode – locking es un gran método para la generación de pulsos cortos. Sin embargo, los pulsos generados a través de este método necesitan amplificarse para llegar a niveles de potencia pico de petavatio [15].

15.3. Chirped Pulse Amplification (CPA) – Amplificación de pulso gorjeado

La amplificación de pulso gorjeado es una técnica que permite amplificar un pulso de láser ultracorto, como los producidos a través de la técnica del mode – locking, hasta el nivel de petavatio. En los amplificadores de pulsos cortos las intensidades ópticas máximas pueden ser muy altas provocando una distorsión no lineal y perjudicial en el pulso e incluso la destrucción del medio óptico amplificador (el cristal del titanio – zafiro). Este problema se evita empleando el método mencionado.

Antes de pasar por el medio amplificador los pulsos se estiran temporalmente. De esta forma se reduce su potencia pico a un nivel en que los efectos perjudiciales para el medio amplificador se evitan. Después de la amplificación un compresor comprime temporalmente el pulso hasta una duración similar a la inicial. Durante este proceso la potencia pico se incrementa en gran medida llegándose a producir pulsos del orden de petavatio de potencia pico. Este esquema de amplificación fue ideado por Gerard Mourou y Donna Strickland en la Universidad de Rochester EE.UU en 1985. En la siguiente imagen se observa un montaje tipo [2].



MI. Fig. 17 Técnica de Amplificación de Pulso Gorjeado (CPA *Chirped Pulse Amplification*)

REFERENCIAS

- [1] «CLPU Centro de Láseres Pulsados,» [En línea]. Available: <https://www.clpu.es/facilities-vega-introduction>. [Último acceso: 08 05 2017].
- [2] D. M. G. Strickland, «Compresion of amplified chirped optical pulses,» *Optics communications*, vol. 55, nº 6, pp. 447-449, 1985.
- [3] Haas, «Hot cathode ionization pressure gauge». Estados Unidos Patente 4792763, 13 julio 1998.
- [4] P. V. GmbH, «Introduction to vacuum technology,» de *The Vacuum Technology Book*, Asstar, Pfeiffer Vacuum GmbH, 2013, pp. 9-20.
- [5] P. V. GmbH, «Roots pumps,» de *The Vacuum Technology*, Asstar, Pfeiffer Vacuum GmbH, 2013, pp. 78-82.
- [6] P. V. GmbH, «Screw pumps,» de *The Vacuum Technology*, Asstar, Pfeiffer Vacuum GmbH, 2013, pp. 69-70.
- [7] P. V. GmbH, «Turbomolecular pumps,» de *The Vacuum Technology Book*, Asstar, Pfeiffer Vacuum GmbH, 2013, pp. 83-90.
- [8] S. Leinwoll, *Iniciación al láser y máser [Understanding lasers and masers]* (D. Santana y León Trans.), New York, USA: Hayden Book Company, Inc., 1969.

-
- [9] W. T. Solfvast, «Conditions for producing a laser - population inversions, gain and gain saturation,» de *Laser fundamentals*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004, pp. 225-253.
- [10] W. T. Solfvast, «Laser systems involving high - density gain media,» de *Laser fundamentals*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004, pp. 565-567.
- [11] W. T. Solfvast, «Particle nature of light - Discrete energy levels,» de *Laser fundamentals*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004, pp. 45-86.
- [12] W. T. Solfvast, «Radiation and thermal equilibrium - Absorption and stimulated emission,» de *Laser fundamentals*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004, pp. 199-221.
- [13] W. T. Solfvast, «Radiative transitions and emission linewidth,» de *Laser fundamentals*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004, pp. 89-131.
- [14] W. T. Solfvast, «Special laser cavities and cavity effects,» de *Laser fundamentals*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004, pp. 451-456.
- [15] W. T. Solfvast, «Wave nature of light - The interaction of light with materials,» de *Laser fundamentals*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2004, pp. 9-39.

CAPÍTULO II. TOMA DE REQUERIMIENTOS

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

COMPONENTES

1. Introducción

Una vez detallados todos los elementos que componen el sistema de vacío de los sistemas láser VEGA-2 y VEGA-3 se procederá a la descripción técnica de cada uno de los componentes a los que se hizo referencia en la Sección I de este capítulo.

Como se dijo anteriormente, a las cámaras de vacío se conectan dos líneas de vacío independientes: el vacío *rough pump* (1 bar – 1 mbar) y el vacío *fore pump* (1 mbar – $5 \cdot 10^{-6}$ mbar). A su vez, cada una de estas líneas de vacío están conformadas por diversos elementos como válvulas de guillotina y de ángulo, bombas turbomoleculares, válvulas manuales y medidores de presión. A continuación se detallan las características técnicas de todos los elementos que hacen parte del sistema. Se explicarán en detalle las conexiones eléctricas que posee cada elemento tanto para su alimentación como para la interconexión dentro de un esquema de automatización, y las posibilidades de conexión a bus industrial que se tengan en cada caso.

2. Válvulas

Todas las válvulas a las que se hace referencia a continuación han sido especialmente diseñadas para trabajar en vacío. Las válvulas son fundamentales para el correcto funcionamiento del sistema de vacío. Por un lado, aquellas pertenecientes a los sistemas de vacío *rough pump* o *fore pump* son piezas clave dentro del proceso de llegar a alto vacío dentro de una cámara. Estas válvulas son de tres tipos: de ángulo, de guillotina y manuales (de ángulo). Por otro, las válvulas que interconectan cámaras de vacío entre sí son las que permiten conseguir el vacío en todo el sistema de tuberías al subdividir el volumen total en volúmenes parciales gracias a los cuales el proceso de vacío se realiza de forma escalonada. Estas válvulas de interconexión son válvulas de guillotina. Todos los actuadores utilizado son

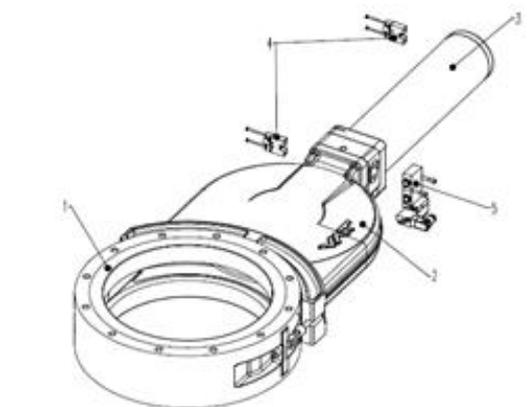
electroneumáticos y pueden llegar a utilizar sobrepresiones de hasta 7 bar para las maniobras de apertura y cierre de las válvulas.

2.1. Válvula de guillotina

Válvula de compuerta para funcionamiento en vacío con actuador neumático doble. *Vacuum gate valve with double acting pneumatic actuator. Series 121 DN 100 mm (I.D. 4")*. Marca: VAT. [5]

Diseño y funcionalidad

En la imagen inferior se observa el esquema de la válvula de guillotina.



- 1 Superficie de sellado
- 2 Cuerpo de la válvula
- 3 Actuador
- 4 Indicadores de posición (finales de carrera)
- 5 Válvula solenoide



MII. Fig. 1 Válvula de guillotina marca VAT. Actuador neumático.

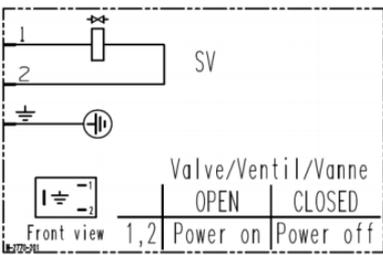
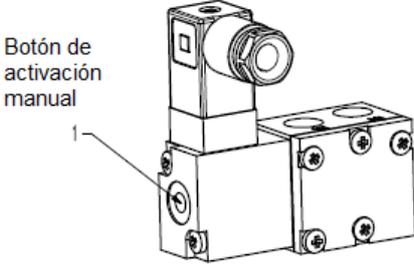
Comportamiento en casos singulares

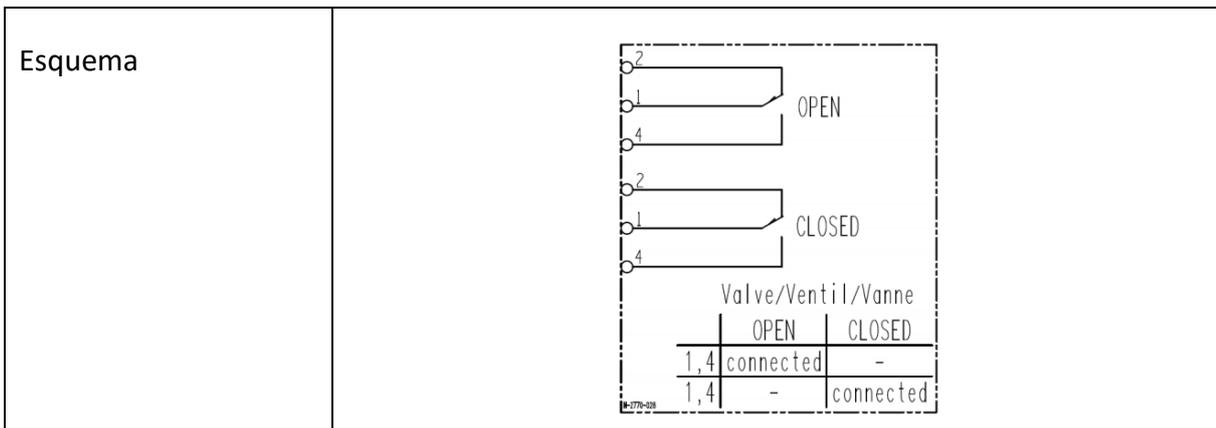
Pérdida de presión en el aire comprimido.	Válvula cerrada	Válvula permanece cerrada
	Válvula abierta	Se cierra salvo obturación.
Fallo en la alimentación	Válvula cerrada	Válvula permanece cerrada
	Válvula abierta	Válvula se cierra

MI. Tabla. 2 Válvula de guillotina

Conexiones eléctricas

Esta válvula cuenta con dos sistemas eléctricos: la válvula solenoide que comanda el sistema neumático de apertura y cierre y los indicadores de posición ubicados en la parte de superior e inferior del vástago de la válvula.

Válvula solenoide	Tipo	Válvula 4/2								
	Tensión	230 V AC								
Esquema	 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Valve/Ventil/Vanne</th> </tr> <tr> <th>1,2</th> <th>Power on</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OPEN</td> <td>Power off</td> </tr> <tr> <td>CLOSED</td> <td>Power on</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Front view</p>		Valve/Ventil/Vanne		1,2	Power on	OPEN	Power off	CLOSED	Power on
Valve/Ventil/Vanne										
1,2	Power on									
OPEN	Power off									
CLOSED	Power on									
	 <p>Botón de activación manual</p>									



MI. Tabla. 3 Válvula de guillotina

Presiones de trabajo

Presión diferencial máx. a lado y lado de la válvula	≤1,6 mbar
Presión diferencial a lado y lado de la válvula en la apertura	≤30 mbar
Tiempo de actuación	2,0 s tanto en apertura como en cierre

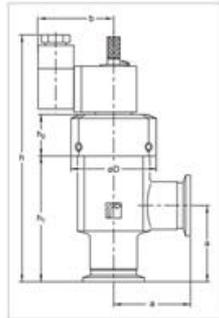
MI. Tabla. 4 Válvula de guillotina

2.2. Válvulas de ángulo

Válvula de ángulo BAV DN 16-50 ISO-KF. High Vacuum Angle Valve. Marca: Oerlikon Leybold. [6]

Diseño y funcionalidad

En la imagen inferior se observa la válvula de ángulo.



MII. Fig. 2 Válvula de ángulo marca Oerlikon Leybold. Actuador neumático.

Comportamiento en casos singulares

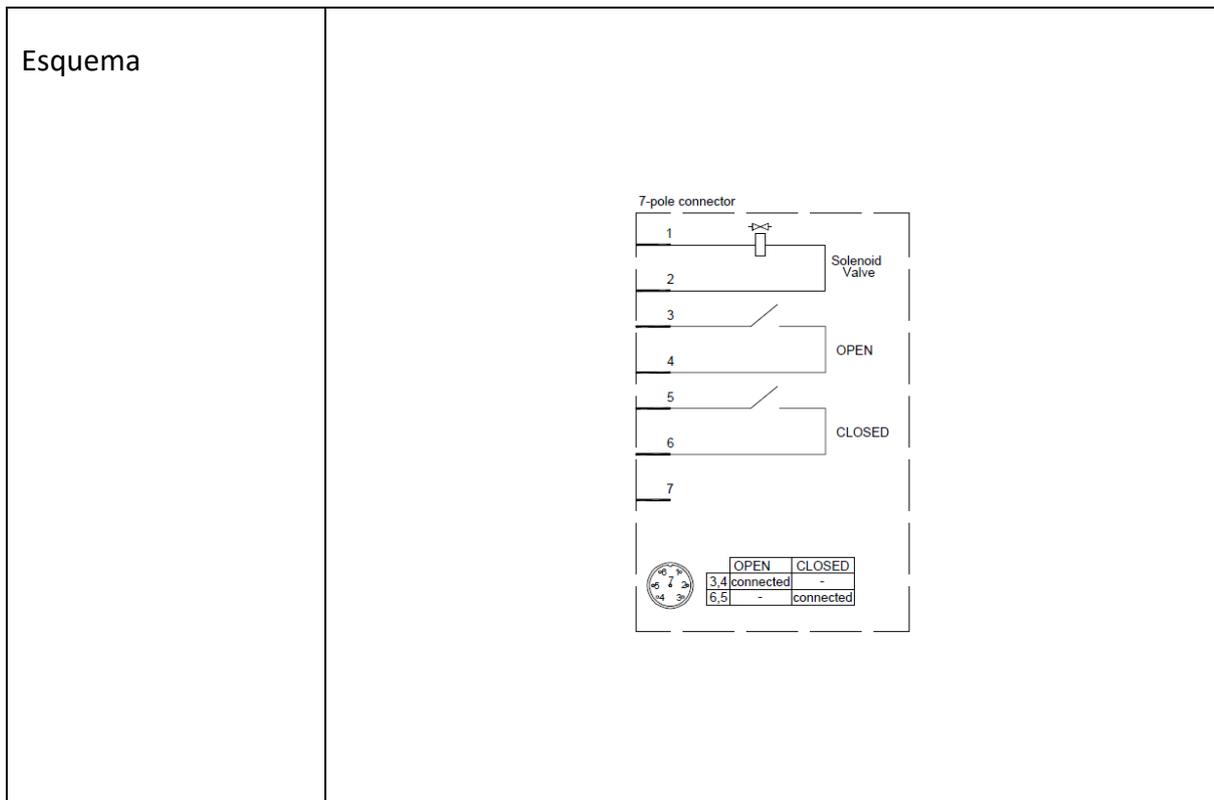
Pérdida de presión en el aire comprimido.	Válvula cerrada	Válvula permanece cerrada y estanca
	Válvula abierta	Válvula se cierra y permanece estanca
Fallo en la alimentación	Válvula cerrada	Válvula permanece cerrada
	Válvula abierta	Válvula se cierra

Conexiones eléctricas

MI. Tabla. 5 Válvula de ángulo

Esta válvula cuenta con dos sistemas eléctricos: la válvula solenoide que comanda el sistema neumático de apertura y cierre y los indicadores de posición.

Válvula solenoide	Tipo	Válvula 4/2
	Tensión	230 V AC
Indicador de posición (finales de carrera)	Intensidad máxima	≤ 2.0 A
	Tensión	24 V DC



MI. Tabla. 6 Válvula de ángulo

Presiones de trabajo

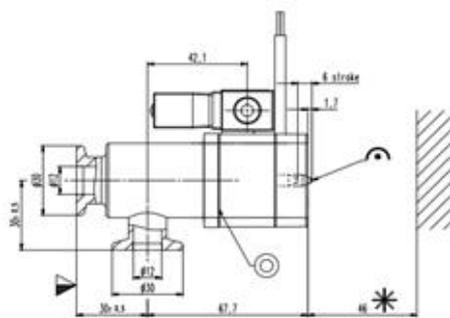
Presión diferencial a lado y lado de la válvula. Apertura	150 mbar
Presión diferencial a lado y lado de la válvula. Cierre	150 mbar
Tiempo de apertura	<15 s
Tiempo de cierre/	<100 ms

MI. Tabla. 7 Válvula de ángulo

Válvula de ángulo HV. Angle valve with pneumatic actuator single acting with closing spring (NC) Series 244 DN 10-50 mm (I.D. 3/8'' -2''). Marca: VAT

Diseño y funcionalidad

En la imagen inferior se observa la válvula de ángulo.



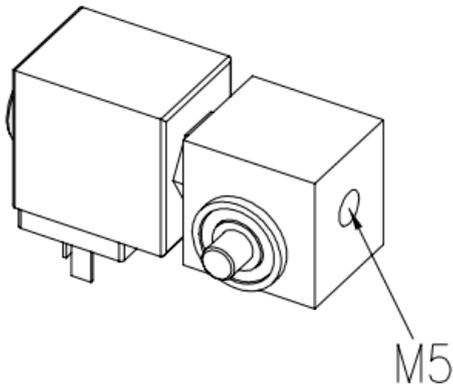
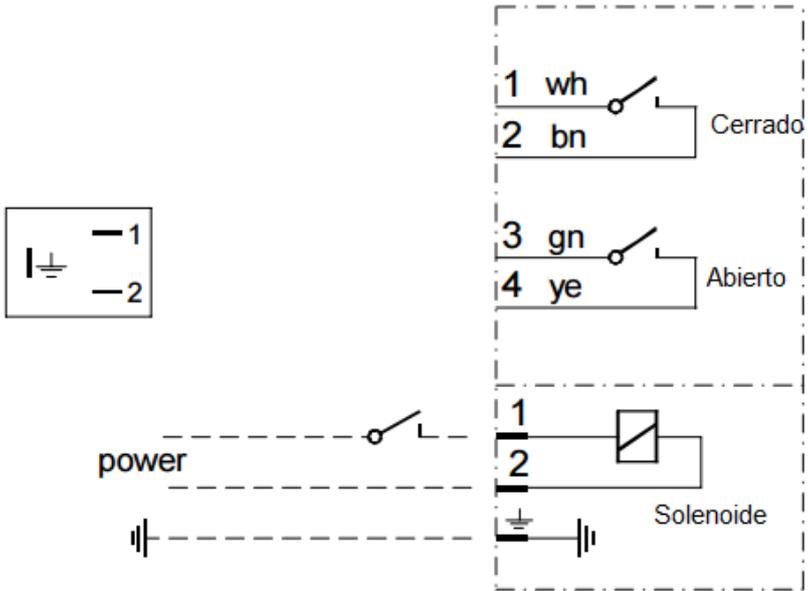
MII. Fig. 3 Válvula de ángulo marca VAT. Actuador neumático.

Comportamiento en casos singulares

Pérdida de presión en el aire comprimido.	Válvula cerrada	Válvula permanece cerrada y estanca
	Válvula abierta	Válvula se cierra y permanece estanca
Fallo en la alimentación	Válvula cerrada	Válvula permanece cerrada
	Válvula abierta	Válvula se cierra y permanece estanca

MI. Tabla. 8 Válvula de ángulo

Conexiones eléctricas

Válvula solenoide	Tipo	Válvula 4/2
	Tensión	230 V AC
Esquema		
Indicador de posición (finales de carrera)	Intensidad máxima	≤ 0.1 A
	Tensión	24 V DC
Esquema		

MI. Tabla. 9 Válvula de ángulo

Presiones de trabajo

Presión diferencial a lado y lado de la válvula. Apertura	≤ 1 bar
Presión diferencial a lado y lado de la válvula. Cierre	≤ 1 bar
Tiempo de cierre	$< 0,1$ s

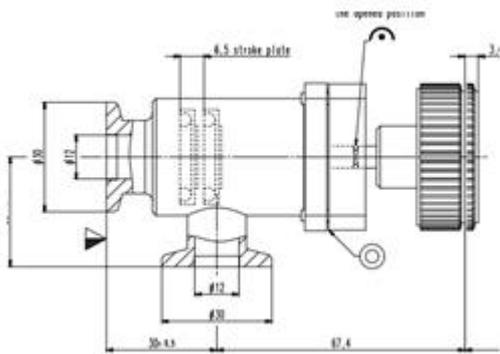
MI. Tabla. 10 Válvula de ángulo

2.3. Válvula de ángulo manual

Válvula de ángulo con actuador manual. Angle valve with manual actuator Series 244 DN 10-50 mm (I.D. 3/8"-2"). Marca: VAT. [5]

Diseño y funcionalidad

En la imagen inferior se observa la válvula de ángulo.



MII. Fig. 4 Válvula de ángulo marca VAT. Actuador manual.

Conexiones eléctricas

Indicador de posición (finales de carrera)	Intensidad máxima	$\leq 0.1 \text{ A}$
	Tensión	24 V DC
Esquema		

MI. Tabla. 11 Válvula manual

Presiones de trabajo

Presión diferencial a lado y lado de la válvula. Apertura	$\leq 1 \text{ bar}$
Presión diferencial a lado y lado de la válvula. Cierre	$\leq 1 \text{ bar}$

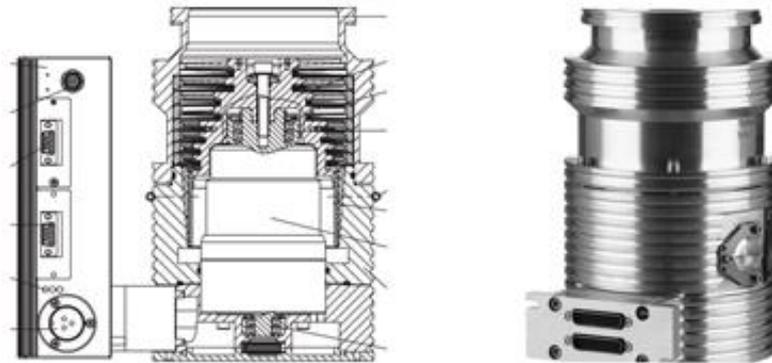
MI. Tabla. 12 Válvula manual

3. Bombas turbomoleculares

Bomba turbomolecular MAG W 400, W 600 y W 700 con cojinete magnético y convertidor de frecuencia driver MAG. DRIVE S integrado. Turbomolecular Pupms with Magnetic Bearing and Frecuency Converter. Marca: Oerlikon Leybold. [8]

Diseño y funcionalidad

En la imagen inferior se observa la bomba turbomolecular.



MII. Fig. 5 Bomba turbomolecular de la serie MAG W. Marca Oerlikon Leybold

Datos técnicos

MAG W		400 DN 160 ISO-K	600 DN 160 ISO-K	700 DN 200 ISO-K
Velocidad de bombeo	N ₂	365 L·s ⁻¹	550 L·s ⁻¹	590 L·s ⁻¹
	H ₂	200 L·s ⁻¹	410 L·s ⁻¹	430 L·s ⁻¹
	He	280 L·s ⁻¹	570 L·s ⁻¹	600 L·s ⁻¹
Compresión	N ₂	>1,0·10 ¹⁰		
	H ₂	3,4·10 ⁴		
	He	1,7·10 ⁶		
Depresión máxima		< 10 ⁻⁸ mbar		
Tiempo de arranque		< 5 min	< 6 min	
Peso		12 kg	17 kg	
Velocidad		58800 min ⁻¹	48000 min ⁻¹	

MI. Tabla. 13 Bomba turbomolecular

Datos técnicos del convertidor de frecuencia (MAG DRIVE S Oerlikon Leybold)

El convertidor de frecuencias incorporado en las bombas de la serie MAG W de Oerlikon Leybold es el MAG DRIVE S y sus características técnicas son las siguientes.

Tensión de red		230 V AC
Frecuencia de red		60 Hz
Intensidad máxima		6 A
Carga	Stand – by	120 W
	Máxima	400 W
Frecuencia máxima		2000 Hz
Temperatura durante operación		0 - 45°C
Temperatura durante almacenaje		-10 °C - 60°C
Peso		6,5 kg
Grado de protección (EN 60529)		IP30

MI. Tabla. 14 Bomba turbomolecular

Protocolos de comunicación a través de red industrial

El MAG DRIVE S se puede equipar con las siguientes interfaces: RS 232, RE 485, Profibus, DeviceNet y Ethernet. Los módulos para cada protocolo de comunicación deben de insertarse en la casilla de servicio tal y como se muestra en la imagen inferior.

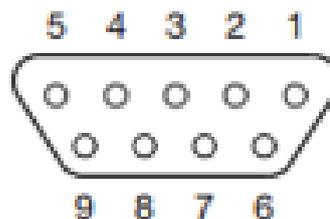


MII. Fig. 6 Convertidor de frecuencia. MAG DRIVE S. Casilla de servicio.

Antes de realizar una conexión se debe apagar la bomba y esperar a que se detenga. Además se debe cortar la alimentación del convertidor de frecuencia. El protocolo utilizado en la automatización del sistema es Profibus DP, la configuración de la comunicación se explica en el Anexo VI de la presente Memoria.

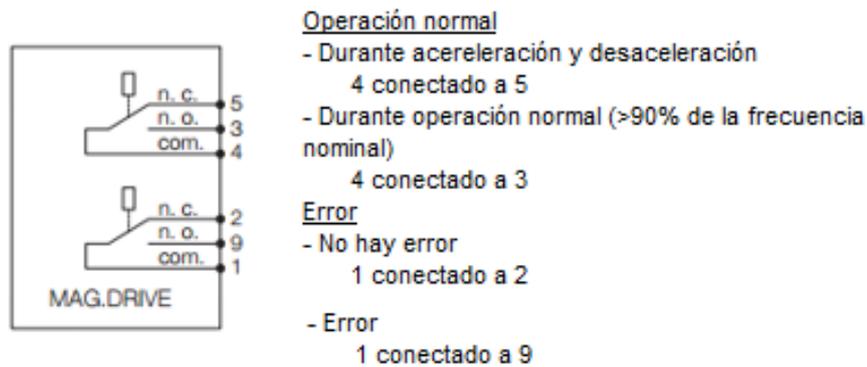
Control local

El convertidor de frecuencias MAG DRIVE S ofrece al usuario la posibilidad de conocer y controlar las acciones más básicas de la bomba a través de un control local basado en contactos libres de tensión. El conector de la interfaz de control local posee la siguiente numeración.



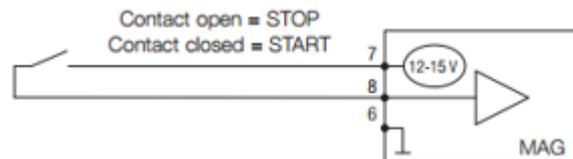
MII. Fig. 7 Conector para control local MAG DRIVE S. Numeración.

A continuación se muestran las conexiones que informan acerca del estado de la bomba (aceleración o desaceleración) y de la existencia de un error.



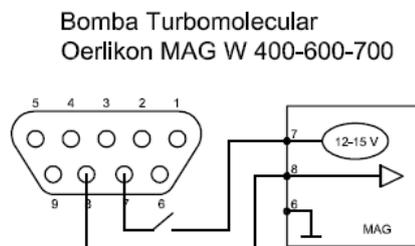
MII. Fig. 8 Control local MAG DRIVE S. Estado de la bomba.

Además de conocer el estado de la bomba se puede también encender y apagar desde el control local tal y como muestra la imagen inferior.



MII. Fig. 9 Control local MAG DRIVE S. Encendido/ apagado de la bomba.

La conexión a realizar en el conector es la siguiente:



MII. Fig. 10 Control local MAG DRIVE S. Encendido/ apagado de la bomba. Conector.

Bomba turbomolecular TURBOVAC 450 i con convertidor de frecuencia Turbo Drive 400 integrado. Turbomolecular Pumps with integrated Frequency Converter. Marca: Oerlikon Leybold. [2]

Diseño y funcionalidad

En la imagen inferior se observa la bomba turbomolecular.



MII. Fig. 11 Bomba turbomolecular TURBOVAC 450 i. Marca Oerlikon Leybold

Datos técnicos

TURBOVAC 450 i		
Velocidad de bombeo	N ₂	430 L·s ⁻¹
	H ₂	420 L·s ⁻¹
	He	440 L·s ⁻¹
Compresión	N ₂	1,0·10 ¹¹
	H ₂	1,0·10 ⁶
	He	1,0·10 ⁸
Depresión máxima		< 1·10 ⁻⁸ mbar

Tiempo de arranque	< 3,5 min
Peso	7,5 kg
Velocidad nominal	60000 min ⁻¹

MI. Tabla. 15 Bomba turbomolecular

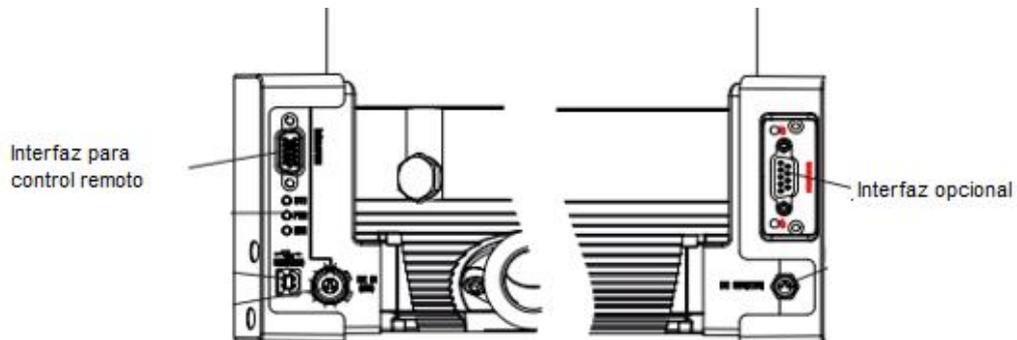
Datos técnicos del convertidor de frecuencia (Turbo Drive 400 Oerlikon Leybold)

Turbo Drive 400	
Tensión de red	230 V AC
Frecuencia de red	60 Hz
Carga Máxima	240 W
Peso	7,7 kg
Grado de protección (EN 60529)	IP 40

MI. Tabla. 16 Bomba turbomolecular

Protocolos de comunicación a través de red industrial

El convertidor de frecuencia Turbo Drive 400 puede conectarse mediante protocolo RS 485, USB, entradas y salidas digitales a través de un conector de 15 pines o Profibus. A su vez, puede operarse a la vez con dos interfaces mediante la casilla para inserción de una interfaz opcional como se observa en la imagen inferior.

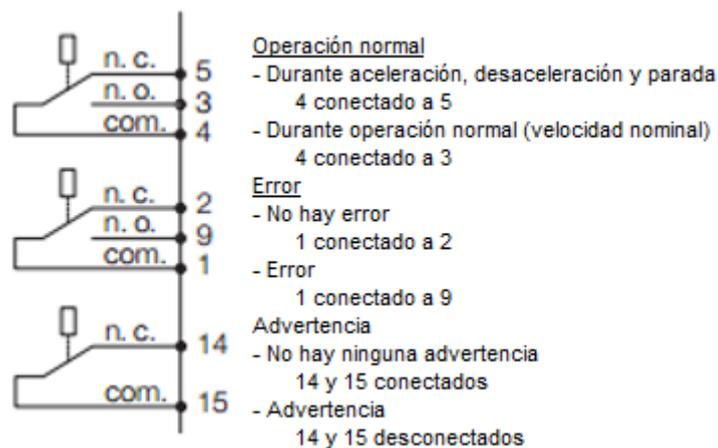


MII. Fig. 12 Convertidor de frecuencia Turbo Drive 400. Comunicación remota. Marca: Oerlikon Leybold

El protocolo utilizado en la automatización del sistema es Profibus DP, la configuración de la comunicación se explica en el Anexo VI de la presente Memoria.

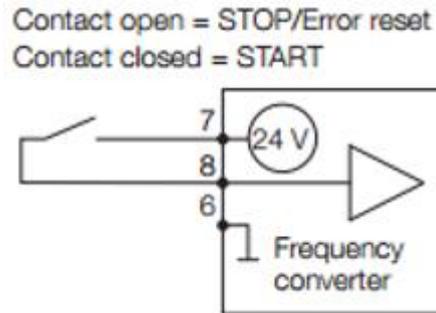
Control local

A continuación se muestran las conexiones que informan acerca del estado de la bomba (aceleración, desaceleración o parada), de la existencia de un error o de una advertencia en el sistema.



MII. Fig. 13 Control local Turbo Drive 400. Estado de la bomba.

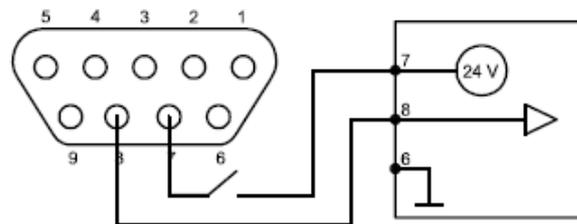
Además de conocer el estado de la bomba se puede también encender y apagar desde el control local tal y como muestra la imagen inferior.



MII. Fig. 14 Control local Turbo Drive 400. Encendido/ apagado de la bomba.

La conexión a realizar en el conector es la siguiente:

Bomba Turbomolecular Leybold 450 i



MII. Fig. 15 Control local Turbo Drive 400. Encendido/ apagado de la bomba. Conector.

Bomba turbomolecular Pfeiffer HiPace 800 M con convertidor de frecuencia TM700 PB Electronic Drive Unit integrado. Pfeiffer HiPace 800 M Turbopump. Marca: Pfeiffer. [2]

Diseño y funcionalidad

En la imagen inferior se observa la bomba turbomolecular.



MII. Fig. 16 Bomba turbomolecular Pfeiffer HiPace 800M. Marca Pfeiffer

Datos técnicos

Pfeiffer HiPace 800M		
Velocidad de bombeo	N ₂	790 L·s ⁻¹
	H ₂	580 L·s ⁻¹
	He	700 L·s ⁻¹
Compresión	N ₂	>1,0·10 ¹¹
	H ₂	4·10 ⁵
	He	3·10 ⁷
Depresión máxima		< 1·10 ⁻⁷ mbar
Tiempo de arranque		2 min
Peso		12,8 kg
Velocidad nominal		49200 min ⁻¹
Grado de protección		IP54

MI. Tabla. 17 Bomba turbomolecular

Datos técnicos del convertidor de frecuencia (TM700 PB Electronic Drive Unit Pfeiffer) [7]

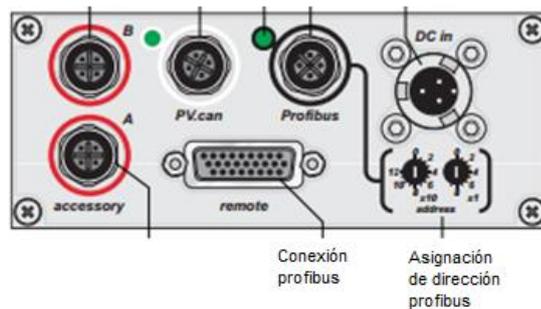
TM700 PB Electronic Drive Unit	
Tensión de red	230 V AC
Frecuencia de red	60 Hz
Grado de protección (EN 60529)	IP 54

MI. Tabla. 18 Convertidor de frecuencia

En la imagen inferior se observa el convertidor de frecuencia:

**MII. Fig. 17 Convertidor de frecuencia TM70 PB Electronic Drive Unit. Comunicación remota. Marca: Pfeiffer****Protocolos de comunicación a través de red industrial**

El convertidor de frecuencia TM 700 PB Electronic Drive Unit está diseñado para conectar la bomba turbomolecular a un sistema de bus industrial Profibus DP. En la imagen inferior se observa el panel de conexión que posee:

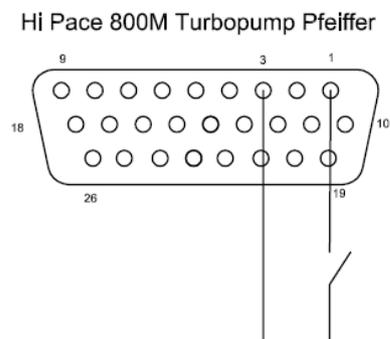


MII. Fig. 18 Convertidor de frecuencia TM 700 PB. Comunicación remota Profibus. Marca: Pfeiffer

El protocolo utilizado para la comunicación es por tanto Profibus DP, la configuración de la comunicación se explica en el Anexo VI de la presente Memoria.

Control local

La bomba turbomolecular Pfeiffer HiPace 800 M permite realizar las maniobras de encendido y apagado desde el control local mediante un contacto externo libre de tensión.



MII. Fig. 19 Control local Pfeiffer TM 700 PB. Encendido/ apagado de la bomba. Conector.

4. Medidor de presión

Referencia: Medidor de presión IONIVAC ITR 90 P. Marca: Oerlikon Leybold. [4]

Diseño y funcionalidad

MII. Fig. 20 Medidor de presión IONIVAC ITR 90 PB. Marca: Oerlikon Leybold.

Datos técnicos

IOINIVAC ITR 90		
Rango de medida (aire, O ₂ , CO, N ₂)		5·10 ⁻¹⁰ – 1000 mbar (medición continua)
Exactitud		15% entre 10 ⁻⁸ y 10 ⁻² mbar (después de 5 minutos de estabilización)
Repetitividad		5% entre 10 ⁻⁸ y 10 ⁻² mbar (después de 5 minutos de estabilización)
Corriente de emisión	$p \leq 7,2 \cdot 10^{-6}$ mbar	5 mA
	$7,2 \cdot 10^{-6}$ mbar < p < 3,2·10 ⁻² mbar	25 μA
Durante degaseado		Se suministran medidas pero con tolerancias de error mayores a las normales
Señal de salida		0 (5·10 ⁻¹⁰) - +10V (1000 mbar)
Relación tensión – presión		Logarítmica. 0,75 V/ década
Señal de error		<0,5 V

Impedancia de carga mínima		10 kΩ
Unidad de medida		mbar por defecto
Alimentación		24V DC
Consumo de intensidad	Normal	≤0,5 A
	Desgaseado	≤0,8 A
	Inicio (<100 ms)	≤1,4 A
Consumo de potencia		≤18 W
Fusible		1,25 A

MI. Tabla. 19 Medidor de presión

Principios físicos que permiten la medición

La mediación de los niveles de vacío entre 1000 mbar y 10^{-4} mbar se realiza a través de un calibre Pirani inventado por Marcello Pirani en 1906. El sensor consiste en un filamento de metal (normalmente platino) suspendido en un tubo que se conecta al volumen en el que se quiere medir el nivel de vacío. El filamento de metal se calienta y pierde calor al colisionar con las partículas de gas que se encuentren dentro del volumen en el que se realiza la medición. Si la presión del gas se reduce el número de moléculas disminuye y el filamento perderá calor más lentamente. De esta forma, la medición de la tasa de pérdida de calor es una indicación de la presión dentro de la cámara.

La resistencia eléctrica del filamento varía con la temperatura, por lo que la resistencia indica la temperatura del metal. La medición se realiza mediante un circuito tipo puente de Wheatstone en el que la resistencia variable (el filamento) se compensa mediante una intensidad controlada a partir de la cual se obtiene indirectamente el valor de la presión (Jitshin, 2006).

Para medir niveles de vacío de hasta 10^{-10} mbar un segundo tipo de sensor entra en funcionamiento. En este caso se trata de un sensor de vacío de cátodo caliente compuesto por tres electrodos llamado en la jerga de este sensor "BA". Este sensor funciona mediante una corriente de electrones regulada de alrededor de 10 mA emitida desde un filamento caliente (uno de los tres electrodos). Los electrones son atraídos por el potencial del

segundo electrodo que ronda los 150 V y obligados a colisionar con las moléculas del gas que se encuentran dentro del volumen a medir. Como resultado de la colisión algunas moléculas de gas se ionizan y son atraídas por el tercer electrodo de potencial negativo (-30V). La corriente de iones es de alrededor de 1 mA/Pa, esta corriente se amplifica mediante un amplificador diferencial de alta ganancia obteniéndose de esta forma la señal de salida (Estados Unidos Patente nº 4792763, 1998).

Pantalla informativa

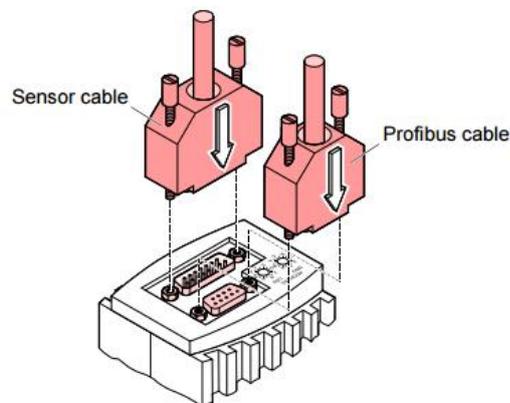
El medidor de presión IONIVAC ITR 90 P de Oerlikon Leybold cuenta con una pantalla informativa que proporciona gran cantidad de información al usuario y que a continuación se explica.

Medición de presión		
Función	(ninguna) P	
E	Emisión 25 uA	
E	Emisión de 5 mA	
D	Desgasificación	
A	Calibración a 1000 mbar (Pirani)	
Error	(ninguno)	
ok	Iluminación verde de fondo	
5	Advertencia del sensor Pirani	
	Iluminación roja de fondo	
9	Error del sensor Pirani	
	Iluminación roja de fondo	
8	Error del sensor BA	
	Iluminación roja de fondo	
	Fallo de conexión de datos interna	
	Iluminación roja de fondo	

MII. Fig. 21 Medidor de presión IONIVAC ITR 90 P. Pantalla informativa.

Protocolos de comunicación

El medidor IONIVAC ITR 90 P está diseñado para comunicarse a través del protocolo de red industrial Profibus. La conexión del cable del sensor y el cable Profibus se realiza como se ve en la imagen inferior.



MII. Fig. 22 Medidor de presión IONIVAC ITR 90 P. Conexión del cable Profibus.

La configuración de la comunicación se explica en detalle en el Capítulo VI Diseño del cableado eléctrico.

REQUERIMIENTOS DEL AUTOMATISMO

1. Introducción

Los requerimientos del proyecto en lo que respecta al automatismo se basan en la lógica de programación a seguir y en el tipo de interacción con el usuario que se desea tener. La lógica de programación proviene de los pasos a seguir para realizar vacío en una cámara y posteriormente en una línea (unión de varias cámaras). Estos pasos están muy bien definidos y delimitados y se explicarán en el apartado segundo de esta sección.

En cuanto a los niveles de interacción con el usuario se espera obtener un sistema automático con el que se pueda interactuar en mayor o menor medida. En concreto, se deben programar tres modos distintos de interacción: un modo automático en el que el usuario solo dará órdenes de parada e inicio, un modo semiautomático en el que el usuario gobierne cada elemento del sistema por separada (válvulas, bombas,...) con la ayuda de la lógica de programación que evitará que se cometan errores y por último, un modo manual en el que el sistema automático se desconectará y toda la responsabilidad recaerá sobre el usuario.

El desarrollo de estos niveles de interacción deberá de ir acompañado por la implementación de interfaces físicas adecuadas para cada caso. Los modos automático y semiautomático deberán de implantarse en una interfaz tipo HMI (*human machine interface*) mediante el desarrollo y programación de una interfaz SCADA para el control y supervisión del proceso. El modo semiautomático se implantará también en botones marcha/ paro físicos accesibles al usuario y conectados en paralelo con las órdenes dadas desde la pantalla táctil. Finalmente, el modo automático se implementará en relés ubicados dentro de armarios eléctricos que se detallan en el Capítulo IV.

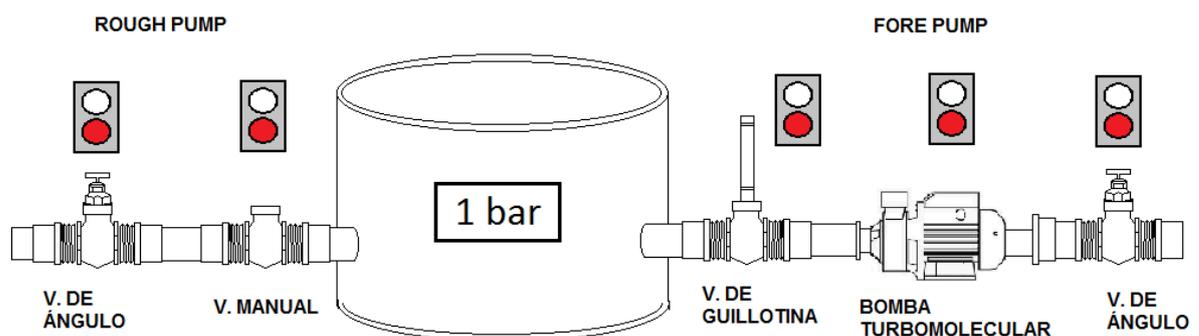
A su vez, se establecen como requerimientos los protocolos de interconexión con el controlador central. Por un lado, las bombas turbomoleculares y medidores de presión cuentan todos con interfaces Profibus previamente instaladas por lo que se deberá trabajar con este protocolo como se mencionó anteriormente. Por otro, las válvulas electroneumáticas de ángulo y de guillotina poseen señales de entrada y salida de 0 y 24V

DC. El controlador central que se instale deberá por tanto gestionar señales provenientes tanto de bus Profibus como señales eléctricas binarias codificadas con 0 y 24V. Por último, por deseo de la empresa se trabajará con elementos de la marca Siemens.

2. Pasos para hacer vacío en una cámara

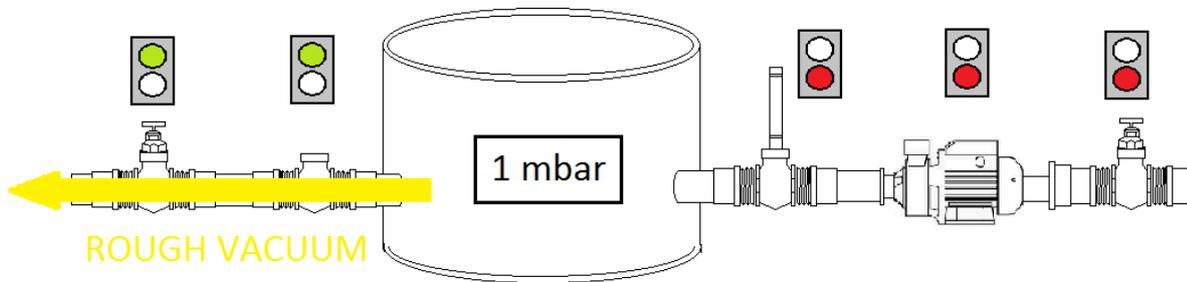
Como se dijo anteriormente, la lógica de programación del automatismo se basa en el proceso que se sigue a la hora de realizar el vacío en una cámara. Estas secuencias lógicas se han implementado en diagramas tipo grafcet que permiten a posteriori una programación relativamente fácil del autómeta. Antes de iniciar con la explicación de los diversos grafcets se detallará el proceso de hacer vacío en una cámara. El alto vacío, como se explicó en el Capítulo I. Marco Teórico, debe de realizarse en dos etapas una hasta disminuir la presión a 1 mbar y otra hasta $5 \cdot 10^{-6}$ mbar. Esto se debe a que las bombas turbomoleculares encargadas de disminuir la presión hasta el nivel de alto vacío ($5 \cdot 10^{-6}$ mbar) sólo pueden actuar en una cámara que se encuentre a menos de 1 mbar de presión.

En primer lugar, se tiene una cámara de vacío estándar conectada a una línea de vacío *rough pump* y a una línea *fore pump*. Todas las válvulas se encuentran cerradas y la bomba turbomolecular parada tal y como se observa en la imagen inferior. La cámara se encuentra a presión atmosférica (1 bar).



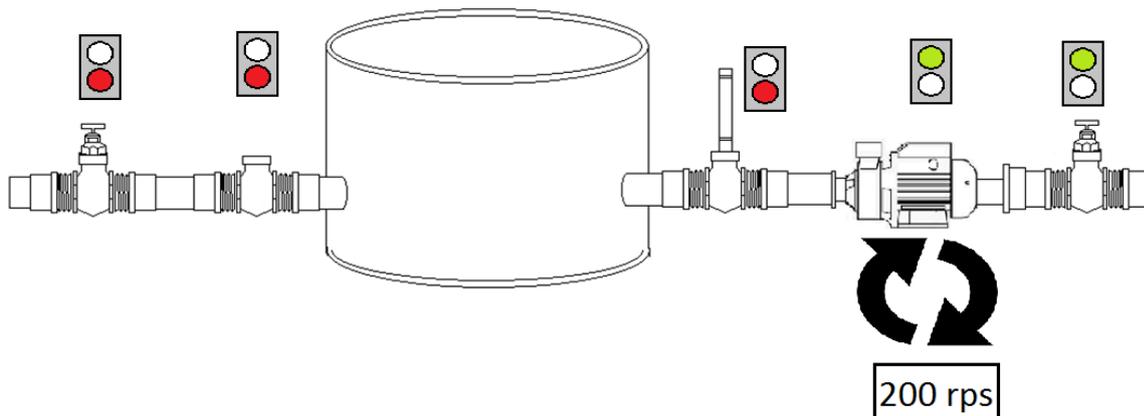
MII. Fig. 23 Cámara de vacío estándar. Elementos.

Por un lado, la línea de vacío *rough pump* está formada por una válvula de ángulo manual y una válvula de ángulo electroneumática. Por otro, la línea *fore pump* está formada por una válvula de guillotina electroneumática, una bomba turbomolecular y una válvula de ángulo electroneumática. La primera fase del vacío (hasta 1 mbar) se consigue abriendo ambas válvulas de *rough pump* y esperando a que la presión descienda al valor deseado.



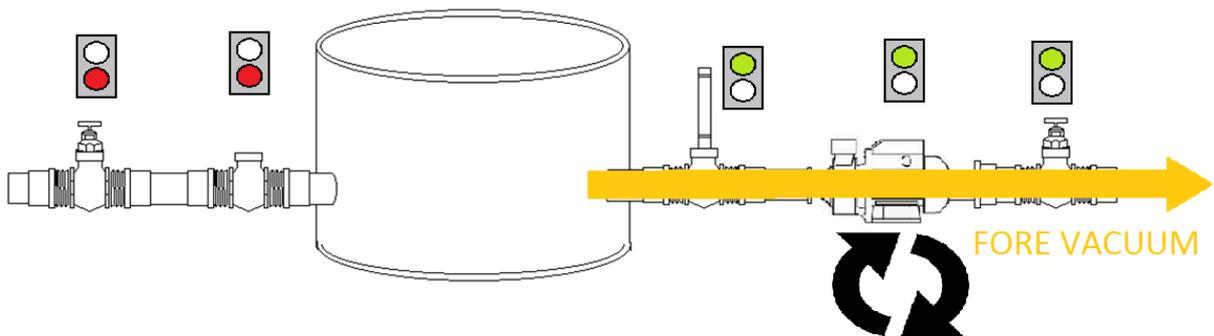
MII. Fig. 24 Proceso para hacer vacío en una cámara. Rough pump.

A continuación, se cierran las válvulas de *rough pump* y se inicia el bombeo *fore pump* arrancando la bomba turbomolecular y abriendo la válvula de ángulo.



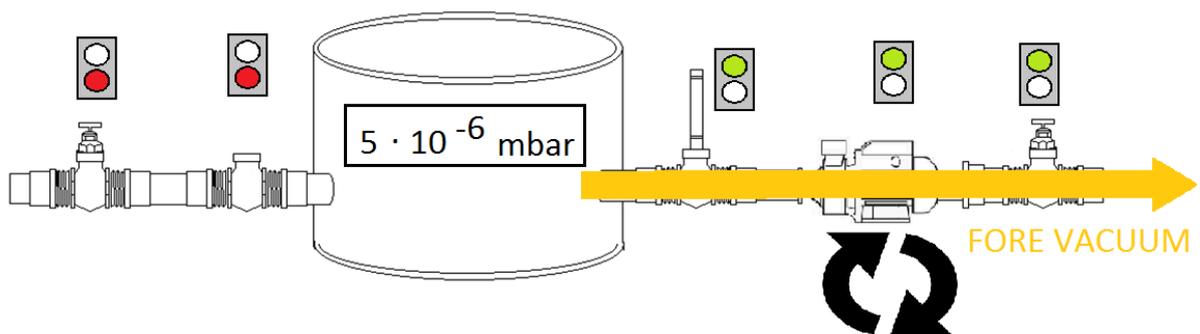
MII. Fig. 25 Proceso para hacer vacío en una cámara. Arranque bomba turbomolecular.

Esta posición se mantiene hasta que la bomba alcanza una velocidad de rotación de 200 rps, momento en el que se abre la válvula de guillotina de la línea fore pump.



MII. Fig. 26 Proceso para hacer vacío en una cámara. Apertura de la válvula de guillotina.

Una vez abierta la válvula de guillotina se espera a que la presión disminuya hasta el nivel de operación en alto vacío requerido $5 \cdot 10^{-6}$ mbar.



MII. Fig. 27 Proceso para hacer vacío en una cámara. Fore pump.

3. Niveles de interacción con el usuario

Como se dijo anteriormente, uno de los requerimientos del automatismo es la posibilidad de tener distintos niveles de interacción entre el sistema y el usuario. El sistema de vacío requiere de la interacción constante con el usuario que se debe principalmente a la existencia de elementos puramente manuales dentro del sistema. La existencia de los elementos manuales obliga a que la automatización a realizar sea flexible y responda a todas las necesidades del usuario en lo que respecta a la comunicación con los distintos objetos de la periferia a controlar.

De la necesidad de interacción con los usuarios deriva el requerimiento de programar distintos modos de funcionamiento del sistema: modos manual, semiautomático y automático. El modo manual como su nombre lo indica es aquel en el que el usuario tiene control total e ilimitado sobre el sistema y por lo tanto recae en él toda la responsabilidad de su utilización. En el modo automático el sistema recibirá órdenes de marcha y paro por parte del usuario y gestionará el resto de tareas por su cuenta excepto las relacionadas con

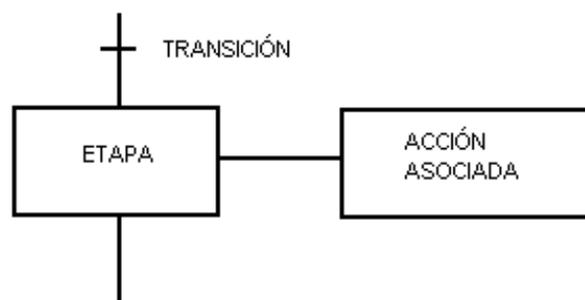
la manipulación de la válvulas manuales que deberá de realizarlas el usuario cuando el sistema se lo indique. Por último, el modo semiautomático es un puente entre los dos modos anteriores. Mediante una interfaz física el usuario controlará por separado cada uno de los elementos del sistema. Sin embargo, todas las órdenes del usuario se filtrarán a través de la lógica de programación evitando que se cometan errores en el manejo de los elementos.

Cada uno de los modos de funcionamiento necesita un soporte físico en el que ser implementado. El modo automático se implementará en una pantalla táctil HMI que contendrá un software tipo SCADA. El modo semiautomático se implementará mediante botones marcha - paro físicos que gobernarán cada uno de los elementos del sistema y también se programará en la pantalla táctil. El modo automático se implementará mediante una serie de relés físicos asignados a cada uno de los elementos.

4. Lógica de programación

A continuación se explicarán todos los grafcet [1] diseñados en los que se ha implementado la lógica de funcionamiento del sistema requerida por el proyecto. Los diagramas se encuentran en el Anejo I Grafkets de Programación.

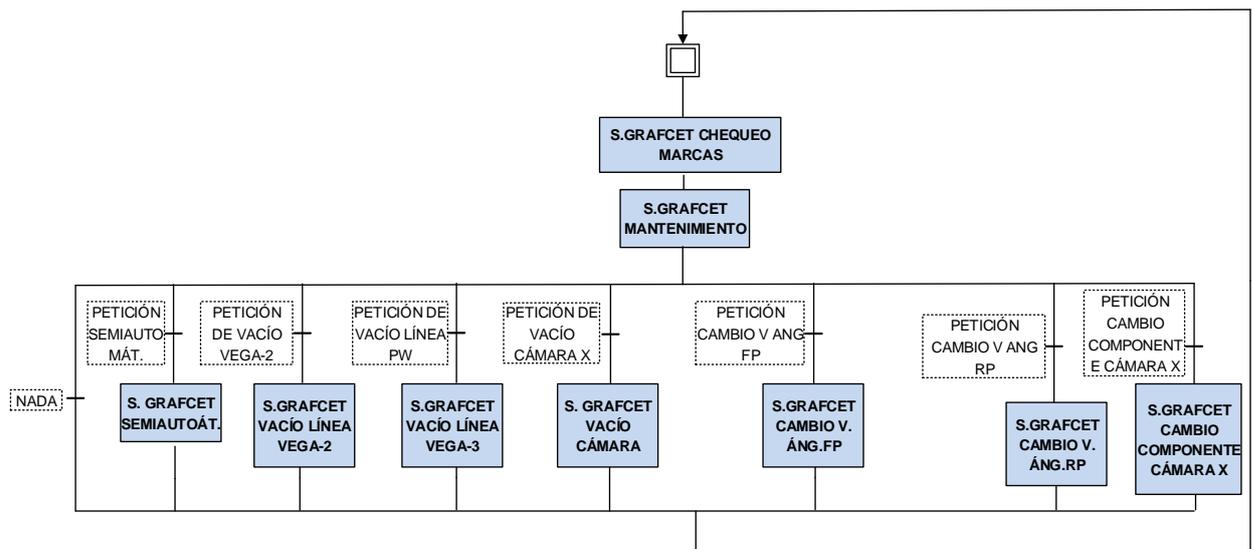
Un grafcet (acrónimo del francés *Grphe Fonctionnel de Commande Etape Transitions*, gráfico funcional de comando entre transiciones de etapas) un diagrama funcional que permite describir los comportamientos del automatismo en función de la información que recibe del exterior. Siguiendo esta metodología en el diseño del automatismo se evitan incoherencias y conflictos en el funcionamiento del sistema una vez implementado. Los conceptos básicos que rigen este tipo de diagramas son tres: etapa, transición y acción. Una etapa simboliza un estado invariable de las variables de entrada al sistema. Una transición es una condición o suma de condiciones que deben de darse para desactivar la etapa en curso y activar la siguiente. Por último, una acción se realiza al activarse la etapa correspondiente.



MII. Fig. 28 Principios básicos del grafcet

4.1. Grafcet principal (Main)

El grafcet *main* es el grafcet principal dentro de la estructura de programación. Este grafcet es la base del programa cíclico del autómatas que lee las órdenes del usuario en cada ciclo y las ejecuta redirigiendo el programa al subgrafcet específico. El grafcet *main* posee dos subgrafcets de obligado paso del programa: el subgrafcet de chequeo de marcas y el subgrafcet de mantenimiento. Una vez superada esta parte del programa el resto de subgrafcets se activan únicamente mediante una orden de usuario. De esta forma pueden activarse los subgrafcets de funcionamiento manual pilotado (que implementa las acciones del modo de funcionamiento semiautomático), de vacío en las líneas de VEGA-2 (200 TW) y VEGA-3 (1 PW), de vacío en una cámara específica. También podrán activarse los subgrafcets de cambio de componente de una cámara, de cambio de una válvula de la línea *fore pump* o de la línea *rough pump*.



MII. Fig. 29 Grafcet principal (main)

4.2. Subgrafcet de mantenimiento

Este subgrafcet contempla seis casos de funcionamiento erróneo del sistema que no deben de ocurrir pues comprometen tanto la seguridad de las personas como la del equipamiento. El proceso lógico que se sigue es el de continuamente revisar si se produce cualquiera de los seis casos y, en el caso de que se produjera, se toma una acción correctiva inmediatamente y se da un aviso de error. La acción correctiva se basa en el cierre o apertura de válvulas por lo que puede suceder que el error derive en un daño en una de ellas y consecuentemente esta no pueda abrirse ni cerrarse. Para solucionar esta situación se implementó un contador que permite dar la orden de apertura o cierre de válvulas cinco

veces. Si transcurridos los cinco intentos la válvula no se ha abierto o cerrado se da un aviso de error al sistema y se regresa al graficet principal. El usuario será informado de la situación y deberá corregir el error.

A continuación se explican los seis casos de error. El primero se da cuando una bomba turbomolecular está encendida y su respectiva válvula de ángulo (de la línea de vacío *fore pump*) esté cerrada. La válvula de ángulo está conectada con la línea de evacuación del gas que se extrae de la cámara por lo que cerrarla obliga a la bomba a extraer caudal de la cámara sin tener otro volumen donde introducirlo. Esta situación es peligrosa pues puede derivar en daños a la bomba, a la válvula o a la línea de vacío. El error se corrige abriendo la válvula de ángulo. El segundo error ocurre cuando una válvula de guillotina se abre teniendo a lado y lado de la misma una diferencia de presión mayor a 30 mbar. En este caso la apertura de la válvula no se realiza en condiciones óptimas de presión por lo que la maniobra exigirá más sobrepresión de la necesaria en el actuador electroneumático pudiendo causar su avería. El tercer error es el contrario al primero, es decir, que la bomba turbomolecular esté apagada y la válvula de ángulo que la acompaña esté abierta. En este caso la bomba sufrirá debido a la diferencia de presión entre la línea de vacío y la acometida a la cámara. El cuarto error se produce cuando la bomba turbomolecular está girando pero aún no ha alcanzado la velocidad de rotación de 200 rps y la válvula de guillotina de la línea del *fore pump* se encuentra abierta. Al abrir la válvula antes de que la bomba alcance una velocidad lo suficientemente alta se producirá una sobrecarga de la misma hasta que alcance la velocidad mencionada. Los problemas dos, tres y cuatro se solucionan cerrando las respectivas válvulas de la línea del *fore pump*. El quinto error se produce cuando la presión en la cámara es menor que 0,1 mbar y la válvula de ángulo de la línea del *rough pump* está abierta. El *rough pump* está diseñado para disminuir la presión en la cámara hasta 1 mbar; si la válvula de ángulo se encuentra abierta a presiones menores que esta estará comunicando zonas del sistema con diferencias de presiones muy altas que pueden derivar en fenómenos de succión, daño al equipamiento y, en el peor de los casos, el aire succionado puede romper la barrera del sonido generando un sonido muy alto que puede afectar la audición de las personas que se encuentren cerca. Por último, el sexto problema se produce también por diferencia de presiones, este caso una diferencia entre la cámara y la línea del *rough pump* (conectadas por la válvula de ángulo y válvula manual del *rough pump*) mayor que 50 mbar. Este caso se produce por apertura de las válvulas en el momento erróneo. Los problemas cinco y seis se solucionan cerrando la válvula de ángulo del *rough pump*.

4.3. Subgraficet de chequeo de marcas

Dentro de la estructura de programación se ejecuta siempre un chequeo de las entradas del autómatas y su respectiva correspondencia con las marcas que tiene asignada cada una de las entradas dentro de la memoria del controlador. Este es un mecanismo que sirve de puente entre los modos automático, semiautomático y manual del funcionamiento del sistema. La idea es que mientras el controlador actúe (modos automático y

semiautomático) todo cambio en las entradas del controlador se registra a su vez como un cambio en las marcas asociadas mediante la implementación del subgrafcet de chequeo de marcas que se explicará a continuación. Cuando se realice un cambio mediante el modo manual las marcas no registrarán los cambios en las entradas del controlador. De esta forma, pueden distinguirse las acciones llevadas a cabo por el usuario cuando el controlador no estuviese conectado. A su vez, el sistema de chequeo de marcas permite que el controlador copie el estado en que inicia el sistema después del funcionamiento manual para así poder realizar las acciones que demande el usuario correctamente.

4.4. Subgrafcet vacío cámara

Este subgrafcet es la base de la programación de todo el sistema e implementa la secuencia lógica para hacer vacío en una cámara explicada anteriormente. En primer lugar el programa resetea los contadores (que realizan acciones de prevención de errores al limitar el número de veces que se repite una orden) y da un aviso al usuario para que cierre la cámara, proceso que siempre deberá realizarse manualmente.

Cuando el usuario confirme que la cámara ha sido cerrada y se verifique que la presión dentro de la misma es mayor que 1 mbar y que el vacío *rough pump* esté parado se indica al usuario que abra la válvula manual del *rough pump*. En el caso de que el *rough pump* esté encendido éste deberá pararse antes de continuar. Como se observa, la lógica de programación requiere de una interacción constante con el usuario derivada de los numerosos elementos de funcionamiento manual existentes dentro del sistema. Una vez abierta la válvula manual se espera a que la diferencia de presiones entre la cámara y la línea de vacío *rough pump* sea menor que 50 mbar y a continuación se abre la válvula de ángulo de actuador electroneumático del *rough pump*. Para ello se utiliza el subgrafcet de acciones bombeo *rough pump*.

Cuando la presión de la cámara alcanza el valor de 1 mbar se cierra la válvula del *rough pump* y, si así lo ordenó el usuario, se continúa el proceso para la obtención del alto vacío dentro de la cámara. En el caso de que la cámara ya se encontrara a 1 mbar el proceso de vacío empezaría aquí. En este punto se distingue entre las cámaras que poseen una línea del *fore pump* y las que poseen dos, el funcionamiento es el mismo pero los órdenes se duplican. Una vez se alcanza la presión de 1 mbar en la cámara y se cierra la válvula de conexión con la línea del *rough pump* se debe arrancar la bomba turbomolecular y abrir la válvula de ángulo del *fore pump*. En este punto se verificará el funcionamiento de la bomba al establecer un tiempo límite para que esta alcance la velocidad de rotación de 200 rps. Cuando se alcanza esta velocidad se abre la válvula de guillotina y se espera un tiempo determinado hasta que se alcanza la presión de alto vacío igual a $5 \cdot 10^{-6}$ mbar.

Llegado a este punto el usuario puede requerir que la cámara vuelva a la presión de 1 mbar o incluso de 1 bar. El proceso inicia parando todas las bombas turbomoleculares conectadas a la cámara. En este punto se puede esperar a que las bombas se paren por completo o

cerrar las válvulas de guillotina inmediatamente después de haber dado la orden de parar las bombas (se habla en plural para hacer referencia al caso de cámaras con dos líneas de vacío *fore pump* pero aplica la misma secuencia para cámaras con una única línea). Una vez cerrada la válvula de guillotina se debe esperar a que la presión aumente hasta 1 mbar, a partir de aquí el aumento de presión se realiza por venteo manual de la cámara por parte del usuario. Los procesos de apertura y cierre de las válvulas de ángulo y de guillotina de la línea de vacío del *fore pump* se realizan mediante el subgrafcet acciones válvula *fore pump*.

4.5. Subgrafcet acciones bombeo rough pump

Este subgrafcet implementa las acciones de apertura y cierre de la válvula de ángulo de esta línea de vacío. El *rough pump* posee la limitación de solo poder dar servicio a una cámara a la vez por lo que antes de realizar la maniobra de apertura de la válvula de ángulo el sistema debe de verificar que ninguna cámara esté utilizando el vacío primario (*rough pump*). Esta verificación se implementará mediante un sistema de *token* e interrupciones. La petición de apertura de válvula activará una interrupción en el sistema, la interrupción derivará en la asignación del *token* a la cámara correspondiente únicamente si este no le pertenece en ese momento a ninguna otra cámara. De esta forma, solo la cámara que posea el token estará habilitada para abrir la válvula de ángulo que conecta la cámara con el vacío primario *rough pump*.

Tanto para la maniobra de apertura como para la maniobra de cierre de la válvula se contemplan cuatro casos de actuación. En el caso de que el estado de la válvula y el valor de su marca respectiva coincidan la orden de apertura o cierre se ejecuta y se realiza una actualización automática del valor de la marca. Mediante un contador decremental que inicia en cinco se tienen en cuenta los casos de avería en los que la válvula no responda. En el caso de que la válvula no responda y el contador decremental llegue a cero el programa se redirige al grafcet principal y da un aviso en el sistema del fallo en la válvula. Si la orden de apertura o cierre se da sobre una válvula que ya se encuentra en la posición deseada simplemente se da un aviso al sistema de la situación. En el caso contrario en el que el estado de la válvula y el valor de la marca no coincidan se pide una confirmación por parte del usuario del estado físico de la válvula para proceder a igualar la marca interna del controlador con el mismo.

El sistema de verificación de marcas se implementa como una herramienta para diferenciar las acciones llevadas a cabo en los modos semiautomático y automático del sistema (en los que el controlador está conectado y actualiza las marcas automáticamente) de las acciones ejecutadas manualmente por el usuario (en este caso el controlador estará desconectado y las marcas tendrán el último valor registrado antes de la desconexión).

4.6. Subgrafcet acciones válvula fore pump

Este subgrafcet implementa las acciones de apertura y cierre de las válvulas de ángulo y de guillotina de esta línea de vacío. Este subgrafcet implementa las acciones de apertura y cierre de las válvulas mencionadas anteriormente. También se tienen en cuenta los cuatro casos de actuación descritos en el subgrafcet acciones válvula *rough pump*. Las válvulas de fore pump pueden actuar en cualquier momento ya que este sistema de bombeo es independiente para cada cámara. Las maniobras de apertura y cierre podrán realizarse en el momento que el programa lo requiera sin esperar permisos adicionales tipo *token*. Al igual que en caso del subgrafcet acciones válvula *rough pump*, el caso de avería de las válvulas se contempla mediante un sistema de contadores que tras la orden de apertura y cierre y un tiempo determinado de espera decremента su valor en una unidad si la acción deseada no se llevó a cabo. Si transcurridos los cinco intentos permitidos la válvula no responde el programa se redirige al grafcet principal y envía una señal de error al sistema.

4.7. Subgrafcet acciones bomba turbomolecular

Este subgrafcet implementa las acciones de inicio y parada de la bomba turbomolecular perteneciente a la línea del *fore pump* de cada una de las cámaras. Al igual que en los dos subgrafcets anteriores se contempla para cada acción cuatro líneas de actuación que dependen de la concordancia existente entre el estado actual de la bomba y el valor de su marca asociada.

4.8. Subgrafcet línea VEGA-2 (200 TW)

Este subgrafcet especifica la lógica de programación para el proceso de consecución de vacío en la línea de vacío de VEGA-2 (200 TW) compuesta por seis cámaras (nombradas del 1 al 6) como se dijo anteriormente. El proceso de hacer vacío en una línea se basa en la conexión sucesiva de cámaras adyacentes en las que ya se ha obtenido la presión deseada mediante el proceso descrito en el subgrafcet vacío cámara. La conexión se realiza mediante la apertura de la válvula de guillotina de conexión que interconecta las cámaras adyacentes.

A lo largo del proceso de consecución de vacío en la línea los estados de vacío se designan con un valor entre 0, 1 y 2. De esta forma, una línea en la que todas sus cámaras se encuentren a presión atmosférica o aún no han disminuido su presión al nivel de 1 mbar se le asigna el Estado 0. Cuando todas las cámaras se encuentren a 1 mbar o en proceso de consecución de $5 \cdot 10^{-6}$ mbar la línea estará en Estado 1. Finalmente, cuando todas las cámaras de la línea tengan una presión igual o inferior a $5 \cdot 10^{-6}$ mbar la línea estará en Estado 2.

4.9. Subgrafcet línea VEGA-3 (1 PW)

Este subgrafcet especifica la lógica de programación para el proceso de consecución de vacío en la línea de vacío de VEGA-3 (1 PW) compuesta por cinco cámaras (nombradas del 7 al 11). El proceso de hacer vacío en una línea se basa en la conexión sucesiva de cámaras adyacentes en las que ya se ha obtenido la presión deseada mediante el proceso descrito en el subgrafcet vacío cámara. La conexión se realiza mediante la apertura de la válvula de guillotina de conexión que interconecta las cámaras adyacentes.

Para identificar el rango de presiones en los que se encuentra cada cámara se utiliza el mismo sistema de estados designados por los valores 0, 1 y 2 explicado en el subgrafcet línea VEGA-2 (200 TW).

4.10. Subgrafcet modo semiautomático (1), (2) y (3)

Los subgrafcets modo semiautomático (1), (2) y (3) implementan la lógica de programación de la interacción del usuario con el sistema cuando este se encuentra en el modo semiautomático que se explicará en el Capítulo III de la presente Memoria. La división del subgrafcet en tres partes se realizó con el objetivo de facilitar su comprensión. El subgrafcet modo semiautomático (1) contiene los protocolos de actuación cuando la cámara a la que se conecten los elementos que el usuario está manipulando se encuentra a presión atmosférica. Del mismo modo, el subgrafcet modo semiautomático (2) implementa las acciones que deben ejecutarse cuando la cámara se encuentre a 1 mbar y el subgrafcet modo semiautomático (3), las acciones correspondientes a una presión en la cámara igual a $5 \cdot 10^{-6}$ mbar. Las acciones que puede ejecutar el usuario son: apertura o cierre de la válvula de guillotina de conexión entre cámaras, apertura o cierre de la válvula de ángulo del *rough pump*, apertura o cierre de la válvula de ángulo del *fore pump*, apertura o cierre de la válvula de guillotina del *fore pump* e iniciar o parar la bomba turbomolecular. En la siguiente tabla se resume la lógica de actuación.

PRESIÓN EN CÁMARA	ELEMENTO	ACCIÓN	OBSERVACIONES
1 bar ≥ P > 1 mbar	Válvula de Guillotina de Conexión entre cámaras	Abrir	Se abre solo si la presión en las cámaras adyacentes es igual, en caso contrario se da un aviso de error.
		Cerrar	Esta acción se podrá realizar siempre a través del subgrafcet acciones válvula <i>fore pump</i> .
	Válvula de Ángulo del <i>rough pump</i>	Abrir	Se abre solo si el <i>rough pump</i> (vacío primario) está parado y la diferencia de presiones entre la cámara y la línea de vacío mencionada es menor que 50 mbar.
		Cerrar	Esta acción se podrá realizar siempre a través del subgrafcet acciones bombeo <i>rough pump</i> .
	Válvula de Ángulo del <i>fore pump</i>	Abrir	Se abre solo si la línea del <i>fore pump</i> se encuentra a una presión menor que 2 mbar. A continuación se le avisará al usuario que debe encender la bomba turbomolecular inmediatamente.
		Cerrar	Se cierra si la bomba esta parada. En caso de estar encendida se le avisa al usuario que debe apagarla para poder cerrar la válvula de ángulo.
	Válvula de Guillotina del <i>fore pump</i>	Abrir	Cuando la cámara se encuentre a 1 bar de presión esta válvula nunca se podrá abrir puesto que conectaría una zona de alta presión con otra de muy baja ocasionando fenómenos de golpe de ariete y rotura de la barrera del sonido.

		Cerrar	Esta acción se podrá realizar siempre a través del subgrafcet acciones válvula <i>fore pump</i> ..
	Bomba turbomolecular	Iniciar	Solo podrá iniciarse la bomba cuando la válvula de ángulo del <i>fore pump</i> esté abierta.
		Parar	Solo podrá parare la bomba cuando la válvula de ángulo del <i>fore pump</i> esté cerrada.

MI. Tabla. 20 Lógica de programación modo semiautomático 1 bar>P>1 mbar

PRESIÓN EN CÁMARA	ELEMENTO	ACCIÓN	OBSERVACIONES
1 mbar \geq P $>$ 5 \cdot 10 ⁻⁶	Válvula de Guillotina de Conexión entre cámaras	Abrir	Se abre solo si la presión en las cámaras adyacentes es igual, en caso contrario se da un aviso de error.
		Cerrar	Esta acción se podrá realizar siempre a través del subgrafcet acciones válvula <i>fore pump</i> .
	Válvula de Ángulo del <i>rough pump</i>	Abrir	Se abre solo si el <i>rough pump</i> (vacío primario) está parado y la diferencia de presiones entre la cámara y la línea de vacío mencionada es menor que 50 mbar.
		Cerrar	Esta acción se podrá realizar siempre a través del subgrafcet acciones bombeo <i>rough pump</i> .
	Válvula de Ángulo del <i>fore pump</i>	Abrir	Se abre solo si la línea del <i>fore pump</i> se encuentra a una presión menor que 2 mbar. A continuación se le avisará al usuario que debe encender la bomba turbomolecular inmediatamente.
		Cerrar	Se cierra si la bomba esta parada. En caso de estar encendida se le avisa al usuario que debe apagarla para poder cerrar la válvula de ángulo.
	Válvula de Guillotina del <i>fore pump</i>	Abrir	Se abre solo si la bomba turbomolecular está girando a más de 200 rps.
		Cerrar	Se cierra solo si la bomba turbomolecular está girando a una velocidad angular menor que 200 rps.

	Bomba turbomolecular	Iniciar	Solo podrá iniciarse la bomba cuando la válvula de ángulo del <i>fore pump</i> esté abierta.
		Parar	Solo podrá parare la bomba cuando la válvula de ángulo del <i>fore pump</i> esté cerrada.

MI. Tabla. 21 Lógica de programación modo semiautomático. $1 \text{ mbar} \geq P > 5E-6 \text{ mbar}$

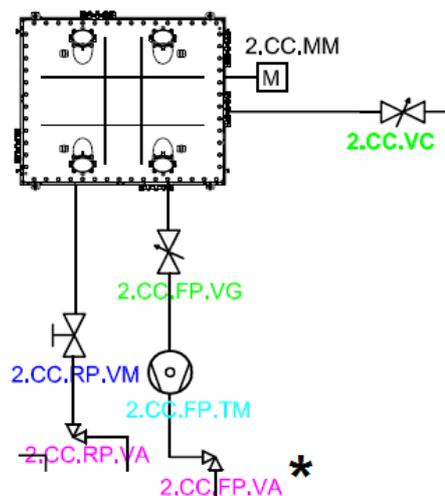
PRESIÓN EN CÁMARA	ELEMENTO	ACCIÓN	OBSERVACIONES
P ≤ 5 · 10 ⁻⁶	Válvula de Guillotina de Conexión entre cámaras	Abrir	Se abre solo si la presión en las cámaras adyacentes es igual, en caso contrario se da un aviso de error.
		Cerrar	Esta acción se podrá realizar siempre a través del subgrafcet acciones válvula <i>fore pump</i> .
	Válvula de Ángulo del <i>rough pump</i>	Abrir	Esta acción nunca se podrá llevar a cabo pues conectaría la cámara que se encuentra a una presión menor que 5 · 10 ⁻⁶ mbar con la línea del <i>rough pump</i> que se encuentra a 1 mbar.
		Cerrar	Esta acción se podrá realizar siempre a través del subgrafcet acciones bombeo <i>rough pump</i> .
	Válvula de Ángulo del <i>fore pump</i>	Abrir	Se abre solo si la línea del <i>fore pump</i> se encuentra a una presión menor que 2 mbar.
		Cerrar	Se cierra si la bomba esta parada y si la línea del <i>fore pump</i> se encuentra a una presión menor que 2 mbar. En caso de estar encendida se le avisa al usuario que debe apagarla para poder cerrar la válvula de ángulo.
	Válvula de Guillotina del <i>fore pump</i>	Abrir	Se podrá abrir siempre.
		Cerrar	Se podrá cerrar siempre.
	Bomba turbomolecular	Iniciar	Solo podrá iniciarse la bomba cuando la válvula de ángulo del <i>fore pump</i> esté abierta.

		Parar	Solo podrá parare la bomba cuando la válvula de ángulo del <i>fore pump</i> esté cerrada.
--	--	-------	---

MI. Tabla. 22 Lógica de programación modo semiautomático. P<5E-6 mbar

4.11. Subgrafcet cambio válvula de ángulo del fore pump

Este subgrafcet incluye todas las acciones necesarias para llevar a cabo el mantenimiento o cambio de la válvula de ángulo del *fore pump* de cualquiera de las cámaras. La válvula de la que se habla se señala con un asterisco en la cámara de vacío ejemplo de la imagen inferior (compresor de la línea de VEGA-2).

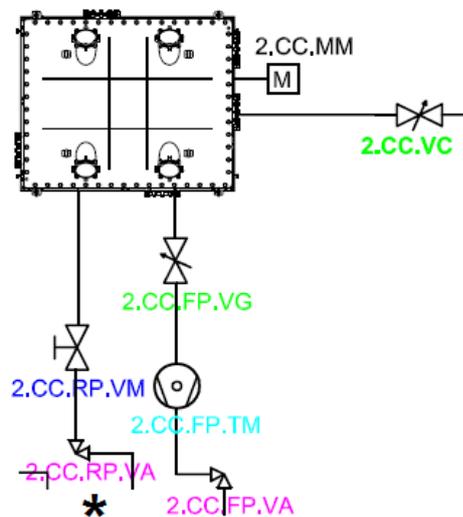


MI. Fig. 18

El cambio de esta válvula requiere que se ventee (expresión utilizada para referirse al aumento de la presión en la línea desde el valor al que se encuentre hasta 1 bar) la línea del *fore pump* a la que están conectadas todas las cámaras tanto de la línea de VEGA-2 como de VEGA-3. El mantenimiento o cambio se realiza por tanto a presión atmosférica. El proceso a seguir es el mismo independientemente de la presión a la que se encuentre la cámara. En primer lugar, se deben parar todas las bombas turbomoleculares y cerrar todas las válvulas de ángulo y de guillotina de las líneas *fore pump* de todas las cámaras. A continuación se debe esperar a que la presión en la línea aumente hasta 1 mbar para proceder al venteo manual de la misma.

4.12. Subgrafcet cambio válvula de ángulo del rough pump

Este subgrafcet incluye todas las acciones necesarias para llevar a cabo el mantenimiento o cambio de la válvula de ángulo del rough pump de cualquiera de las cámaras. La válvula de la que se habla se señala con un asterisco en la cámara de vacío ejemplo de la imagen inferior (compresor de la línea de VEGA-2).



MI. Fig. 19 Válvula de ángulo del rough pump

El cambio de esta válvula requiere que se ventee (expresión utilizada para referirse al aumento de la presión en la línea desde el valor al que se encuentre hasta 1 bar) la línea del *rough pump* a la que están conectadas todas las cámaras tanto de la línea de VEGA-2 como de VEGA-3. El mantenimiento o cambio se realiza por tanto a presión atmosférica. El proceso a seguir es el mismo independientemente de la presión a la que se encuentre la cámara. En primer lugar, se debe avisar al usuario para que cierre manualmente todas las válvulas de ángulo manuales del *rough pump*. A continuación, se deben cerrar todas las válvulas de ángulo electroneumáticas mediante el subgrafcet acciones bombeo *rough pump*. Una vez cerradas todas las válvulas se debe proceder al venteo manual de la línea.

4.13. Subgrafcet cambio de un componente de una cámara

Este subgrafcet implementa los pasos a seguir para cambiar o realizar mantenimiento a cualquier componente de una cámara que no sea ninguna de las dos válvulas de ángulo cuyos procesos específicos se han explicado anteriormente. En este caso el proceso será distinto dependiendo de la presión a la que se encuentre la cámara.

Si la cámara tiene una presión de ≤ 1 mbar se deben cerrar las válvulas de conexión con cámaras adyacentes, las válvulas de ángulo de ambas líneas de vacío y se debe solicitar que el usuario cierre la válvula manual de la línea del *rough pump*. Una vez cerradas todas las válvulas se debe proceder a ventear manualmente la línea.

Si la cámara tiene una presión de $1 \text{ mbar} > P \leq 5 \cdot 10^{-6}$ mbar se debe ejecutar la misma secuencia de cierre de válvulas que en el primer caso y a continuación parar la bomba turbomolecular de la cámara. Cuando la presión ascienda a 1 mbar se procederá a ventear manualmente la línea. En el graficet el proceso se refiere específicamente a la cámara de vacío del compresor de VEGA-2 y a sus elementos.

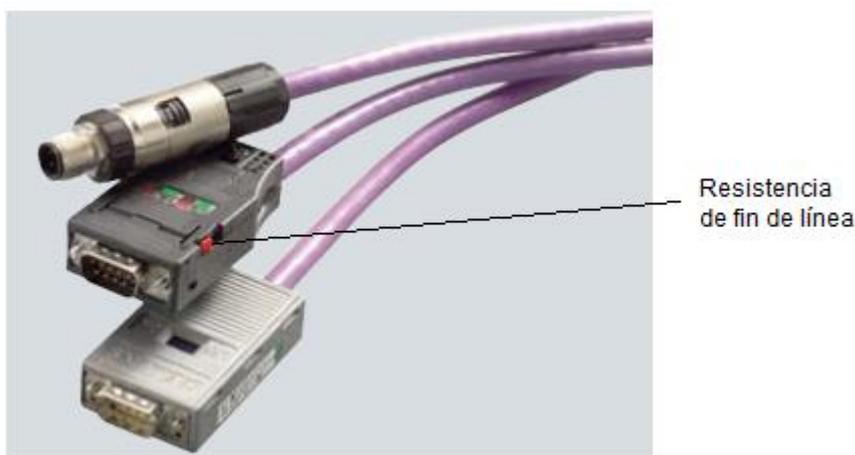
5. Elementos conectados mediante Profibus DP

Profibus es un estándar de comunicaciones para bus de campo desarrollado en la década de los ochentas por diversas empresas líderes en el sector de la automatización. El estándar cuenta con diversos protocolos de transmisión entre los que se destaca el RS-485 (señales diferenciales comunicación semiduplex) y la fibra óptica y se rige actualmente por el estándar IEC 61158/EN 50 170 del Comité Electrotécnico Internacional y la Unión Europea respectivamente.

Profibus está disponible con diversos medios y técnicas de transmisión con el objetivo de cubrir diversas aplicaciones. PROFIBUS DP (periferia descentralizada) sirve para conectar elementos de campo descentralizados. PROFISafe permite la comunicación estándar y de seguridad a través de un mismo estándar de bus. PROFIBUS PA (*process automation*) es una ampliación de PROFIBUS DP que incluye también la transmisión de energía con seguridad intrínseca según la norma internacional IEC 61158-2 (mismo protocolo, distinta norma de transmisión física de señales). Finalmente, PROFIBUS FMS (*Fieldbus Message Specification*) se utiliza para la comunicación de datos de sistema de automatización de distintos fabricantes. Permite solucionar también, de forma descentralizada y precisa, tareas generales de regulación y medición, además de las tareas de control de movimiento.

La utilización del protocolo de bus abierto PROFIBUS DP es un requerimiento del automatismo a implementar puesto que con anterioridad todos los elementos susceptibles de conectarse a bus (bombas turbomoleculares y medidores de presión) fueron comprados con el adaptador PROFIBUS respectivo. Como ya se mencionó anteriormente, por deseo de la empresa se trabaja con elementos de la casa Siemens. Siemens ofrece una amplia gama de componentes de red PROFIBUS para tecnología de transmisión eléctrica (de cobre), óptica e inalámbrica. En específico, se trabajará con redes de cobre que utiliza un cable bifilar apantallado y pueden configurarse en topologías de bus o árbol siendo la primera la que se implementará en este caso. Las características de la red de cobre son las siguientes:

- Método de transmisión para la automatización universal (PROFIBUS FMS/DP) según IEC 61158/EN 50170 y para zonas de seguridad intrínseca (PROFIBUS PA) según IEC 61158-2.
- Cable de bus de alta calidad.
- Método de transmisión: RS485 (según EIA *Electronic Industries Alliance*).
- Topología de bus con terminales y conectores para conectar las estaciones PROFIBUS.
- Red inmune a perturbaciones con cables de pantalla doble y sistema de montaje y puesta a tierra simple y homogéneo.
- La tecnología de transmisión DP de RS485 (codificación por bits mediante señales de diferencia de tensión) según IEC 61158-2 (codificación por bits mediante señales de corriente) se implementa mediante los componentes de red (acoplador DP/PA o DP/PA-Link).
- Amplias posibilidades de uso con cables de bus especiales.



MI. Fig. 20 Cables PROFIBUS con conectores

La conexión de los elementos se realiza siguiendo una topología de bus y teniendo en cuenta que el último elemento conectado debe de tener una resistencia de fin de línea que indica que la red finaliza en ese punto. En total se pueden conectar 32 nodos a la red sin necesidad de un repetidor. Cada uno de los elementos de control de Siemens (autómatas, módulos de periferia descentralizada,...) tienen su propio módulo de comunicaciones que le permite conectarse a una red PROFIBUS ya sea como esclavo o como maestro [10].

5.1. Listado de elementos

En el Anejo II del presente documento se encuentra una tabla en la que se detallan todos los elementos que han de conectarse al bus PROFIBUS junto con las direcciones asignadas a cada uno. Las direcciones de los 31 elementos que componen la lista se han asignado según el tipo de elementos siguiendo los rangos que se detallan en la tabla inferior.

DIRECCIONES PROFIBUS	
BOMBAS TURBOMOLECULARES	10 50
MEDIDORES DE PRESIÓN	51-100
Pantalla táctil (HMI)	101-150
ET200SP	151-200

MI. Tabla. 23 Rango de direcciones PROFIBUS asignadas

6. Software de control y supervisión del proceso (SCADA)

El último requerimiento del proyecto relativo al automatismo es la necesidad de incluir dentro del esquema de automatización un nivel de supervisión y control del proceso desde donde el usuario pueda enterarse de todas las variables relevantes y enviar órdenes al sistema. El sistema HMI (*Human Machine Interface*, interfaz hombre – máquina) estará compuesto por una serie de pantallas táctiles Touch PAD de Siemens (de referencia KTP 900).

El software SCADA que se detalla permitirá el control de todos los elementos de ambas líneas que hacen parte del automatismo a diseñar, tanto la de VEGA-2 (200 TW) como la de VEGA-3 (1 PW). El software incluirá un sistema de identificación de usuarios que restringirá las acciones más delicadas a los usuarios más avanzados. La jerarquía de usuarios constará de tres niveles:

- Usuario normal
- Usuario avanzado
- Administrador

El sistema de control y supervisión se dividirá en control de cámaras, configuración del sistema y alarmas de proceso.

- El control de cámaras permitirá visualizar y ejecutar órdenes sobre todas las válvulas, bombas turbomoleculares y medidores de la cámara e interactuar con cada cámara por separado o con toda la línea en su conjunto. El control de cámaras incluirá el modo de control automático y semiautomático como se mencionó anteriormente.
- La pantalla de configuración permitirá variar los parámetros relativos a los tiempos de los procesos. Contendrá también un registro del número de aperturas y cierres de las válvulas y de los tiempos de funcionamiento de las bombas. También permitirá visualizar curvas presión - tiempo durante los procesos de puesta en vacío de las cámaras.
- La pantalla de alarmas contendrá un gráfico en el que se registrará todas las alarmas que se produzcan. El gráfico especificará el tipo de alarma, la cámara y elemento en la que se ha producido; contendrá también un texto de aviso informativo y la hora del suceso. Las distintas alarmas se clasificarán en tres niveles: avisos, errores y alarmas como tal. Los avisos tendrán como finalidad informar al usuario del proceso para permitir su interacción con el mismo. Los errores derivarán del mal funcionamiento de elementos físicos del sistema tales como válvulas y bombas. Por último, las alarmas constituirán todos los avisos restantes y estarán asociadas a situaciones de peligro inminente para los usuarios o para el equipamiento.

A continuación se presenta un primer boceto de lo que deberán ser las pantallas a programar. En primer lugar, se exigirá el nombre de usuario y contraseña para entrar al sistema ya sea al control de cámaras, configuración del sistema o alarmas del proceso.



CONTROL DEL SISTEMA DE VACÍO SECUNDARIO



USUARIO

CONTRASEÑA

VALIDAR



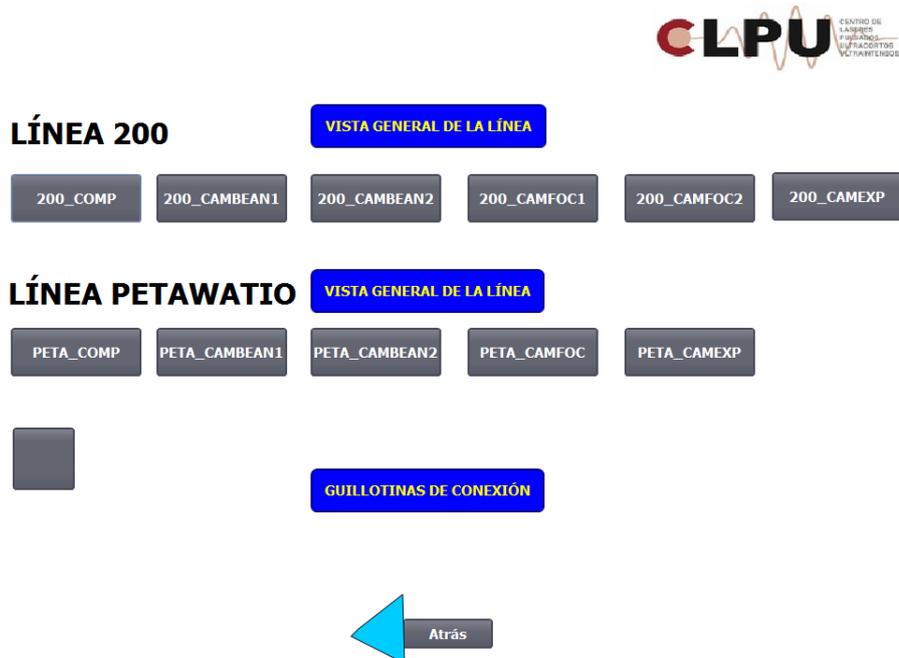
CONTROL DE CÁMARAS

CONFIGURACIÓN

ALARMAS

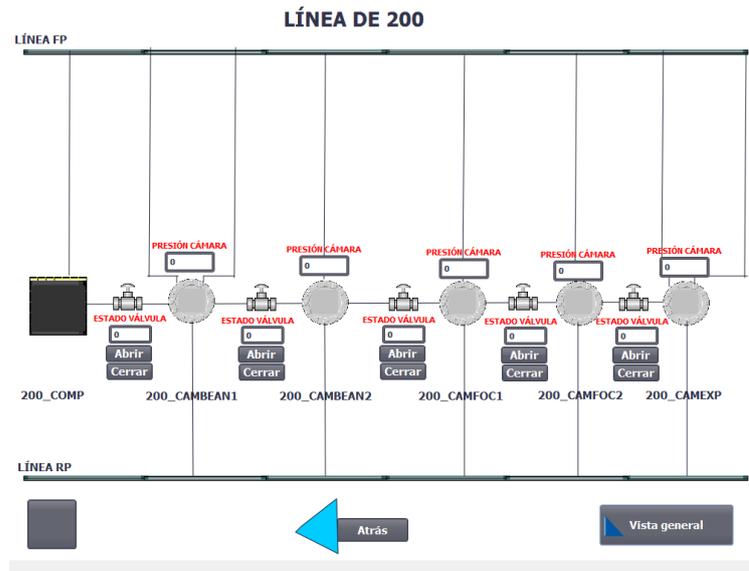
MI. Fig. 21 Boceto SCADA. Pantalla Inicial

A continuación, el usuario tendrá la posibilidad de interactuar con las cámaras de toda una línea o con los elementos específicos de cada cámara.

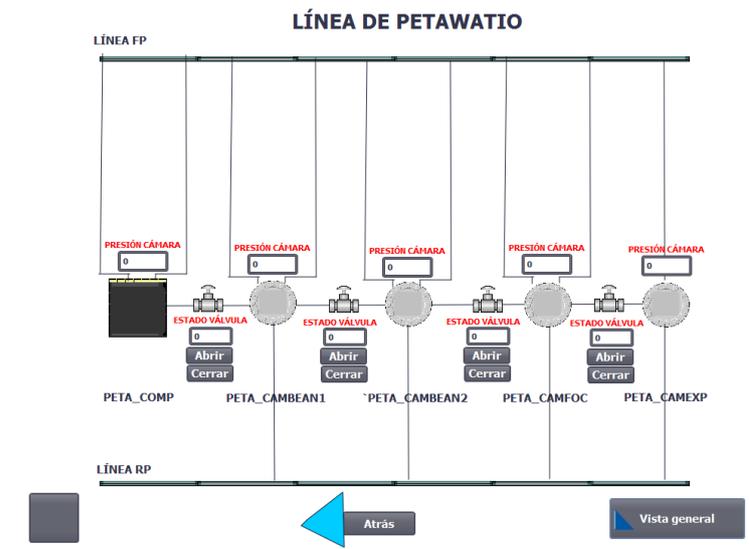


MI. Fig. 22 Boceto SCADA. Control de líneas

El control de la línea de VEGA-2 (200 TW) incluirá la posibilidad de abrir o cerrar las válvulas de guillotina de conexión entre las cámaras y el conocer la presión de cada una de las cámaras. El control de la línea de VEGA-3 (1 PW) será similar.



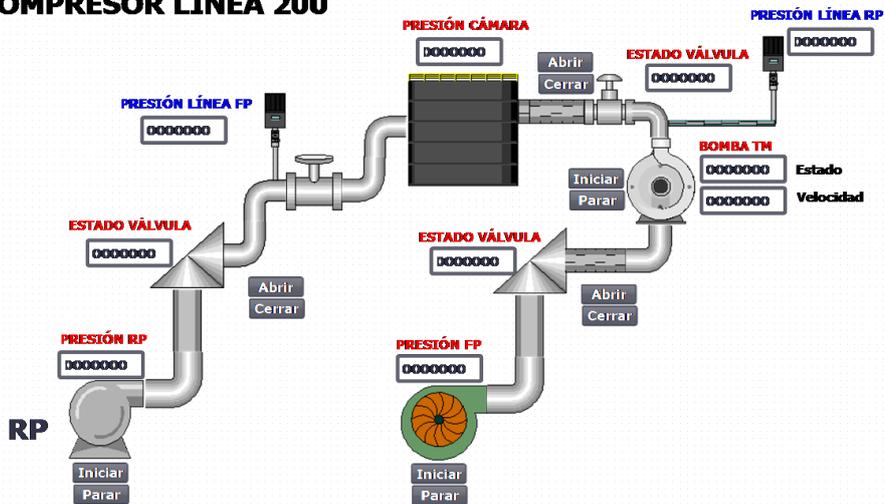
MI. Fig. 23 Boceto SCADA. Control de la línea de VEGA-2



MI. Fig. 24 Boceto SCADA. Control de la línea de VEGA-3

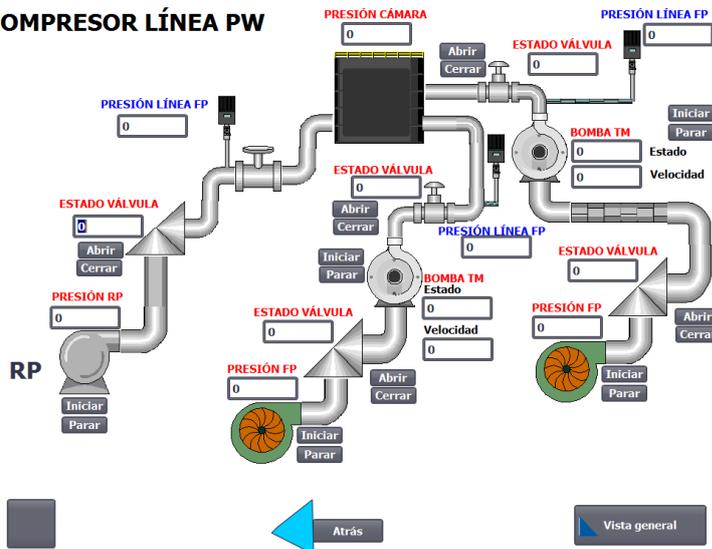
El control de cada cámara por separado, permitirá al usuario acceder al control específico de cada uno de los elementos conectados a las dos líneas de vacío de la cámara. En cuanto a las válvulas se permitirá conocer su estado y enviar las órdenes de apertura o cierre. Las bombas informarán de su estado (parada, aceleración, desaceleración, error,...) y se les podrá enviar las órdenes de marcha y paro. Por último, se monitorizarán las presiones de ambas líneas de vacío (*rough pump* y *fore pump*) y de la cámara en sí.

COMPRESOR LÍNEA 200



MI. Fig. 25 Boceto SCADA. Control de la cámara de vacío compresor de VEGA-2

COMPRESOR LÍNEA PW



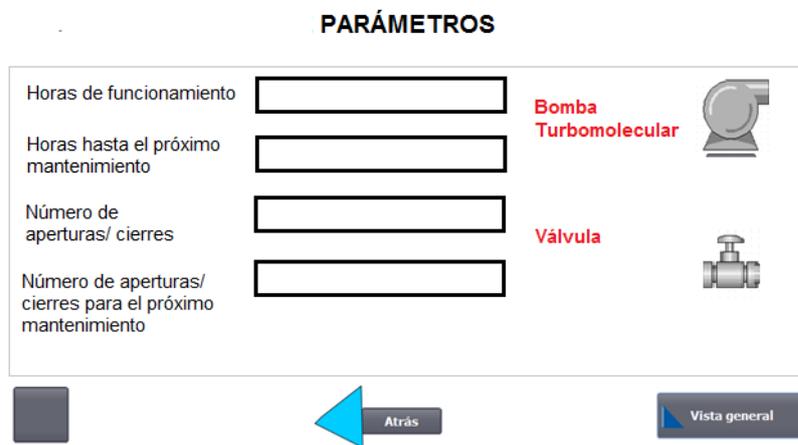
MI. Fig. 26 Boceto SCADA. Control de la cámara de vacío compresor de VEGA-3

La pantalla de alarmas incluirá e gestor de alarmas de TIA Portal (software de Siemens para la programación de controladores). La pantalla de alarmas se configura para que registre todos los eventos que se desean y los clasifique según las categorías mencionadas anteriormente.



MI. Fig. 27 Boceto SCADA. Gestor de alarmas

Por último, la pantalla de configuración de parámetros permitirá conocer las horas de funcionamiento de las bombas y las horas que hacen falta para el próximo mantenimiento. También permitirá saber el número de maniobras de apertura/ cierre que se han realizado en cada válvula y estimar el número de maniobras que hacen falta para el próximo mantenimiento. Los fabricantes de estos dispositivos son capaces de estimar los tiempos de mantenimiento por lo que llevar un registro de los mismos es de suma importancia.



MI. Fig. 28 Boceto SCADA. Configuración de parámetros

REQUERIMIENTOS DEL CABLEADO ELÉCTRICO

1. Introducción

Los requerimientos del cableado eléctrico hacen referencia a todo lo que deben incluir los planos eléctricos del proyecto: alimentaciones de control y de fuerza, entradas digitales y salidas digitales del controlador. En cuanto a la alimentación se dividirá, como se dijo anteriormente, en alimentación de control a 24V de corriente continua y alimentación de fuerza a 230V de corriente alterna.

La alimentación de control se destinará a la alimentación de las entradas del controlador, de los relés de las salidas de control del PLC (*Programmable Logic Controller* – autómatas) y de la pantalla HMI. Se deberá de proveer una seguridad suficiente para el funcionamiento de la instalación instalando el equipo de protección necesario (magnetotérmicos) y se asegurará la independencia entre las distintas líneas de alimentación a 24V CC de forma que aunque una falle las demás puedan continuar funcionando correctamente. Por último, toda la alimentación deberá de diseñarse dejando una reserva el 20% para prever futuras ampliaciones o necesidades de la instalación.

La alimentación de fuerza se destina a la alimentación de un enchufe de instalación obligatoria en cada uno de los armarios eléctricos del proyecto y de los circuitos de fuerza para activación de las electroválvulas y de las bombas turbomoleculares. La alimentación a 230V AC también alimentará dos circuitos que constituirán sistemas de alerta por SMS activados por relés para avisar a los usuarios de fallos en la alimentación del sistema.

2. Alimentación

2.1. Alimentación de control (24V CC)

La alimentación de control a 24V CC se obtendrá mediante un rectificador a partir de una fuente de 230V AC que deberá proporcionar suficiente seguridad e independencia entre las distintas líneas de alimentación: entradas PLC, salidas PLC, pantalla HMI y reserva.

Las entradas al autómatas necesitan la alimentación a 24V CC para enviar la señal de 1 o 0 a partir de un contacto libre de tensión perteneciente al elemento externo a controlar. Este es

el caso de todas las electroválvulas neumáticas que cuentan con dos finales de carrera cada una que indican las posiciones de abierto o cerrado. Los botones marcha – paro que implementarán el control semiautomático se cablearán de igual manera al autómeta requiriendo también la alimentación de 24V CC.

La alimentación de control en las salidas del autómeta se destina a alimentar los relés de salida que cerrarán un circuito de fuerza para activar los elementos de campo. Este es el caso del sistema de accionamiento de las electroválvulas.

La pantalla HMI se alimenta con una conexión independiente de 24V CC.

2.2. Alimentación de fuerza (230V AC)

La alimentación de fuerza se destina a la alimentación de un enchufe de instalación obligatoria en cada uno de los armarios eléctricos del proyecto. Este enchufe tiene la finalidad de poder conectar fácilmente un ordenador cerca del armario para realizar maniobras de reprogramación del autómeta.

A su vez, se alimentará los circuitos de fuerza tanto de las electroválvulas como de las bombas turbomoleculares que son los dos elementos del sistema que necesitan este tipo de alimentación.

Por último, se creará un circuito a 230V AC activado por relés que avise al usuario a través de SMS de un fallo en la alimentación de fuerza o de control en cualquiera de los puntos explicados en los puntos 2.1. y 2.2.

2.3. PLC

En lo que se refiere al PLC se requiere del cableado eléctrico un detalle de todas las entradas y salidas del sistema correctamente nombradas y fácilmente identificables. Se exige también que se incluya una vista general del PLC con todas las tarjetas de entrada o salida que deben de instalarse para una mejor comprensión del sistema. Por último, se deberá detallar la conexión a realizar entre el PLC y la pantalla HMI.

REFERENCIAS

- [1] F. Muñoz et al., *Automatización con grafset, Málaga, Universidad Málaga, 1999*
- [2] Oerlikon Leybold Vacuum GmbH, «*TURBOVAC i TURBOVAC (T) 350 i, (T) 450 i Turbomolecular Pumps with Inegrated Frecuency Converter*», Cologne, 2014.
- [3] Pfeiffer Vacuum , «*HiPace 800M Operating Instructions*», Germany: Pfeiffer Vacuum GmbH.
- [4] Leybold Vakuum, «*IONIVAC ITR 90 ITR 90 P*», Deutschland: Leybold Vakuum, 2001.
- [5] VAT, , «*Vacuum gate valve with double acting pneumatic actuator Series 121 DN 63 – 320 mm (l. D. 2½" – 12")*», Munich: VAT, 2015.
- [6] Oerlikon Leybold, «*Right angle valve DN 25 ISO-KF - BAV 25 EP SS - 230V AC*», Germany: Oerlikon Leybold GmbH, 2013.
- [7] Pfeffier Vacuum, «*TM 700 PB Electronic Drive Unit Operating Instructions*», Germany: Pfeffier Vacuum GmbH, 2014.
- [8] Oerlikon Leybold, «*Serial Interfaces for MAG.DRIVE S/iS RS 232, RS 485*», Profibus, Cologne: Oerlikon Leybold GmbH, 2012.
- [9] Oerlikon Leybold Vacuum, «*MAG DRIVE S Turbopumps*», Cologne: Oerlikon Leybold GmbH, 2013.
- [10] Siemens, *Profibus el sistema exclusivo de bus de campo: el camino hacia el éxito*, Siemens, 2013.

CAPÍTULO III. DISEÑO DEL AUTOMATISMO Y DEL CABLEADO ELÉCTRICO

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

DISEÑO DEL AUTOMATISMO

Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

HARDWARE

1. Introducción

El esquema hardware del sistema de automatización se diseñó partiendo de la pirámide de automatización. De esta forma, todos los elementos físicos del sistema se organizan en tres niveles diferentes de la pirámide: nivel de campo, nivel de control y nivel de supervisión.

El nivel de campo contiene todos los sensores (medidores de presión) y actuadores del sistema (bombas turbomoleculares y válvulas). El nivel de control alberga el controlador encargado de leer el estado de las variables de entrada, ejecutar la lógica de programación y realizar cambio en las variables de salida. El controlador debe ser capaz de comunicarse con toda la periferia por lo que gestionará comunicaciones a través de protocolo Profibus (para comunicarse con los medidores de presión y con las bombas turbomoleculares) y a través de señales eléctricas 0 – 24V CC (para la comunicación con las válvulas), como se verá más adelante. Por último, en el nivel de supervisión se encontrará una pantalla táctil HMI que implementará un software SCADA para control y supervisión del proceso por parte del usuario. El nivel de supervisión se comunicará con el de control a través de protocolo Profinet. Como resultado de la distribución e interconexión de todos los niveles de la pirámide se obtiene la distribución hardware final. La distribución en el espacio físico se realizará ubicando todos estos elementos en armarios de control a pie de campo.



MIII. Fig. 1 Pirámide de automatización. Hardware

2. Bases de la automatización

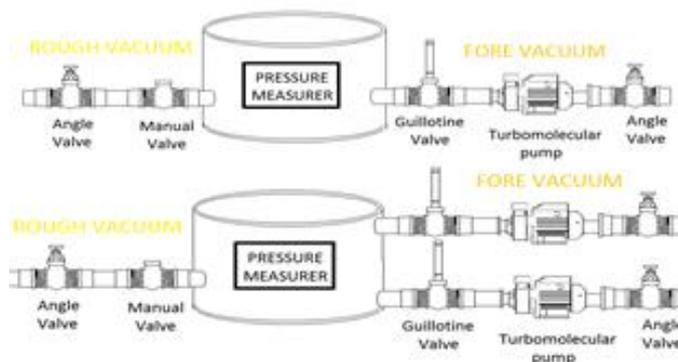
La automatización se basa en la información susceptible de obtenerse de los distintos elementos de campo y de las órdenes que estos puedan recibir. A su vez, se tendrá en cuenta como línea básica para el diseño del automatismo la idea de la estandarización de cámaras que se explica más adelante.

2.1. Información disponible para la automatización

La información disponible para la automatización proviene de los elementos de campo. Por un lado, las válvulas de ángulo, de guillotina y de ángulo manuales poseen dos finales de carrera que señalan los estados de apertura y cierre lo que introduce en el automatismo dos entradas digitales por válvula. Las válvulas de guillotina y de ángulo (las manuales no) reciben una señal de actuación binaria para la maniobra de apertura o cierre que introduce en el automatismo una salida digital por válvula. Por otro, los medidores de presión y las válvulas de guillotina se comunican con el controlador a través de protocolo Profibus por lo que pueden intercambiar gran cantidad de datos con el usuario y recibir órdenes complejas.

2.2. Estandarización de cámaras

Las cámaras de vacío son físicamente muy diversas pues poseen distintos tamaños y formas. Sin embargo, a efectos prácticos del diseño del automatismo se considerarán solo dos tipos de cámaras: cámaras con una línea de vacío *fore pump* y cámaras con dos líneas de vacío *fore pump*. Esta división se ha realizado atendiendo únicamente a sus características de cara al control: número de entradas y salidas y conexiones Profibus. La razón por la que algunas cámaras tienen dos líneas de vacío es simplemente su tamaño, añadiendo una línea más se asegura la consecución del vacío en un volumen más grande dentro de los tiempos esperados.



MIII. Fig. 2 Estandarización de cámaras

3. Nivel de campo

Como se dijo anteriormente, en el nivel de campo se encuentran todos los sensores y actuadores del sistema, es decir, los medidores de presión, las bombas turbomoleculares y las válvulas de ángulo, de guillotina y manuales de todas las cámaras. En total se encuentran 96 elementos de los cuales 85 son susceptibles de ser automatizados debido a la existencia de las válvulas manuales.

Los elementos de la periferia se dividen en dos categorías: aquellos que se comunican a través de protocolo Profibus (medidores de presión y bombas turbomoleculares) y los que se comunican mediante señales eléctricas de 0 – 24V CC (válvulas). Sobra decir que la comunicación a través de protocolo Profibus es muchísimo más compleja permitiendo al usuario requerir todo tipo de datos del elemento y enviar gran cantidad de órdenes complejas al mismo. En el caso de las válvulas, al establecerse la comunicación a través de señales eléctricas sólo se puede intercambiar un estado binario (abierta o cerrado) obtenido de los finales de carrera y enviar las órdenes respectivas de apertura y cierre al actuador electroneumático.



MIII. Fig. 3 Pirámide de automatización. Nivel de campo

3.1. Profibus

Profibus es un estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva del inglés Process Field Bus, bus de proceso de campo. Fue un proyecto desarrollado entre los años 1987 y 1990 por las empresas alemanas Bosch, Klöckner Möller y Siemens, y por otras como ABB, AEG, Honeywell, Landis & Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus y Schleicher. En 1989 la norma alemana DIN19245 adoptó el estándar Profibus, partes 1 y 2 (la

parte 3, Profibus-DP no fue definida hasta 1993). Profibus fue confirmada como norma europea en 1996 como EN50170.

3.1.1. Estructura del bus

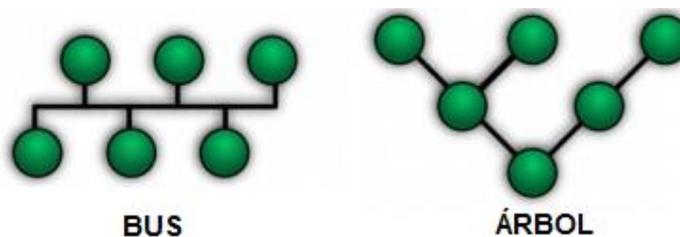
Elementos del bus

El elemento esencial del bus es el nodo. Existen dos tipos de nodos:

- **Activos:** son nodos que pueden actuar como maestro del bus, tomando enteramente el control del bus.
- **Pasivos:** son nodos que únicamente pueden actuar como esclavos y, por tanto, no tienen capacidad para controlar el bus. Estos nodos pueden dialogar con los nodos activos mediante un simple mecanismo de pregunta-respuesta, pero no pueden dialogar directamente entre sí.
- **Repetidores:** los repetidores ejecutan el papel de simples transeptores bidireccionales que regeneran la señal.

Topología

La topología puede ser simplemente en forma de bus o en forma de árbol, en el que los repetidores constituyen el nudo de partida de una expansión del bus.



MIII. Fig. 4 Profibus - Topologías permitidas

3.1.2 Protocolo

Medio físico

La tecnología de transmisión más usada es la RS 485. Su área de aplicación comprende las aplicaciones donde prima la simplicidad, la velocidad de transmisión y ahorro en costes de la instalación. Se usa un par diferencial con cable trenzado, previsto para comunicación semiduplex (envío de información bidireccional pero no simultáneo). También

puede implementarse con fibra óptica y enlaces con estaciones remotas por vía inalámbrica. La velocidad de transmisión varía entre 9.6 kbits/s y 12 Mbits/s, dependiendo del medio físico y de la longitud del bus.

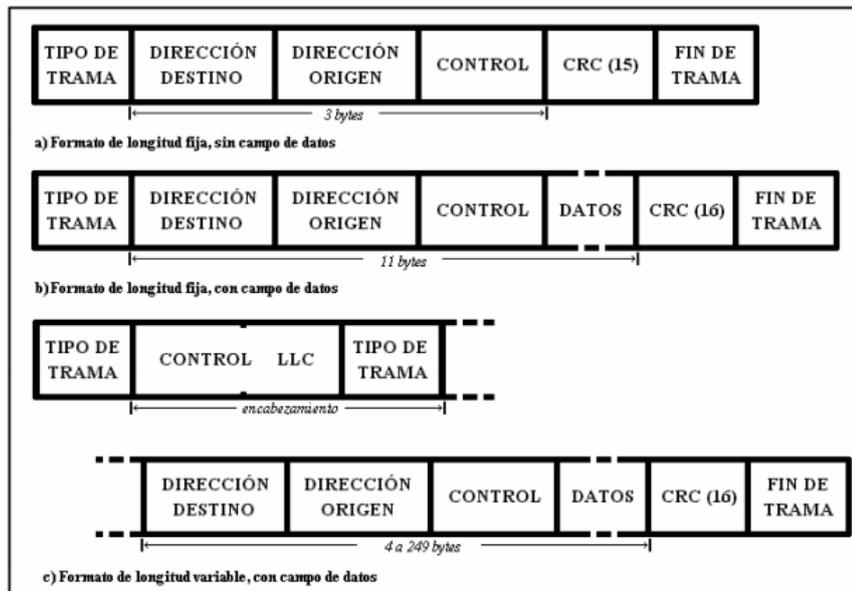
Arquitectura

La arquitectura de este protocolo está orientada al sistema OSI (*Open System Interconnection*), modelo de referencia de acuerdo con la norma internacional ISO 7498. En este modelo cada capa de transmisión realiza unas funciones específicas.

4. La capa 1 o capa física define las características de la transmisión (medio físico y forma en la que se transmite la información).
5. La capa 2 o capa de enlace (conocida en inglés como FDL – *Fieldbus Data Link Layer*) define el protocolo de acceso al bus y se encarga de establecer el orden de circulación del testigo una vez inicializado el bus, adjudicando el testigo en el arranque, en caso de pérdida del mismo o en caso de modificación de los nodos activos. Esta capa se ocupa por tanto del direccionamiento físico, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.
6. La capa 7 o capa de aplicación define las funciones de aplicación. Así, ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos,

Trama

La trama admite tres tipos de formato: tramas de longitud fija sin datos, tramas de longitud fija con datos y tramas de longitud variable. La interpretación de dichas tramas es compleja debido a la variedad de tipos previstos para dar servicios a dispositivos con distinto nivel de complejidad.



MIII. Fig. 5 Profibus - Tipos de tramas

3.1.3. Profibus DP

Sus siglas DP significan Decentralised Peripherals, periferia descentralizada. Esta versión de Profibus gestiona todas las comunicaciones entre el controlador y los dispositivos de campo individuales. Profibus DP usa las capas 1 y 2 pero no define de las capas 3 a 7 y asegura una transmisión de datos rápida y eficiente. Se permite realizar la comunicación por RS-485 o por fibra óptica.

Esta será la versión de Profibus que se utilizará para conectar el controlador con la periferia descentralizada a controlar a través de comunicación RS-485. Todos los elementos de Siemens tienen la posibilidad de comunicarse vía Profibus mediante módulo de comunicación o adaptadores. El controlador actuará como nodo activo maestro del bus mientras que los demás elementos de la periferia (medidores de presión y bombas turbomoleculares) serán nodos esclavo pasivos. La topología de red a utilizar será tipo bus.

4. Nivel de control

En el nivel de control se ubica el PLC controlador del sistema. Teniendo en cuenta el número de entradas y salidas que deberá gestionar el automatismo (ver Anejo III Listado de elementos generales) las posibilidades que ofrece Siemens son dos: el autómatas S71500 o el módulo de periferia distribuida ET200SP. El autómatas S71200 se descartó por sus limitaciones en lo que respecta al número de conexiones Profibus permitidas (16 lo que es insuficiente y obligaría a incluir repetidores de señal en el sistema). El sistema cuenta con 32

esclavos sin tener en cuenta las futuras ampliaciones por lo que se prefiere trabajar con un controlador más potente.

La solución elegida fue el módulo de periferia distribuida ET200SP por dos razones: la primera por la sencillez de instalación del módulo en el armario de control y la segunda por el importante ahorro de cable que permite esta configuración.

Por un lado, la sencillez de instalación se debe principalmente al tamaño reducido del módulo en comparación con el autómeta S71500. Además, el módulo de periferia distribuida ET200SP está diseñado para la fácil ampliación del número de entradas y salidas mediante tarjetas de ampliación. Por otro, el módulo ET200SP está pensado para instalarse fácilmente en carril DIN mientras que este tipo de instalación no es posible en el caso del autómeta S7 1500 que requiere un adaptador de carril DIN.

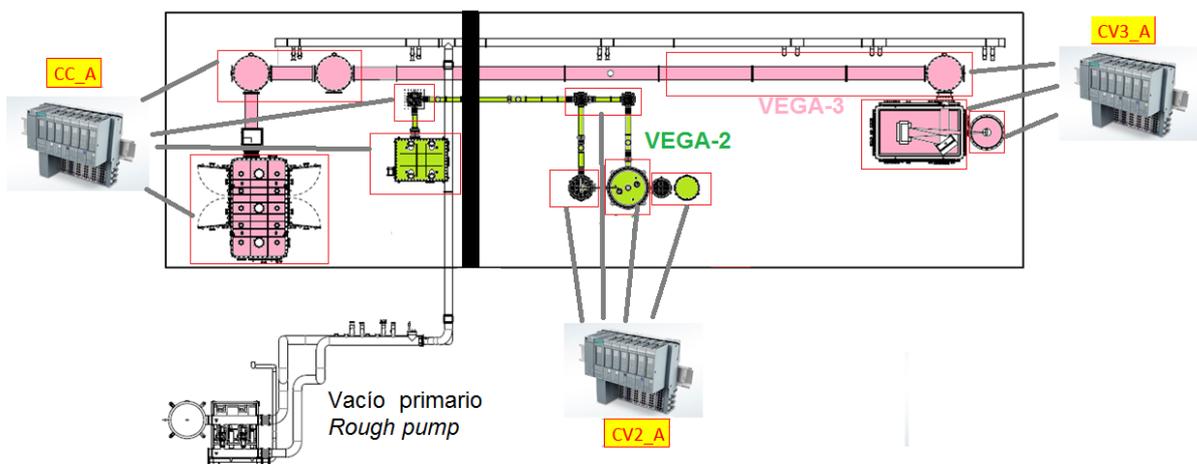
Cabe destacar en este punto importante que es para el proyecto el lograr cablear lo mínimo posible. Por un lado, las distancias entre elementos son relativamente largas y el cableado complejo pues ya existen gran cantidad de instalaciones previamente instaladas que quitan espacio. Por otro, la existencia de la pared de plomo de 1 m de espesor dividiendo la Sala Láser y la Sala de Experimentación dificulta el paso de cableado entre elementos a automatizar ubicados a un lado u otro de la misma.

Por lo tanto, con el objetivo de cablear lo mínimo posible la distribución final del nivel de control se realizará con tres módulos de periferia distribuida ET200SP que serán destinados cada uno a la automatización de un grupo determinado de elementos. Cada uno de los módulos se dotará con CPU 1510C con módulo de interfaz Profinet IM 155-6PN (que viene por defecto) y maestro Profibus CM DP por lo que cada una de las tres partes del sistema actuará de forma independiente pero sincronizada con las demás comunicándose los módulos entre sí a través de una red Profinet. Los tres módulos de periferia reciben los nombres de los armario eléctricos donde irán instalados (ver la sección del Diseño del cableado eléctrico de este capítulo), CC_A (módulo de compresores), CV2_A (módulo de la línea de VEGA.2) y CV3_A (módulo de línea de VEGA-3).

Con esta distribución se consiguen cuatro objetivos. En primer lugar, al reducirse el número de entradas y salidas que maneja cada ET200SP se puede utilizar la CPU de menor rango (1510C) no la 1512C con el consecuente ahorro en costes. En segundo lugar, al reducirse también el número de esclavos Profibus por ET200SP no será necesario incluir dentro del esquema repetidores de señal ni ahora ni en ampliaciones futuras del sistema (que son necesarios cada vez que se supere un múltiplo de 32 en el número de esclavos), repercutiendo esto también en un ahorro de costes. En tercer lugar, mediante esta configuración el único cableado que deberá de cruzar la pared de plomo será el cable Profinet que conectará ente sí los tres módulos de periferia descentralizada. Por último, se destaca la simplificación en lo que respecta al software. En cada ET200SP se programará

exclusivamente las tareas relacionadas con los elementos que controla y las herramientas para comunicarse con los demás módulos. Se programarán tres rutinas simples en vez de una compleja.

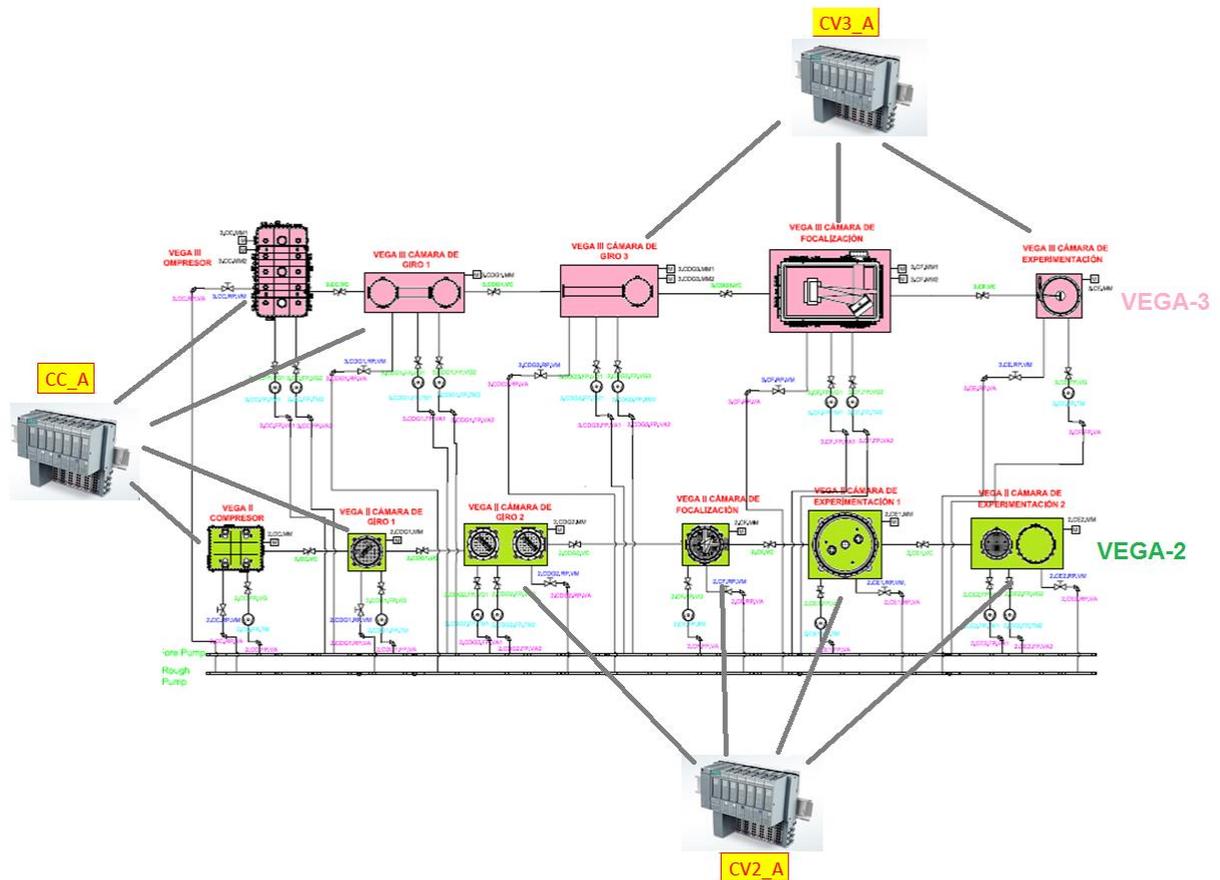
En la imagen inferior se observa la distribución final a nivel de control descrita:



MIII. Fig. 6 Nivel de control. Plano de planta

Se señalan en rojo las cámaras que conforman las líneas de vacío. Es importante entender que el plano que se observa en la imagen superior es el plano de planta del sistema con la ubicación real de las cámaras. En negro se observa la delimitación de la pared de plomo que divide ambas salas.

Lo que se observa en la imagen inferior es el esquema de las líneas de vacío de VEGA-2 y VEGA-3 que se realizó con el objetivo de comprender las conexiones de todos los elementos del sistema de vacío con cada una de las cámaras.



MIII. Fig. 7 Nivel de control. Plano esquemático del sistema de vacío

En la Tabla 8 se numeran todas las entradas digitales, salidas digitales y conexiones Profibus que deberá gestionar cada uno de los tres módulos descritos.

4.1. Componentes

Módulo de periferia descentralizada ET200SP

ET200SP es el sistema universal escalable dirigido a sistemas de periferia descentralizada (*scalable periphery, SP*) con grado de protección IP20 para montaje en armario eléctrico. ET200SP se caracteriza por su manejo sencillo, su diseño compacto (profundidad de 75mm aproximadamente) que garantiza el máximo ahorro de espacio en el armario eléctrico y su alto rendimiento. El módulo de periferia puede incluir hasta 32 módulos de ampliación de entradas y salidas con un máximo de 16 señales cada uno (debido al módulo de interfaz que se utilice en este caso Profinet IM155-6 PN ST).



MIII. Fig. 8 ET200SP

Una estación ET200SP constará de un módulo de interfaz para la conexión a Profinet IM155-6 PN ST, la CPU 1510SP-1 PN (en este caso), un módulo de interfaz Profibus CM DP, los módulos de periferia de entradas y salidas digitales (en este caso) y un módulo de servidor que cierra la estructura el módulo.

Los módulos se enchufan en *Base Unit* (unidad base) pasivas que a su vez se montan en un carril DIN estándar. Las unidades base constituyen el elemento de unión eléctrica y mecánica entre los módulos del ET200SP. La caja de bornes de una unidad base puede sustituirse fácilmente en caso de dañarse los bornes. La conexión a Profinet se realiza mediante adaptadores de bus en el módulo de interfaz que permiten escoger libremente el sistema de conexión y el tipo de hardware en función de las necesidades de la aplicación. En este caso se utilizarán conectores RJ45 como el que se observa en la imagen inferior con el adaptador de bus correspondiente. El módulo de interfaz IM 155-6PN conecta el ET200SP con Profinet y transfiere los datos entre el controlador superior (en este caso el sistema SCADA implementado en el nivel de supervisión) y los módulos de periferia (entradas y salidas digitales).



MIII. Fig. 9 ET200SP. Conexión Profinet

Los módulos de periferia se dividen en nueve tipos diferentes que se detallan en la tabla inferior. Los tipos se distinguen entre sí mediante un cuadrado coloreado, específico para cada uno que va impreso en la parte frontal del módulo. La codificación mecánica de los módulos de periferia en correspondencia con la unidad base evita las confusiones a la hora de montarlos.

Función	Referencia base
Entrada digital DI 8x24 V DC estándar	6ES7 131-6BF.
Entrada digital DI 16x24 V DC estándar	6ES7 131-6BH.
Salida digital DQ 4x24 V DC/2 A estándar	6ES7 132-6BD.
Salida digital DQ 8x24 V DC/0,5 A estándar	6ES7 132-6BF.
Salida digital DQ 16x24 V DC/0,5 A estándar	6ES7 132-6BH.

Función	Referencia base
Entrada analógica AI 4xI 2/4 wire estándar	6ES7 134-6GD.
Entrada analógica AI 4xUI 2 wire estándar	6ES7 134-6HD.
Entrada analógica AI 4xRTD/TC 2/3/4 wire High Feature	6ES7 134-6JD.
Salida analógica AQ 4xUI estándar	6ES7 135-6HD.

MII. A. Tabla. 1 ET200SP. Tipo de módulos de periferia

CPU 1510SP-1 PN

Referencia: 6ES7510-1DJ01-0AB0

Esta es la CPU de menor rango compatible con los el módulo de periferia descentralizada ET200SP. Puede configurar como nodo maestro (o esclavo) dentro de una red Profibus a través del módulo CM DP como ya se mencionó anteriormente. Se alimenta a 24V CC.



MIII. Fig. 10 ET200SP. CPU 1510SP-1 PN

Módulo de interfaz Profinet IM 155-6 PN

Referencia: 6ES7155-6AU01-0BN0

Este es el módulo de interfaz para conectar el ET200SP a Profinet. Se encarga de todo el intercambio de datos con el maestro Profinet (las Touch PAD donde se implementará el software SCADA en el nivel de supervisión que se explicará más adelante). Puede gestionar un máximo de 32 módulos de periferia debiéndose incluir un módulo de potencia cada seis módulos de periferia. Se alimenta a 24V CC.

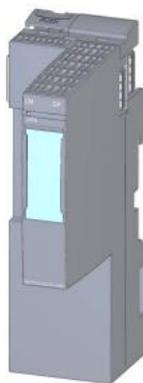


MIII. Fig. 11 Módulo de interfaz Profinet IM 155-6 PN

Módulo de interfaz Profibus CM DP

Referencia: 6ES7545-5DA00-0AB0

El módulo CM DP conecta la CPU del ET200SP con un sistema de periferia distribuida Profibus DP. Utiliza un bus de conexión con una interfaz RS 485 y permite al ET200SP trabajar como maestro y como esclavo Profibus.



MIII. Fig. 12 Módulo de interfaz Profibus CM DP

Módulos de periferia

Referencias: Entradas digitales 16x24V 6ES7 131-6BH00-0BA0

Salidas digitales 16x24V 6ES7 132-6BH00-0BA0

Los módulos de periferia que se utilizarán son dos, el módulo de 16 entradas digitales de 24V CC y el módulo de 16 salidas digitales de 24V CC con una intensidad de salida de 0,5 A.

4.2. ET200SP

Como se dijo anteriormente, en el nivel de control se ubicarán tres módulos de periferia descentralizada ET200SP (ver figuras MIII Fig. 6 y Fig. 7). En esta sección se explica en detalle cuántos módulos de periferia de entradas y salidas analógicas 16x24V CC se deberá instalar en cada uno de ellos. En la tabla inferior se hace un recuento:

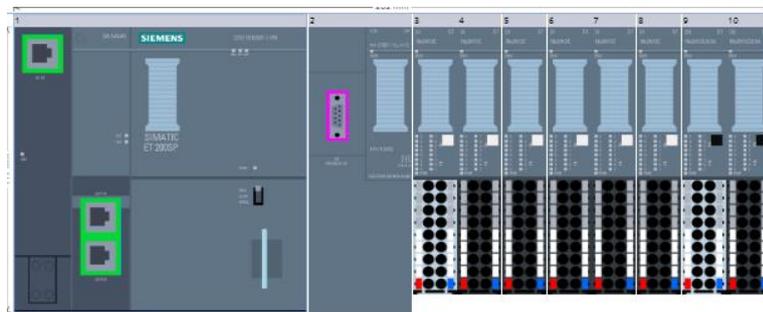
CC_A	ED (AUT+PULSADORES)	SD	TARJETAS X 16	Profibus
PLC_1 (CPU) ET200SP	2.CC	16	4	2
	2.CDG1	16	4	2
	3.CC	24	6	4
	3.CDG1	24 20% +	6 20% +	3 20% +
	80	20	2	11
	96	24		13,2
	96	24		14
CV2_A	ED (AUT+PULSADORES)	SD	TARJETAS X 16	Profibus
PLC_2 (CPU) ET200SP	2.CDG2	24	6	3
	2.CF	16	4	4
	2.CE1	16	4	2
	2.CE2	20	5	3
	20% +	20% +	2	20% +
	76	19		12
	91,2	22,8		14,4
	92	23		15
CV3_A	ED (AUT+PULSADORES)	SD	TARJETAS X 16	Profibus
PLC_3 (CPU) ET200SP	3.CDG3	24	6	4
	3.CF	24	6	4
	3.CE	12	3	2
		20% +	20% +	2
	60	15		10
	72	18		12
	72	18		12
TOTAL (20%)	260	65		41

MIII. A. Tabla. 2 Recuento entradas y salidas digitales y conexiones Profibus

Las entradas digitales derivan de los finales de carrera de las válvulas y de los pulsadores marcha paro del modo de control semiautomático que se explicará más adelante. Las salidas digitales provienen de las señales de actuación de las válvulas de ángulo y de guillotina.

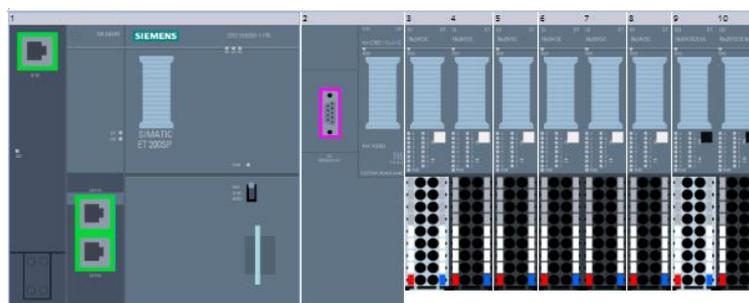
La nomenclatura utilizada corresponde al nombre que se la ha dado a cada uno de los armarios de control: CC_A armario de compresores, CV2_A armario de VEGA-2 y CV3_A armario de VEGA-3. La distribución en planta de los armarios se detalla en el punto 3.6.

El ET200SP del armario de compresores (PLC_1 en la nomenclatura del sistema) contará con 96 entradas digitales, 24 salidas digitales y 14 esclavos Profibus. En la imagen inferior se observa la imagen del ET200SP con esta configuración obtenida utilizando el software *TIA Selection Tool* de Siemens con 8 módulos de periferia en total. Los módulos en gris son módulos de potencia que se insertan cada seis módulos de entradas/ salidas.



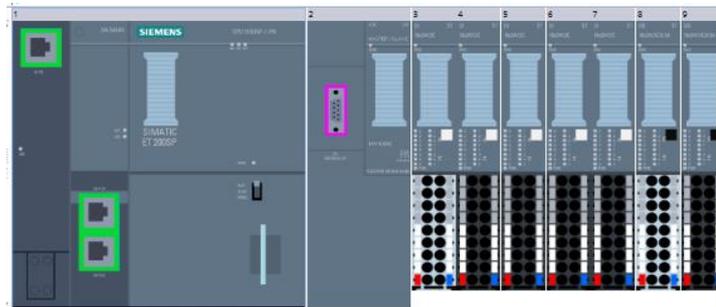
MIII. Fig. 13 ET200SP. Armario de compresores CC_A (PLC_1)

El ET200SP del armario de VEGA-2 (PLC_2) contará con 92 entradas digitales, 23 salidas digitales y 15 esclavos Profibus. En la imagen inferior se observa la imagen del ET200SP con esta configuración con 8 módulos de periferia en total.



MIII. Fig. 14 ET200SP. Armario de VEGA-2 CV2_A (PLC_2)

El ET200SP del armario de VEGA-3 (PLC_3) contará con 72 entradas digitales, 18 salidas digitales y 12 esclavos Profibus. En la imagen inferior se observa la imagen del ET200SP con esta configuración con 7 módulos de periferia en total.



MIII. Fig. 15 ET200SP. Armario de VEGA-3 CV3_A (PLC_3)

Cabe destacar que todos los cálculos de número de entradas y salidas digitales y de esclavos Profibus se realiza teniendo en cuenta un 20% de reserva para futuras ampliaciones del sistema.

4.3. Profinet

Profinet es una estándar abierto para comunicaciones industriales que trabaja sobre el medio físico de Ethernet Industria según IEC 61784-2. Está diseñado para recolección de datos y control de equipamiento en sistemas industriales con un énfasis en la rapidez de transmisión de la información con una velocidad máxima de transferencia interna de 100 Mbits/s (casi diez veces más rápido que Profibus). Profinet permite pasar de estructuras de control centralizadas a unidades descentralizadas como es el caso.

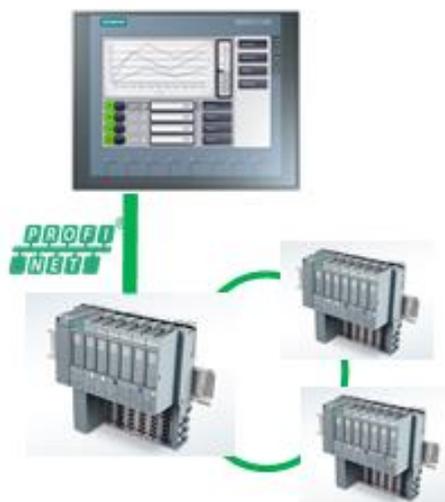
Las ventajas básicas que ofrece Profinet son en primer lugar el funcionar a través de un medio tan común como lo es Ethernet lo que permite disminuir el número de interfaces si quiere realizarse una conexión con niveles superiores en la pirámide de automatización donde este medio físico es el más utilizado. Además, permite utilizar una cantidad ilimitada de nodos y gracias a su alta velocidad permite una comunicación en tiempo real con el sistema. Por último, permite la conexión inalámbrica *Wireless LAN Industrial* que puede llegar a ser muy útil en expansiones futuras del sistema en la que se quieran añadir este tipo de prestaciones.

5. Nivel de supervisión

En este nivel se implementan tareas de control y supervisión del proceso a las que el usuario podrá acceder a través de una pantalla HMI *Touch PAD* de Siemens KTP 900. El software SCADA que se implementará realizará una adquisición de datos de campo constante, desarrollará gráficos informativos para el usuario, gestionará las alarmas que produzca el funcionamiento del sistema e implementará los modos de control semiautomático y automático, como ya se dijo anteriormente. Como ya se mencionó

anteriormente, este nivel se comunica con el nivel de control mediante protocolo Profinet. La pantalla KTP 900 posee por defecto módulos de interfaz Profinet.

Siguiendo el diseño de planta del nivel de control y debido a las necesidades de la instalación se instalarán un mínimo de tres pantallas táctiles a pie de campo cada una conectada con el ET200SP correspondiente. Una de las pantallas deberá ubicarse fuera de ambas salas (la Sala Láser y la Sala de Experimentación) para que las tareas de supervisión y control puedan realizarse en los momentos en los que las salas se encuentren inaccesibles, lo que sucede cuando se entra en el modo radioactivo de funcionamiento de la instalación láser. Para la conexión de esta pantalla deberá tenerse en cuenta la necesidad de cablear desde la ubicación del armario eléctrico donde se encuentre el ET200SP respectivo hasta un punto ubicado fuera de las salas. Debe tenerse en cuenta que debido a la interacción constante que el usuario deberá tener con el sistema (que deriva de los elementos manuales existentes en el mismo) la ubicación de las pantallas táctiles en el plano será crítica para el desarrollo fluido de las tareas de automatización. La ubicación específica no se establece puesto que la distribución en planta de los elementos cambiará a futuro y lo que se diga en este momento puede no tener sentido a posteriori. Se aconseja también considerar integrar en el nivel de supervisión una pantalla táctil con conexión *Wireless* LAN permitida por el protocolo Profinet. De esta forma, el usuario sería libre para desplazarse a través de las cámaras sin perder la posibilidad de interactuar continuamente con el sistema.

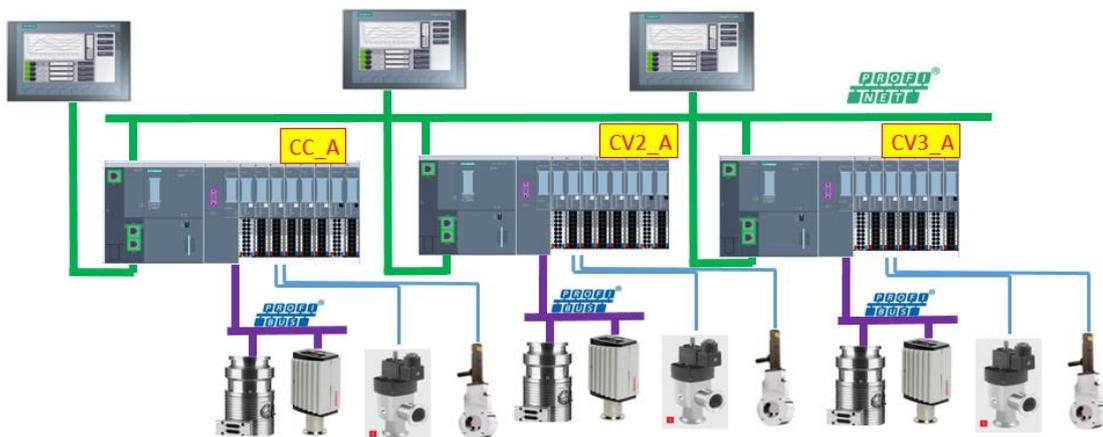


MIII. Fig. 16 Nivel de supervisión

6. Distribución hardware final

La distribución hardware final es el resultado de unir todos los elementos de los distintos niveles de la pirámide de automatización descritos en los apartados anteriores. El nivel de

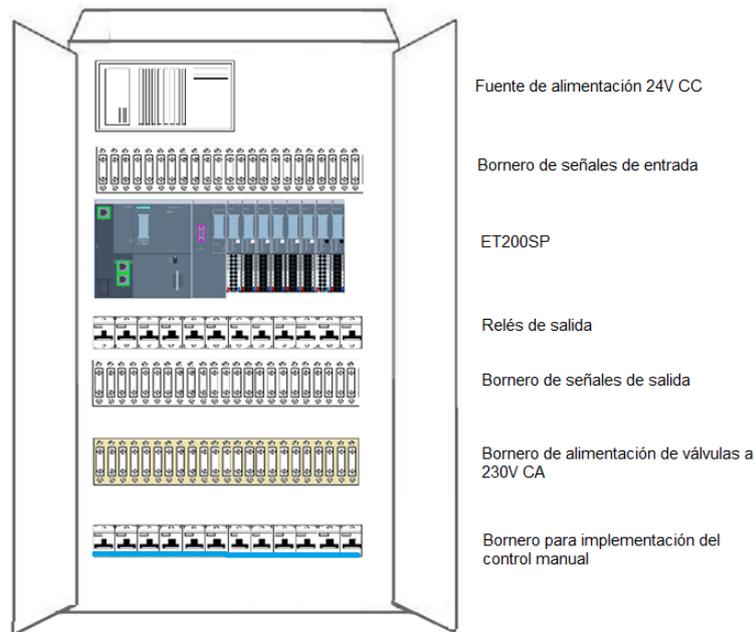
campo lo compondrán los sensores y actuadores conectados al controlador mediante protocolo Profibus e intercambio de señales eléctricas 0-24V CC con el controlador. El nivel el control lo componen los tres módulos de periferia descentralizada ET200SP que gestionarán las entradas y salidas digitales del sistema y serán los maestros Profibus de sus respectivos esclavos. Estos módulos se comunicarán entre sí a través de protocolo Profinet que se caracteriza por su rápida transmisión de datos. Por último, el nivel de supervisión lo componen tres pantallas táctiles que serán la interfaz para interacción con el usuario. Las pantallas tendrán implementado un software SCADA para control y supervisión del proceso desde donde el usuario podrá gestionar los modos de control automático y semiautomático que se explicarán más adelante. En la imagen inferior se observa un esquema de la distribución hardware final tal y como se ha descrito.



MIII. Fig. 17 Distribución hardware final

7. Armarios eléctricos

El ET200SP tiene un grado de protección IP20 por lo que debe de instalarse dentro de un armario eléctrico. Se ubicarán por lo tanto tres armarios eléctricos que contendrán en cada caso el ET200SP respectivo con todos sus módulos, la fuente de alimentación de 24V CC, los bornero de entrada y salida del armario, relés que se conectarán a las salidas digitales del autómatas y un bornero de alimentación a 230V AC para alimentar todas las electroválvulas. En la siguiente imagen se observa un esquema de lo que se encontrará dentro de cada uno de los armarios de control.



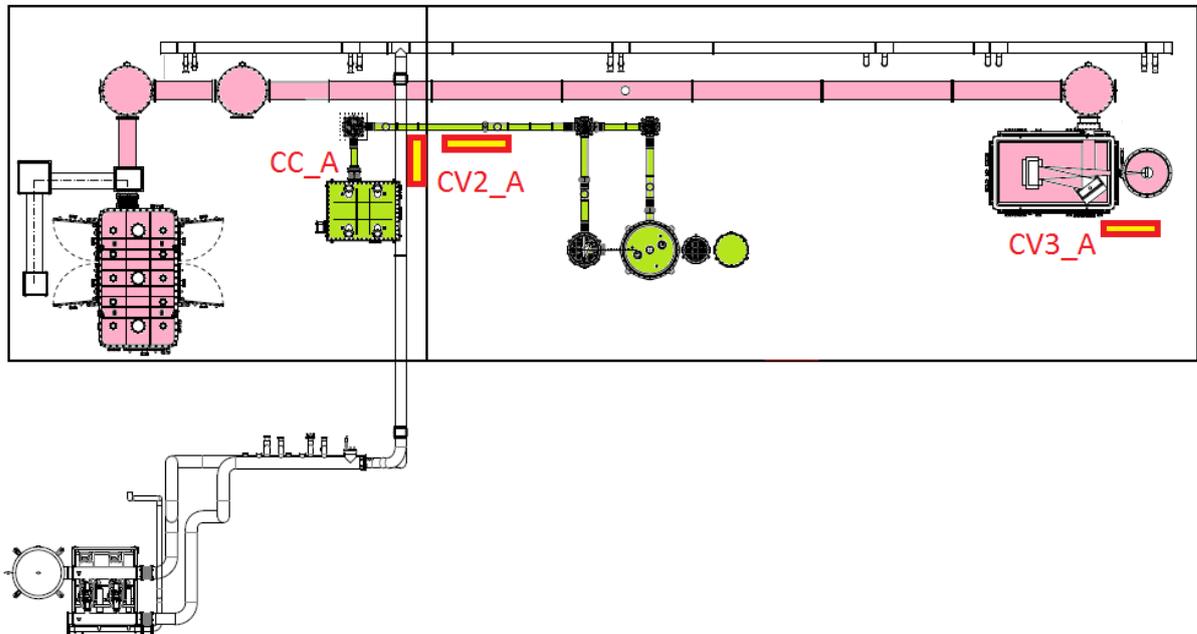
MIII. Fig. 18 Armario de control. Esquema

En la parte baja del armario se encuentran unos relés que se instalarán para implementar el modo de control automático que se explicará más adelante. Todos los armarios se explican en detalle en el Capítulo III en la sección Diseño del cableado eléctrico.

Los borneros para alimentación de las bombas turbomoleculares se ubicarán en racks de alimentación de bombas aparte del armario eléctrico.

7.1. Distribución en planta

Como ya se dijo anteriormente, se ubicarán tres ET200SP en el nivel de control. Físicamente estos módulos de periferia descentralizada deben de instalarse dentro de un armario eléctrico sujetos a un carril DIN. La ubicación de estos armarios eléctricos es de suma importancia, se debe procurar ubicarlos lo más cerca posible de los elementos a controlar con el fin de minimizar la longitud de cableado. A su vez, se siguieron instrucciones del personal del Centro para ubicar los armarios en puntos en los que no dificulten el desarrollo futuro de la instalación. Así, se obtuvieron las ubicaciones para los tres armarios que se observan en la imagen inferior.



MIII. Fig. 19 Armarios eléctricos. Distribución en planta

Como se observa, el armario de compresores CC_A se ubica en la Sala Láser y se apoya en la pared de plomo que separa esta sala de la Sala de Experimentación. El armario de VEGA-2 CV2_A se ubica en la Sala de Experimentación y se apoya en una pared de 2m de alto tipo dominó que no se muestra en el plano.

Por último, el armario de VEGA-3 se ubicará cerca de la cámara de experimentación de esta línea como se observa en el plano. Esta zona es compleja puesto que a futuro se espera una ampliación de la línea de VEGA-3 por lo que el armario no debe obstaculizar ninguna línea física de expansión. Además, esta zona por su ubicación sufrirá altos niveles de radiación y los elementos estarán expuestos al pulso electromagnético generado por los disparos del láser. Se debe ubicar el armario en la zona que menos radiación reciba evitando las alturas de alrededor de 1m que concentrarán más radiación y las ubicaciones que se encuentren en la línea de disparo del láser. El armario también deberá aislarse en la medida de lo posible. Para la ubicación de este armario se consultará con el Área de Radioprotección del Centro.

SOFTWARE

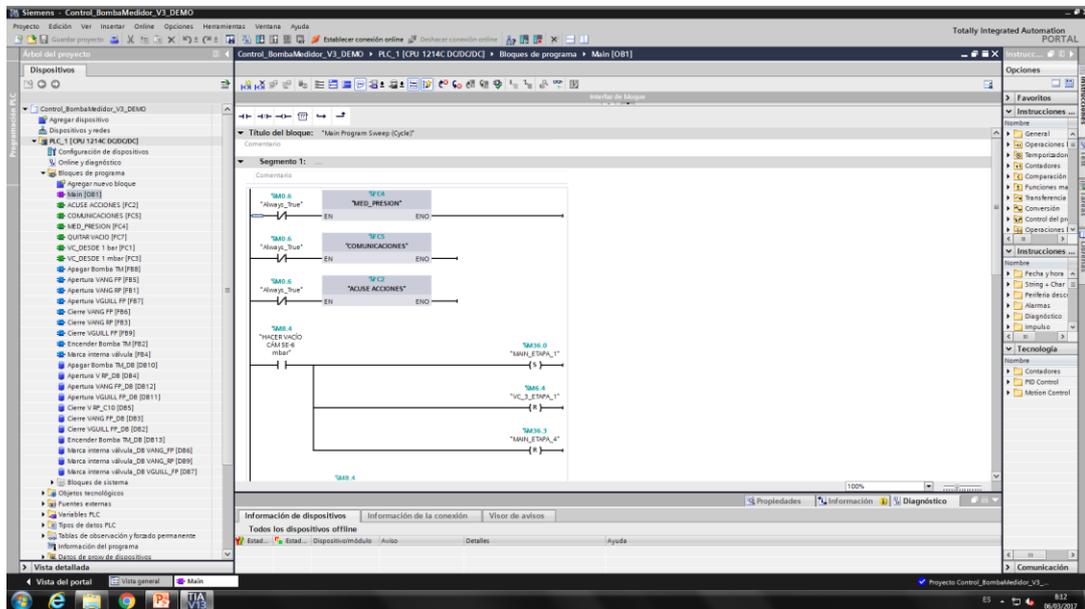
1. Introducción

El software que deberá programarse tendrá dos vertientes. Por un lado, se deberá diseñar el programa de usuario que incluya las rutinas que implementen lógica de funcionamiento del sistema. Por otro, se debe de programar el software de control y supervisión del proceso (SCADA) que se implementará en la pantalla táctil a modo de interfaz con el usuario.

2. TIA Portal. Bloques de programación

TIA Portal (*Totally Integrated Automation Portal*, Portal de Automatización Integrada) es el entorno de Siemens en el que se programan todos los controladores y pantallas. TIA Portal reúne las herramientas de software para automatización SIMATIC STEP 7, SIMATIC WinCC y SINAMICS.

STEP 7 es un software de programación de PLC, dispone de tres lenguajes de programación: FBS (bloques lógicos), KOP (esquema de contactos eléctricos) y AWL (lista de instrucciones). WinCC es un software de supervisión y control (SCADA) que permite programar interfaces de usuario (HMI). SINAMICS es una familia de drivers que abarca todas las necesidades de la industria desde el funcionamiento básico (funcionamiento como convertidor de frecuencia), drivers de propósito general (para ser usados en motores de bombas o ventiladores) y servo drivers para aplicaciones específicas que involucran servo motores síncronos y motores de inducción. El entorno de TIA Portal se observa en la imagen inferior.



MIII. Fig. 20 Entorno TIA Portal Siemens

Al crear un programa de usuario las instrucciones del programa se insertan en bloques lógicos. Los tipos de bloques de programa son OB (bloque de organización), FC (función), FB (bloque de función) y DB (bloque de datos). A continuación se explica cada uno de los bloques [1].

2.1. OB – Bloque de organización

Un bloque de organización (OB) reacciona a un evento específico en la CPU y puede interrumpir la ejecución del programa de usuario. El bloque predeterminado para la ejecución cíclica del programa de usuario es OB1. Este bloque ofrece la estructura básica de programación y es el único bloque lógico que se requiere para el programa de usuario ya que contendrá el programa principal. Si se incluyen otros bloques de organización en el programa estos interrumpen la ejecución del OB1. Los demás bloques de organización ejecutan funciones específicas tales como tareas de arranque, procesamiento de alarmas y tratamiento de errores o ejecución de un código de programa específico en determinados intervalos.



MIII. Fig. 21 OB. Bloque de organización

2.2. FB – Bloque de función

Un bloque de función (FB) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). El bloque que efectúa la llamada transfiere parámetros al bloque de función e identifica un bloque de datos determinado (DB) que almacenará los datos de la llamada o instancia específica del bloque de función. La modificación del DB instancia permite a un FB genérico controlar el funcionamiento de un conjunto de dispositivos. En este caso, un solo FB puede controlar varias bombas o válvulas. Diferentes bloques de datos instancia contendrán los parámetros operativos específicos de cada bomba o válvula.



MIII. Fig. 22 FB. Bloque de función

2.3. FC – Función

Una función (FC) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). La función no tiene un bloque de datos instancia asociado (como sí es el caso de los bloques de función). El bloque que efectúa la llamada transfiere los parámetros a la FC. Los valores de salida de la FC deben escribirse en una dirección de la memoria o en un bloque de datos (DB) global si se requiere su almacenamiento de forma permanente. Una función es un bloque lógico que, por lo general, realiza una operación específica en un conjunto de valores de entrada. Una función se puede llamar varias veces en diferentes puntos de un programa lo que facilita la programación de tareas que se repiten con frecuencia.



MIII. Fig. 23 FC. Función

2.4. DB – Bloque de datos

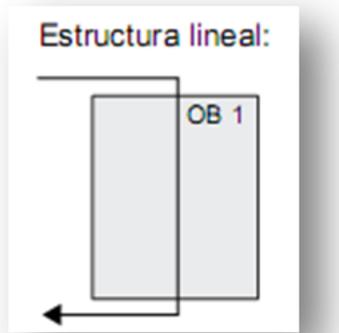
Los bloques de datos (DB) se crean en el programa de usuario para almacenar los datos de los bloques lógicos. Hay dos tipos de bloques de datos: DB global y DB de instancia. Un DB global almacena los datos de los bloques lógicos en el programa. Cualquier OB, FB o FC puede acceder a los datos en un DB global. Un DB de instancia almacena los datos de un FB específico. La estructura de los datos en Un DB instancia refleja los parámetros (Input, Output e InOut) y los datos estáticos del FB.



MIII. Fig. 24 DB. Bloque de datos

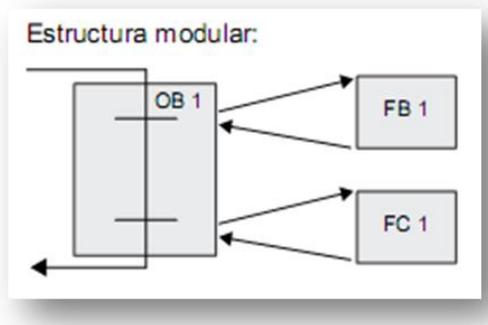
3. Estructura del programa de usuario

La estructura del programa de usuario puede ser lineal o modular según los requisitos de la aplicación, asociándose esta última a programas de usuario más complejos. Un programa lineal ejecuta todas las instrucciones de forma secuencial. Generalmente, el programa lineal contiene todas las instrucciones del programa en el OB encargado de la ejecución cíclica del programa (OB1).



MIII. Fig. 25 Estructura de programa de usuario lineal

Un programa modular ejecuta llamadas a bloques de función específicos que llevan a cabo determinadas tareas. Para crear una estructura modular el programa de usuario se divide en tareas pequeñas que corresponden a funciones específicas del proceso. Esta será la estructura de usuario a utilizar en el programa.

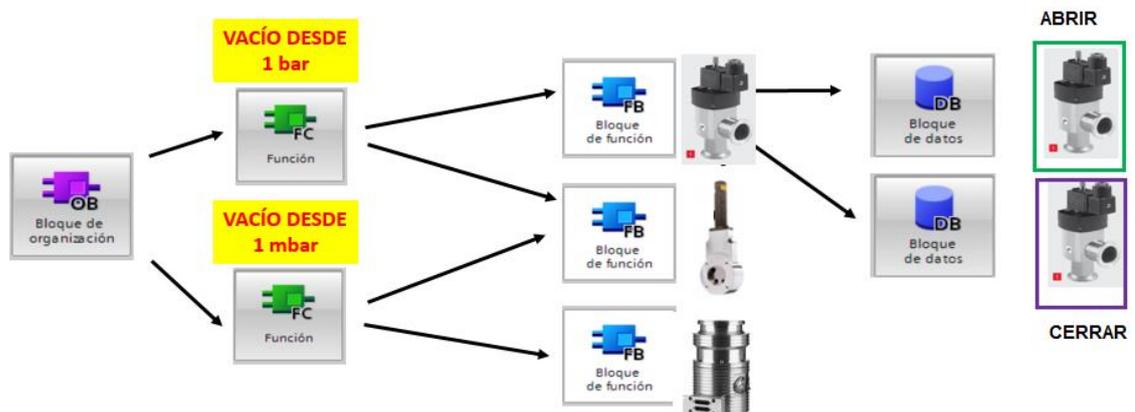


MIII. Fig. 26 Estructura de programa de usuario modular

4. Programación mediante bloques genéricos

La idea principal que lleva a realizar la programación del software mediante bloques genéricos es que la versión demo que se programará (y que controlará únicamente una de las cámaras de la línea de vacío de VEGA-3) pueda ser fácilmente escalable hasta llegar al programa que controle la totalidad del sistema.

Mediante la programación basada en bloques genéricos que implementarán acciones de la misma naturaleza se espera crear un entorno de programación intuitivo en la que los objetos reales se representen por bloques de función genéricos en el programa. De esta forma, el programa se simplificará y dividirá en secciones funcionales estandarizadas (funciones del programa) que ejecutarán tareas específicas dentro del automatismo. Para explicar mejor esta idea se incluye la siguiente imagen:



MIII. Fig. 27 Programación mediante bloques de acciones genéricas

Por ejemplo, si el usuario envía la orden de hacer vacío (como se explicará más adelante cuando se detalle el programa demo, el vacío puede realizarse partiendo desde una cámara a presión atmosférica 1 bar o desde 1 mbar cuando la cámara ya haya pasado por el proceso de hacer vacío hasta este punto con anterioridad) esta orden activará una variable dentro del bloque de organización principal OB1 que llamará a una función. Las funciones son subrutinas que ejecutan pedazos de código de naturaleza secuencial y repetitiva como es el caso de los pasos a seguir para hacer vacío en una cámara (como se vio en la explicación de los graficets respectivos en el Capítulo III Toma de Requerimientos). La función a su vez hará llamadas a distintos bloques de función. Cada bloque de función controla una acción de un tipo de elemento específico del sistema ya sea una válvula de ángulo, una válvula de guillotina o una bomba turbomolecular. El bloque de función ejecuta la acción deseada: abrir o cerrar una válvula o iniciar o parar una bomba turbomolecular. El que la acción recaiga sobre un elemento específico u otro del sistema físico (sobre la válvula de ángulo de la línea del *rough pump* perteneciente a la cámara de vacío x o y) dependerá de los datos que la función inicial le haya transferido. Las variables genéricas que necesita cada bloque de función se guardan, como se mencionó anteriormente, en bloques de datos de instancia. Por ejemplo, para llevar a cabo la tarea de apertura o cierre de la válvula de ángulo de la línea de vacío *rough pump* será necesario transferir al bloque de función una serie de variables de entrada: el estado actual de los finales de carrera de la válvula y de su marca interna (tres variables booleanas); y una serie de variables de salida: el bit de actuación que gobernará el estado de la válvula y la señal de que la cámara ha alcanzado la presión de 1 mbar (nivel de presión de alto vacío, dos señales booleanas).

Todo esto se explicará con mayor detalle cuando se describa la versión demo del automatismo detallando tanto el hardware utilizado como el software demo que se programó.

5. Software SCADA de control y supervisión

Como ya se mencionó en el Capítulo III Toma de Requerimientos, uno de los requerimientos del automatismo es incluir a nivel de supervisión un software SCADA para control y supervisión del proceso. Este software será la interfaz del usuario con el sistema (HMI) y en él se implementarán los modos de control semiautomático y automático explicados anteriormente.

Debido a la complejidad del proyecto este software se implementará en primer lugar parcialmente en el programa demo del automatismo. Se espera de esta forma poder validar las principales características del SCADA que serán: el control total de una cámara de vacío con todos sus elementos, la medición constante de la presión en la cámara a través de una gráfica intuitiva, la comunicación con el usuario (tanto para informarle de los elementos manuales que debe manipular como para recibir señales de confirmación), la implementación de los modos de control semiautomático y automático, el graficar la variación de presión sufrida en la cámara dentro de las últimas tres horas de funcionamiento (para monitorizar los procesos de consecución de vacío), la lectura de los parámetros y la palabra de estado de la bomba turbomolecular y la gestión de alarmas del sistema.

Todo esto se explicará con mayor detalle cuando se describa la versión demo del automatismo detallando tanto el hardware utilizado como el software demo que se programó.

MODOS DE FUNCIONAMIENTO

1. Introducción

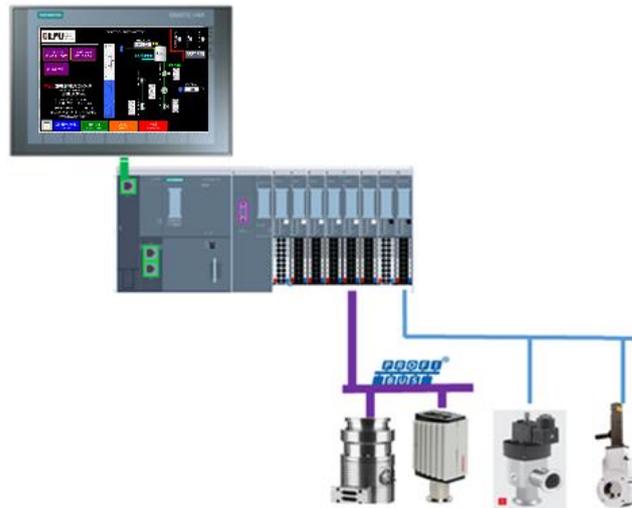
Los modos de funcionamiento del sistema derivan de las necesidades del sistema y de los usuarios. En total se programarán e implementarán físicamente tres modos de funcionamiento: automático, semiautomático y manual.

El modo automático se gestionará únicamente desde la pantalla táctil del nivel de supervisión. El modo semiautomático se implementará en la pantalla y en botones marcha – paro físicos que se instalarán en las puertas de los armarios eléctricos respectivos. Por último, el modo manual se controlará únicamente desde unos relés dispuestos para este fin ubicados dentro de los armarios eléctricos respectivos. A continuación se explica cada uno de los modos de funcionamiento por separado.

2. Modo de funcionamiento automático

En el modo de funcionamiento automático el controlador tiene el control total del proceso con la excepción de algunos procesos de naturaleza manual. Las señales principales que se recibirán del usuario serán las que “hacer vacío” o “quitar vacío”. Además, el controlador informará al usuario de todas las tareas que deba realizar (tareas manuales fuera del alcance del control automático como el accionamiento de las válvulas manuales o el cierre de las cámaras de vacío) y esperará confirmaciones por parte del mismo para continuar con la ejecución del código.

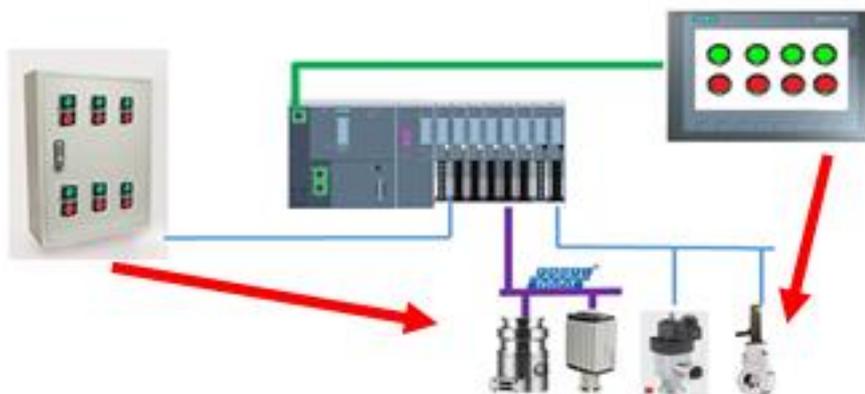
En la imagen inferior se observa un esquema de este modo de funcionamiento. El usuario dará las órdenes de “hacer vacío” o “quitar vacío” desde la pantalla táctil del nivel de supervisión. A partir de este punto el controlador gestionará todas las tareas excepto las que necesiten de la intervención del usuario. Como ya se mencionó anteriormente, la periferia a controlar se conectará con el módulo de periferia descentralizada ET200SP de Siemens mediante dos sistemas. Por un lado, los medidores de presión y las bombas turbomoleculares harán parte de una red Profibus con topología tipo bus. Ambos elementos serán nodos pasivos esclavos de la red mientras que el módulo ET200SP actuará como nodo activo maestro de la misma.



MIII. Fig. 28 Modo de funcionamiento automático

3. Modo de funcionamiento semiautomático

En el modo de funcionamiento semiautomático el usuario interactuará con cada uno de los elementos del sistema individualmente con la guía permanente de la lógica del programa. De esta forma, se evitará que el usuario cometa errores graves en el manejo de los elementos del sistema o en las secuencias que deben seguirse para realizar ciertas tareas. Este modo de funcionamiento se implementará en la pantalla táctil del nivel de supervisión y en botones marcha/parada físicos que se instalarán en las puertas de los armarios eléctricos respectivos. En la imagen inferior se observa el esquema descrito.

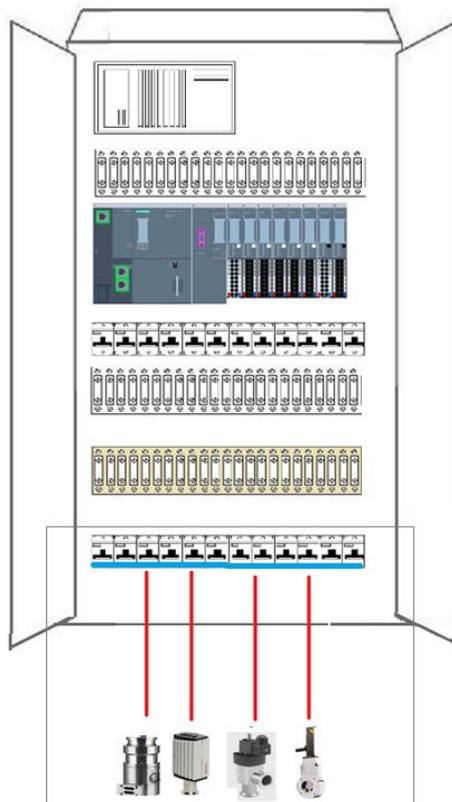


MIII. Fig. 29 Modo de funcionamiento semiautomático

El objetivo de la implementación de este modo de funcionamiento es doble. Por un lado, se espera que sirva de puente entre el funcionamiento no automatizado con el que se funciona actualmente y la automatización completa del sistema que se llevará a cabo. Por otro, el sistema de pulsadores marcha – paro evitará que el sistema quede inutilizable durante el tiempo que se tarde en realizar el cableado y puesta en marcha de la automatización.

4. Modo de funcionamiento manual

En el modo de funcionamiento manual el módulo de periferia descentralizada ET200SP estará eléctricamente desconectado del proceso. En este caso el usuario será completamente responsable de las acciones que realice. El usuario controlará los elementos de la periferia desde relés ubicados en los armarios eléctricos correspondientes tal y como se observa en la imagen inferior.



MIII. Fig. 30 Modo de funcionamiento manual

DISEÑO DEL CABLEADO ELÉCTRICO

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

ESQUEMA GENERAL

El cableado eléctrico se explica en detalle en el Plano III. Esquema eléctrico sistema completo respectivo que se encuentra en la sección de Planos del presente proyecto. A continuación se realiza una descripción esquemática de su contenido.

El Esquema eléctrico del sistema completo se divide en cuatro partes principales: armario de compresores (CC_A), armario de VEGA-2 (CV2_A) y armario de VEGA-3 (CV_3).

A su vez, cada uno de los segmentos de cableado eléctrico de cada armario se detalla por separado describiendo la alimentación de fuerza, la alimentación de control, las entradas y salidas del módulo de periferia ET200SP, la vista del módulo de periferia, de la pantalla táctil y de la red de comunicaciones Profinet.

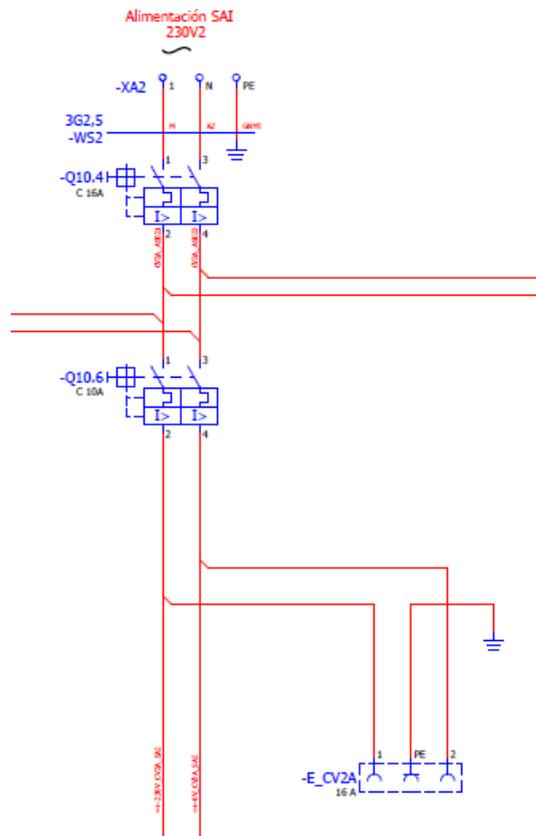
ALIMENTACIÓN DE FUERZA (230 V CA)

Como se mencionó en el Capítulo II Toma de requerimientos, dentro de los requerimientos del cableado eléctrico están la alimentación de un enchufe en cada uno de los armarios de control y de los circuitos de fuerza de las bombas turbomoleculares y las electroválvulas. A su vez, se diseña un circuito a 230V AC activado por relés que avise al usuario a través de SMS de un fallo en la alimentación de fuerza.

La alimentación de fuerza del sistema procederá del Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) que posee el Centro y de un Grupo Electrónico que proveerá la alimentación de las bombas turbomoleculares.

1. Enchufe del armario de control

Este enchufe con toma a tierra tiene la finalidad de facilitar la conexión del cargador de un ordenador cuando se deban realizar maniobras de reprogramación del módulo de periferia. Su alimentación proviene del SAI.



MIII. Fig. 31 Enchufe del armario de control

2. Circuito de fuerza: bombas turbomoleculares

La alimentación de las bombas turbomoleculares se conectará al Grupo Electrónico en caso de fallo en la alimentación y se destina a las bombas de las líneas VEGA-2 y VEGA-3, la zona de compresores ya cuenta con una alimentación independiente.

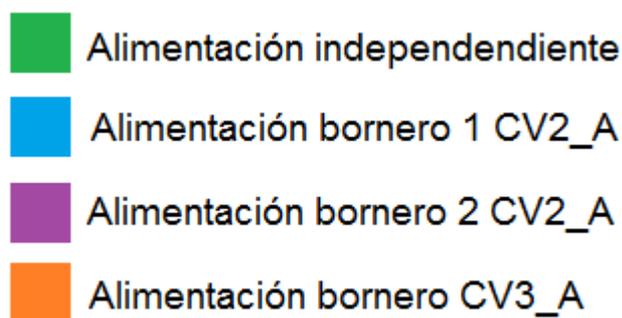
En el armario de VEGA-2 se ubican dos borneros de alimentación eléctricamente separados que se destinan a los siguientes conjuntos de bombas turbomoleculares. El primer bornero alimenta las siguientes bombas turbomoleculares: 2.CDG2.FP.TM1, 2.CDG2.FP.TM2, 3.CDG3.FP.TM1 Y 3.CDG3.FP.TM2. El segundo bornero alimenta las siguientes bombas: 2.CF.FP.TM, 2.CE1.FP.TM, 3.CF.FP.TM1 y 3.CF.FP.TM2.

En el armario de VEGA-3 se ubica el último bornero de alimentación que se destina a las siguientes bombas: 2.CE2.FP.TM1, 2.CE2.FP.TM2 y 3.CE.FP.TM.

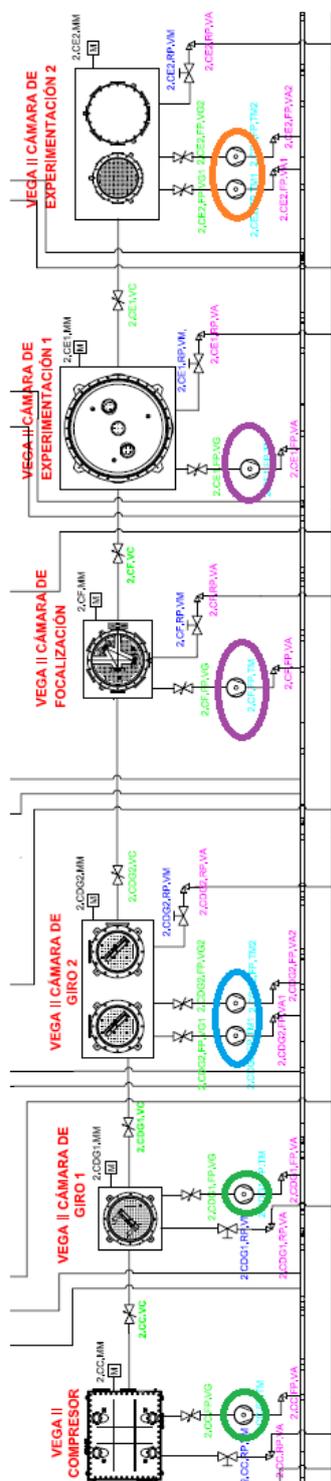
Esta distribución se realiza con el objetivo de poder encender todas las bombas turbomoleculares de una misma línea de vacío (VEGA-2 o VEGA-3) a la vez sin sobrepasar la

intensidad máxima correspondiente al cable de cobre de sección igual a $2,5 \text{ mm}^2$ que es de 22 A (ver punto 2.1. Cálculo de sección). Si se tiene en cuenta que la intensidad máxima de arranque es de 7 A por bomba se obtiene una limitación de encendido simultáneo máximo de tres (3) bombas.

En la imagen inferior se observa la línea de vacío de VEGA-2. Las bombas turbomoleculares se dividen gráficamente para demostrar que un mismo circuito de alimentación de fuerza nunca recaer en más de tres bombas al mismo tiempo permitiendo el encendido simultáneo de todas las bombas de la línea. El código de colores utilizado es el siguiente:



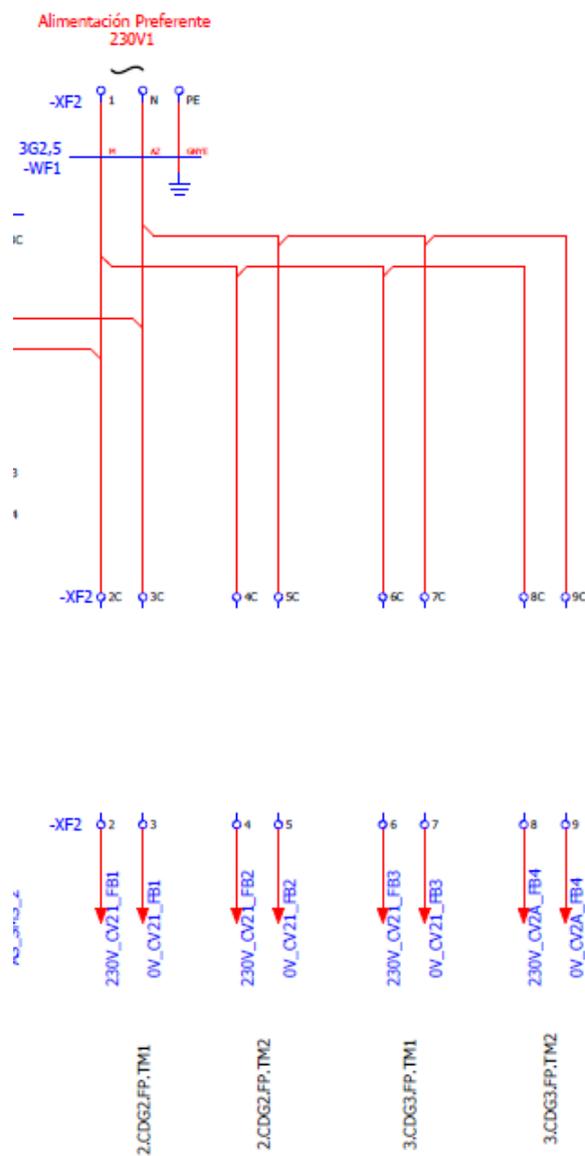
MIII. Fig. 32 Código de colores alimentación bombas turbomoleculares VEGA-2



MIII. Fig. 33 Alimentación bombas turbomoleculares VEGA-2

Como se observa, cada uno de los cuatro circuitos independientes de alimentación (incluyendo la alimentación preexistente de la zona de compresores) alimenta como máximo a dos bombas turbomoleculares del grupo de VEGA-2, lo que permite el encendido simultáneo de todas las bombas turbomoleculares de la línea sin superar en ningún caso la intensidad máxima admisible de 22 A.

En la imagen inferior se observa el primer bornero del armario de VEGA-2. Estos borneros se ubicarán en racks de alimentación de bombas aparte del armario eléctrico.

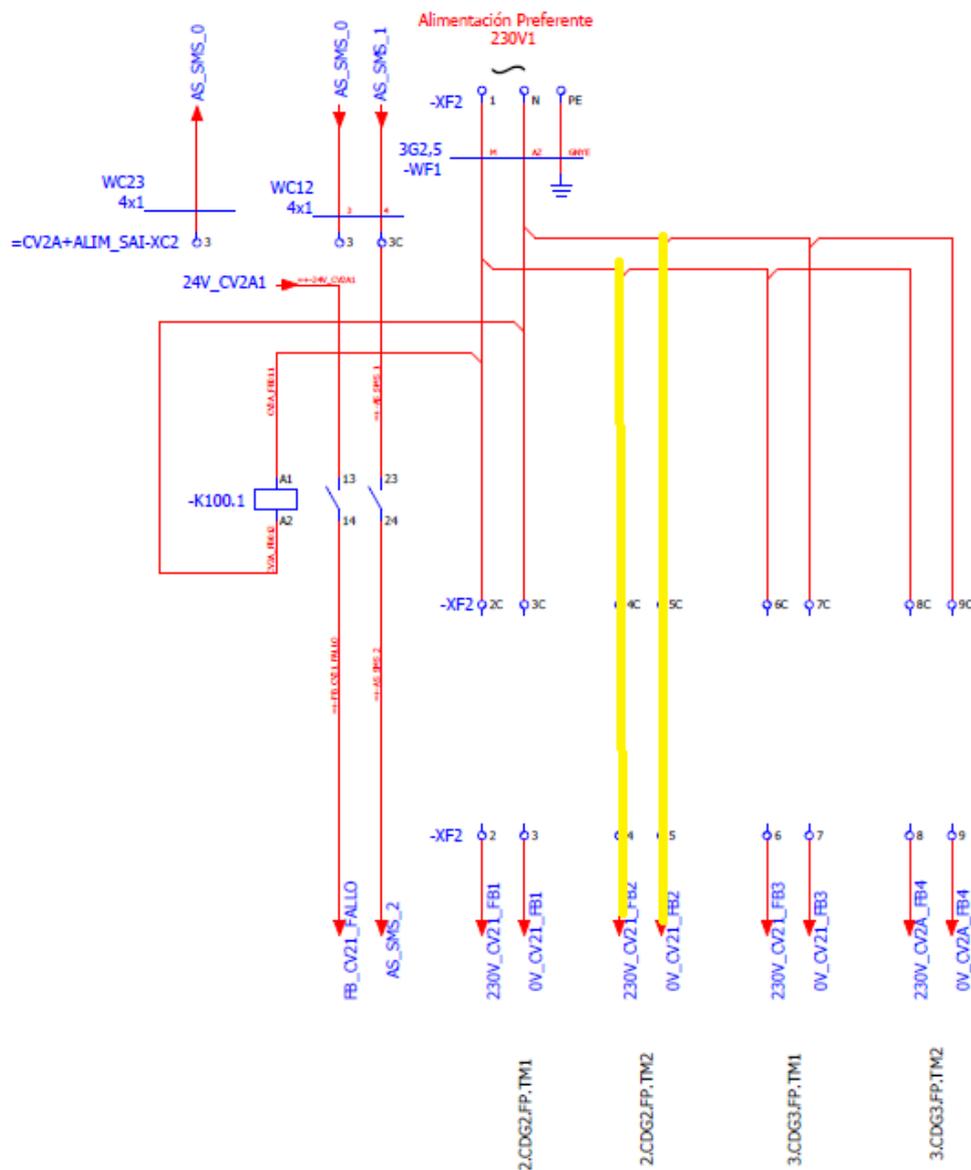


MIII. Fig. 34 Alimentación de fuerza. Bombas turbomoleculares VEGA.2 bornero 1

2.1. Cálculo de la sección hasta la bomba

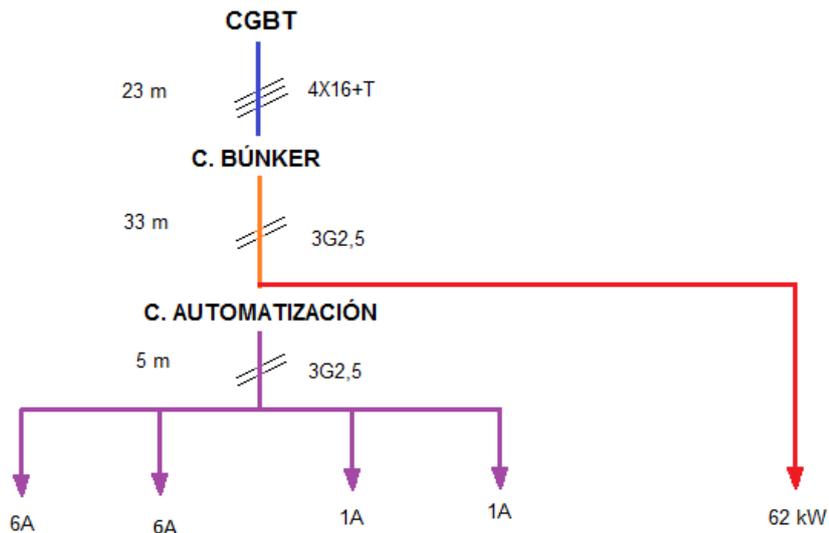
El cálculo de esta sección es importante puesto que se debe el consumo de este circuito se verá altamente afectado por las intensidades de arranque de las bombas turbomoleculares que alcanzan los 6 A.

La sección a calcular se muestra en amarillo en la imagen inferior.



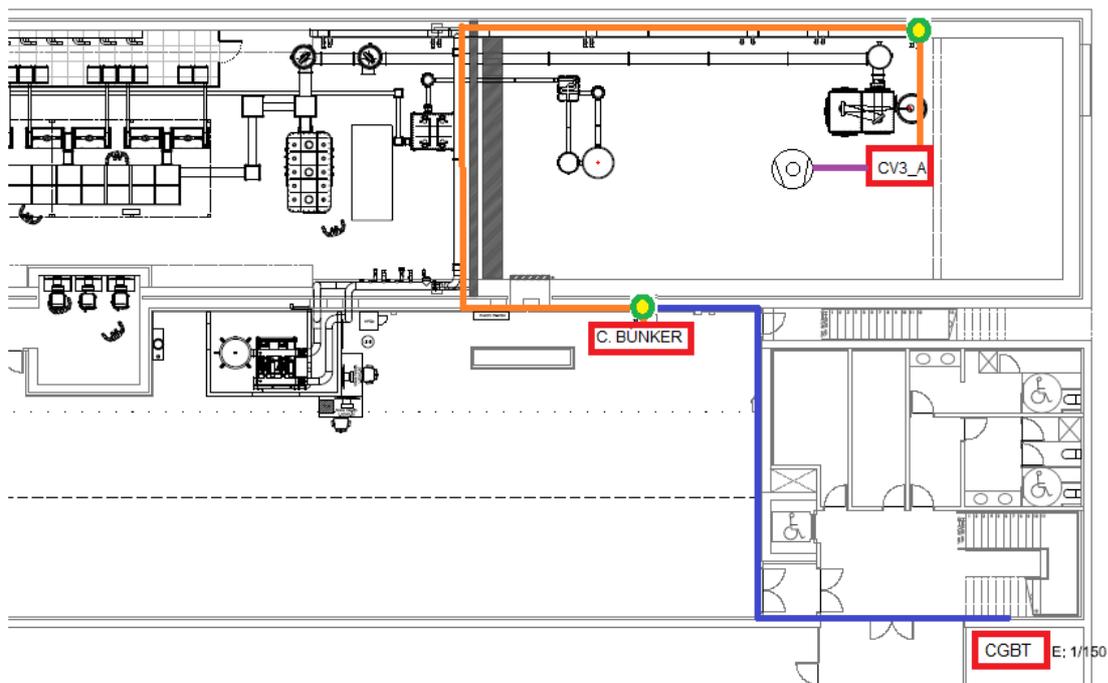
MIII. Fig. 35 Sección a calcular

El esquema para el cálculo de la sección del cable contiene el cuadro general de baja tensión (C.G.B.T.), el cuadro de entrada al búnker y el cuadro de automatización.



MIII. Fig. 36 Esquema. Sección a calcular

En el plano, las secciones se distribuyen como se observa a continuación:



MIII. Fig. 37 Distribución de las secciones en el plano

Los círculos verdes indican bajantes de 5 m de longitud.

Caída de tensión sección morada (monofásica)

En primer lugar se calcula la intensidad máxima que circulará la sección morada (3G2,5) teniendo en cuenta el arranque de dos bombas turbomoleculares y el funcionamiento en estado estacionario de otras dos que es la situación más desfavorable de consumo que puede tener este circuito.

$$I_N = 14 A$$

La intensidad no supera el máxima de 22 A permitido para conductores al aire libre (tipo E) y aislamiento de PVC.

E		Cables multiconductores al aire libre ¹⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ²⁾						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ³⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ³⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ³⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

MIII. CE Tabla. 1 Intensidades admisibles conductores de cobre

$$\Delta e(\%) = \frac{2PL}{\gamma S} \cdot \frac{100}{V^2} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 14 \cdot 230 \cdot 100}{56 \cdot 2,5 \cdot 230^2} = 0,43 \%$$

Caída de tensión sección naranja (monofásica)

La intensidad que circula por este circuito es igual a los 14 A del circuito anterior.

$$I_N = 14 A$$

La intensidad no supera el máxima de 22 A permitido para conductores al aire libre (tipo E) y aislamiento de PVC.

E		Cables multiconductores al aire libre ² ; Distancia a la pared no inferior a 0.3D ³⁾						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴ ; Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ³⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

MIII. CE. Tabla. 2 Intensidades admisibles conductores de cobre

$$\Delta e(\%) = \frac{2PL}{\gamma S} \cdot \frac{100}{V^2} = \frac{2 \cdot 33 \cdot 14 \cdot 230 \cdot 100}{56 \cdot 2,5 \cdot 230^2} = 2,87 \%$$

Caída de tensión sección azul (trifásica)

Esta sección tiene ya una carga conectada de 62 kW a la que se le sumará la potencia producto del consumo de los 14 A mencionados anteriormente:

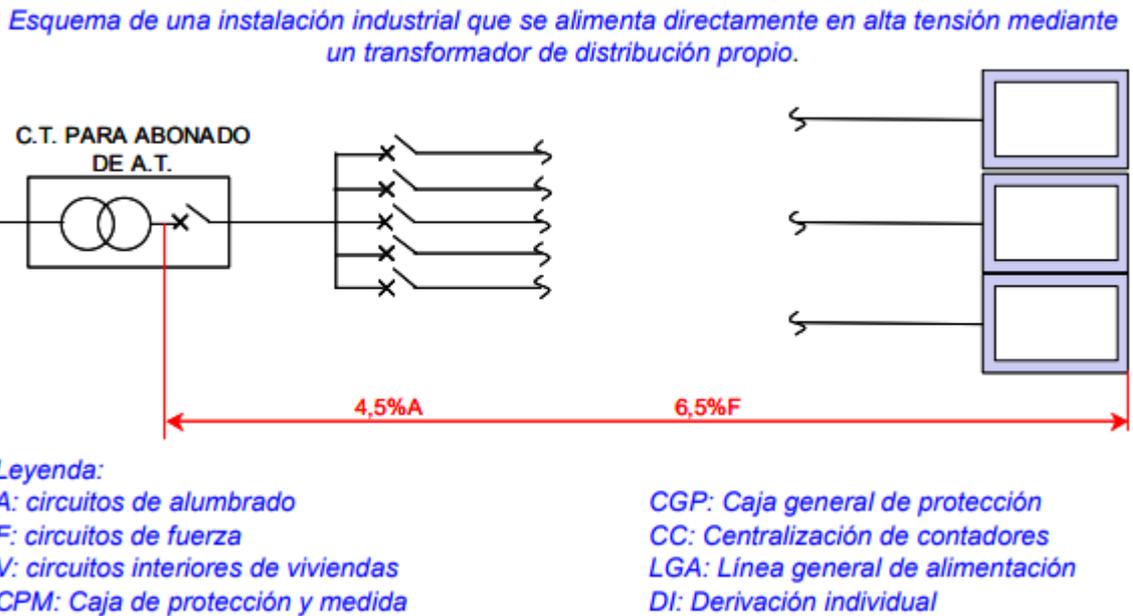
$$P = 62 \text{ kW} + (14 \text{ A} \cdot 230 \text{ V}) = 64,07 \text{ kW}$$

$$\Delta e(\%) = \frac{PL}{\gamma S} \cdot \frac{100}{U^2} = \frac{64,07 \cdot 10^3 \cdot 23 \cdot 100}{56 \cdot 16 \cdot 400^2} = 1,02 \%$$

Caída de tensión total

$$\Delta e(\%)_T = 0,43 + 2,87 + 1,02 = 4,32 \%$$

Esta caída de tensión debe ser menor al 6,5% como lo indica la ITC_BT_19 para el caso de circuitos de fuerza en instalaciones alimentadas directamente en alta tensión:

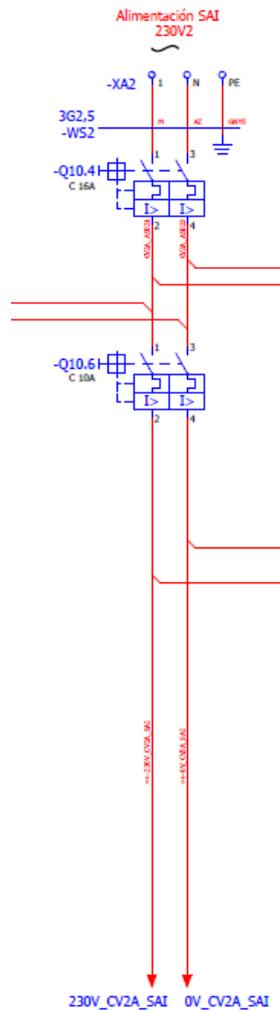


MIII. Fig. 38 Caída de tensión instalación industrial alimentada en alta tensión mediante un transformador de distribución propio

Se concluye que las secciones elegidas son adecuadas.

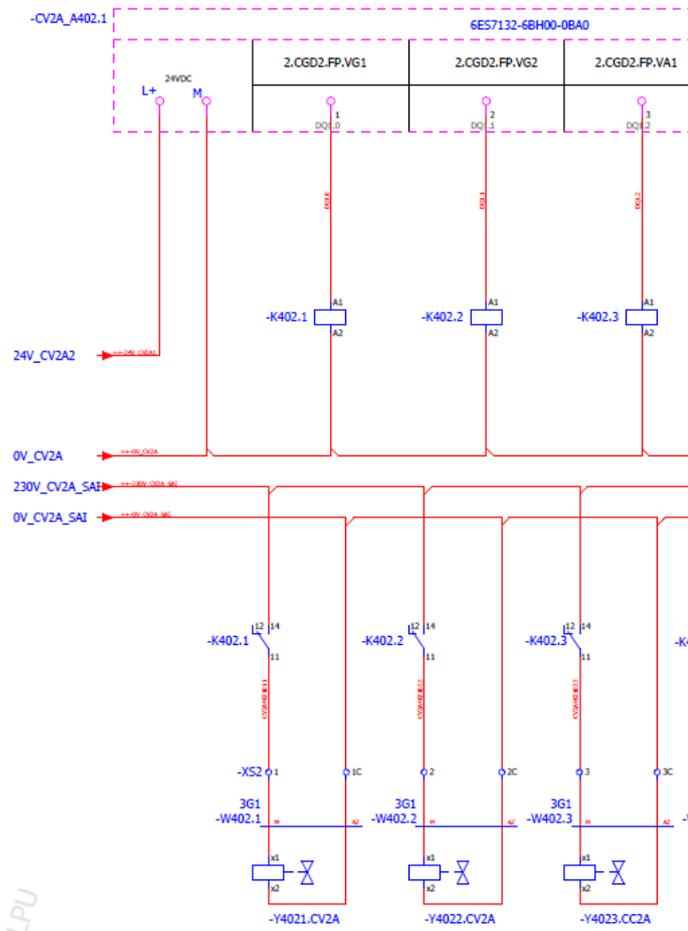
3. Circuito de fuerza: electroválvulas

La alimentación del circuito de fuerza de las electroválvulas proviene del SAI como se observa en el esquema del armario de VEGA-2 (CV2_A).



MIII. Fig. 39 Alimentación de fuerza. Electroválvulas

Siguiendo el salto de página se observa como esta línea alimenta por ejemplo a las electroválvulas 2.CDG2.FP.VG1, 2.CDG2.FP.VG2 y 2.CDG2.FP.VA1.

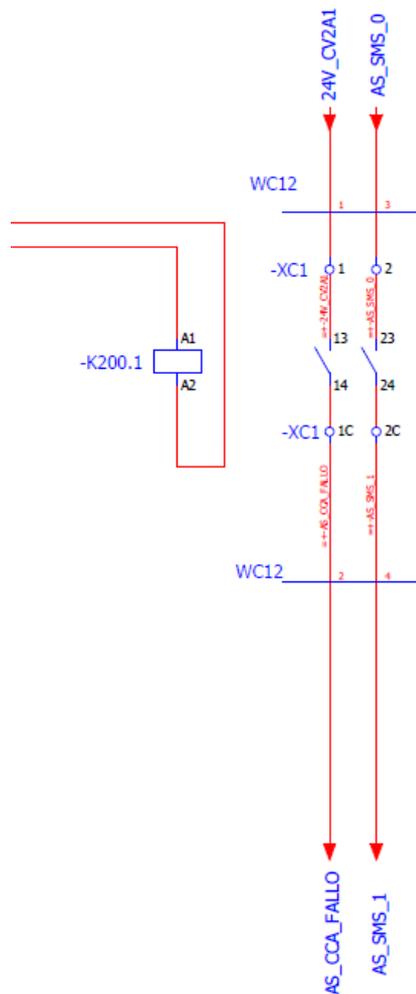


MIII. Fig. 40 Alimentación de fuerza. Electroválvulas

4. Aviso de fallo en la alimentación vía SMS

Este circuito se compone de seis relés de 230 V AC de doble contacto normalmente cerrados. Por un lado, se forman un circuito de seis contactos normalmente cerrados (uno de cada uno de los relés) conectados en serie cada uno. Este circuito unirá en serie todas las señales de fallo conectando físicamente los tres armarios entre sí. Cuando salta cualquiera de los contactos se envía automáticamente una señal SMS preconfigurada. Por otro lado, el segundo contacto de cada uno de los seis relés se alimentará con 24 V DC desde el armario que corresponda y será el indicado de señalar la ubicación exacta del fallo.

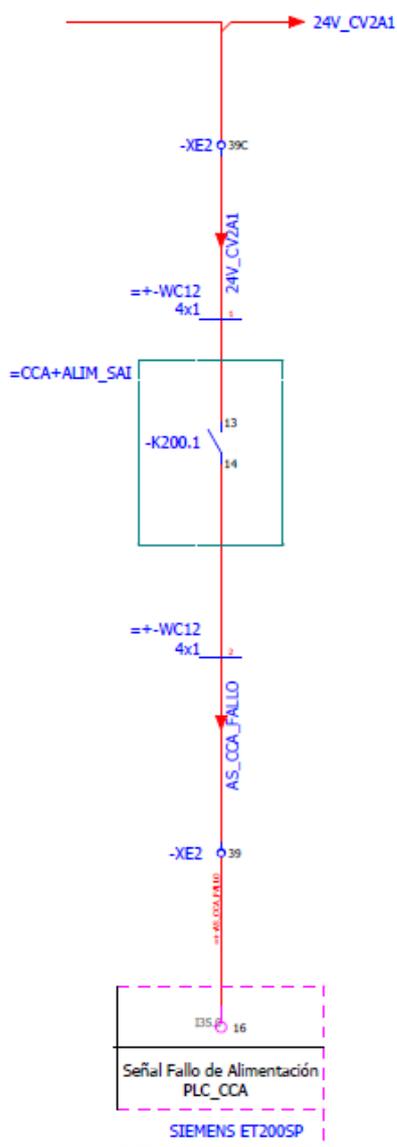
En la imagen inferior se observa la señalización del fallo en la alimentación del SAI en el armario de VEGA.2.



MIII. Fig. 41 Fallo en la alimentación. Sistema de aviso SMS

En este caso, AS_SMS_0 y AS_SMS_1 conforman la sección del circuito serie que une todas las señales de fallo en la alimentación. 24V_CV2A1 es la alimentación a 24 V DC propia armario de compresores y AS_CCA_FALLO es la señal de fallo que contiene la información de la ubicación específica del mismo.

Como esta señal se activará en el caso de que el armario de compresores (CC_A) se quede sin alimentación no tiene sentido llevarla al módulo de periferia del mismo armario. De ahí que la señal de fallo se lleve al armario de VEGA-2 como se observa en la imagen inferior.

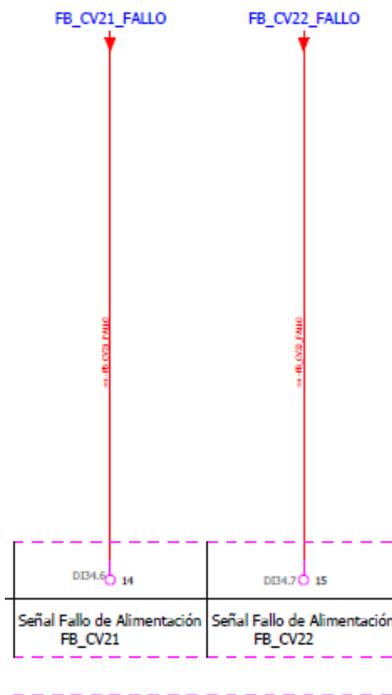


MIII. Fig. 42 Fallo en la alimentación. Sistema de aviso SMS

Este esquema se repite para todas las señales de fallo en la alimentación del SAI:

- Fallo SAI compresores (CC_A) → Módulo de perifera ET200SP VEGA-2 (CV2_A)
- Fallo SAI VEGA-2 (CV2_A) → Módulo de perifera ET200SP compresores (CC_A)
- Fallo SAI VEGA_3 (CV3_A) → Módulo de perifera ET200SP VEGA-2 (CV2_A)

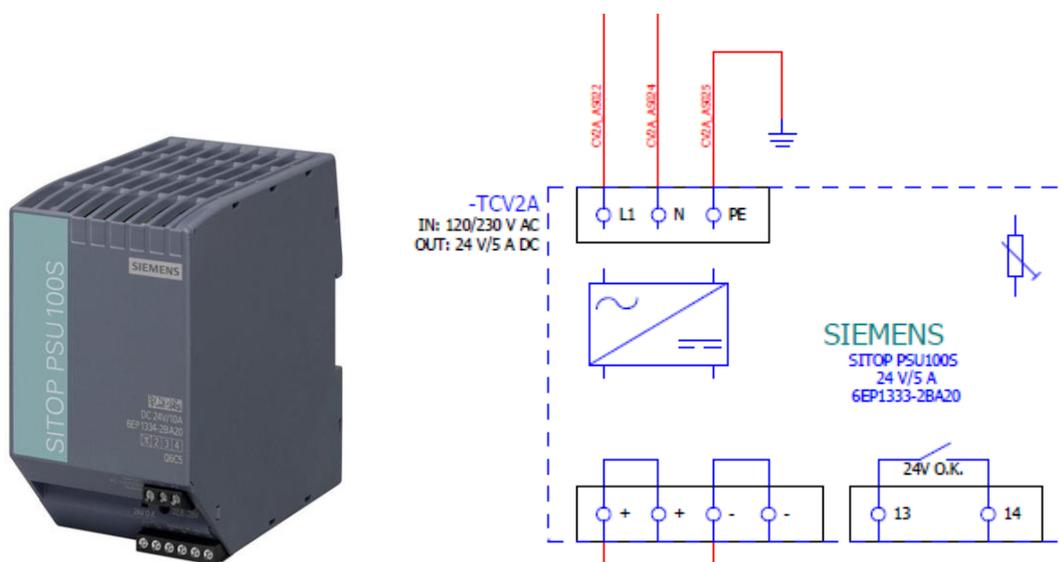
Las señales de fallo en la alimentación del grupo electrógeno (llamada también alimentación preferente) se conectan al módulo de periferia del armario al que pertenezcan. En la imagen inferior se observa la conexión de las señales de dos borneros del armario de VEGA-2 -- (CV2_A).



MIII. Fig. 43 Fallo en la alimentación. Sistema de aviso SMS

5. Fuente de alimentación y módulo de protección

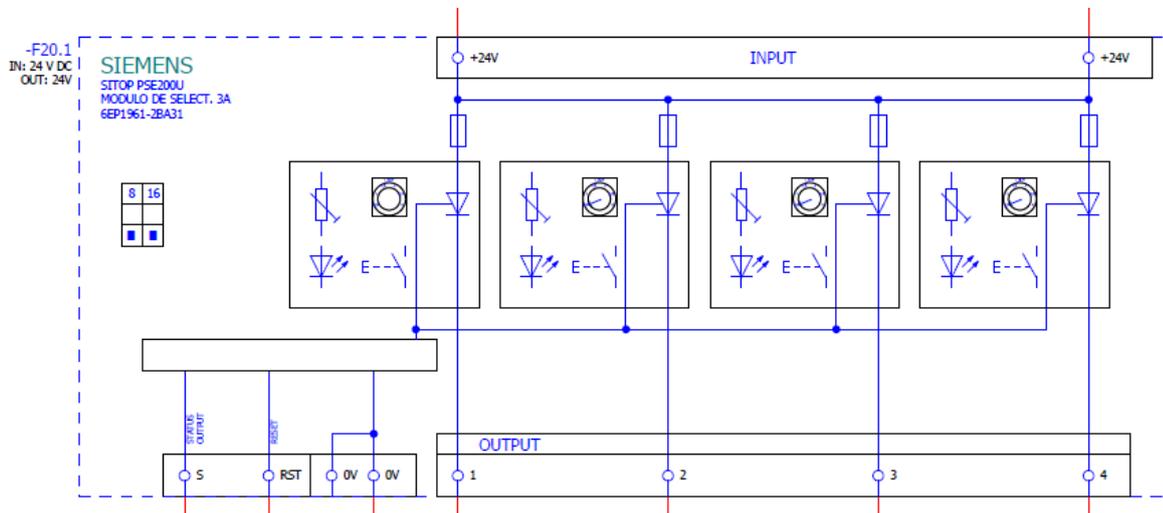
Los 24V DC se obtiene mediante una fuente de alimentación SITOP PSU100S de Siemens (24V / 5A).



MIII. Fig. 44 Fuente de alimentación

Los requerimientos de seguridad e independencia entre las distintas líneas de alimentación: entradas PLC, salidas PLC, pantalla HMI y reserva se consiguen mediante el Módulo de protección selectiva y diagnóstico SITOP PSE200U.





MIII. Fig. 45 Módulo de control

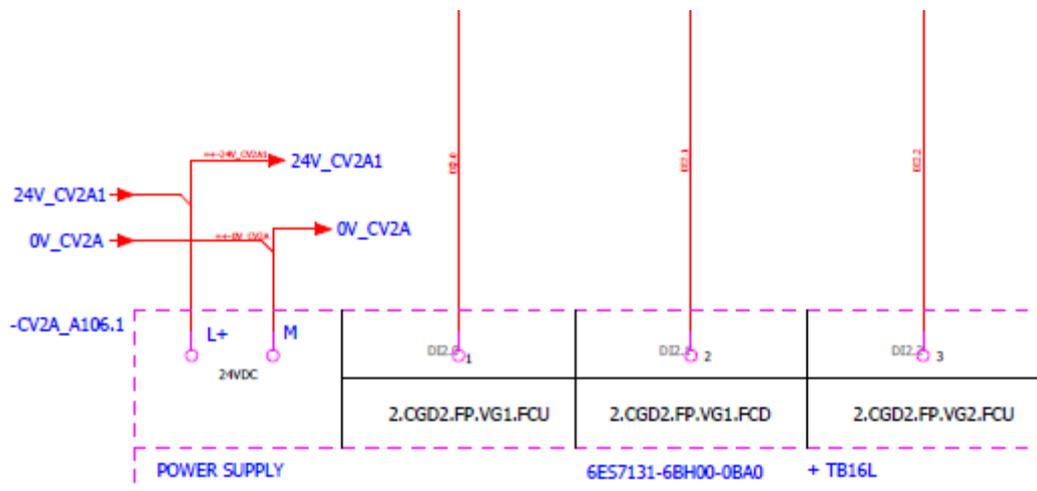
Este módulo permite alimentar independientemente cuatro líneas diferentes: entradas PLC, salidas PLC, pantalla HMI y reserva. También posee una señal de salida que avisa de un fallo en cualquiera de las líneas y que se conecta al módulo de periferia respectivo. Estas señales reciben el nombre de MAP.PLC (módulo de alimentación de periferia).

ALIMENTACIÓN DE CONTROL (24 V CC)

La alimentación de control a 24 V DC se destina a la alimentación de las tarjetas de entrada y de los relés de salida de los módulos de periferia ET200SP.

1. Alimentación de tarjetas de entrada al módulo de periferia

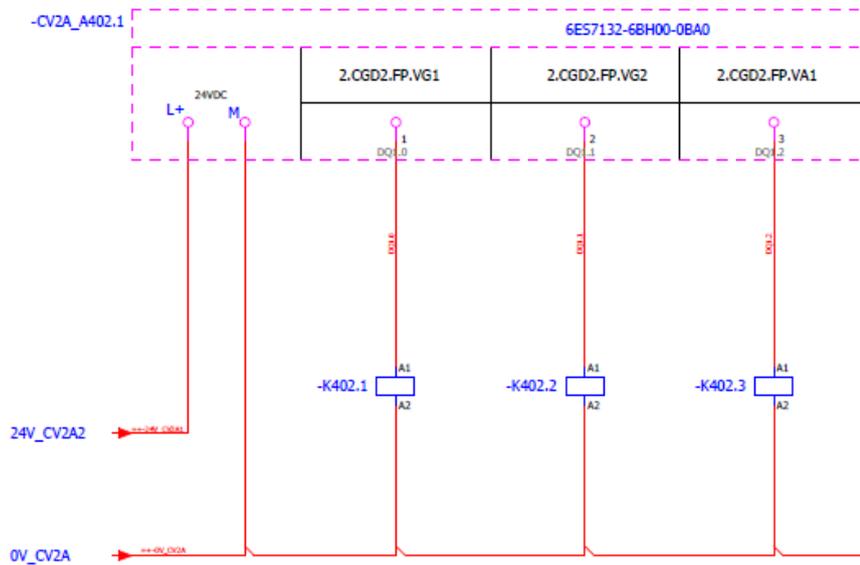
Las tarjetas de entradas digitales se alimentan como se observa en la imagen inferior.



MIII. Fig. 46 Alimentación de entradas digitales

2. Alimentación de relés de salida del módulo de periferia

La alimentación de los relés de salida se observa a continuación.

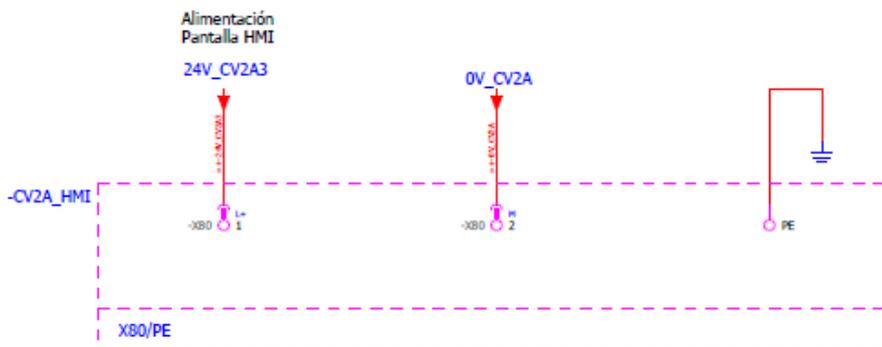


MIII. Fig. 47 Alimentación de salidas digitales

Estos relés activan los circuitos de fuerza vistos en la sección de Alimentación de fuerza (230 V CC) para activación de las electroválvulas.

3. Alimentación de la pantalla HMI

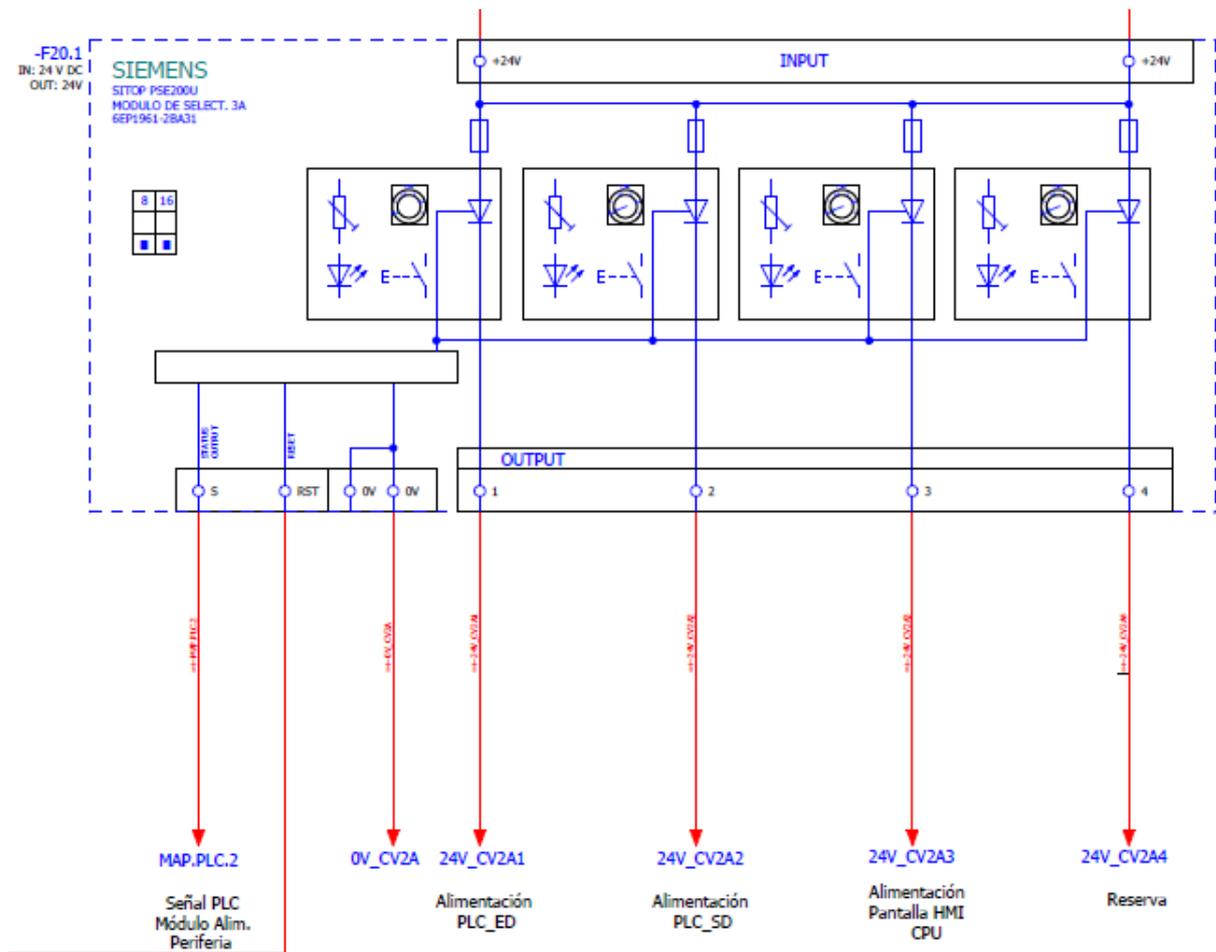
La alimentación de la pantalla se observa en la imagen inferior. Se deben conectar la fase, el neutro y la tierra.



MIII. Fig. 48 Alimentación de la pantalla HMI

4. Reserva de entradas del módulo de periferia

En la imagen inferior se observa a la derecha la línea de reserva de 24V DC del armario de VEGA-2 (CV2_A).



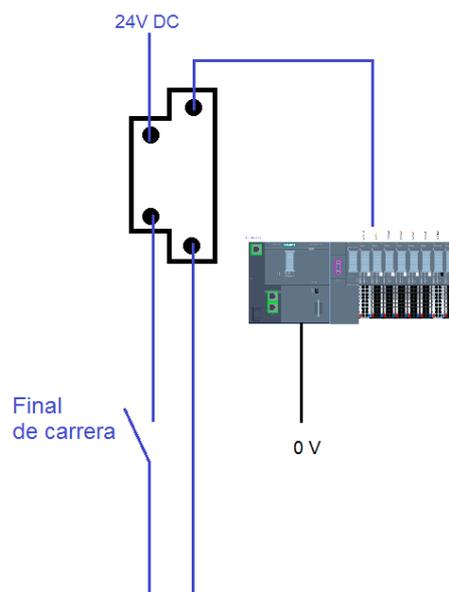
MIII. Fig. 49 Reserva de entradas del módulo de periferia

ENTRADAS DIGITALES

Las entradas digitales 24V DC del módulo de periferia se dividen en tres tipos:

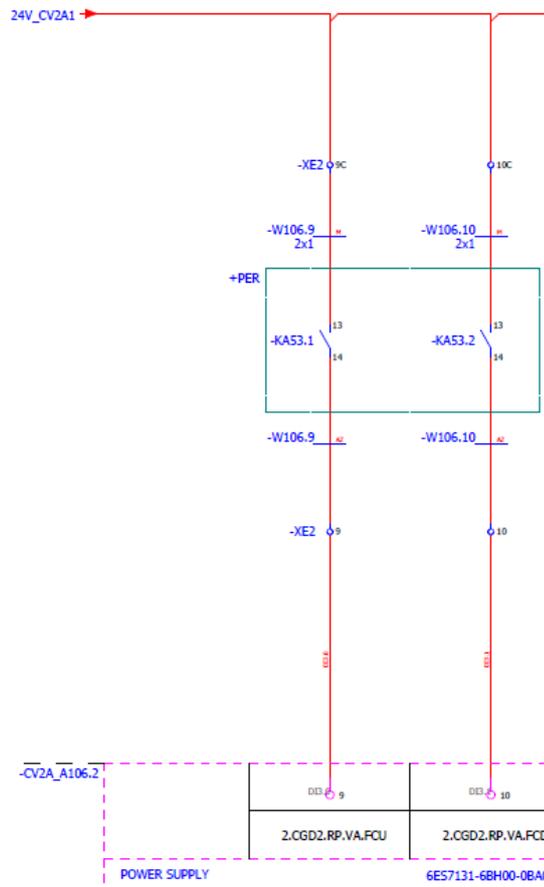
- Finales de carrera de las electroválvulas
- Pulsadores marcha paro del control semiautomático
- Señales de fallo en la alimentación
- Señales de reserva (20%)

Los finales de carrera de las electroválvulas se agrupan en cuadros de periferia +PER para señalar que ambos contactos pertenecen a una misma válvula (finales de carrera de arriba y de abajo). La conexión de cada contacto final de carrera con el módulo de periferia se realiza a través de una manguera que contiene dos cables y un bornero de doble piso. El esquema de conexión del bornero se observa en la imagen inferior.



MIII. Fig. 50 Esquema de conexión bornero de doble piso

En la imagen inferior se detallan dos entradas digitales de finales de carrera del módulo de periferia de VEGA-2.

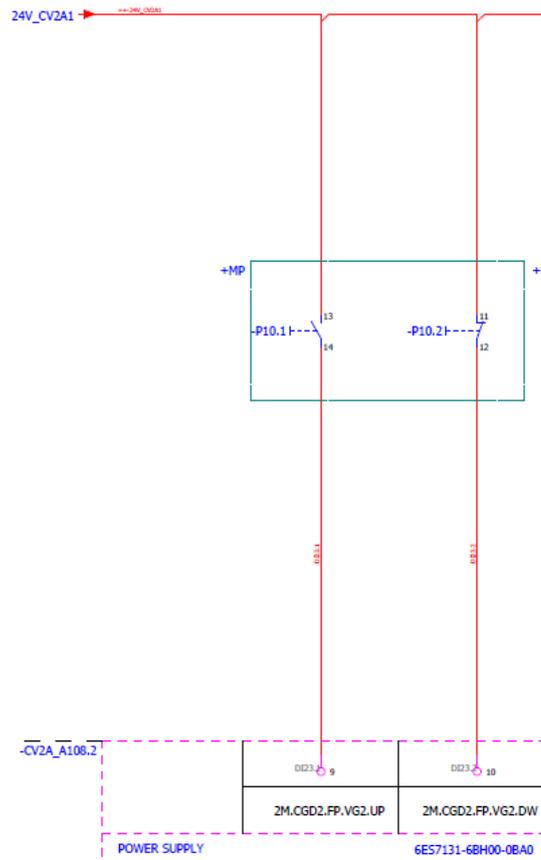


MIII. Fig. 51 Entradas digitales. Finales de carrera

La nomenclatura utilizada para los finales de carreras es la siguiente: NOMBRE DE LA VÁLVULA + FCU (final de carrera de abierta "*up*") o FCD (final de carrera cerrada "*down*").

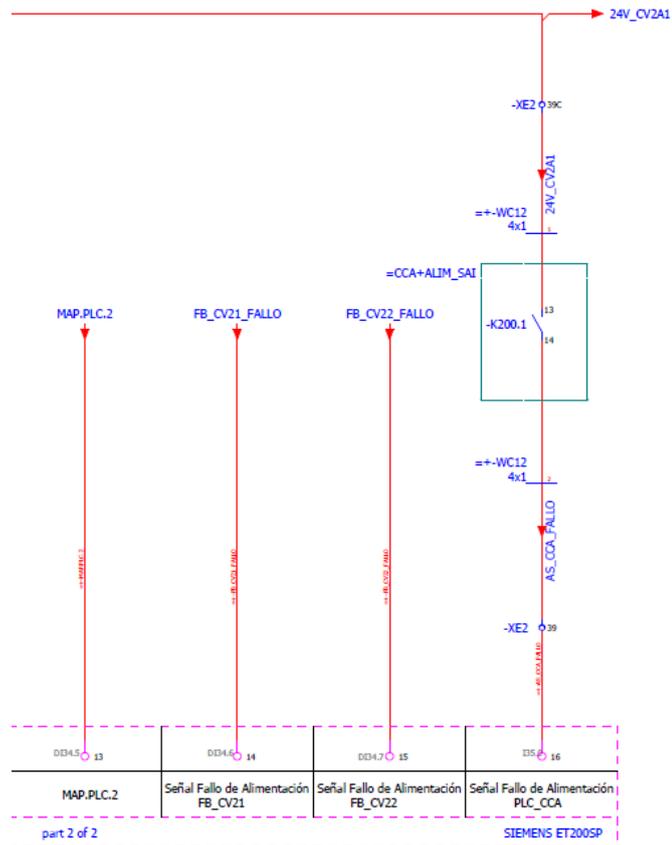
Los pulsadores marcha - paro se instalarán en la puerta de su armario eléctrico respectivo sin necesidad de incluir conexión mediante bornero. Al igual que en el caso de los finales de carrera, se agrupan en cuadros de periferia +PER para señalar que ambos pulsadores actúan sobre la misma válvula. La nomenclatura utilizada para los pulsadores marcha - paro es la siguiente: NOMBRE DE LA VÁLVULA + UP (marcha paro abrir "*up*") o DW (marcha paro cerrar "*down*").

En la imagen inferior se detallan dos entradas digitales de pulsadores marcha paro del módulo de periferia de VEGA-2.



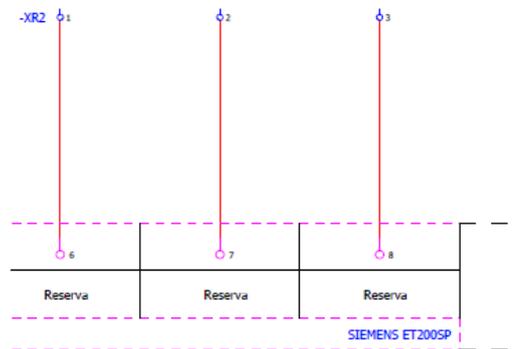
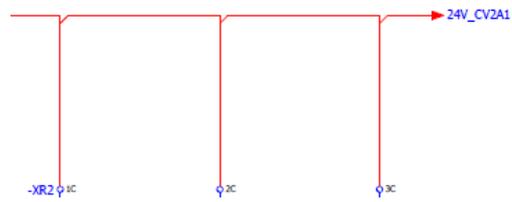
MIII. Fig. 52 Entradas digitales. Pulsadores marcha - paro

Por último, se conectan al módulo de periferia entradas digitales provenientes de señales de fallo en la alimentación del sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) llamadas AS_ARMARIO_FALLO (alimentación SAI), del grupo electrógeno llamadas FB_ARMARIO_FALLO (fuerza bombas) o del módulo de alimentación a 24 V DC llamadas MAP.PLC (módulo de alimentación de periferia). En la imagen inferior se observa todas las señales mencionadas conectadas al módulo de periferia de VEGA-3.



MIII. Fig. 53 Entradas digitales. Señales de fallo en la alimentación

En cada uno de los tres módulos de periferia ET200SP se dejan libres aproximadamente un 20% de entradas de reserva para futuras ampliaciones del sistema.



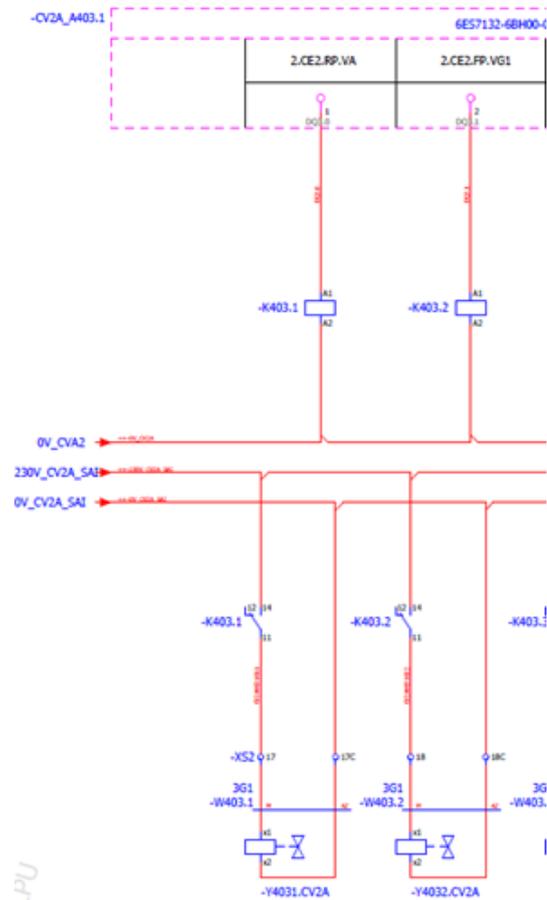
MIII. Fig. 54 Entradas digitales. Reserva

SALIDAS DIGITALES

Las salidas digitales 24V DC de los módulos de periferia son de cuatro tipos:

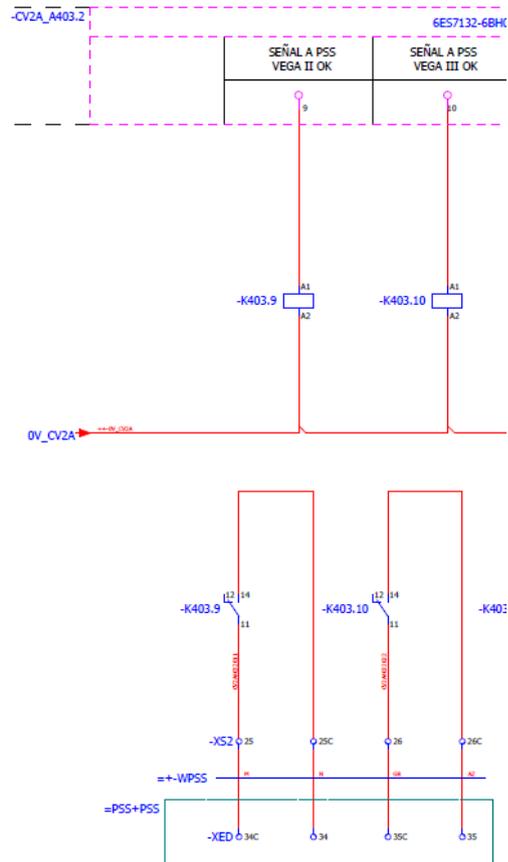
- Activación de electroválvulas
- Señales que se derivan a sistemas externos (Sistema de Seguridad Personal PSS)
- Contactos libres de tensión
- Reserva de SAI

Las salidas digitales para activación de electroválvulas se conectan a relés que conmutan circuitos de fuerza 230 V AC para el accionamiento de las electroválvulas. En la imagen inferior se observa dos salidas a relé para la activación de dos válvulas.



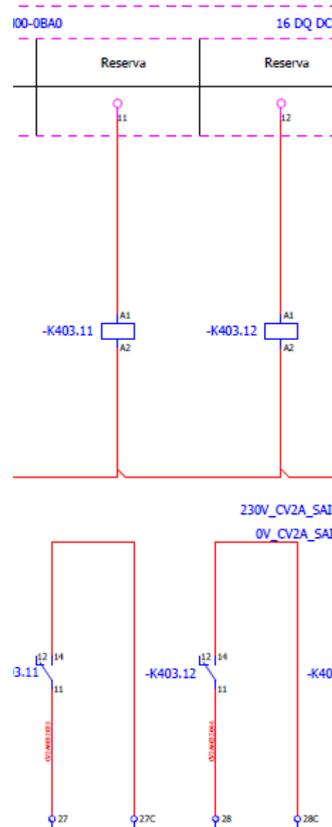
MIII. Fig. 55 Salidas digitales. Activación de electroválvulas

A su vez, existen salidas digitales que se llevan mediante una manguera al sistema de Seguridad Personal de Personas (*PSS Personal Security System*) para servir como entradas del mismo.



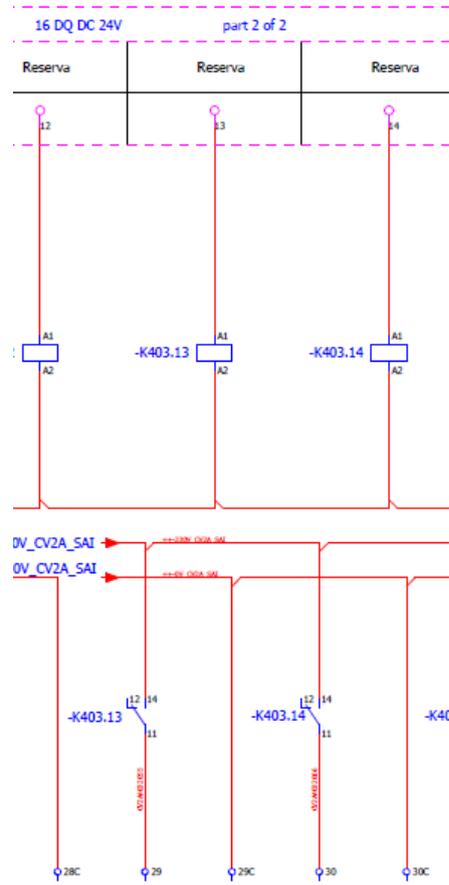
MIII. Fig. 56 Salidas digitales. Señales del PSS

Los contactos libres de tensión servirán para señalar estados internos del sistema y poder actuar sobre ellos mediante elementos externos libremente.



MIII. Fig. 57 Salidas de tensión. Contactos libres de tensión

Por último, al igual que en el caso de las entradas se deja un 20% de reserva en este caso conectada a la alimentación del Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI).



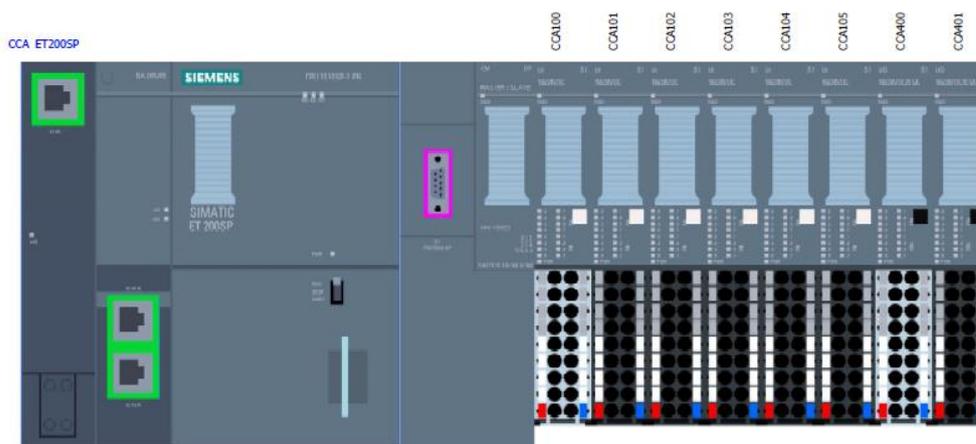
MIII. Fig. 58 Salidas digitales. Reserva SAI

VISTA DEL MÓDULO DE PERIFERIA

En esta sección del Esquema eléctrico se muestra en detalle cada uno de los tres módulos de periferia descentralizada ET200SP de los tres armarios: compresores (CC_A), VEGA.2 (CV2_A) y VEGA-3 (CV3_A).

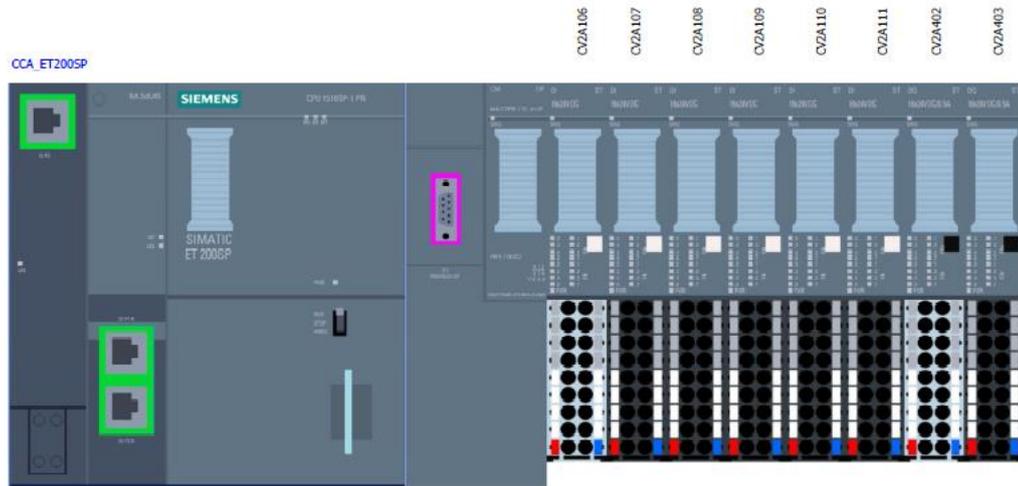
Se especifica en este punto todas las tarjetas de entradas (16x24V) y salidas (16x24V) digitales que contiene cada uno de los módulos de periferia. También se observa como cada seis tarjetas de ampliación se debe de instalar un módulo de potencia color gris. A su vez, se observa la CPU de módulo, el módulo de interfaz Profibus y la conexión Ethernet que posee que será el puerto de conexión Profinet.

Módulo de periferia del armario de compresores: 6 tarjetas de entradas, 2 tarjetas de salidas y 2 módulos de potencia.



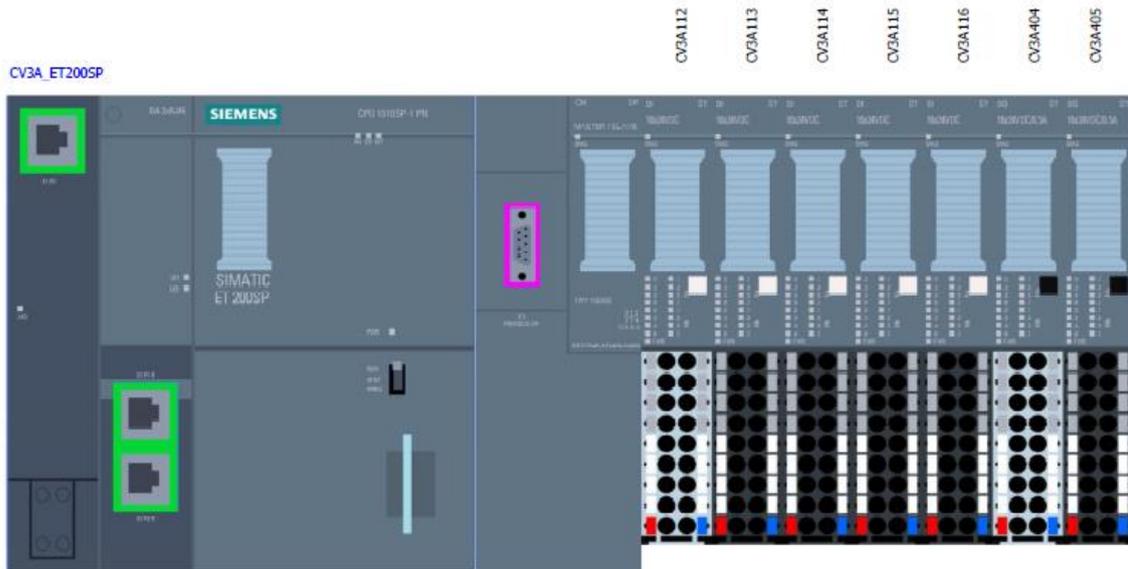
MIII. Fig. 59 ET200SP Armario de compresores CC_A

Módulo de periferia del armario de VEGA-2: 6 tarjetas de entradas, 2 tarjetas de salidas y 2 módulos de potencia.



MIII. Fig. 60 ET200SP Armario de VEGA-2 CV2_A

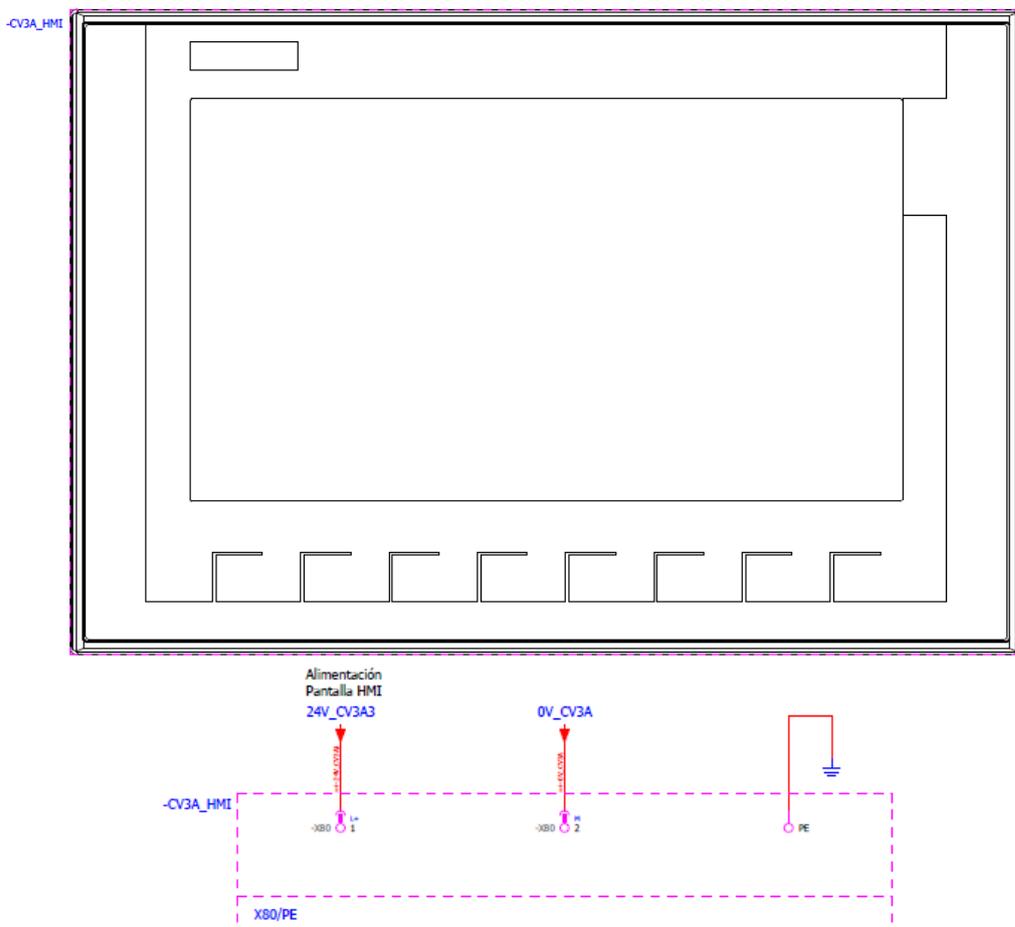
Módulo de periferia del armario de VEGA-2: 5 tarjetas de entradas, 2 tarjetas de salidas y 2 módulos de potencia.



MIII. Fig. 61 ET200SP Armario de VEGA-3 CV3_A

PANTALLA TÁCTIL HMI

La penúltima sección del Esquema eléctrico de cada uno de los tres armarios del Proyecto muestra una vista de la pantalla KTP 900 en la que se implementará el software SCADA a nivel de supervisión del sistema completo. En la imagen inferior se observa la pantalla junto con sus conexiones de alimentación.

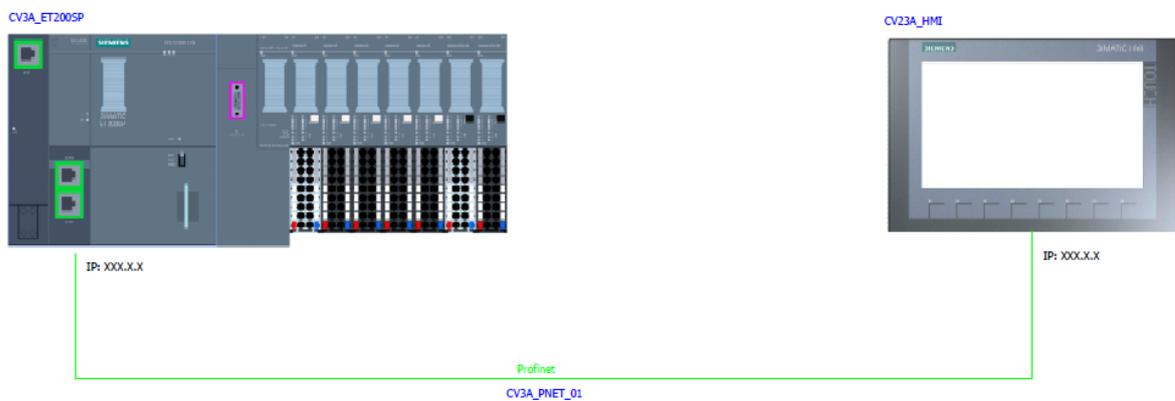


MIII. Fig. 62 Pantalla HMI

RED DE COMUNICACIONES PROFINET

La última sección del Esquema eléctrico de cada uno de los armarios es un detalle de la red Profinet que unirá el módulo periferia ET200SP con la pantalla táctil HMI anteriormente descrita.

En la imagen inferior se observa la red Profinet del armario de VEGA-3. Cabe destacar que los tres ET200SP estarán unidos entre sí a través del mismo protocolo.



MIII. Fig. 63 Red Profinet entre módulo de periferia y pantalla HMI

REFERENCIAS

[1] Siemens, *TIA Portal V12 Users Manual*, 2013.

CAPÍTULO IV. IMPLEMENTACIÓN PARCIAL DEL SISTEMA

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

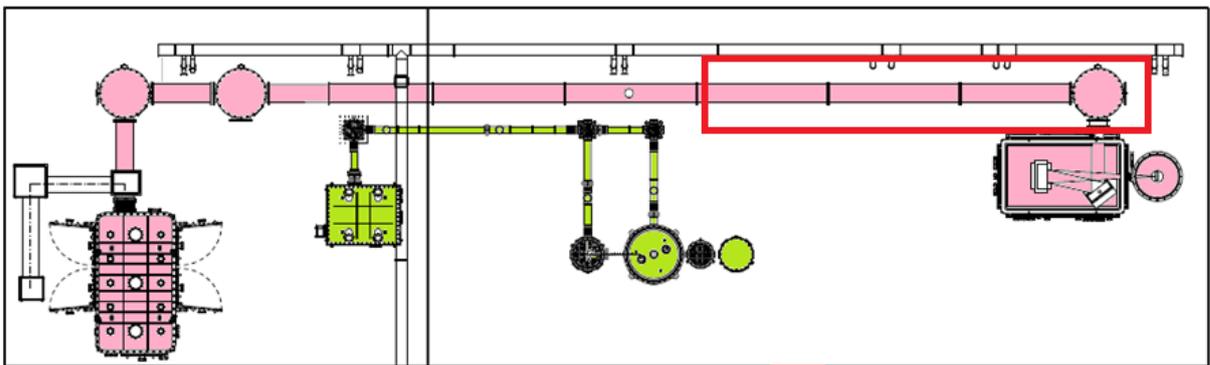
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

OBJETIVO DE LA IMPLEMENTACIÓN PARCIAL DEL SISTEMA

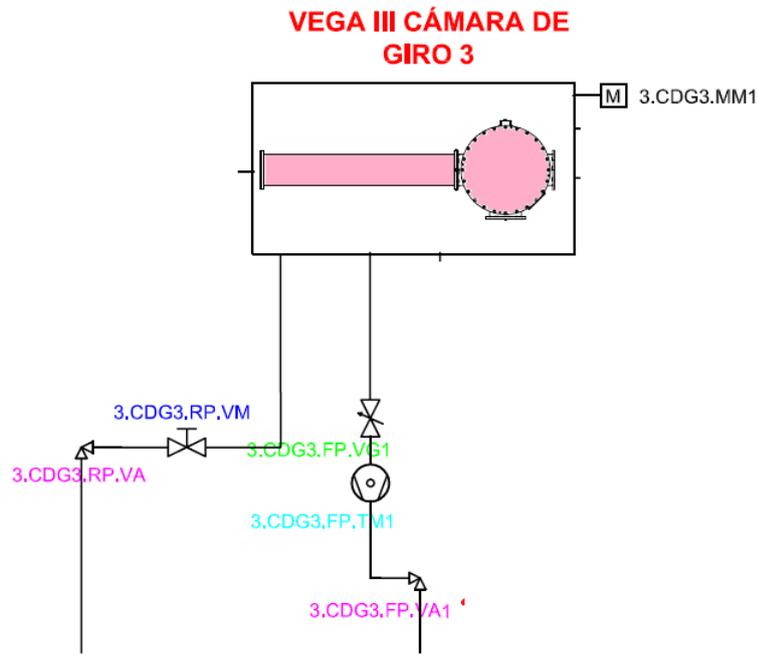
El objetivo de la implementación parcial del sistema es la demostración y validación de las prestaciones que se esperan obtener del sistema final mediante la implementación de una versión reducida del mismo, lo que es perfectamente factible gracias a la naturaleza escalable y reproducible del sistema a automatizar. El sistema de vacío consta en su versión más simple de una serie de cámaras compuestas por elementos estandarizados unidas entre sí. De esta afirmación se deduce que partiendo del programa que haga vacío en una cámara puede llegarse a controlar todas las cámaras existentes, es decir, el sistema total.

La implementación parcial se realiza sobre una de las once cámaras que componen las líneas de VEGA-2 y VEGA-3. Específicamente, se implementa sobre la cámara de giro 3 de VEGA-3 (3.CDG3) que se señala en la imagen inferior.



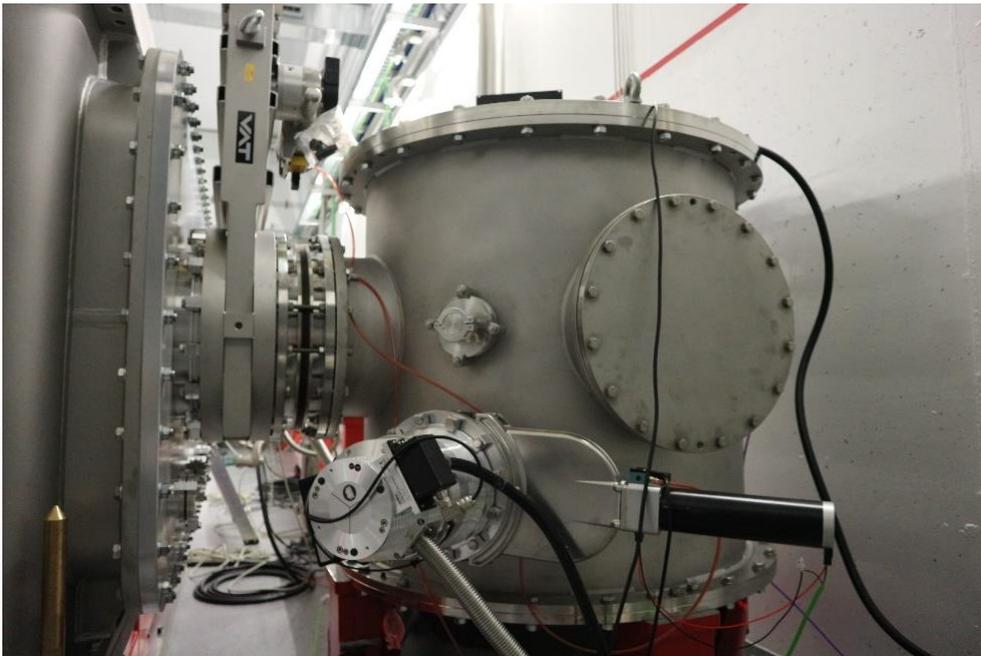
MIV. Fig. 1 Cámara de giro 3 de VEGA-3

Esta cámara cuenta dos líneas de vacío *fore pump*. Para simplificar la implementación parcial se trabaja únicamente con una línea de *fore pump*. Por lo tanto, la cámara final en la que se implementará parcialmente el sistema diseñado consta de: una línea de vacío *rough pump* (elemento a controlar: válvula de ángulo), una línea de vacío *fore pump* (elementos a controlar: una válvula de ángulo, una válvula de guillotina y una bomba turbomolecular) y un medidor de presión. En la imagen inferior se observan todos los elementos mencionados.



MIV. Fig. 2 Cámara de giro 3 de VEGA-3. Esquema

La cámara de vacío físicamente tiene forma de cilindro con una altura de 1 m y un radio de 0,5 m.



MIV. Fig. 3 Cámara de vacío de VEGA-3

Las funcionalidades que deberán verificarse mediante la implementación parcial de sistema son: son el control total de una cámara de vacío con todos sus elementos, la medición constante de la presión en la cámara a través de una gráfica intuitiva, la comunicación con el usuario (tanto para informarle de los elementos manuales que debe manipular como para recibir señales de confirmación por parte del usuario), la implementación de los modos de control semiautomático y automático, el graficar la variación de presión sufrida en la cámara a lo largo de las últimas tres horas de funcionamiento (para monitorizar los procesos de consecución de vacío), la lectura de los parámetros y la palabra de estado de la bomba turbomolecular y la gestión de alarmas del sistema.

Los motivos por los que la validación de las prestaciones del sistema final se debe llevar a cabo de este modo son dos. En primer lugar, el hecho de que no es posible realizar el cableado físico del sistema completo porque no se tiene el cable necesario aún ni están instaladas las bandejas por las que se ubicaría. Debido a la gran superficie física que abarcan los elementos se requeriría un cableado importante para llevar todas las señales desde y hasta el controlador (debe de tenerse en cuenta además que el controlador S71200 con el que se trabajará en la implementación parcial no tendría la capacidad para gestionar este elevado número de señales). En segundo lugar, porque se quiso evitar en la medida de lo posible interferir con las actividades que se realizan en paralelo en esta zona de la Sala Láser restringiendo la superficie utilizada al mínimo.

HARDWARE

La versión reducida del programa demo se implementará utilizando un autómata S71200 de Siemens con su respectiva fuente de alimentación y un módulo CM1243-5 como interfaz para las conexiones a través del bus Profibus que deberán realizarse. A nivel de supervisión se programará un software SCADA en el que se probarán y validarán las principales funcionalidades que se necesitarán en el SCADA del sistema real y que se implementará en una pantalla táctil TP700 de Siemens.

1. Nivel de campo

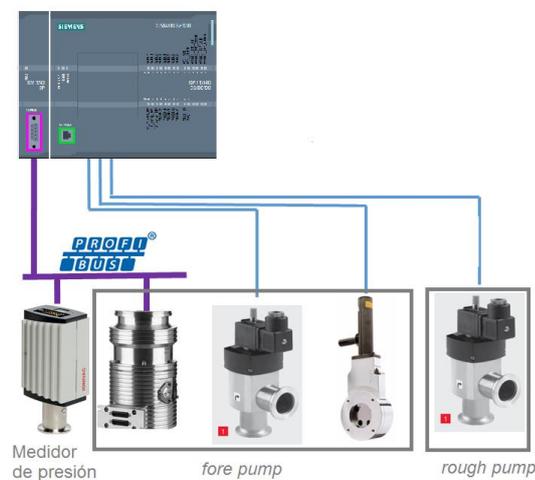
En el nivel de campo se encuentran los sensores y actuadores del sistema demo que se resumen en la siguiente tabla junto con sus respectivas entradas digitales (ED) y salidas digitales (SD) que conectarán con el autómata:

Tipo de elemento	Nombre	Descripción	ED	SD
Actuador	3.CDG3.FP.VG2	Válvula de guillotina del <i>fore pump</i>	1 FCU 1 FCD	1 ACT
Actuador	3.CDG3.FP.VA2	Válvula de ángulo del <i>fore pump</i>	1 FCU 1 FCD	1 ACT
Actuador	3.CDG3.RP.VA	Válvula de ángulo del <i>rough pump</i>	1 FCU 1 FCD	1 ACT
Actuador	3.CDG3.FP.TM1	Bomba turbomolecular del <i>fore pump</i>	Profibus	
Sensor	3.CDG3.MM1	Medidor de presión		

MIV. Tabla. 1 Sistema demo. Sensores y actuadores

Como se observa, tanto las entradas (finales de carrera de abierto FCU y cerrado FCD) como las salidas digitales de las válvulas (señales de actuación ACT) se conectan mediante cableado eléctrico 0 – 24V CC al autómata, mientras que la bomba turbomolecular y el medidor de presión se conectan a través de bus Profibus.

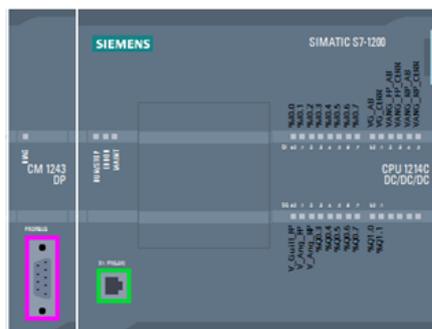
El esquema de conexionado a nivel de campo es el siguiente:



MIV. Fig. 4 Hardware programa demo. Nivel de campo

2. Nivel de control

Como se dijo anteriormente, a nivel de control se ubica un autómata S71200 de Siemens con un módulo para conexión a bus Profibus (en modo maestro) CM 1243-5. Debido a que el número de entradas y salidas digitales del autómata del sistema demo es bastante reducido no hay necesidad de incluir tarjetas para ampliación del número de ED o SD.



MIV. Fig. 5 Autómata S71200

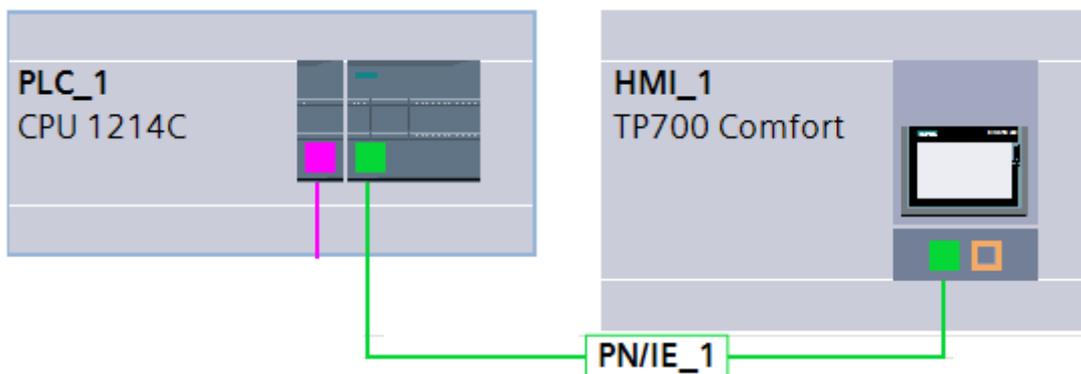
3. Nivel de supervisión

En el nivel de supervisión se instala una pantalla táctil de Siemens TP700 Comfort que se conecta al autómata mediante una conexión Profinet. De esta forma, se reproduce completamente lo que serán los buses de comunicación del sistema real: Profibus entre el nivel de campo y el de control y Profinet entre el nivel de control y el de supervisión.



MIV. Fig. 6 Hardware programa demo. Nivel de supervisión

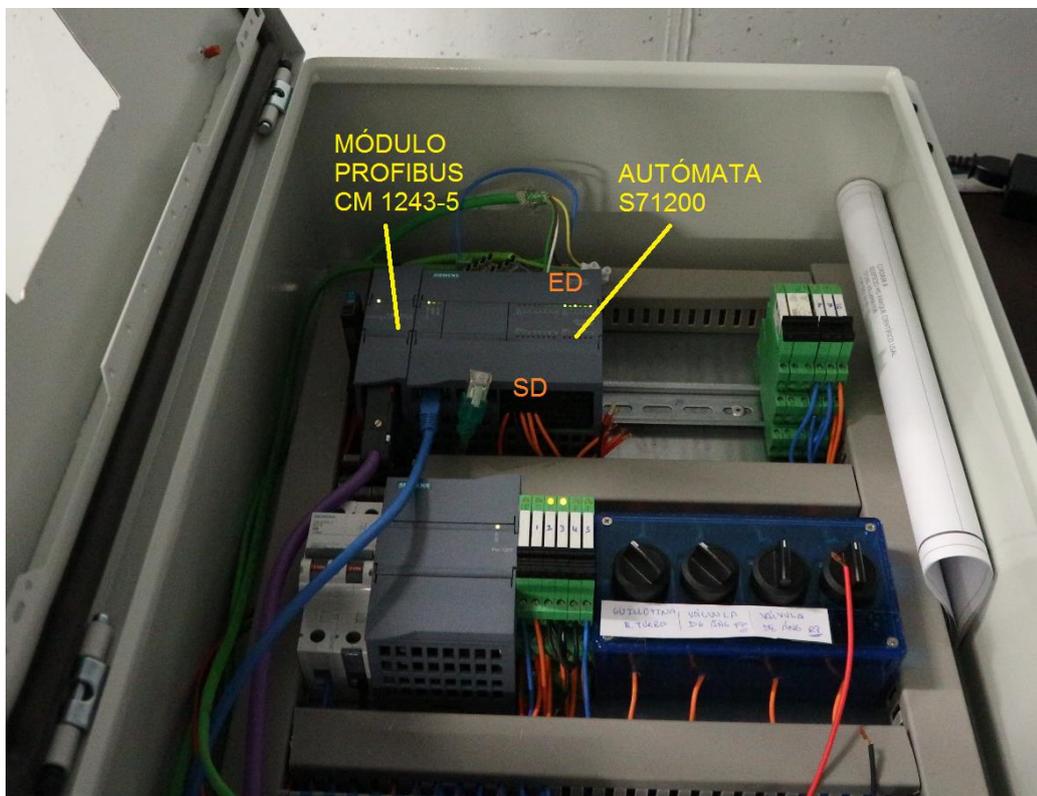
La pantalla cuenta con dos puertos Ethernet y un puerto MPI (Multi Point Interface, interfaz multipunto) propio de Siemens. El bus profinet se conectará utilizando los puertos Ethernet. En la imagen inferior se observa un esquema de la conexión entre la pantalla y el autómata S71200.



MIV. Fig. 7 Programa demo. Conexión pantalla HMI- autómata

4. Armario eléctrico

El autómata y el módulo interfaz Profibus se instalaron dentro de un armario eléctrico de 50 cm x 40 cm con 10 cm de profundidad. La instalación se realizó sobre carril DIN como se observa en la imagen inferior:



MIV. Fig. 8 Programa demo. Armario eléctrico

El esquema eléctrico de este armario se encuentra en el capítulo de Plano del presente Proyecto.

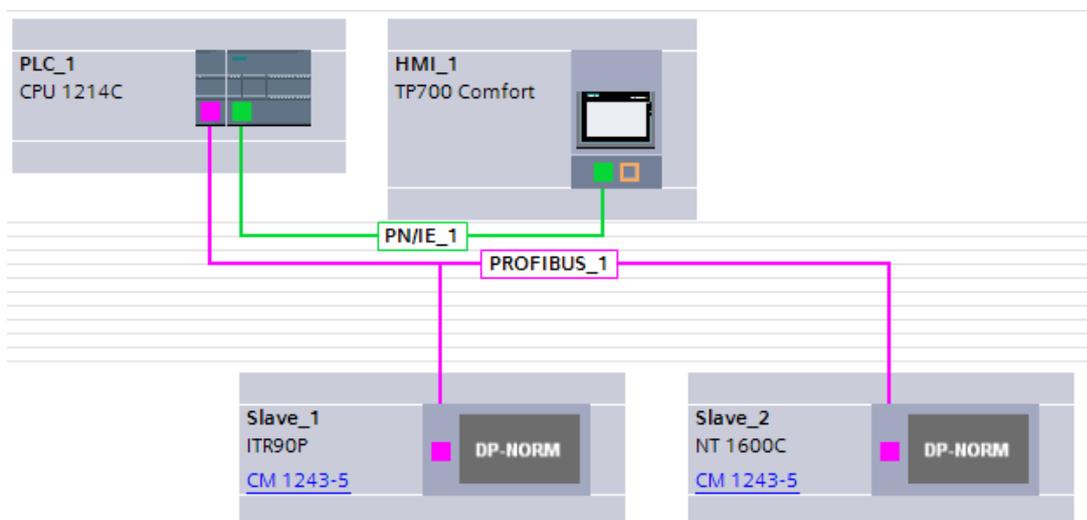
SOFTWARE

1. Introducción

El software que se programó a nivel de control se describe a continuación atendiendo a su división en bloques funcionales. La programación se realizó en la medida de lo posible mediante la implementación de los graficet respectivos e incluye la programación de los modos de funcionamiento automático y semiautomático. Para ver el la totalidad de código dirigirse al Anexo V. Código de programación del autómeta. El software HMI a nivel de supervisión se detalla siguiendo las distintas imágenes de interacción con el usuario que se crearon.

2. Nivel de control

La vista de dispositivos y redes configurados en TIA Portal se observa en la imagen inferior:

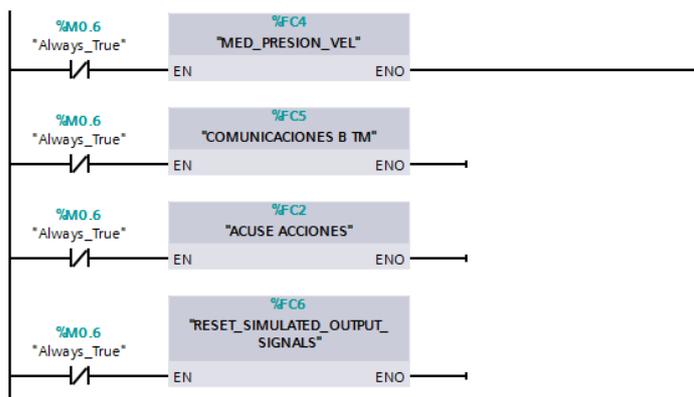


MIV. Fig. 9 Vista de dispositivos y redes

Como se explicó anteriormente se inserta un autómatas S71200 con una CPU 1214C y el módulo interfaz Profibus CM1243-5. A nivel de supervisión se agrega al sistema una pantalla HMI TP700 Comfort. Conformando la red Profibus se encuentran el autómatas maestro y dos esclavos: el medidor de presión ITR90P y la bomba turbomolecular de Oerlikon Leybold NT1600C.

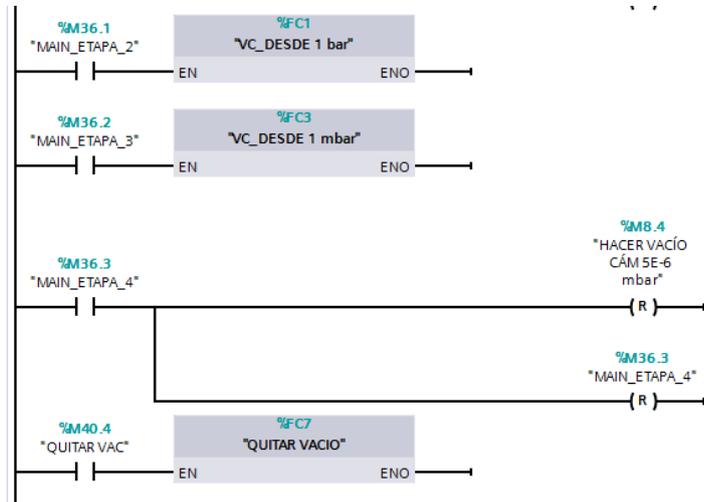
2.1. Bloque de organización principal (OB1 - Main)

Este bloque de programación contiene la programación cíclica principal. En este caso incluye la medición constante de presión en la cámara y la velocidad de la bomba, la comunicación con la bomba turbomolecular, el acuse de acciones por parte del usuario y el reset de unas señales integradas para la simulación del sistema. Estos cuatro conjuntos de acciones están siempre disponibles para su ejecución.



MIV. Fig. 10 Código de programación

Además, el bloque principal incluye las acciones básicas que realizan el vacío en la cámara a partir de una orden de usuario (modo automático). Para realizar esta tarea el bloque principal remite a las funciones que realizan el vacío desde presión atmosférica y desde 1 mbar. Por último se tiene la acción básica para quitar vacío que remite también a su respectiva función.

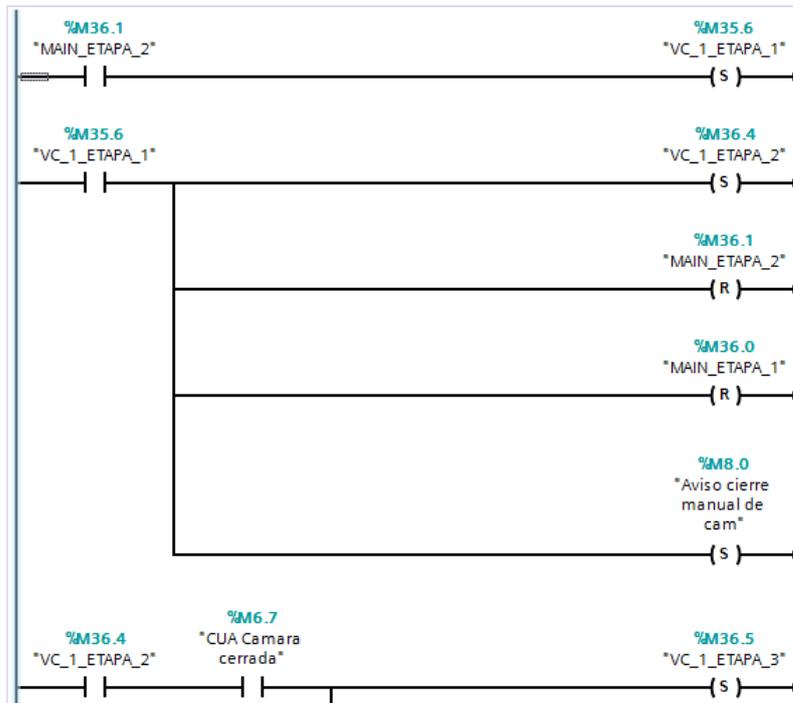


MIV. Fig. 11 Código de programación

2.2. Funciones

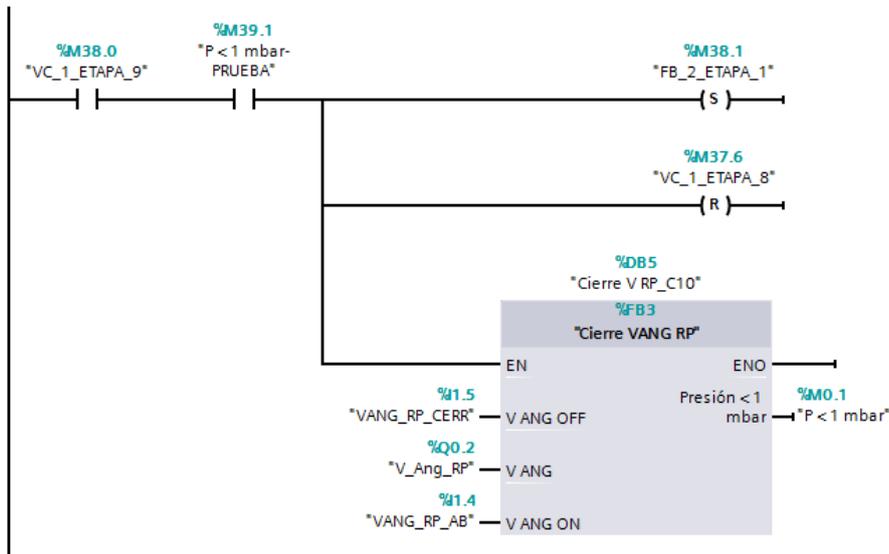
2.2.1. Hacer vacío desde 1 bar

Esta secuencia de programación inicia con la interacción con el usuario para el cierre manual de la cámara, el chequeo del estado del vacío primario y la apertura de la válvula manual. Se sigue un procedimiento estandarizado en el que se activa un aviso para el usuario que se mostrará en pantalla y se espera la confirmación por parte del mismo para continuar con la ejecución del código. A continuación se observa el procedimiento para el caso del cierre manual de la cámara.



MIV. Fig. 12 Código de programación

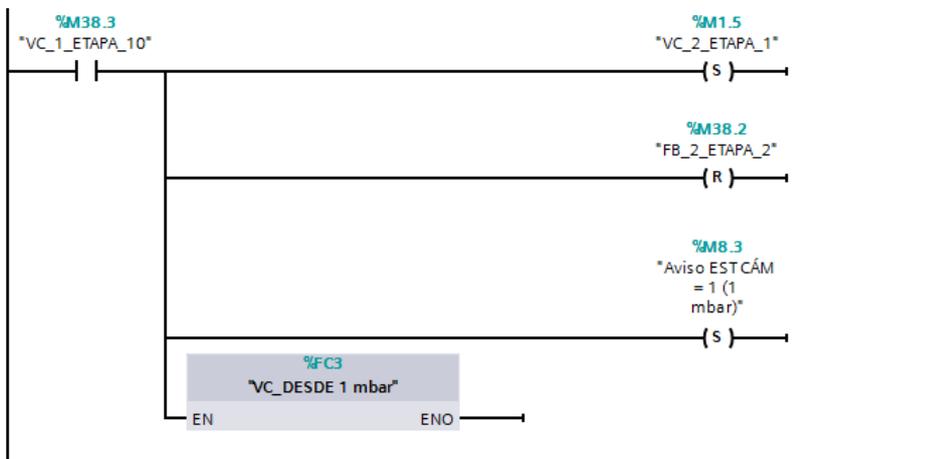
Una vez realizadas todas las verificaciones y procedimientos que requieren de la intervención del usuario se procede a la apertura de la válvula de ángulo del *rough pump* que comunica la cámara con el sistema de vacío primario que permite disminuir la presión hasta 1 mbar. Una vez alcanzada esta presión objetivo se cierra la válvula de ángulo. Para las maniobras de apertura y cierre de la válvula se realizan llamados a bloques de función genéricos que implementan estas acciones. La acción se realiza sobre la válvula específica transmitiéndole al bloque de función las variables de dicha válvula en el momento de la llamada. Las variables de entrada y salida de este bloque de datos se guardan en su respectivo bloque de datos de instancia que tiene el mismo nombre que el bloque de función. En la imagen inferior se observa la llamada al bloque de función "Cierre_VANG_RP".



MIV. Fig. 13 Código de programación. Llamada a un bloque de función de acción genérica

Cuando se llama al bloque de función los parámetros que se le traspasan son: las variables de entrada que indican los estados de los finales de carrera de la válvula (V ANG ON y V ANG OFF) y la variable de actuación sobre la válvula (V ANG). La salida del bloque es la indicación de que ya se ha alcanzado la presión de 1 mbar en la cámara.

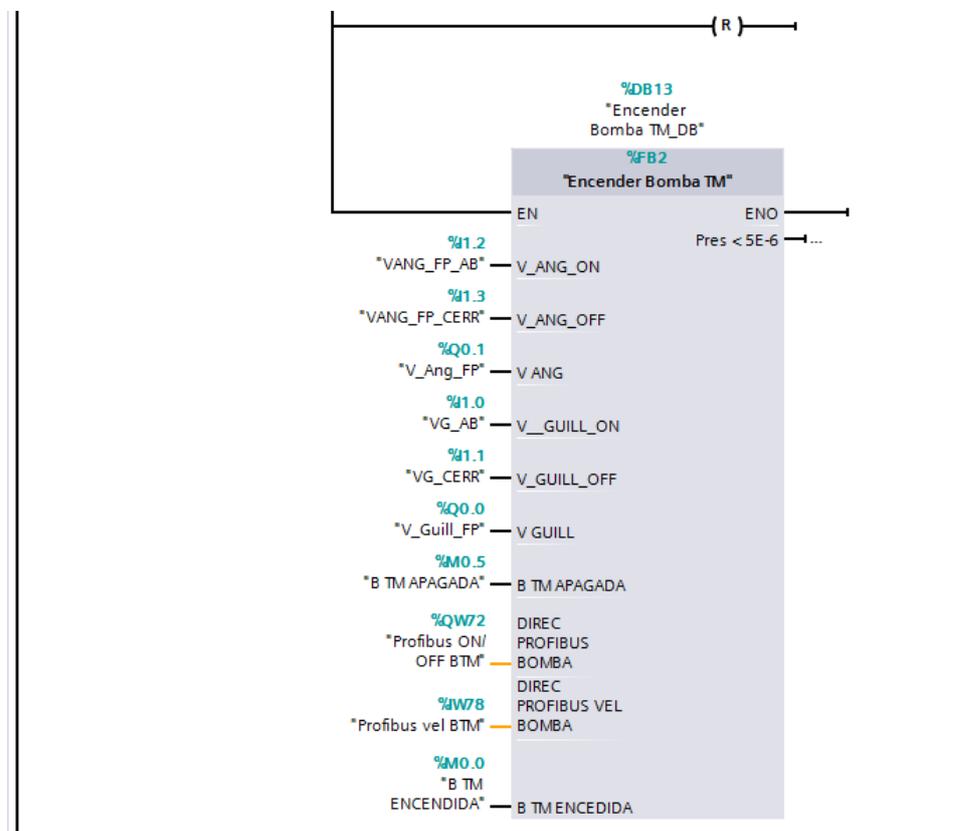
La parte final de la función de hacer vacío desde 1 bar es la llamada a la función para continuar haciendo vacío hasta el nivel de alto vacío.



MIV. Fig. 14 Código de programación. Llamada encadenada de funciones.

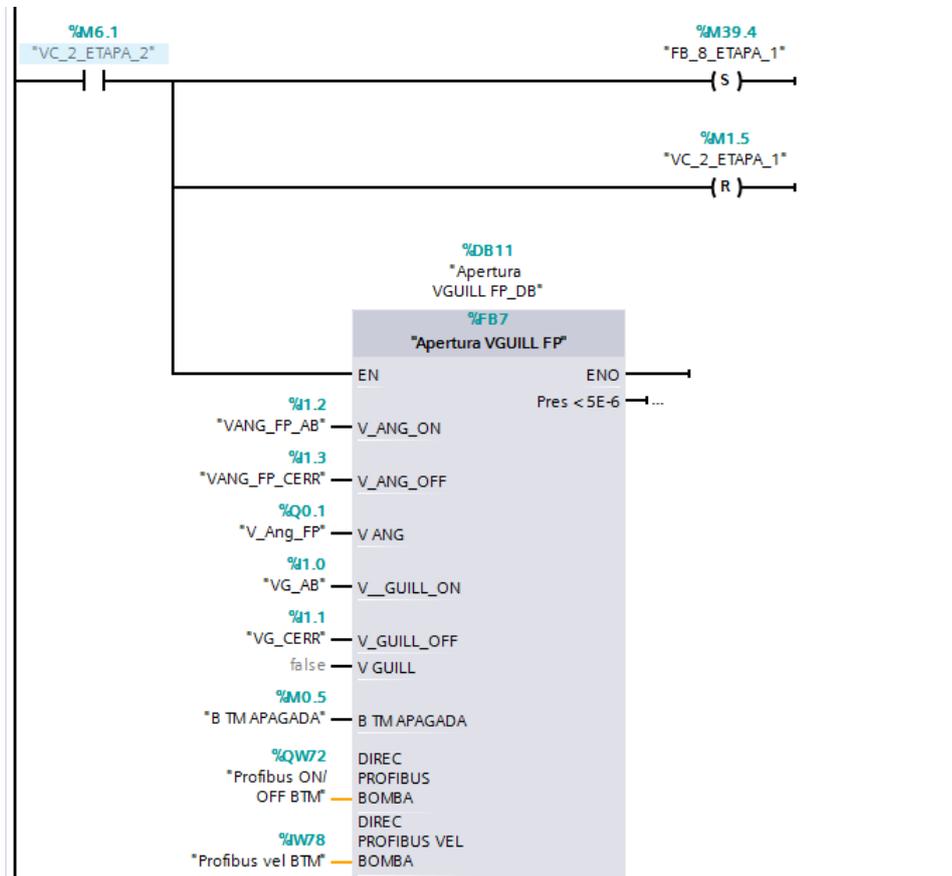
2.2.2. Hacer vacío desde 1 mbar

Esta subrutina realiza en primer lugar una llamada al bloque de función que realiza la acción genérica de encendido de una bomba turbomolecular. Nuevamente, en el momento de la llamada se le transfieren al bloque de función las variables específicas de la bomba turbomolecular que se desea encender (estado de los finales de carrera de las válvulas de ángulo y de guillotina del *fore pump*, el estado de la válvula y las direcciones Profibus para encendido de la bomba y lectura de su velocidad).



MIV. Fig. 15 Código de programación. Llamado a bloque de función genérico

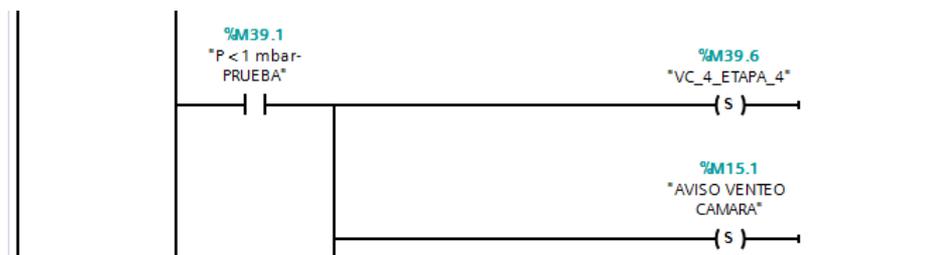
Una vez alcanzada la velocidad de rotación de 200 rps se llama al bloque de función para apertura de la válvula de guillotina de *fore pump*.



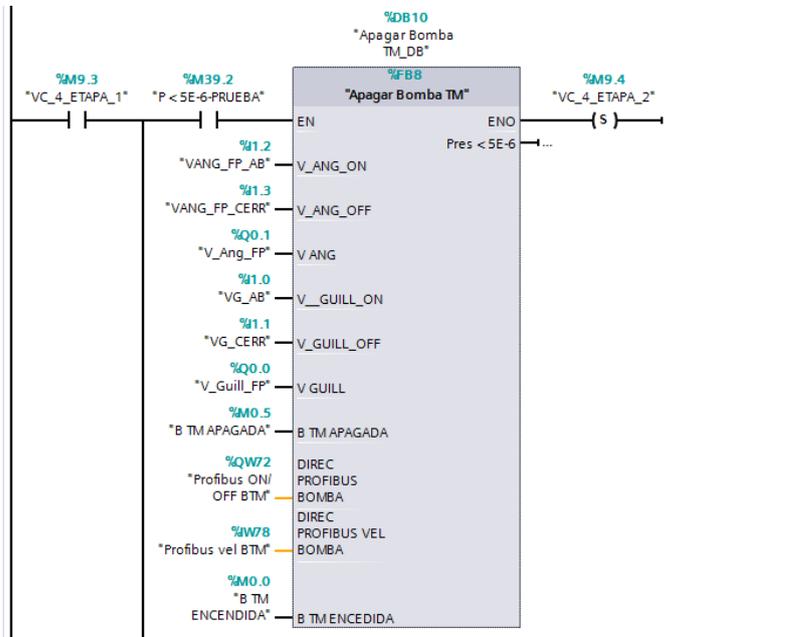
MIV. Fig. 16 Código de programación. Llamado a bloque de función genérico

2.2.3. Quitar vacío

Para quitar vacío cuando la cámara se encuentra a presión de alto vacío se llama al bloque de función que apaga la bomba turbomolecular. Si la cámara se encuentra a presión igual a 1 mbar se da un aviso al usuario para que realice el venteo de la cámara.

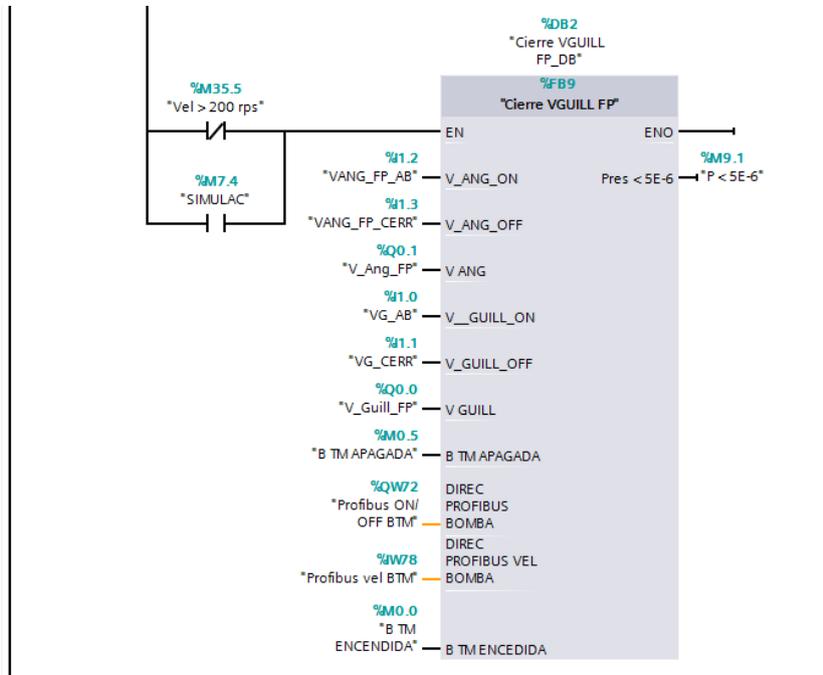


MIV. Fig. 17 Código de programación



MIV. Fig. 18 Código de programación. Llamada a bloque de función genérico

A continuación, se espera a que la bomba turbomolecular disminuya su velocidad hasta un valor menor que 200 rps y se llama al bloque de función para el cierre la válvula de guillotina del fore pump.



MIV. Fig. 19 Código de programación. Llamada a bloque de función genérico

Finalmente se le da el aviso para que el usuario ventee la cámara procedimiento mediante el cual la presión en la cámara ascenderá hasta la presión atmosférica.

2.2.4. Acuse de acciones del usuario

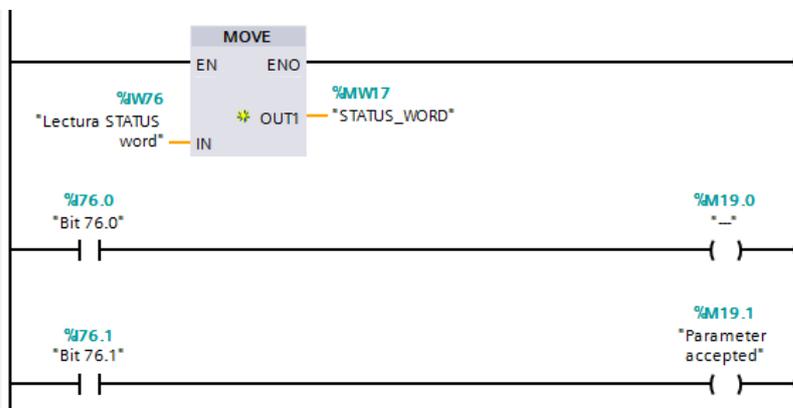
Esta función permite realizar el reset de los avisos que envíe el sistema al usuario mediante las confirmaciones de recibo por parte del mismo. Este es el procedimiento mediante el cual los avisos desplegados en la pantalla informativa desaparecen. En la imagen inferior la confirmación del usuario de que la válvula de ángulo manual de *rough pump* se ha abierto realiza un reset sobre la variable de aviso respectiva que conllevará la desaparición del aviso de la pantalla informativa del HMI.



MIV. Fig. 20 Código de programación. Reset de variable de aviso tras confirmación del usuario

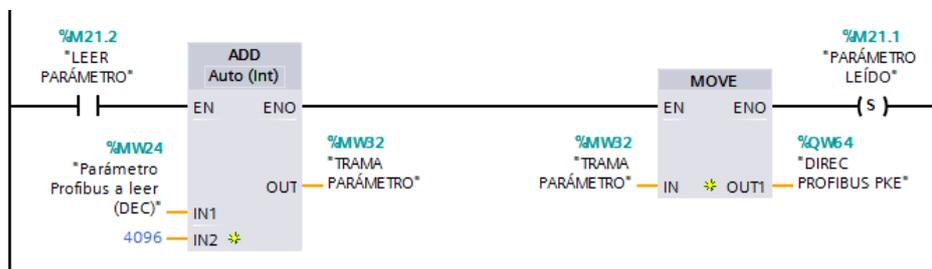
2.2.5. Comunicaciones con la bomba turbomolecular

Esta función permite leer la palabra de estado de la bomba turbomolecular y leer cualquier parámetro de la misma. La palabra de estado se lee mediante la función MOVE ubicando la entrada de la función en la dirección asignada para la palabra estado de la bomba. También se realiza una lectura bit a bit que permite graficar el estado de cada bit en la pantalla del HMI dedicada a la interacción con la bomba turbomolecular, que se verá más adelante.



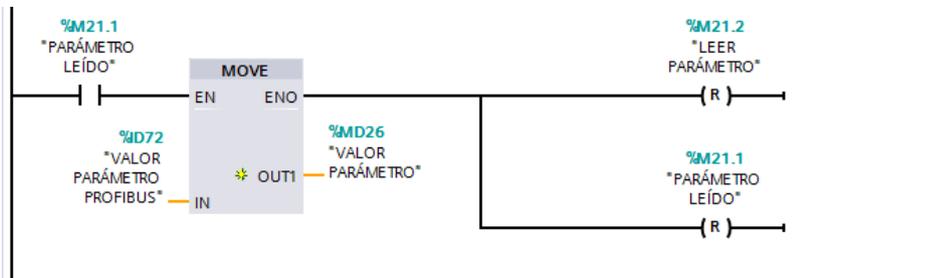
MIV. Fig. 21 Código de programación. Comunicación con la bomba turbomolecular.

Para leer el parámetro de la bomba el usuario debe ingresar en pantalla el código en base decimal del parámetro que desee conocer. Este número se suma con una base (4096) para generar 16 bits que le indican a la bomba que se quiere leer un parámetro y cuál de todos se quiere leer.



MIV. Fig. 22 Código de programación. Comunicación con la bomba turbomolecular

El parámetro leído se almacena en formato doble en la dirección de memoria asignada.



MIV. Fig. 23 Código de programación. Comunicación con la bomba turbomolecular

En el Anexo VI. Comunicación mediante protocolo Profibus se explica detalladamente la configuración de esta comunicación.

2.2.6. Implementación del control semiautomático

El control semiautomático se programa mediante el anidamiento de la orden de usuario de actuar sobre un elemento en específico con una orden específica (por ejemplo, apertura de la válvula de ángulo de *fore pump*) con la condición de seguridad para realizar dicha acción. Cuando se cumpla la condición de seguridad para realizar la acción esta se permitirá, en caso contrario se impedirá la ejecución de la acción solicitada por el usuario.

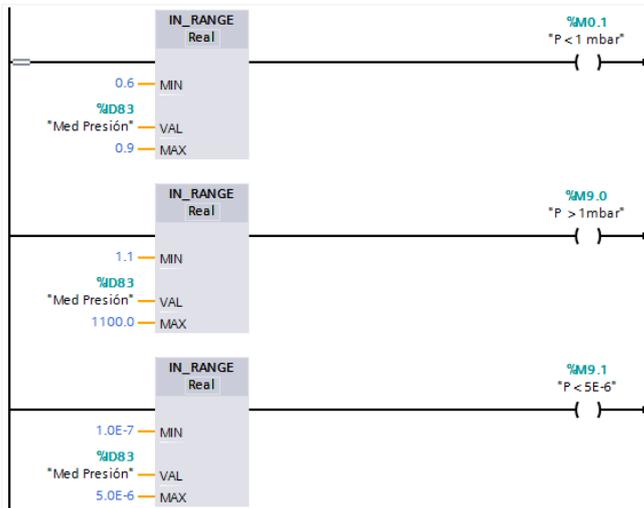


MIV. Fig. 24 Código de programación. Implementación del modo semiautomático

Las condiciones de seguridad se encuentran especificadas en los graficet de programación del modo semiautomático que se pueden ver en el Anexo I. Graficets de programación.

2.2.7. Medición de presión en cámara y velocidad de la bomba turbomolecular

La medición de la presión en la cámara se realiza ubicando la medición de presión realizada mediante protocolo Profibus dentro de tres rangos diferentes de presión mediante la función IN RANGE. De esta forma se informa al usuario del estado de la cámara: presión mayor a 1 mbar, menor a 1 mbar o menor a $5 \cdot 10^{-6}$ mbar.



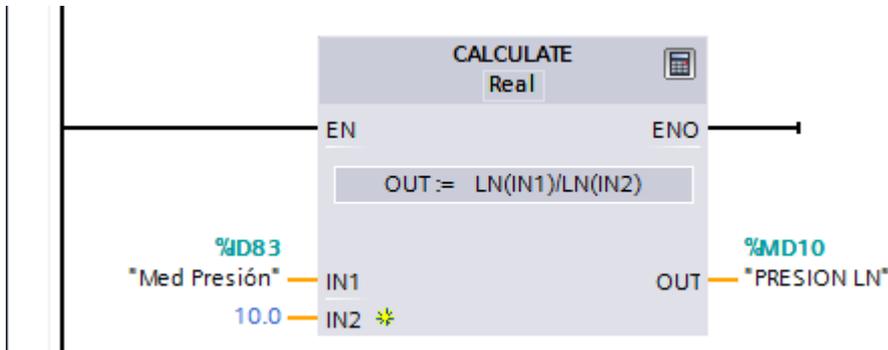
MIV. Fig. 25 Código de programación. Rangos de presión

Utilizando la medición de la presión por rangos se evita que las oscilaciones en el valor medido afecten el funcionamiento fluido del código.

A su vez, se realiza una linealización del valor de presión medido mediante la obtención matemática del valor aproximado del exponente de la notación científica. Esto se realiza para posteriormente graficar la presión en la cámara en una barra de desplazamiento lineal puesto que una gráfica del valor de la presión sin linealizar debería de recorrer valores de presión desde 1 hasta 10^{-6} mbar lo cual es inviable. El exponente se obtiene realizando el logaritmo en base 10 del valor de la presión. Sin embargo, en STEP 7 no existe el logaritmo en base 10 solo el logaritmo neperiano; de ahí que se realice el cálculo del logaritmo mediante una operación de cambio de base.

$$\log_p a = \frac{\log_b a}{\log_b p}$$

MIV. Fig. 26 Cambio de base de un logaritmo



MIV. Fig. 27 Código de programación. Linealización de la medición de presión

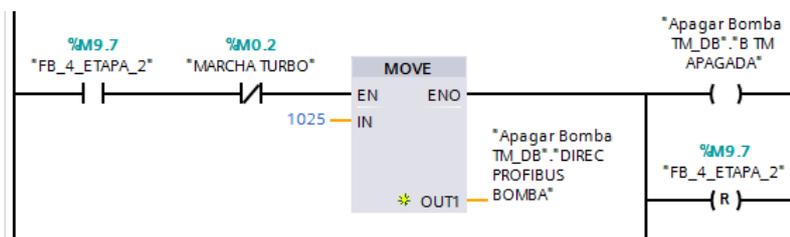
2.2.8. Reset de señales de simulación

Esta función realiza un reset general de tres señales de simulación que se crearon para poder controlar virtualmente el avance del programa.

2.3. Bloques de funciones

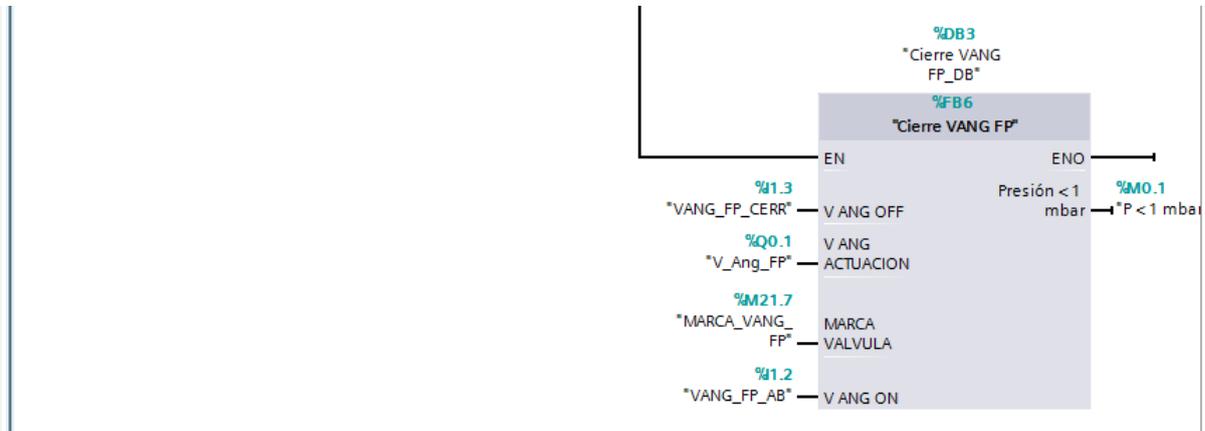
2.3.1. Apagar una bomba turbomolecular

Este bloque de función realiza la acción genérica de apagar una bomba turbomolecular. La orden de apagar se transmite a la bomba mediante protocolo Profibus (ver Anexo VI Comunicación mediante protocolo Profibus). Esta orden específica se codifica dentro del sistema de comunicación de la válvula con el código 1025.



MIV. Fig. 28 Código de programación. Apagar una bomba turbomolecular

Inmediatamente después de que se apaga la bomba se cierra la válvula de ángulo del *fore pump* para evitar desgaste de la misma. Para ello se llama al bloque de función de la acción genérica requerida.



MIV. Fig. 29 Código de programación. Apagar una bomba turbomolecular

Bloque de datos de instancia asociado

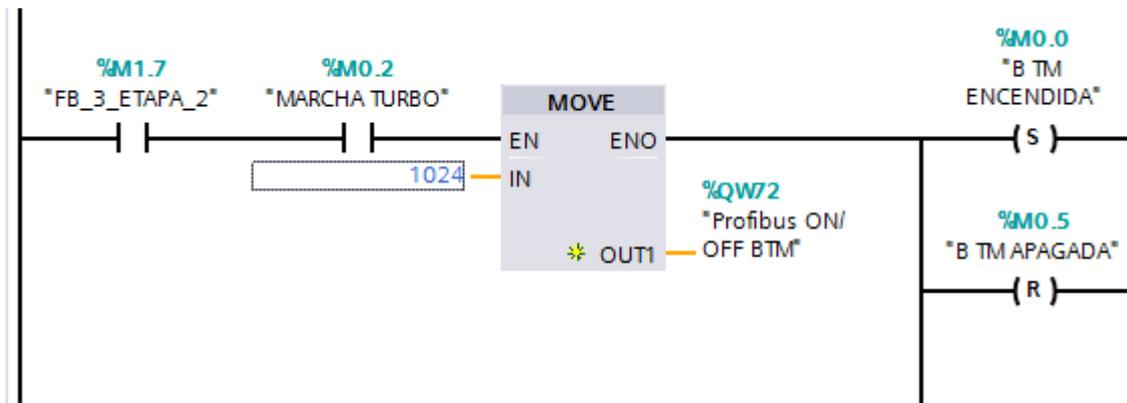
Apagar Bomba TM_DB		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V_ANG_ON	Bool
3	V_ANG_OFF	Bool
4	V ANG	Bool
5	V_GUILL_ON	Bool
6	V_GUILL_OFF	Bool
7	V GUILL	Bool
8	B TM APAGADA	Bool
9	DIREC PROFIBUS BOM...	Word
10	DIREC PROFIBUS VEL B...	Word
11	B TM ENCEDIDA	Bool
12	Output	
13	Pres < 5E-6	Bool

MIV. Fig. 30 Código de programación. Bloque de datos de instancia asociado

Las variables de entrada al bloque de instancia con los estados de las válvulas de ángulo y de guillotina del *fore pump* y sus señales de actuación, el estado de la bomba y las direcciones Profibus para apagado de la bomba y lectura de su velocidad. EL bloque de función devuelve como salida una variable que indica que la presión en la cámara es menor que $5 \cdot 10^{-6}$ mbar.

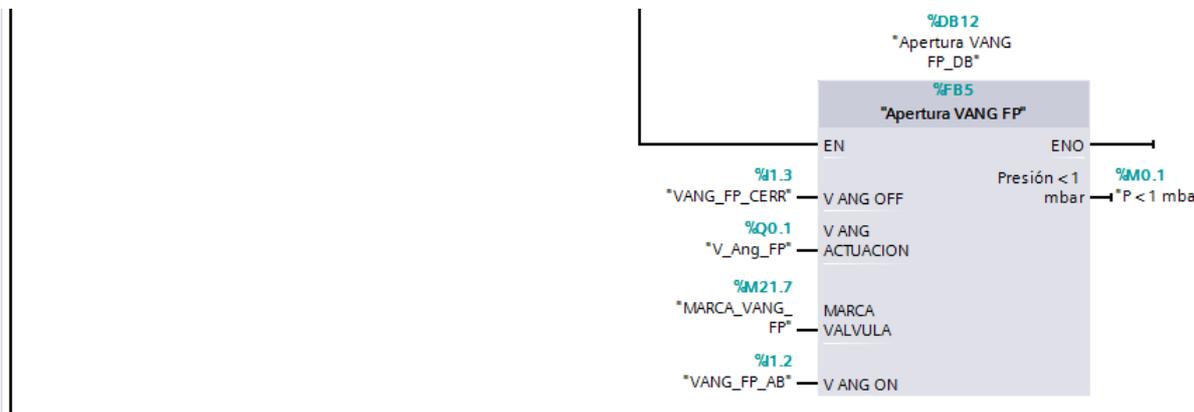
2.3.2. Encender una bomba turbomolecular

Este bloque de función de acción genérica es muy similar al anterior. Para encender la bomba se envía el código 1024 a la dirección respectiva.



MIV. Fig. 31 Código de programación. Encender una bomba turbomolecular

Posteriormente, se abre la valvula de ángulo del fore pump mediante el bloque de función respectivo.



MIV. Fig. 32 Código de programación. Encender una bomba turbomolecular

Bloque de datos de instancia asociado

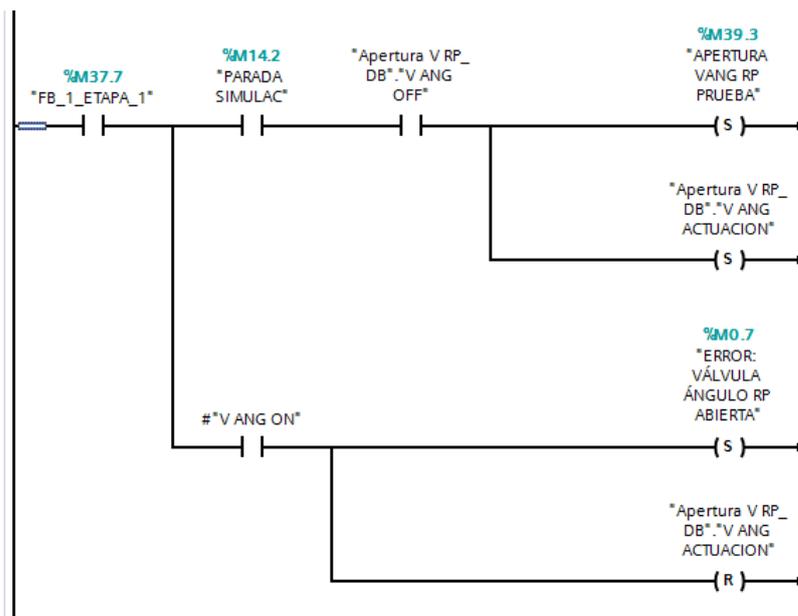
Este bloque de datos de instancia tiene las mismas variables en entrada y salida que el de Apagar una bomba turbomolecular.

Encender Bomba TM_DB		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V_ANG_ON	Bool
3	V_ANG_OFF	Bool
4	V ANG	Bool
5	V_GUILL_ON	Bool
6	V_GUILL_OFF	Bool
7	V GUILL	Bool
8	B TM APAGADA	Bool
9	DIREC PROFIBUS BOM...	Word
10	DIREC PROFIBUS VEL B...	Word
11	B TM ENCEDIDA	Bool
12	Output	
13	Pres < 5E-6	Bool

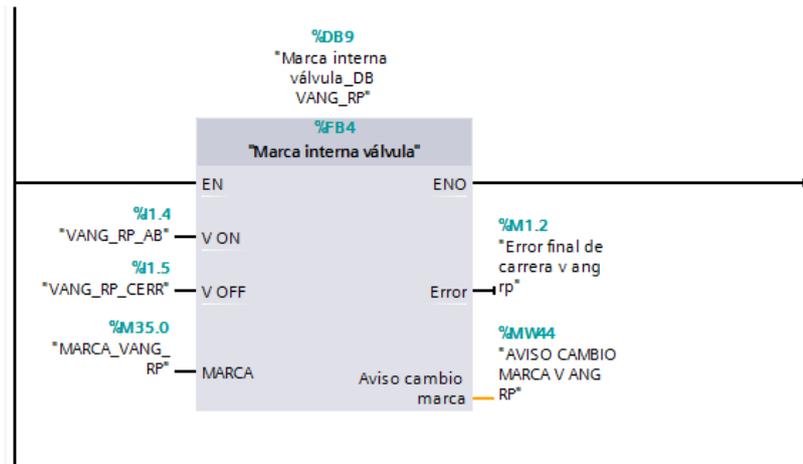
MIV. Fig. 33 Bloque de datos de instancia

2.3.3. Abrir la válvula de ángulo del *rough pump*

Para abrir la válvula se chequea en primer lugar que no se encuentre ya abierta. En este caso se envía una señal de error.

MIV. Fig. 34 Código de programación. Apertura de la válvula de ángulo del *rough pump*

Una vez abierta se llama al bloque de función de acción genérica Marca interna de válvula en el que se cambia la marca interna de la válvula para que se ajuste a su nueva posición.



MIV. Fig. 35 Código de programación marca interna de la válvula

Bloque de datos de instancia asociado

Las variables de entrada a este bloque de función con los estados de los finales de carrera de la válvula en cuestión, su señal de actuación y su marca interna. La señal de salida del bloque indica que se ha alcanzado una presión menor a 1 mbar.

Apertura V RP_DB		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V ANG OFF	Bool
3	V ANG ACTUACION	Bool
4	MARCA VALVULA	Bool
5	V ANG ON	Bool
6	Output	
7	Presión < 1 mbar	Bool

MIV. Fig. 36 Bloque de datos de instancia

2.3.4. Cerrar la válvula de ángulo del *rough pump*

Este bloque de función funciona de forma análoga al anterior.

Bloque de datos de instancia asociado

Las variables de entrada a este bloque de función con los estados de los finales de carrera de la válvula en cuestión, su señal de actuación y su marca interna. La señal de salida del bloque indica que se ha alcanzado una presión menor a 1 mbar.

Cierre V RP_C10		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V ANG OFF	Bool
3	V ANG ACTUACION	Bool
4	MARCA VALVULA	Bool
5	V ANG ON	Bool
6	Output	
7	Presión < 1 mbar	Bool

MIV. Fig. 37 Bloque de datos de instancia

2.3.5. Abrir la válvula de ángulo del *fore pump*

La apertura de la válvula está condicionada a que la presión en la cámara menor que 1 mbar.

Bloque de datos de instancia asociado

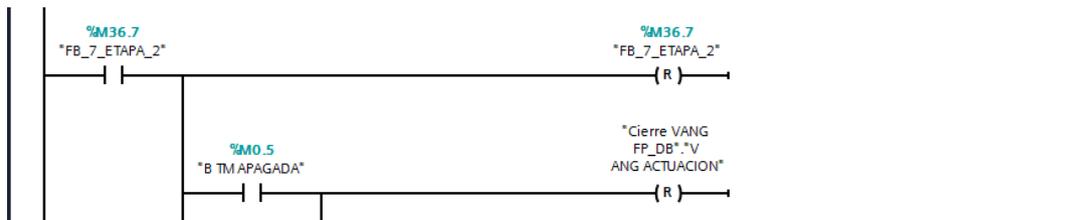
Las variables de entrada a este bloque de función con los estados de los finales de carrera de la válvula en cuestión, su señal de actuación y su marca interna. La señal de salida del bloque indica que se ha alcanzado una presión menor a 1 mbar.

Apertura VANG FP_DB		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V ANG OFF	Bool
3	V ANG ACTUACION	Bool
4	MARCA VALVULA	Bool
5	V ANG ON	Bool
6	Output	
7	Presión < 1 mbar	Bool

MIV. Fig. 38 Bloque de datos de instancia

2.3.6. Cerrar la válvula de ángulo del *fore pump*

Este bloque de función funciona de forma análoga al anterior realizando una verificación de que la bomba turbomolecular este apagada antes del cierre.



MIV. Fig. 39 Código de programación

Bloque de datos de instancia asociado

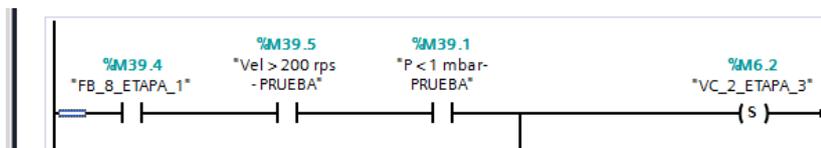
Las variables de entrada a este bloque de función con los estados de los finales de carrera de la válvula en cuestión, su señal de actuación y su marca interna. La señal de salida del bloque indica que se ha alcanzado una presión menor a 1 mbar.

Cierre VANG FP_DB		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V ANG OFF	Bool
3	V ANG ACTUACION	Bool
4	MARCA VALVULA	Bool
5	V ANG ON	Bool
6	Output	
7	Presión < 1 mbar	Bool

MIV. Fig. 40 Bloque de datos de instancia

2.3.7. Abrir la válvula de guillotina del *fore pump*

La apertura de la válvula está condicionada a que la velocidad de la bomba sea mayor que 200 rps y la presión en la cámara menor que 1 mbar.



MIV. Fig. 41 Código de programación

Bloque de datos de instancia asociado

Las variables de entrada a este bloque de función con los estados de los finales de carrera de las válvulas de ángulo y de guillotina de *fore pump*, sus señales de actuación y su marca interna, el estado de la válvula y las direcciones Profibus para comunicación con la misma. La señal de salida del bloque indica que se ha alcanzado una presión menor a $5 \cdot 10^{-6}$ mbar.

Apertura VGUILL FP_DB		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V_ANG_ON	Bool
3	V_ANG_OFF	Bool
4	V ANG	Bool
5	V__GUILL_ON	Bool
6	V_GUILL_OFF	Bool
7	V GUILL	Bool
8	B TM APAGADA	Bool
9	DIREC PROFIBUS BOM...	Word
10	DIREC PROFIBUS VEL B...	Word
11	B TM ENCEDIDA	Bool
12	Output	
13	Pres < 5E-6	Bool

MIV. Fig. 42 Bloque de datos de instancia

2.3.8. Cerrar la válvula de guillotina del *fore pump*

El cierre de esta válvula está condicionada a que la velocidad de la bomba sea menor que 200 rps.

Bloque de datos de instancia asociado

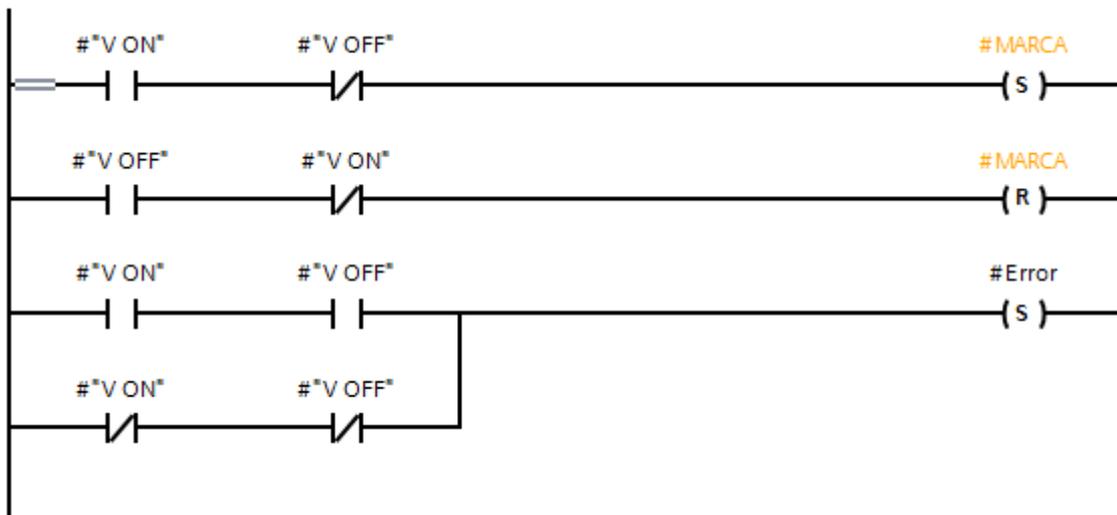
Las variables de entrada a este bloque de función con los estados de los finales de carrera de las válvulas de ángulo y de guillotina de *fore pump*, sus señales de actuación y su marca interna, el estado de la válvula y las direcciones Profibus para comunicación con la misma. La señal de salida del bloque indica que se ha alcanzado una presión menor a $5 \cdot 10^{-6}$ mbar.

Cierre VGUILL FP_DB		
	Nombre	Tipo de datos
1	Input	
2	V_ANG_ON	Bool
3	V_ANG_OFF	Bool
4	V_ANG	Bool
5	V_GUILL_ON	Bool
6	V_GUILL_OFF	Bool
7	V_GUILL	Bool
8	B_TM APAGADA	Bool
9	DIREC PROFIBUS BOM...	Word
10	DIREC PROFIBUS VEL B...	Word
11	B_TM ENCEDIDA	Bool
12	Output	
13	Pres < 5E-6	Bool

MIV. Fig. 43 Bloque de datos de instancia

2.3.9. Marca interna de la válvula

Este bloque de función genérica realiza la acción de actualizar la marca interna de una válvula tras cada maniobra de apertura o cierre.



MIV. Fig. 44 Código de programación. Marca interna válvula.

Bloque de datos de instancia asociado

Las variables de entrada al bloque de función son el estado actual de la válvula (finales de carrera, abierto/ cerrado) y la marca interna de la válvula en cuestión. La variable de salida es un error que indica una lectura a "1" doble de ambos finales de carrera.

	Nombre	Tipo de datos
1	▼ Input	
2	V ON	Bool
3	V OFF	Bool
4	MARCA	Bool
5	▼ Output	
6	Error	Bool
7	Aviso cambio marca	Word

MIV. Fig. 45 Bloque de datos de instancia

3. Nivel de supervisión

A nivel de supervisión se programó un software SCADA a medida de las necesidades de la implementación del sistema parcial. Como se mencionó anteriormente, el software HMI a nivel de supervisión se detalla siguiendo las distintas imágenes de interacción con el usuario que se crearon.

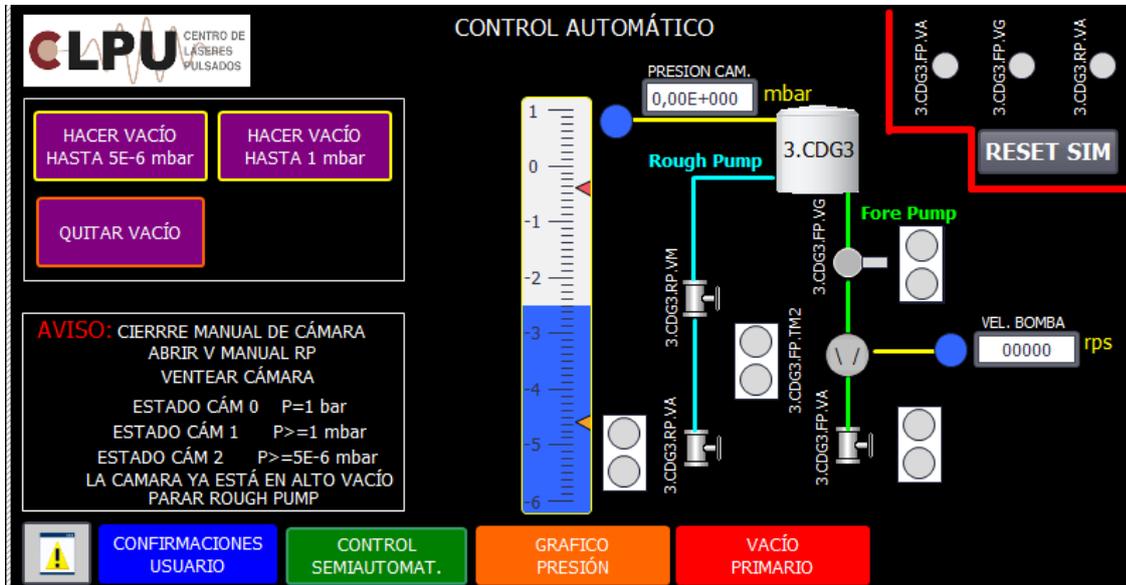
3.1. Control automático

En esta pantalla se implementa el control automático mediante una botonera desde la que el usuario envía las órdenes de hacer o quitar vacío.

En esta pantalla se encuentra también el panel de comunicación con el usuario donde aparecerán mensajes que dirigirían las actuaciones manuales del proceso y una recreación esquemática de la cámara de vacío con todos los elementos de ambas líneas de vacío.

La presión en cámara y velocidad de la bomba turbomolecular son datos que siempre están disponibles para el usuario. La presión puede leerse también en la barra gráfica de linealización de la presión.

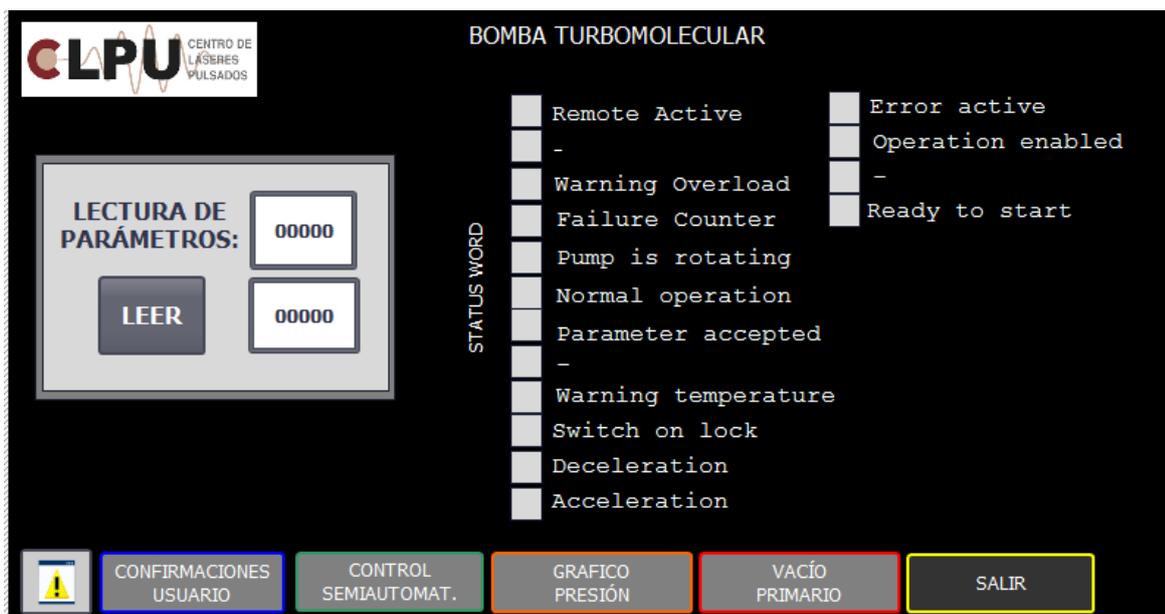
Todas las partes inferiores de las pantallas contienen los botones de navegación.



MIV. Fig. 46 SCADA: Control automático

3.2. Bomba turbomolecular

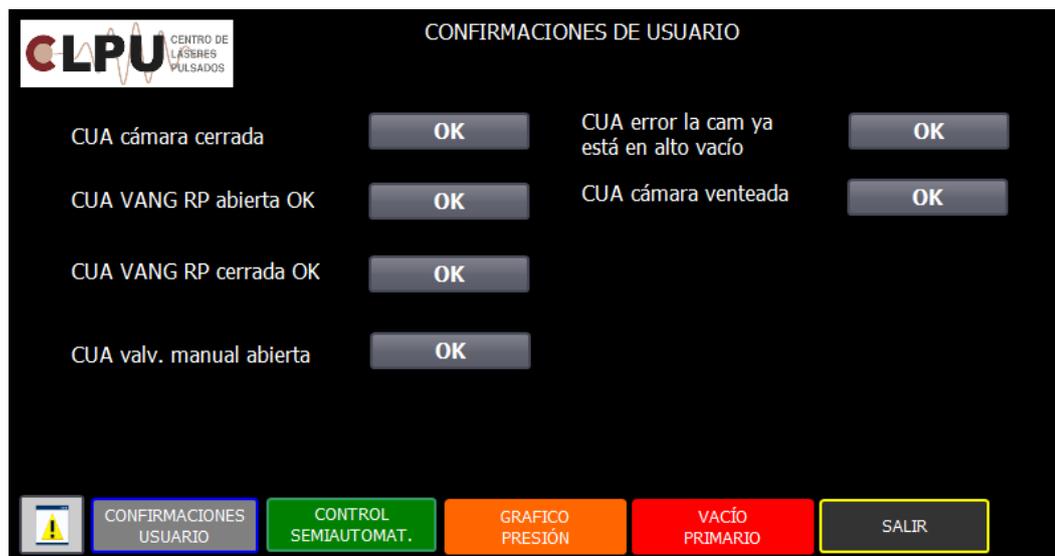
Presionando sobre la imagen de la bomba turbomolecular en la pantalla anterior se accede a esta pantalla dedicada exclusivamente a la lectura de parámetros de la bomba y a la lectura de la palabra de estado de la misma de forma gráfica (los cuadrados grises se iluminan de color verde cuando su bit respectivo está a "1").



MIV. Fig. 47 SCADA. Bomba turbomolecular

3.3. Confirmaciones de usuario

A través de esta pantalla el usuario informa al sistema de las acciones manuales que complete satisfactoriamente.



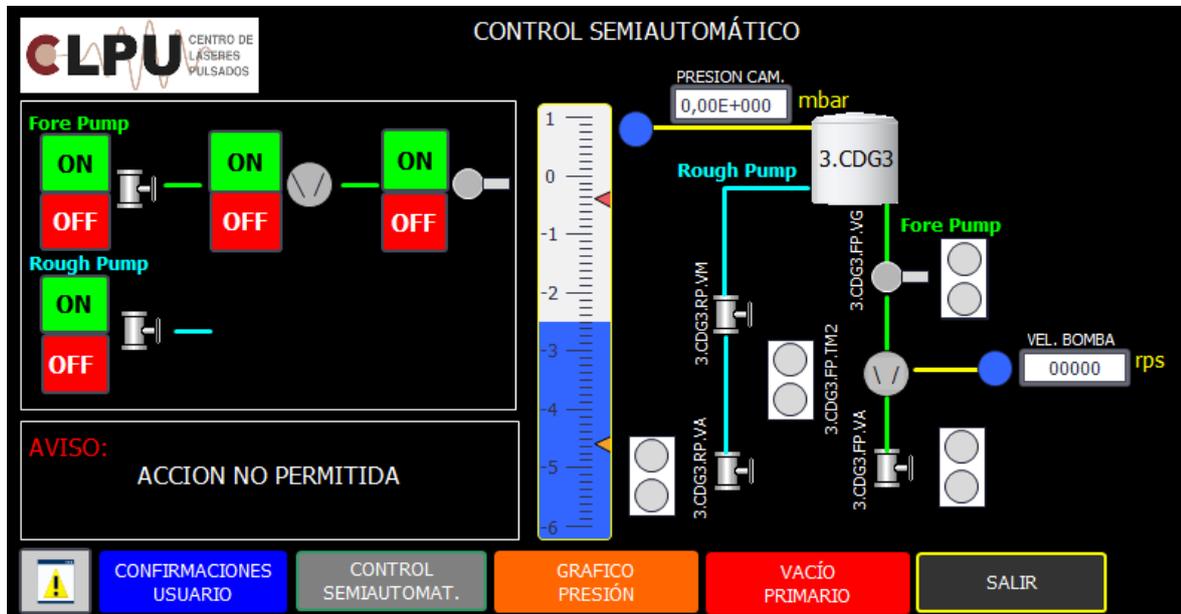
MIV. Fig. 48 SCADA. Confirmaciones de usuario

3.4. Control semiautomático

En esta pantalla se implementa el modo de funcionamiento semiautomático. Cada uno de los elementos de la cámara se controla individualmente mediante los botones marcha/ paro respectivos.

En la pantalla informativa de la esquina inferior izquierda se le informará al usuario en el caso de que intente realizar una acción que no esté permitida.

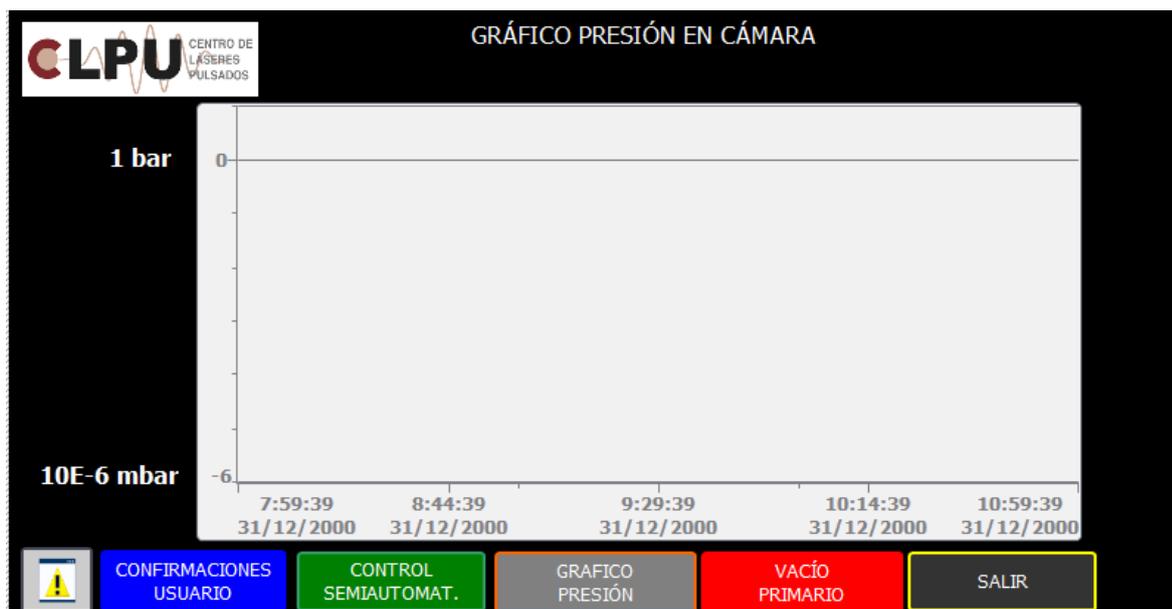
Se incluye también el esquema de la cámara para que el usuario tenga pleno conocimiento del estado de todos los elementos de la misma y del valor de la presión a cada instante.



MIV. Fig. 49 SCADA. Control semiautomático

3.5. Gráfico de presión en cámara

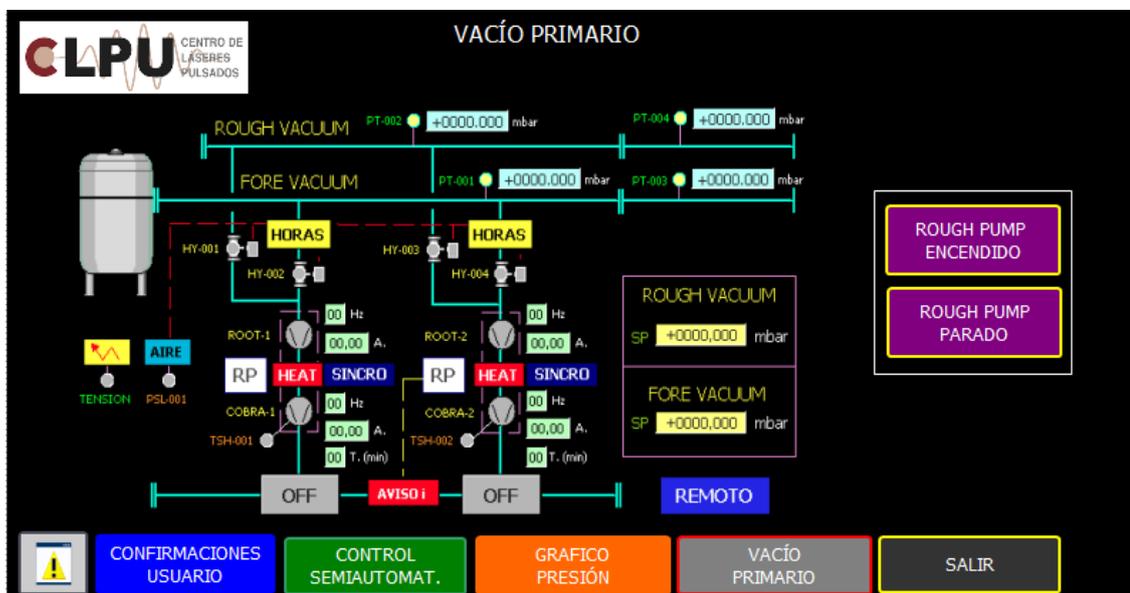
En esta pantalla se grafica la evolución de la presión en la cámara dentro de las últimas tres horas de funcionamiento del sistema. De esta forma se podrán monitorizar los procesos de consecución de vacío.



MIV. Fig. 50 SCADA. Gráfico de presión en cámara.

3.6. Vacío primario (rough pump)

Mediante esta pantalla el usuario podrá monitorizar el estado del vacío primario e informar al sistema del estado del mismo (encendido o apagado). Esta información es fundamental para iniciar el proceso de hacer vacío en una cámara desde 1 bar. A futuro se espera conectar las variables de sistema automático que controla el vacío primario para que el usuario no necesite informar del estado del mismo. El sistema tendrá acceso a esta información y podrá encender o apagar el vacío primario.



MIV. Fig. 51 SCADA. Vacío primario

3.7. Registro de usuarios

En el visor de usuarios se almacenarán los usuarios con acceso al sistema, sus contraseñas y el grupo al que pertenecen. Cada grupo de usuarios podrá realizar acciones concretas sobre el sistema de acuerdo a su nivel de jerarquía.



MIV. Fig. 52 SCADA. Visor de usuarios

3.8. Registro de alarmas

En esta pantalla el usuario tendrá acceso a un registro de todas las alarmas que se produzcan durante el funcionamiento del sistema. Se especificará la hora y fecha a la que se produjo la alarma, el estado de la misma y se anexará un texto de ayuda para cada una que explique la naturaleza de dicha alarma.



MIV. Fig. 53 SCADA. Registro de alarmas

CABLEADO ELÉCTRICO Y RED PROFIBUS

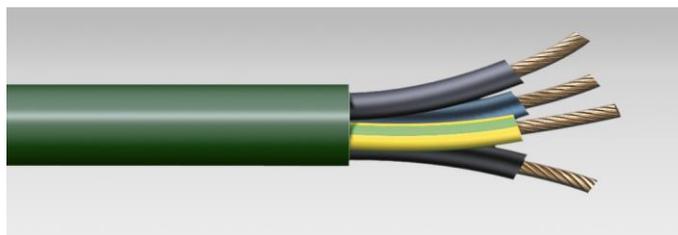
1. Cableado eléctrico

El cableado eléctrico necesario para llevar a cabo la implementación parcial del sistema se divide en cableado de control y de fuerza. Las señales de control son:

Nombre	Descripción	Cableado de control
3.CDG3.FP.VG2	Válvula de guillotina del <i>fore pump</i>	1 FCU 1 FCD
3.CDG3.FP.VA2	Válvula de ángulo del <i>fore pump</i>	1 FCU 1 FCD
3.CDG3.RP.VA	Válvula de ángulo del <i>rough pump</i>	1 FCU 1 FCD

MIV. Tabla. 2 Cableado de control

Se utilizó cable tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 4x1 para cablear las señales de control de los finales de carrera.



MIV. Fig. 54 Cable RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 4x1

Las señales de fuerza corresponden con las líneas de alimentación de las válvulas

Nombre	Descripción	Cableado de fuerza
3.CDG3.FP.VG2	Válvula de guillotina del <i>fore pump</i>	1 línea
3.CDG3.FP.VA2	Válvula de ángulo del <i>fore pump</i>	1 línea
3.CDG3.RP.VA	Válvula de ángulo del <i>rough pump</i>	1 línea
3.CDG3.FP.TM1	Bomba turbomolecular del <i>fore pump</i>	1 línea

MIV. Tabla. 3 Cableado de fuerza

Las válvulas enchufaron directamente los cables de alimentación a enchufes de la Sala Láser destinados para tal fin. La bomba turbomolecular se enchufó también a un enchufe de la Sala.

2. Red Profibus

La red Profibus necesaria para implementar parcialmente el sistema está compuesta por el autómata S71200 con su módulo maestro Profibus DP CM1243-5, la bomba turbomolecular y el medidor de presión.

Nombre	Descripción	Nodo Profibus	Dirección Profibus asignada
3.CDG3.FP.TM1	Bomba turbomolecular del <i>fore pump</i>	1 nodo esclavo	2
3.CDG3.MM1	Medidor de vacío	1 nodo esclavo	77
S71200	Autómata + Módulo Profibus DP	1 nodo maestro	1

MIV. Tabla. 4 Red Profibus

La topología de la red es tipo bus y habrá tres tipos de nodos: maestro, esclavo y esclavo con resistencia fin de línea. En la imagen inferior se observa un esquema de la red.



MIV. Fig. 55 Esquema red Profibus implementación parcial del sistema

En el Anexo VII Configuración de una conexión Profibus se explica detalladamente cómo se configura una conexión Profibus en TIA Portal.

ANEXOS

Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

ANEXO I. GRAFCETS DE PROGRAMACIÓN

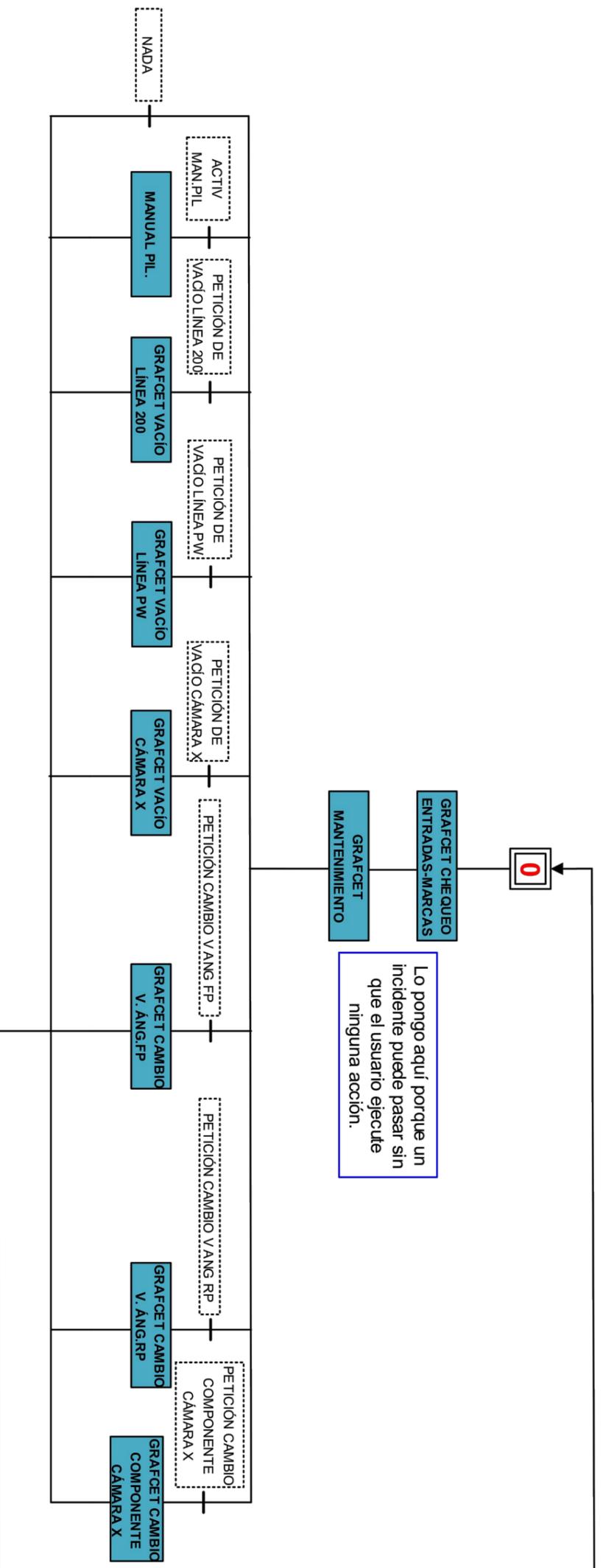
**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR



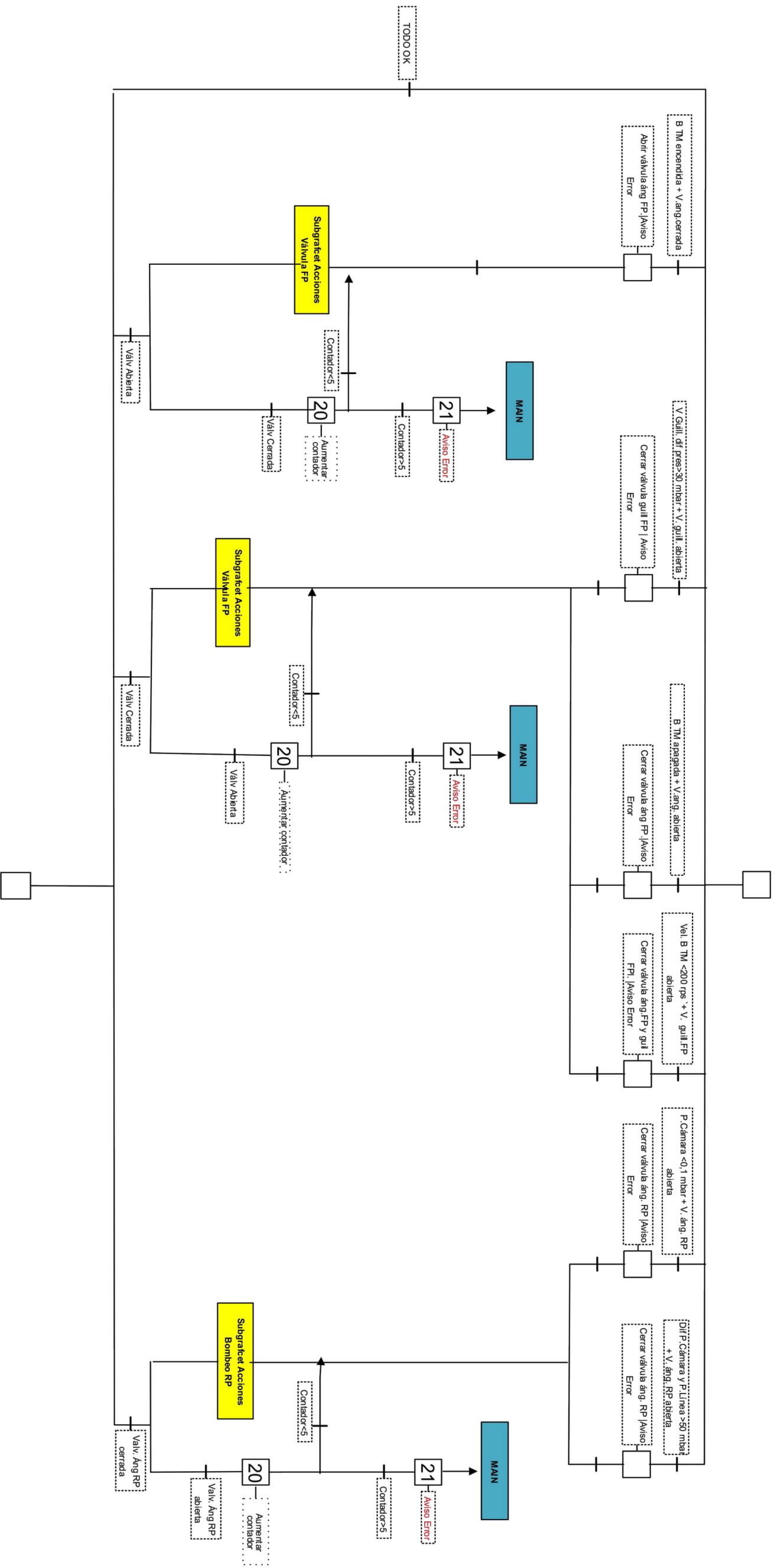
Lo pongo aquí porque un incidente puede pasar sin que el usuario ejecute ninguna acción.

Nombre	Fecha	Descripción:
Valeria, Dspina. B.	15/08/17	Grafcet principal (Main)
Dibujado:	Comprobado:	Escala
		Sin escala

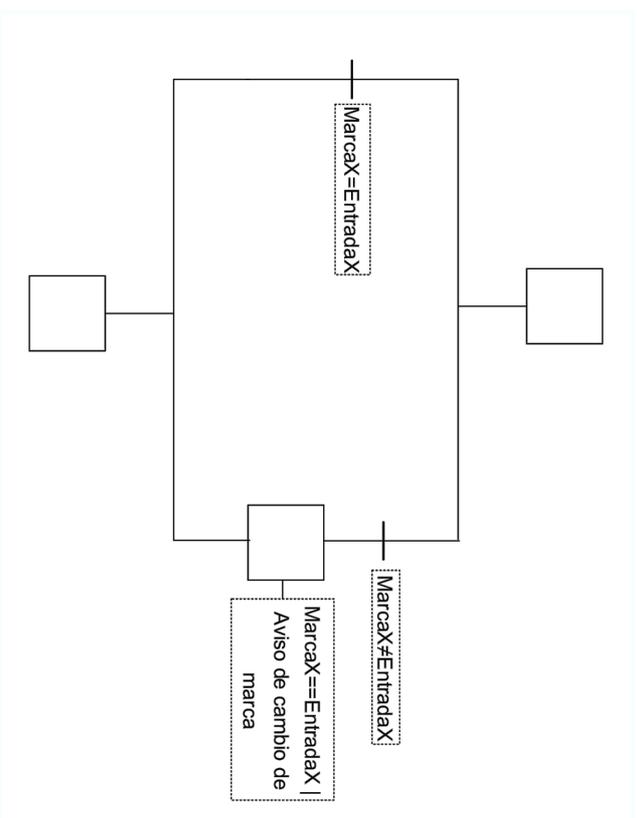


Universidad de Salamanca
 ETSII de Béjar
 AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELÉCTRICO DE UNA INSTALACIÓN DE ALTO VACÍO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRACORTOS ULTRAINTEOS (CLPU)

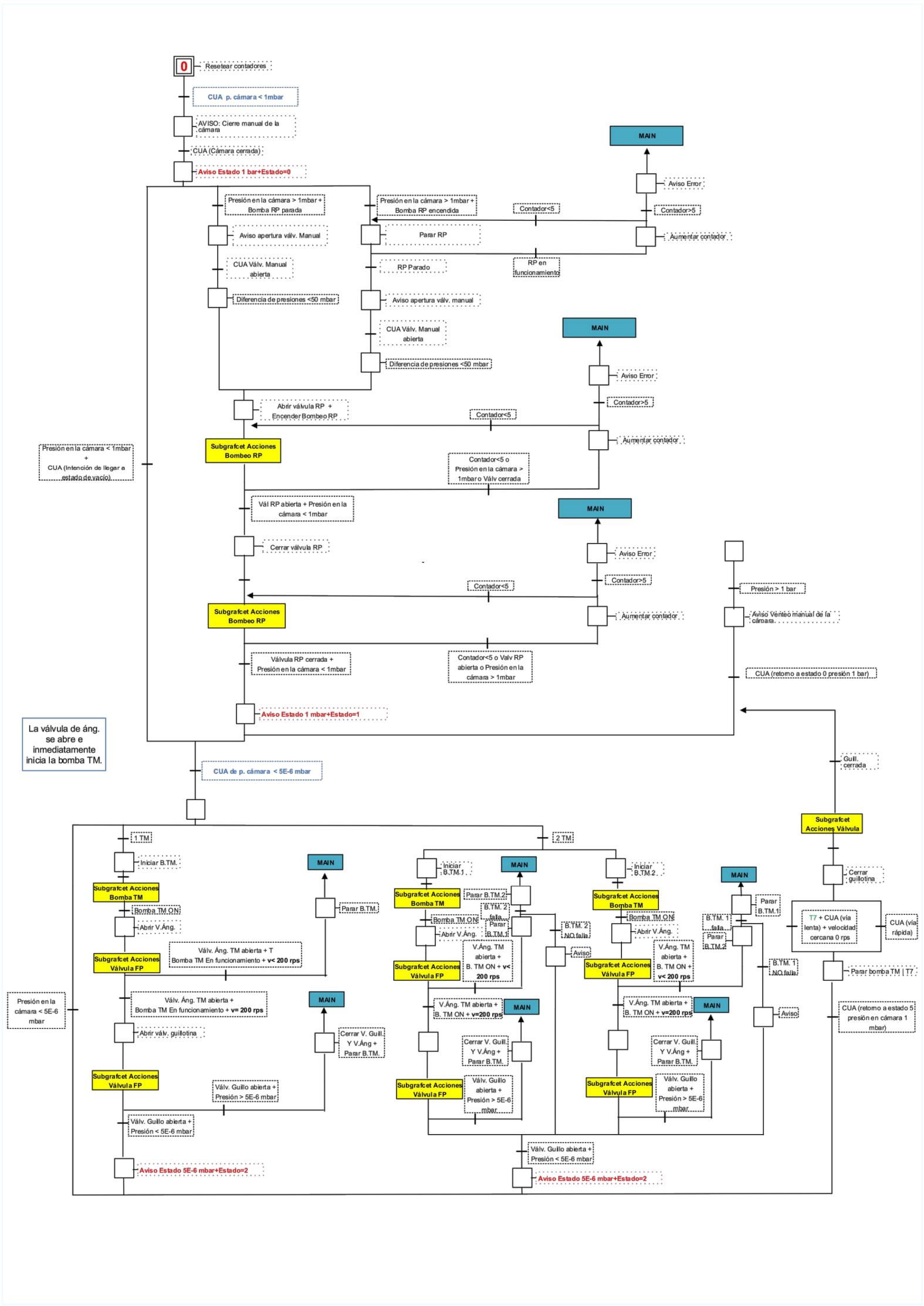
Grafcet N. I
 Sustituye a:



Fecha:	15/08/17	Nombre:	Valerie Dspina B.		Universidad de Salamanca ETISI de Béjar AUTOMATIZACION Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRAVIOLETAS (GPU)	
Dibujado:		Comprobado:				
Escala:	Sin escala				Descripción:	Subgraffet de mantenimiento
					Sustituye a:	Grafcet N. II
					Sustituido por:	

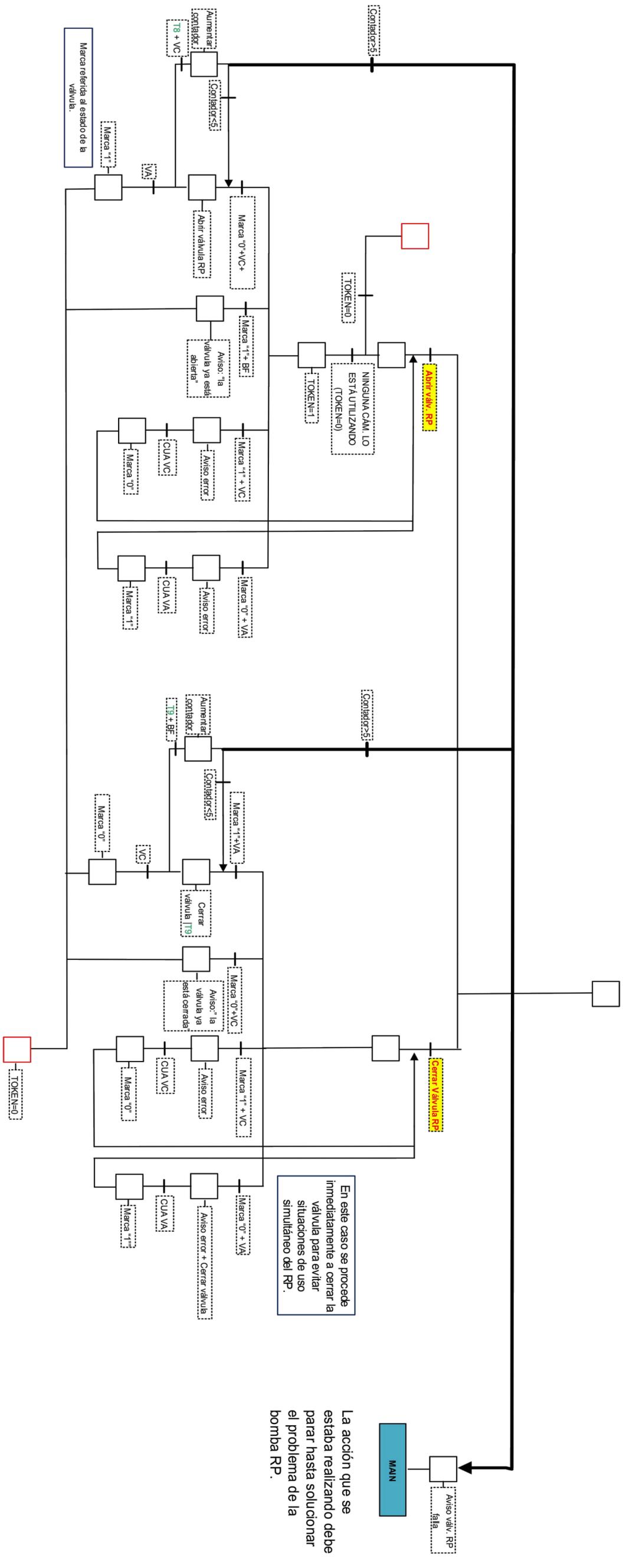


	Fecha	Nombre		Universidad de Salamanca ETSII de Béjar AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELÉCTRICO DE UNA INSTALACIÓN DE ALTO VACÍO PARA EL CENTRO DEL ASERES PULSADOS ULTRACORTOS ULTRANTENSOS (CIJU)
Dibujado:	15/08/17	Valeria Espina B.		
Comprobado:				
Escala	Descripción:			
Sin escala	Subgrafacet de chequeo de marcas			
Grafacet N. II			Sustituye a:	
			Sustituído por:	



Sin escala		Escala		Descripción:	
Dibujado:	15/08/17	Nombre:	Valeria Dispina B.	Subgrafcet vacío cámara	
Comprobado:		Fecha:		Grafcet N. IV	
Universidat de Salamanca		ETSI de Béjar		AUTOMATIZACION Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRAFRINTOS (CAU)	
Sustituye a:		Sustituido por:		Grafcet N. IV	



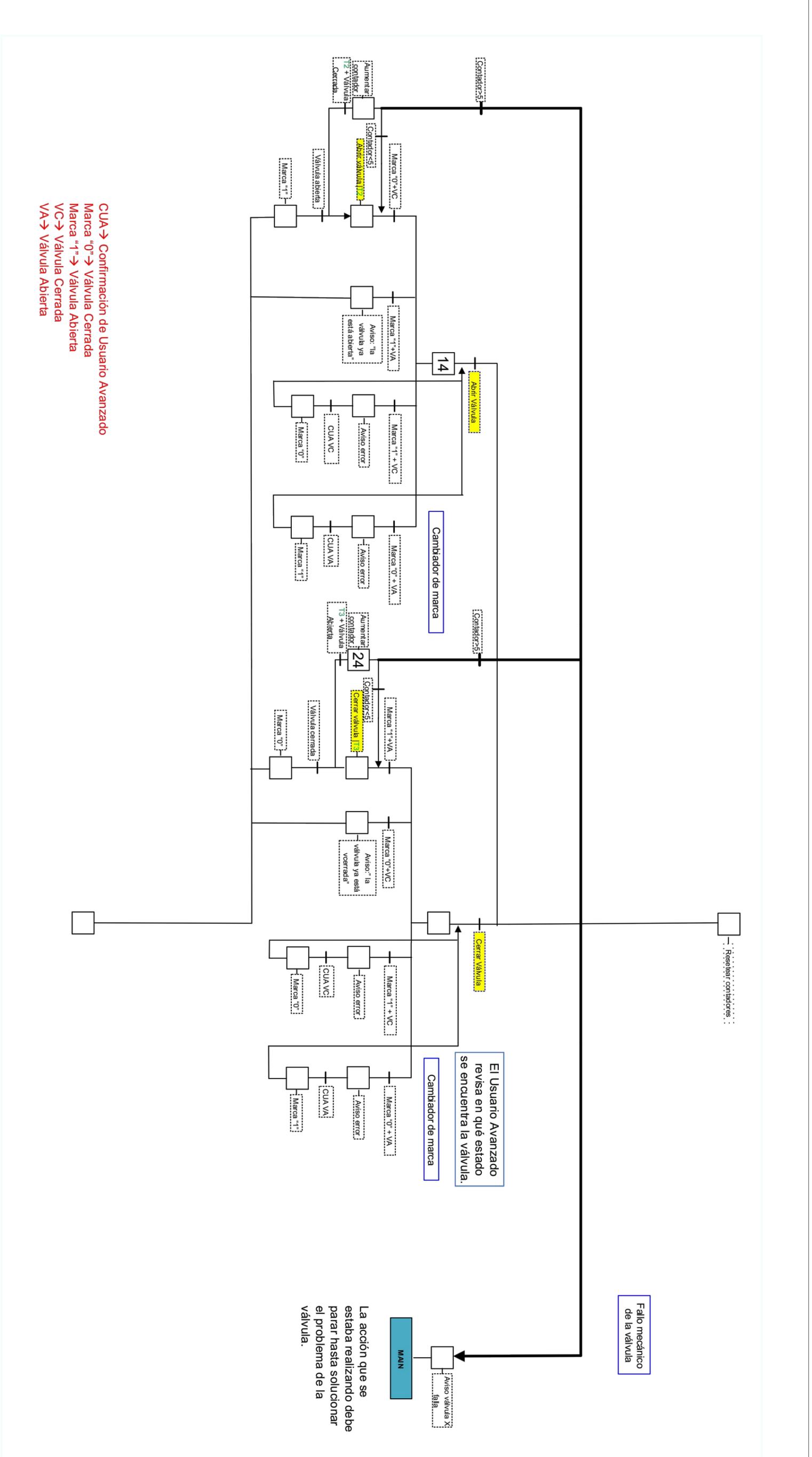


En este caso se procede inmediatamente a cerrar la válvula para evitar situaciones de uso simultáneo del RP.

La acción que se estaba realizando debe parar hasta solucionar el problema de la bomba RP.

- CUA → Confirmación de Usuario Avanzado
- Marca "0" → Válvula Cerrada
- Marca "1" → Válvula Abierta
- VC → Válvula Cerrada
- VA → Válvula Abierta

Universiad de Salamanca	Fecha	Nombre		AUTOMATIZACION Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRAFRACOS (CPFU)
ETSI de Béjar	15/08/17	Valerie Dspina B.		
Dibujado:				
Comprobado:				
Escala	Descripción:			
Sin escala	Subgrafcet acciones bombeo			Grafcet N. V
	rough pump			Sustituye a:
				Sustituído por:



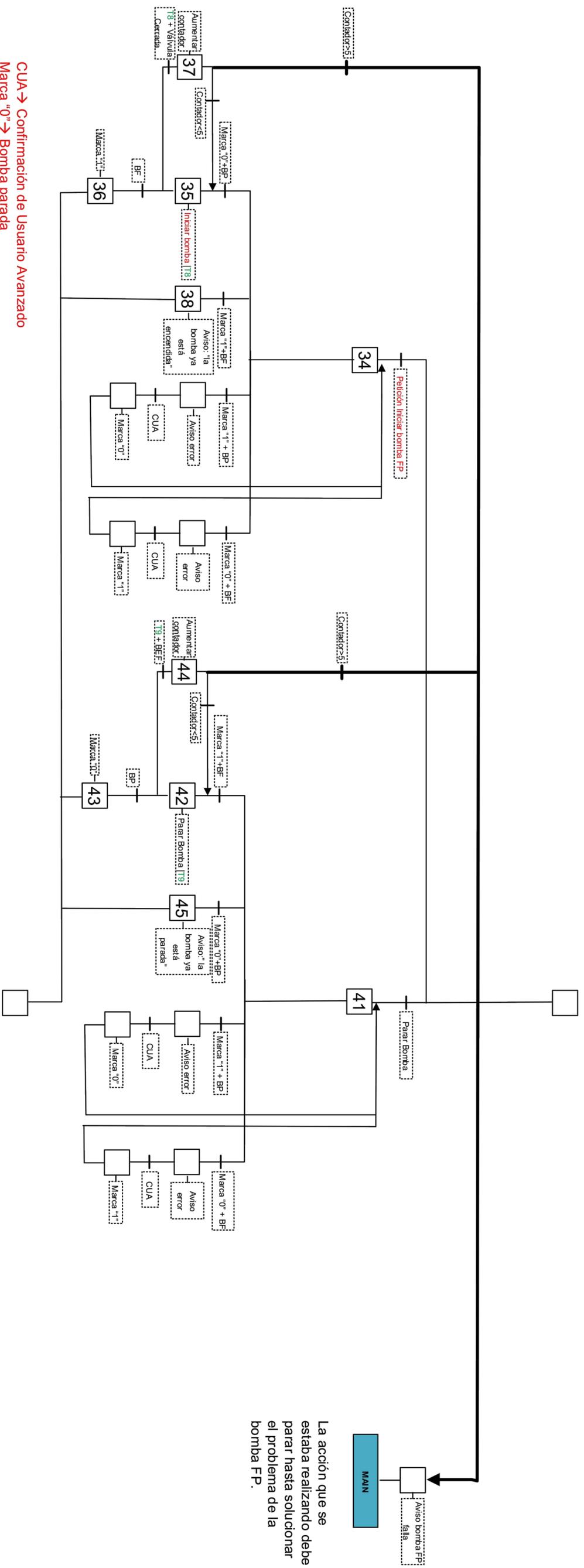
CUA → Confirmación de Usuario Avanzado
 Marca "0" → Válvula Cerrada
 Marca "1" → Válvula Abierta
 VC → Válvula Cerrada
 VA → Válvula Abierta

El Usuario Avanzado revisa en qué estado se encuentra la válvula.

Fallo mecánico de la válvula

La acción que se estaba realizando debe parar hasta solucionar el problema de la válvula.

Dibujado:	15/08/17	Nombre	Valerie Dspina B.		Universidad de Salamanca ETSII de Béjar AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTIMOS (CPH)
Comprobado:		Escala			
Sin escala		Descripción:	Subgrafacet acciones válvula fore pump		Grafcet N. VI
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

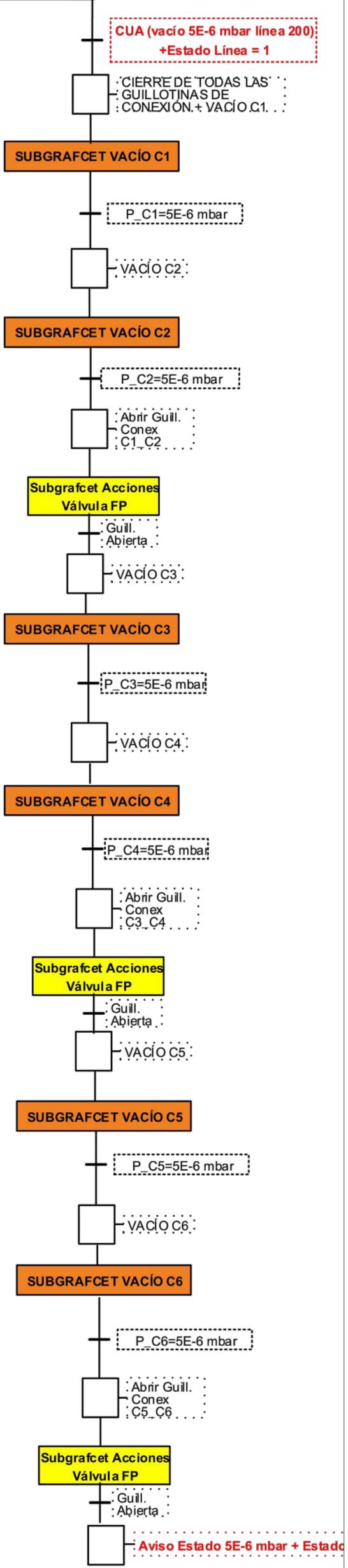
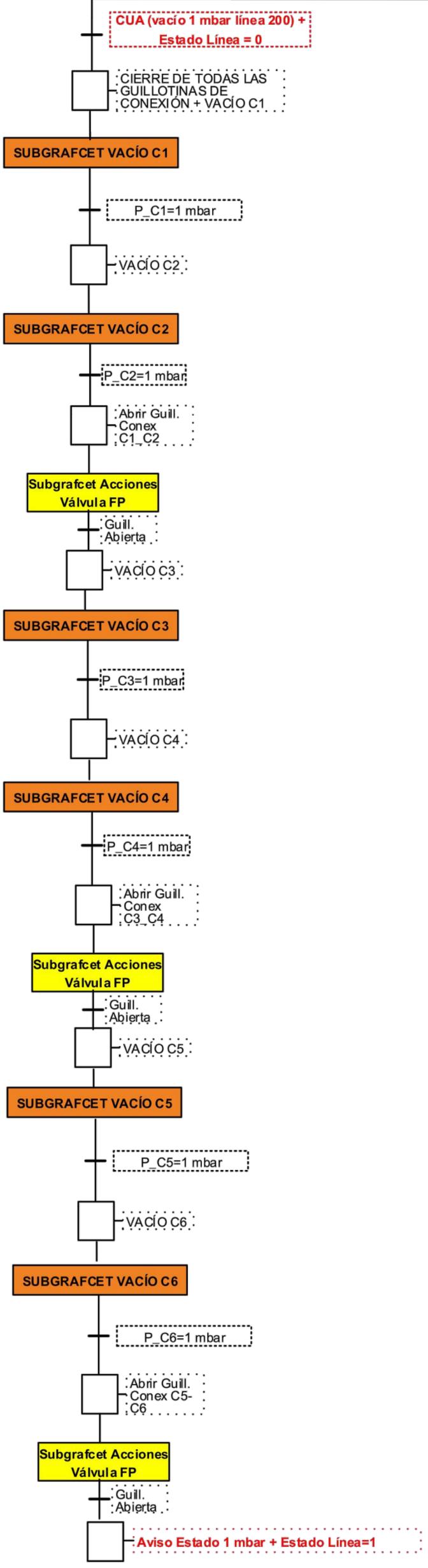


La acción que se estaba realizando debe parar hasta solucionar el problema de la bomba FP.

- CUA → Confirmación de Usuario Avanzado
- Marca "0" → Bomba parada
- Marca "1" → Bomba en funcionamiento
- BP → Bomba parada
- BF → Bomba en funcionamiento

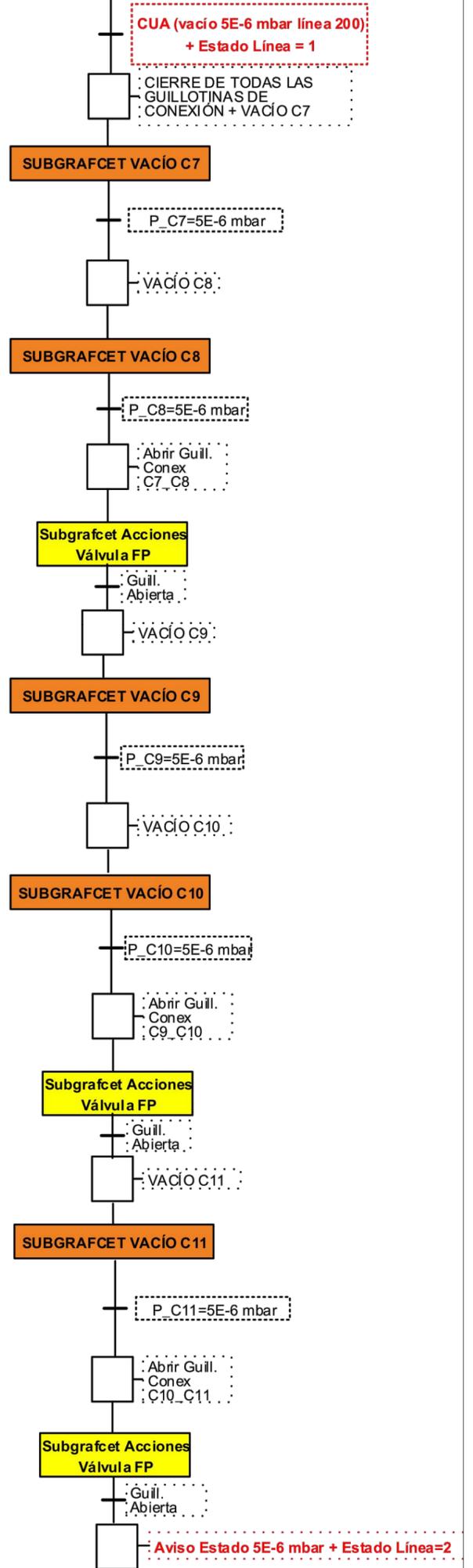
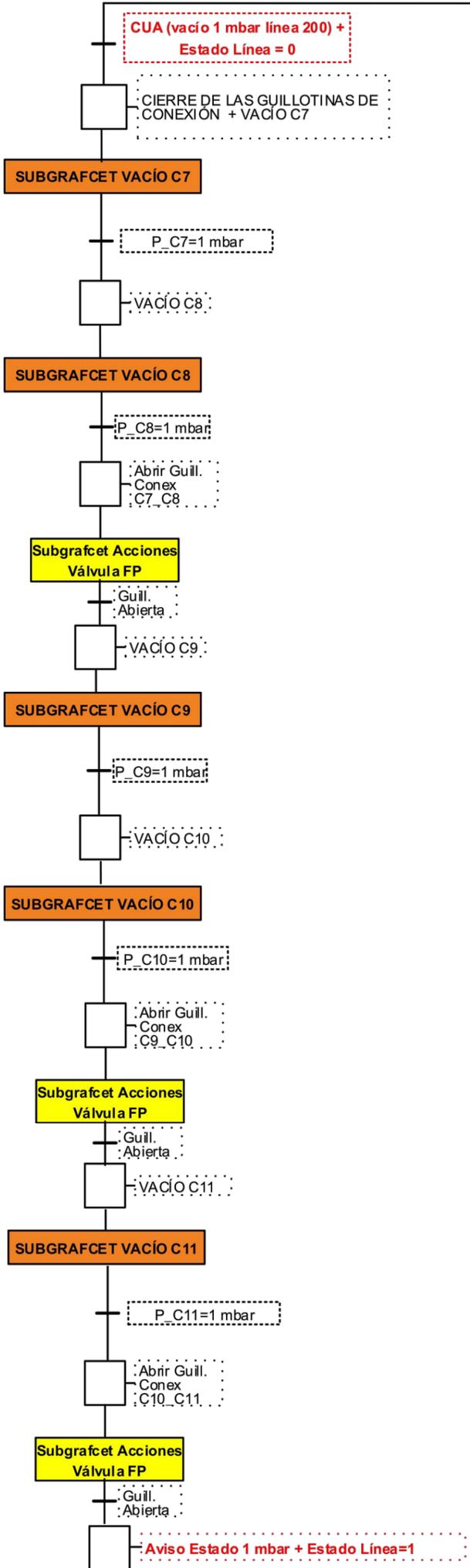
Fecha	15/08/17	Nombre	Valerie Dspina B.		Universidad de Salamanca ETSII de Béjar AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTIMOS (CPPL)
Dibujado:		Comprobado:			
Escala	Descripción: Subgrafcet acciones bomba turbomolecular				Grafcet N. VII
Sin escala	Sustituye a:				Sustituido por:

0 Resetear contadores

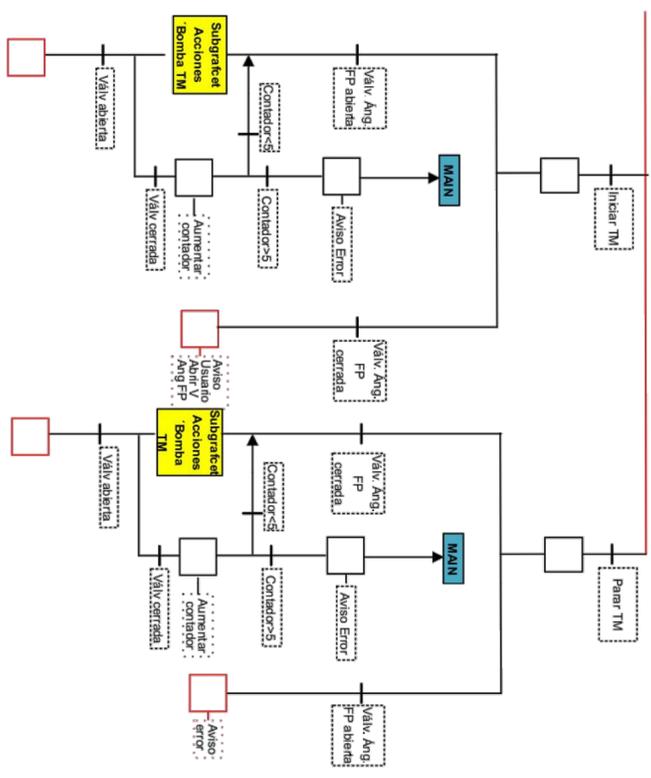
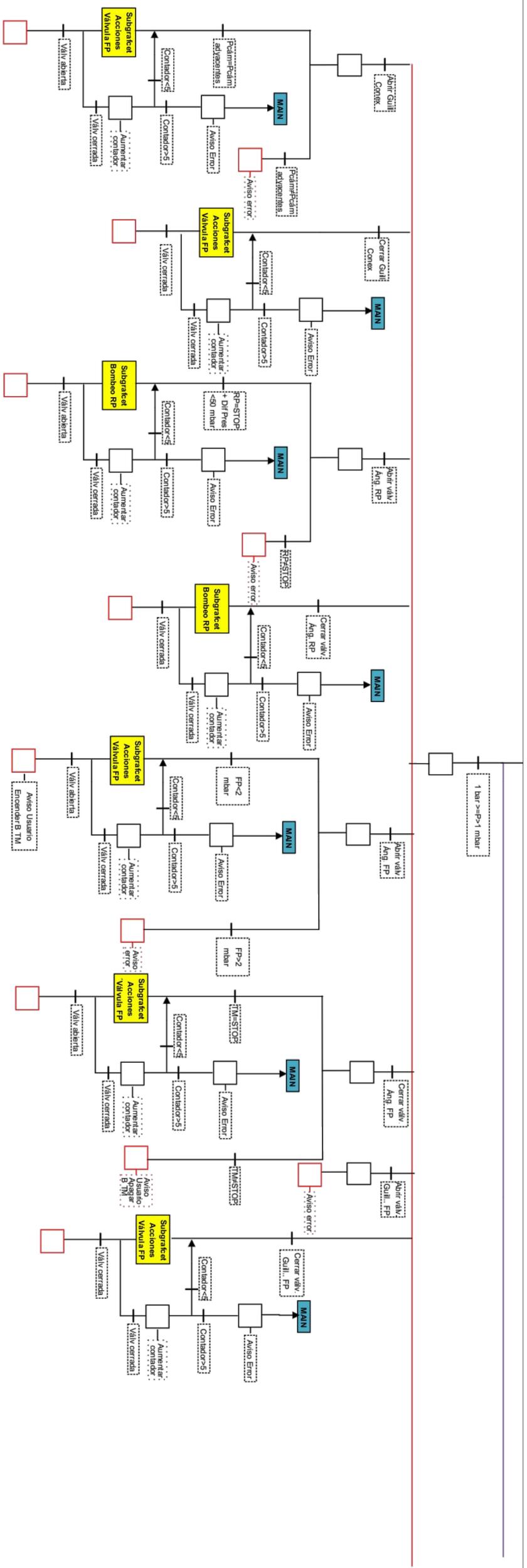


Sin escala		Escala		Descripción:	
Dibujado:		Fecha:		AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO	
Comprobado:		15/08/17		ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO	
Escalado:		Nombre:		VACÍO PARA EL CENTRO DE LASERES	
		Valerie Dspina B.		PULSADOS ULTIMANTES (CPU)	
				Universidad de Salamanca ETSII de Béjar	
Subgrafcet línea VEGA-2 (200 TW2)		Grafcet N. VIII		Sustituye a:	
				Sustituido por:	

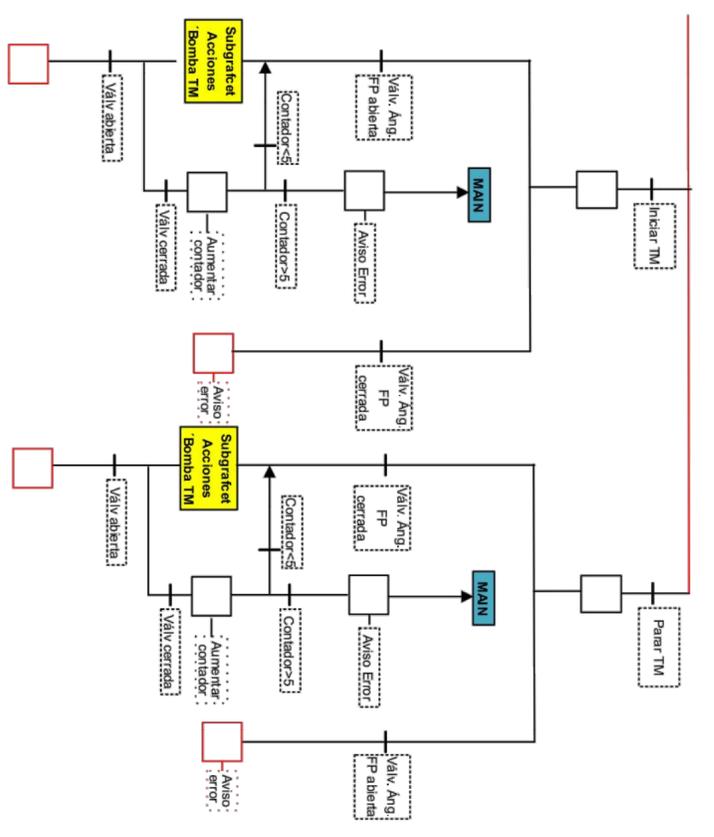
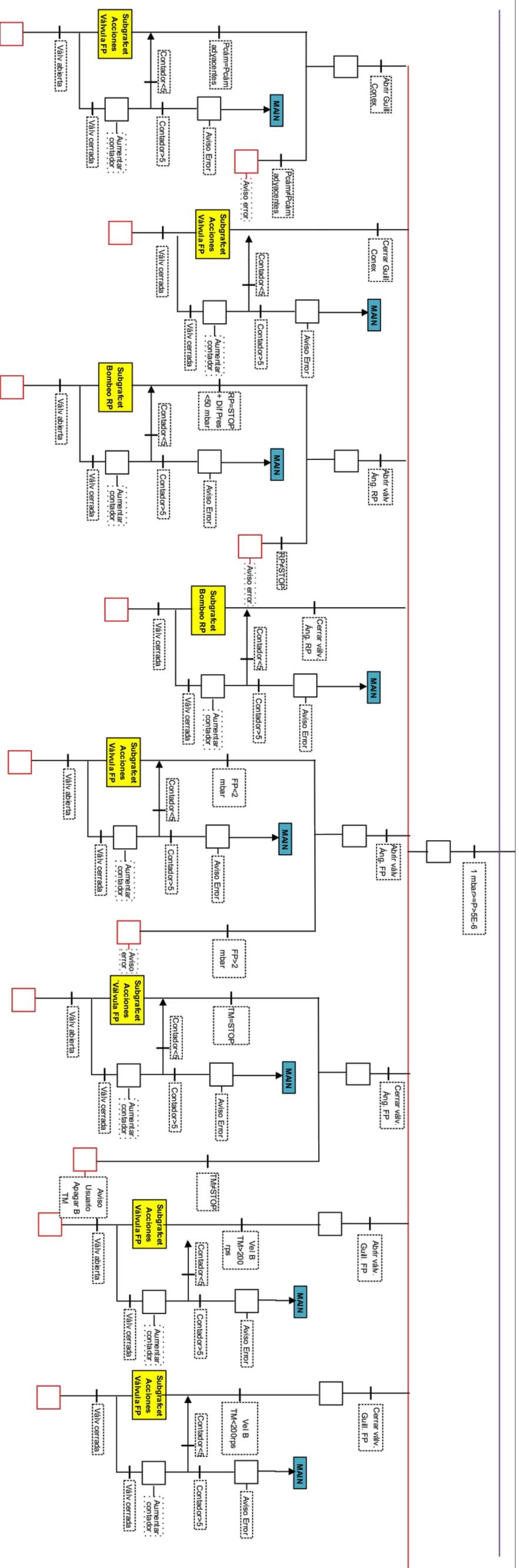
0 Resetear contadores



Sin escala		Escala		Descripción:	
Subgrafcet línea VEGA-3		Subgrafcet línea VEGA-3		Subgrafcet línea VEGA-3	
Comprobado:		Fecha		Nombre	
Dibujado:		15/08/17		Valerie Dspina B.	
Escala				Universidad de Salamanca ETSII de Béjar AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRAVIOLETAS (CPUL)	
Grafcet N. IX		Sustituye a:		Sustituido por:	



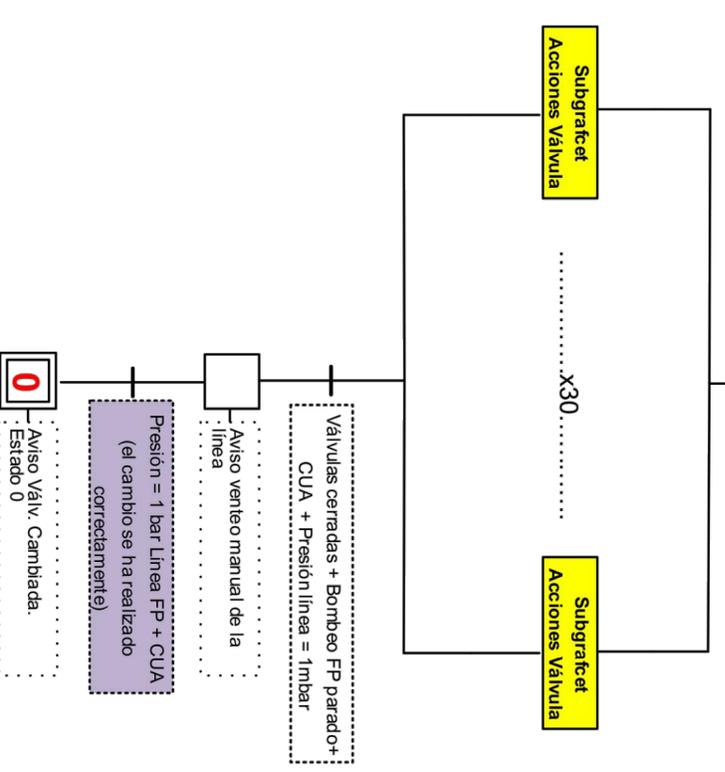
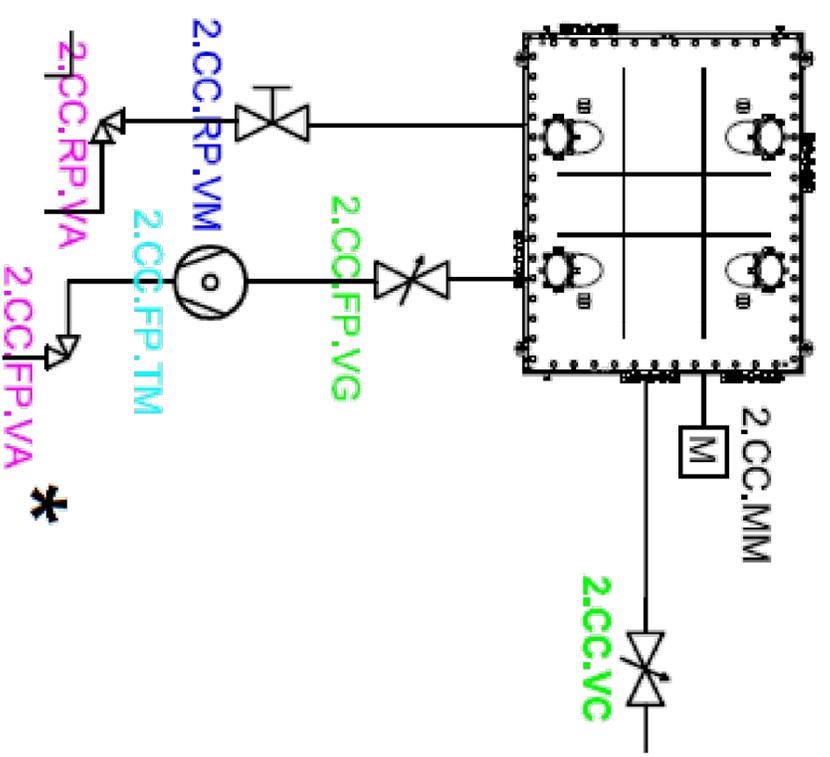
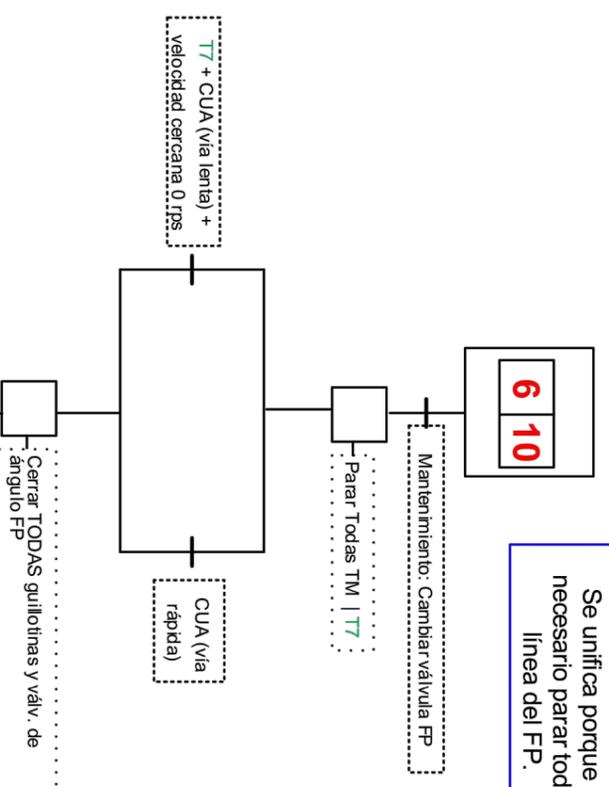
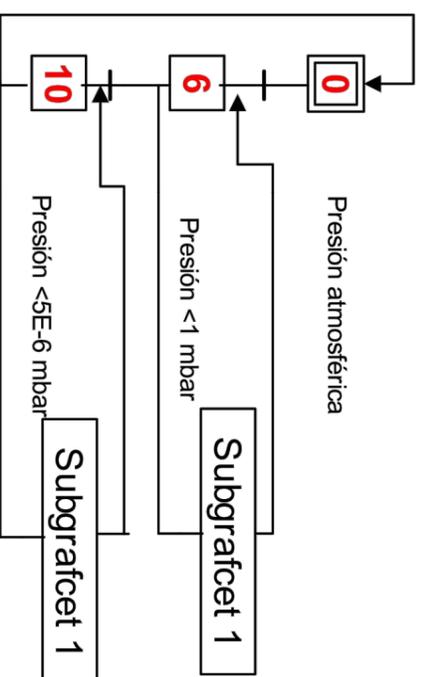
Fecha	Nombre		Universidad de Salamanca ETII de Béjar AUTOMATIZACION Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTIMOS (CPBU)
Dibujado:	15/08/17		
Comprobado:			
Escala	Descripción:	Grafacet N. X Sustituye a: Sustituido por:	
Sin escala	Subgrafacet modo semiautomático (1)		



Fecha	Nombre		Universidad de Salamanca ETI II de Béjar AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELÉCTRICO DE UNA INSTALACIÓN DE ALTO VOLTIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRAVIOLETAS (CPUL)
Dibujado:	Valerie Dspina B.		
Comprobado:			
Escala	Descripción:		
Sin escala	Subgracet modo semiautomático (2)		
	Gracet N. X		
	Sustituye a:		
	Sustituido por:		

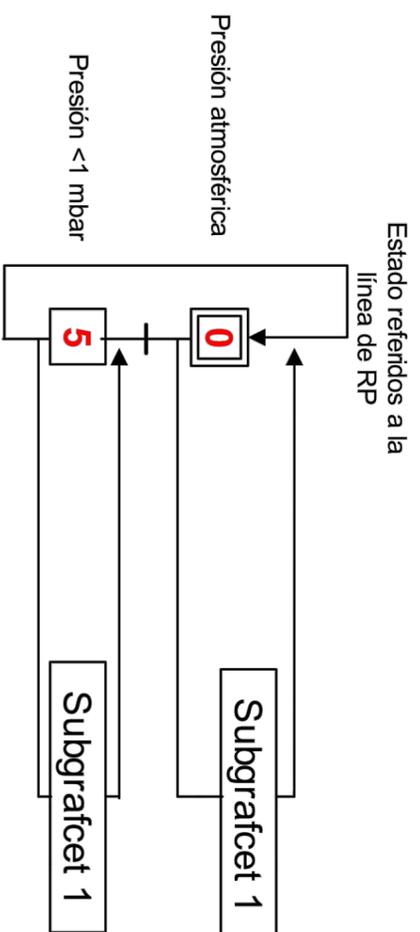
Subgrafcet 1

Se unifica porque es necesario parar toda la línea del FP.



Fecha	Nombre	Universidad de Salamanca
15/08/17	Valerie Dspina B.	ETSII de Béjar
Compr Obado:		AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRAFRÍOS (CPLU)
Escala	Descripción:	Grafcet N. XI
Sin escala	Subgrafcet cambio válvula de ángulo del fore pump	Sustituye a:
		Sustituido por:

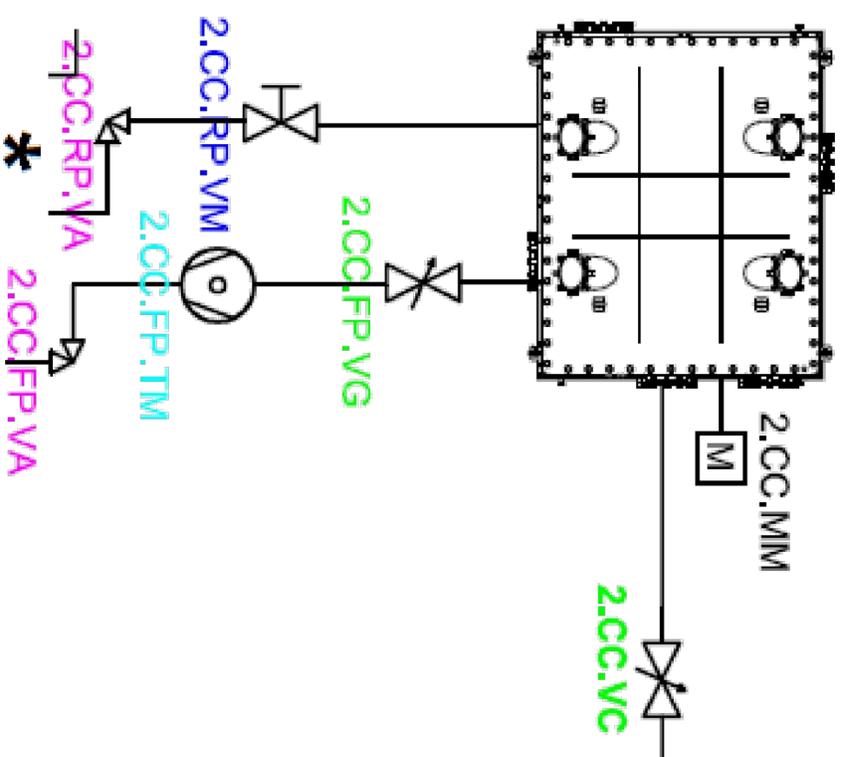
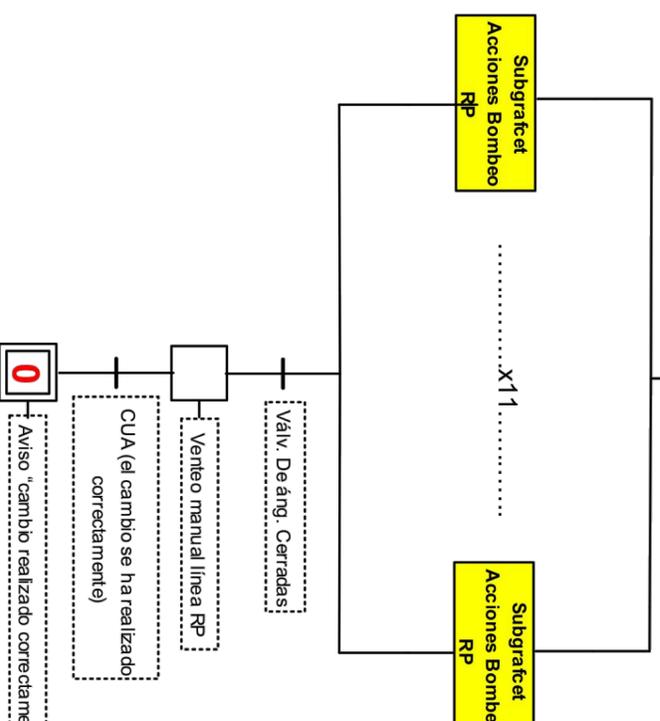
Subgrafcet 1



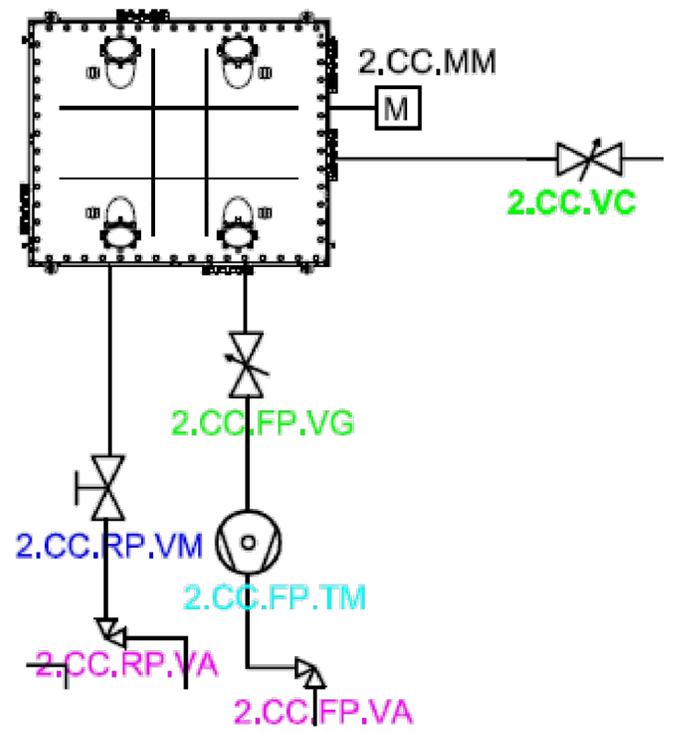
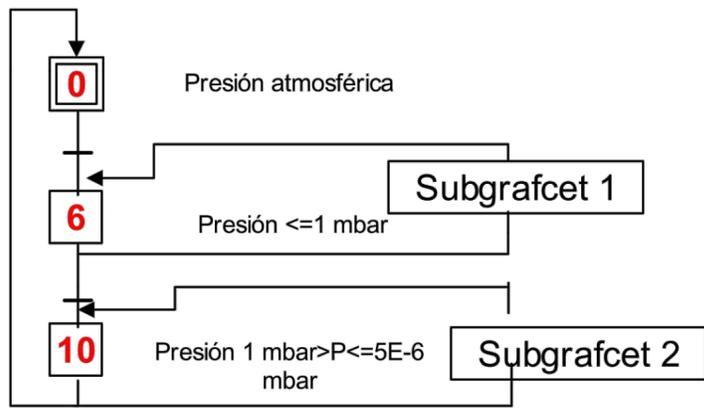
0 5

Mantenimiento: V ANG RP + CUA (cierre de todas las válvulas manuales)

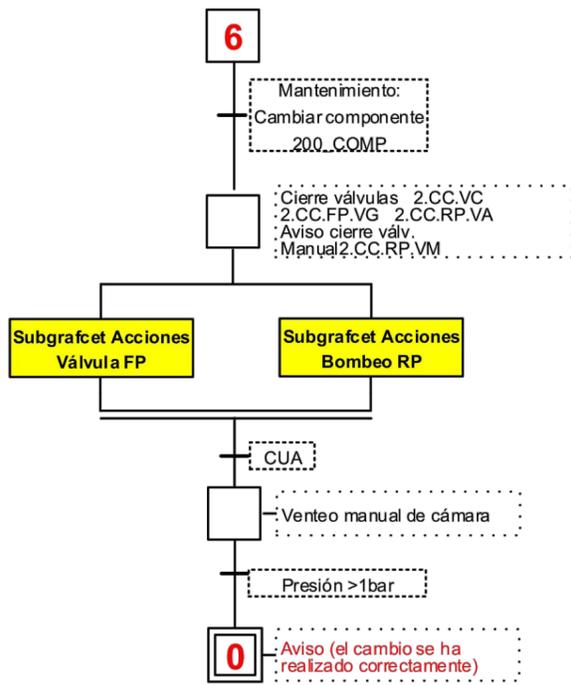
Cerrar todas las válv. de áng. RP



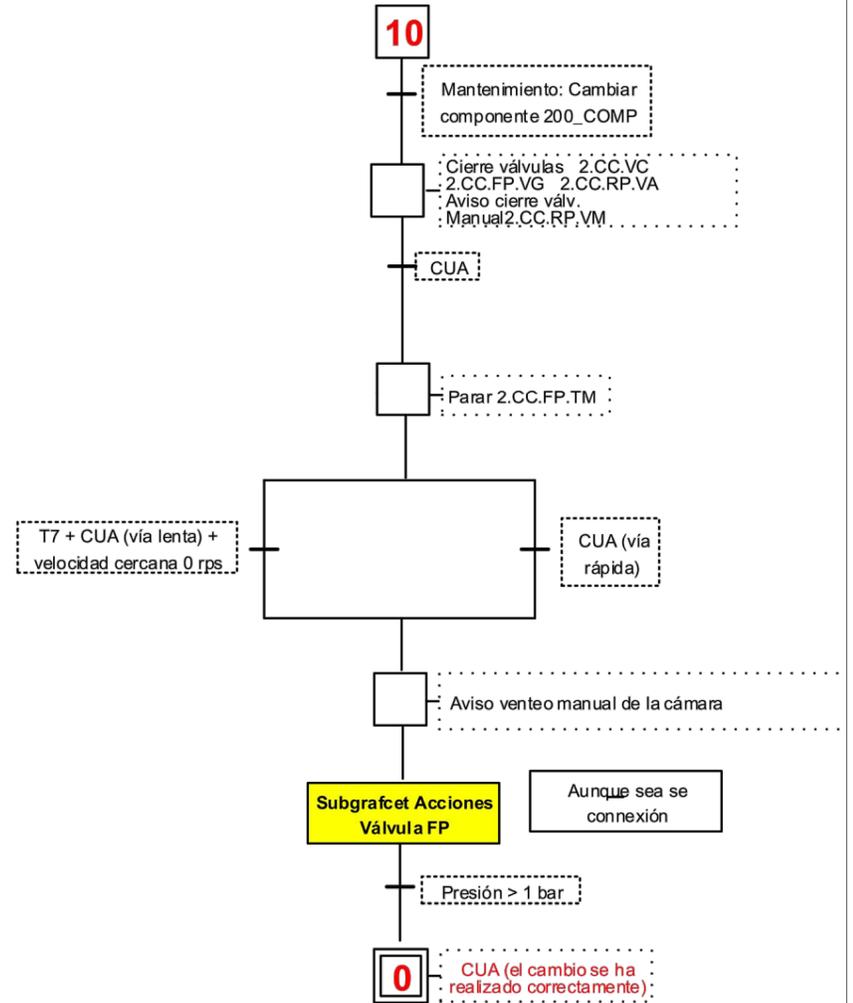
Nombre	Fecha	Universidad de Salamanca	
Dibujado:	15/08/17	ETSI de Béjar	
Comprobado:	Valerie Dspina B.	AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELÉCTRICO DE UNA INSTALACIÓN DE ALTO VACÍO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRACORTOS (CPUL)	
Escala	Descripción:	Grafcet N. XII	
Sin escala	Subgrafcet cambio válvula de ángulo del rough pump	Sustituye a:	
		Sustituido por:	



Subgrafcet 1



Subgrafcet 2



Sin escala		Fecha	Nombre		Universidad de Salamanca ETSII de Béjar AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRAVIOLETAS (CPHU)
Escala		15/08/17	Valerie Dspina B.		
Comprabado:		Descripción:			
Subgrafcct cambio de un componente de una cámara		Grafcct N. XIII			
Sustituido por:		Sustituye a:			
Sustituido por:		Sustituido por:			

ANEXO II. LISTADO DE ELEMENTOS CONECTADOS AL BVS PROFIBVS

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A	PROFIBUS	DIRECCIÓN PROFIBUS
2.CC.FP.TM	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 600)	COMPRESOR DE VEGA II (200 TW)	MAG DRIVE	10
2.CC.MM	VEGA-2	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	51
2.CDG1.FP.TM	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 400)	CÁMARA DE GIRO 1 DE VEGA II (200 TW)	MAG DRIVE	11
2.CDG1.MM	VEGA-2	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	52
2.CGD2.FP.TM1	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 400)	CÁMARA DE GIRO 2 DE VEGA II (200 TW)	MAG DRIVE	12
2.CGD2.FP.TM2	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 400)		MAG DRIVE	13
2.CDG2.MM	VEGA-2	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	53
2.CF.FP.TM	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 400)	CÁMRA DE FOCALIZACIÓN DE VEGA II (200 TW)	MAG DRIVE	14
2.CF.MM	VEGA-2	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	54
2.CE1.MM	VEGA-2	MEDIDOR	Oerlikon Leycon	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN 1	MEDIDOR	55

2.CE1.FP.TM	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800	DE VEGA II (200 TW)	TM 700 PB DRIVE UNIT	15
2.CE2.FP.TM1	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (450)	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN 2 DE VEGA II (200 TW)	CONVERSOR INTEGRADO	16
2.CE2.FP.TM2	VEGA-2	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (450)		CONVERSOR INTEGRADO	17
2.CE2.MM	VEGA-2	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	56
3.CC.FP.TM1	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800	COMPRESOR DE VEGA III (1 PW)	TM 700 PB DRIVE UNIT	18
3.CC.FP.TM2	PETA	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800		TM 700 PB DRIVE UNIT	19
3.CC.MM1	PETA	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	57
3.CC.MM2	PETA	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	58
3.CDG1.FP.TM1	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 700)	CÁMARA DE GIRO 1 DE VEGA III (1 PW)	MAG DRIVE	20
3.CDG1.FP.TM2	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 700)		MAG DRIVE	21
3.CDG1.MM	VEGA-3	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	59

3.CDG3.FP.TM1	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 700)		MAG DRIVE	2
3.CDG3.FP.TM2	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 700)	CÁMARA DE GIRO 3 DE VEGA III (1 PW)	MAG DRIVE	23
3.CDG3.MM1	VEGA-3	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	77
3.CDG3.MM2	VEGA-3	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	61
3.CF.FP.TM1	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 700)		MAG DRIVE	24
3.CF.FP.TM2	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 700)	CÁMARA DE FOCALIZACIÓN DE VEGA III (1 PW)	MAG DRIVE	25
3.CF.MM1	VEGA-3	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	62
3.CF.MM2	VEGA-3	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	63
3.CE.FP.TM	VEGA-3	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leycon (MAG W 700)	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN DE VEGA III (1 PW)	MAG DRIVE	26
3.CE.MM	VEGA-3	MEDIDOR	Oerlikon Leycon		MEDIDOR	64

AII. Tabla. 1 Listado de elementos conectados al bus Profibus

ANEXO III. LISTADOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES DEL CONTROLADOR

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A	ARMARIO	ED (24 V DC)	DIRECCIÓN	MARCA ASOCIADA	ED (24 V DC) Control Manual	DIRECCIÓN	PLC	SD (24 V DC 0,5 A)	DIRECCIÓN	PLC	PROFIBUS	DIRECCIÓN PROFIBUS				
2.CC.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	COMPRESOR DE VEGA II (200 TW)	CC_A	FC ARRIBA	10.0	M0.0	Pulsador ON	I20.7	PLC_1	RELÉ	Q0.0	PLC_2	MAG DRIVE	10				
								FC ABAJO	10.1	M0.1	Pulsador OFF	I21.0	PLC_1							
2.CC.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG w 600)																	
2.CC.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					FC ARRIBA	10.2	M0.2	Pulsador ON	I21.1	PLC_1	RELÉ			Q0.1	PLC_2		
								FC ABAJO	10.3	M0.3	Pulsador OFF	I21.2	PLC_1							
2.CC.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	OerlikonLeybold					FC ARRIBA	10.4	M0.4	Pulsador ON	I21.3	PLC_1	RELÉ			Q0.2	PLC_2		
								FC ABAJO	10.5	M0.5	Pulsador OFF	I21.4	PLC_1							
2.CC.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT																	
2.CC.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold																MEDIDOR	51
2.CC.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	10.6	M0.6	Pulsador ON	I21.5	PLC_1	RELÉ			Q0.3	PLC_2		
						FC ABAJO	10.7	M0.7	Pulsador OFF	I21.6	PLC_1									

2.CDG1.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I1.0	M1.0	Pulsador ON	I21.7	PLC_1	RELÉ	Q0.4	PLC_2		
						FC ABAJO	I1.1	M1.1	Pulsador OFF	I22.0	PLC_1					
2.CDG1.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG DRIVE)											MAG DRIVE	11	
2.CDG1.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I1.2	M1.2	Pulsador ON	I22.1	PLC_1	RELÉ	Q0.5	PLC_2		
						FC ABAJO	I1.3	M1.3	Pulsador OFF	I22.2	PLC_1					
2.CDG1.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	CÁMARA DE GIRO 1 DE VEGA II (200 TW)	CC_A	FC ARRIBA	I1.4	M1.4	Pulsador ON	I22.3	PLC_1	RELÉ	Q0.6	PLC_2		
						FC ABAJO	I1.5	M1.5	Pulsador OFF	I22.4	PLC_1					
2.CDG1.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT													
2.CDG1.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold											MEDIDOR	52	
2.CDG1.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I1.6	M1.6	Pulsador ON	I22.5	PLC_1	RELÉ	Q0.7	PLC_2		
						FC ABAJO	I1.7	M1.7	Pulsador OFF	I22.6	PLC_1					

2.CDG2.FP.VG1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	CÁMARA DE GIRO 2 DE VEGA II (200 TW)	CC_A	FC ARRIBA	I2.0	M2.0	Pulsador ON	I22.7	PLC_1	RELÉ	Q1.0	PLC_1		
								FC ABAJO	I2.1	M2.1	Pulsador OFF	I23.0	PLC_1			
2.CDG2.FP.VG2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	I2.2	M2.2	Pulsador ON	I23.1	PLC_1	RELÉ	Q1.1	PLC_1
								FC ABAJO	I2.3	M2.3	Pulsador OFF	I23.2	PLC_1			
2.CDG2.FP.TM1	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG w Δnn)													MAG DRIVE 12
2.CDG2.FP.TM2	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG w Δnn)													MAG DRIVE 13
2.CDG2.FP.VA1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					FC ARRIBA	I2.4	M2.4	Pulsador ON	I23.3	PLC_1	RELÉ	Q1.2	PLC_1
								FC ABAJO	I2.5	M2.5	Pulsador OFF	I23.4	PLC_1			
2.CDG2.FP.VA2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					FC ARRIBA	I2.6	M2.6	Pulsador ON	I23.5	PLC_1	RELÉ	Q1.3	PLC_1
								FC ABAJO	I2.7	M2.7	Pulsador OFF	I23.6	PLC_1			
2.CDG2.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					FC ARRIBA	I3.0	M3.0	Pulsador ON	I23.7	PLC_1	RELÉ	Q1.4	PLC_1
								FC ABAJO	I3.1	M3.1	Pulsador OFF	I24.0	PLC_1			
2.CDG2.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT													
2.CDG2.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold													MEDIDOR 53
2.CDG2.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I3.2	M3.2	Pulsador ON	I24.1	PLC_1	RELÉ	Q1.5	PLC_1		
						FC ABAJO	I3.3	M3.3	Pulsador OFF	I24.2	PLC_1					

2.CF.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 400)	CÁMRA DE FOCALIZACIÓN DE VEGA II (200 TW)	CV3_A									MAG DRIVE	14	
2.CF.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I3.4	M3.4	Pulsador ON	I24.3	PLC_1	RELÉ	Q1.6	PLC_1		
						FC ABAJO	I3.5	M3.5	Pulsador OFF	I24.4	PLC_1					
2.CF.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I3.6	M3.6	Pulsador ON	I24.5	PLC_3	RELÉ	Q1.7	PLC_1		
						FC ABAJO	I3.7	M3.7	Pulsador OFF	I24.6	PLC_3					
2.CF.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT													
2.CF.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	54
2.CF.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I4.0	M4.0	Pulsador ON	I24.7	PLC_3	RELÉ	Q2.0	PLC_1		
						FC ABAJO	I4.1	M4.1	Pulsador OFF	I25.0	PLC_3					
2.CF.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I4.2	M4.2	Pulsador ON	I25.1	PLC_3	RELÉ	Q2.1	PLC_1		
				FC ABAJO	I4.3	M4.3	Pulsador OFF	I25.2	PLC_3							

2.CE1.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN 1 DE VEGA II (200 TW)	CV2_A	FC ARRIBA	I4.4	M4.4	Pulsador ON	I25.3	PLC_3	RELÉ	Q2.2	PLC_3		
								FC ABAJO	I4.5	M4.5	Pulsador OFF	I25.4	PLC_3			
2.CE1.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					ABIERTA	I4.6	M4.6	Pulsador ON	I25.5	PLC_3	RELÉ	Q2.3	PLC_3
								/ CERRADA	I4.7	M4.7	Pulsador OFF	I25.6	PLC_3			
2.CE1.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					ABIERTA	I5.0	M5.0	Pulsador ON	I25.7	PLC_3	RELÉ	Q2.4	PLC_3
								/ CERRADA	I5.1	M5.1	Pulsador OFF	I26.0	PLC_3			
2.CE1.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT													
2.CE1.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold													MEDIDOR 55
2.CE1.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800													TM 700 PB DRIVE UNIT 15
2.CE1.VC		VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	I5.2	M5.2	Pulsador ON	I26.1	PLC_3	RELÉ	Q2.5	PLC_3
						FC ABAJO	I5.3	M5.3	Pulsador OFF	I26.2	PLC_3					

2.CE2.FP.TM1	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (450 i)	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN 2 DE VEGA II (200 TW)	CV2_A									CONVERSION INTEGRADO	16		
2.CE2.FP.TM2	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (450 i)													CONVERSION INTEGRADO	17
2.CE2.FP.VA1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	15.4	M5.4	Pulsador ON	126.3	PLC_3	RELÉ	Q2.6	PLC_3			
						FC ABAJO	15.5	M5.5	Pulsador OFF	126.4	PLC_3						
2.CE2.FP.VA2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	15.6	M5.6	Pulsador ON	126.5	PLC_3	RELÉ	Q2.7	PLC_3			
						FC ABAJO	15.7	M5.7	Pulsador OFF	126.6	PLC_3						
2.CE2.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	16.0	M6.0	Pulsador ON	126.7	PLC_3	RELÉ	Q3.0	PLC_3			
						FC ABAJO	16.1	M6.1	Pulsador OFF	127.0	PLC_3						
2.CE2.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT														
2.CE2.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	56	
2.CE2.FP.VG1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	16.2	M6.2	Pulsador ON	127.1	PLC_3	RELÉ	Q3.1	PLC_3			
						FC ABAJO	16.3	M6.3	Pulsador OFF	127.2	PLC_3						
2.CE2.FP.VG2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	16.4	M6.4	Pulsador ON	127.3	PLC_3	RELÉ	Q3.2	PLC_3			
						FC ABAJO	16.5	M6.5	Pulsador OFF	127.4	PLC_3						

3.CC.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800										TM 700 PB DRIVE UNIT	18		
3.CC.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800										TM 700 PB DRIVE UNIT	19		
3.CC.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	COMPRESOR DE VEGA III (1 PW)	CC_A	FC ARRIBA	16.6	M6.6	Pulsador ON	I27.5	PLC_1	RELÉ	Q3.3	PLC_2		
						FC ABAJO	16.7	M6.7	Pulsador OFF	I27.6	PLC_1					
3.CC.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	17.0	M7.0	Pulsador ON	I27.7	PLC_1	RELÉ	Q3.4	PLC_2		
						FC ABAJO	17.1	M7.1	Pulsador OFF	I28.0	PLC_1					
3.CC.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	17.2	M7.2	Pulsador ON	I28.1	PLC_1	RELÉ	Q3.5	PLC_2		
						FC ABAJO	17.3	M7.3	Pulsador OFF	I28.2	PLC_1					
3.CC.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT													
3.CC.MM1	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	57
3.CC.MM2	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	58
3.CC.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	17.4	M7.4	Pulsador ON	I28.3	PLC_1	RELÉ	Q3.6	PLC_2
								FC ABAJO	17.5	M7.5	Pulsador OFF	I28.4	PLC_1			
3.CC.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	17.6	M7.6	Pulsador ON	I28.5	PLC_1	RELÉ	Q3.7	PLC_2
						FC ABAJO	17.7	M7.7	Pulsador OFF	I28.6	PLC_1					
3.CC.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	18.0	M8.0	Pulsador ON	I28.7	PLC_1	RELÉ	Q4.0	PLC_2		
						FC ABAJO	18.1	M8.1	Pulsador OFF	I29.0	PLC_1					

3.CDG1.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)	CÁMARA DE GIRO 1 DE VEGA III (1 PW)	CC_A									MAG DRIVE	20		
3.CDG1.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)													MAG DRIVE	21
3.CDG1.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					ABIERTA	18.2	M8.2	Pulsador ON	I29.1	PLC_2	RELÉ	Q4.1	PLC_2	
								/ CERRADA	18.3	M8.3	Pulsador OFF	I29.2	PLC_2				
3.CDG1.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					ABIERTA	18.4	M8.4	Pulsador ON	I29.3	PLC_2	RELÉ	Q4.2	PLC_2	
								/ CERRADA	18.5	M8.5	Pulsador OFF	I29.4	PLC_2				
3.CDG1.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold					ABIERTA	18.6	M8.6	Pulsador ON	I29.5	PLC_2	RELÉ	Q4.3	PLC_2	
								/ CERRADA	18.7	M8.7	Pulsador OFF	I29.6	PLC_2				
3.CDG1.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT														
3.CDG1.MM	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold													MEDIDOR	59
3.CDG1.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	19.0	M9.0	Pulsador ON	I29.7	PLC_2	RELÉ	Q4.4	PLC_2	
								FC ABAJO	19.1	M9.1	Pulsador OFF	I30.0	PLC_2				
3.CDG1.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	19.2	M9.2	Pulsador ON	I30.1	PLC_2	RELÉ	Q4.5	PLC_2	
								FC ABAJO	19.3	M9.3	Pulsador OFF	I30.2	PLC_2				
3.CDG1.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	19.4	M9.4	Pulsador ON	I30.3	PLC_2	RELÉ	Q4.6	PLC_2	
								FC ABAJO	19.5	M9.5	Pulsador OFF	I30.4	PLC_2				

3.CDG3.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700) A										MAG DRIVE	2 *		
3.CDG3.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700) B										MAG DRIVE	22		
3.CDG3.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	CÁMARA DE GIRO 3 DE VEGA III (1 PW)	CV3_A	FC ARRIBA	I9.6	M9.6	Pulsador ON	I30.5	PLC_3	RELÉ	Q4.7	PLC_3		
						FC ABAJO	I9.7	M9.7	Pulsador OFF	I30.6	PLC_3					
3.CDG3.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I10.0	M10.0	Pulsador ON	I30.7	PLC_3	RELÉ	Q5.0	PLC_3		
						FC ABAJO	I10.1	M10.1	Pulsador OFF	I31.0	PLC_3					
3.CDG3.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I10.2	M10.2	Pulsador ON	I31.1	PLC_3	RELÉ	Q5.1	PLC_3		
						FC ABAJO	I10.3	M10.3	Pulsador OFF	I31.2	PLC_3					
3.CDG3.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT													
3.CDG3.MM1	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	77*
3.CDG3.MM2	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	60
3.CDG3.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	I10.4	M10.4	Pulsador ON	I31.3	PLC_3	RELÉ	Q5.2	PLC_3
								FC ABAJO	I10.5	M10.5	Pulsador OFF	I31.4	PLC_3			
3.CDG3.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT					FC ARRIBA	I10.6	M10.6	Pulsador ON	I31.5	PLC_3	RELÉ	Q5.3	PLC_3
						FC ABAJO	I10.7	M10.7	Pulsador OFF	I31.6	PLC_3					
3.CDG3.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I11.0	M11.0	Pulsador ON	I31.7	PLC_3	RELÉ	Q5.4	PLC_3		
						FC ABAJO	I11.1	M11.1	Pulsador OFF	I32.0	PLC_3					

3.CF.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)	CÁMARA DE FOCALIZACIÓN DE VEGA III (1 PW)	CV3_A									MAG DRIVE	24		
3.CF.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)													MAG DRIVE	25
3.CF.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I11.2	M11.2	Pulsador ON	I32.1	PLC_3	RELÉ	Q5.5	PLC_3			
						FC ABAJO	I11.3	M11.3	Pulsador OFF	I32.2	PLC_3						
3.CF.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I11.4	M11.4	Pulsador ON	I32.3	PLC_3	RELÉ	Q5.6	PLC_3			
						FC ABAJO	I11.5	M11.5	Pulsador OFF	I32.4	PLC_3						
3.CF.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I11.6	M11.6	Pulsador ON	I32.5	PLC_3	RELÉ	Q5.7	PLC_3			
						FC ABAJO	I11.7	M11.7	Pulsador OFF	I32.6	PLC_3						
3.CF.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT														
3.CF.MM1	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	62	
3.CF.MM2	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR	63	
3.CF.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I12.0	M12.0	Pulsador ON	I32.7	PLC_3	RELÉ	Q6.0	PLC_3			
						FC ABAJO	I12.1	M12.1	Pulsador OFF	I33.0	PLC_3						
3.CF.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT			FC ARRIBA	I12.2	M12.2	Pulsador ON	I33.1	PLC_3	RELÉ	Q6.1	PLC_3			
				FC ABAJO	I12.3	M12.3	Pulsador OFF	I33.2	PLC_3								
3.CF.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	FC ARRIBA	I12.4	M12.4	Pulsador ON	I33.3	PLC_3	RELÉ	Q6.2	PLC_3					
				FC ABAJO	I12.5	M12.5	Pulsador OFF	I33.4	PLC_3								

3.CE.FP.TM	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)										MAG DRIVE	26	
3.CE.FP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN DE VEGA III (1 PW)	CV3_A	FC ARRIBA	I12.6	M12.6	Pulsador ON	I33.5	PLC_3	RELÉ	Q6.3	PLC_3	
	VEGA III (1 PW)					FC ABAJO	I12.7	M12.7	Pulsador OFF	I33.6	PLC_3				
3.CE.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold			FC ARRIBA	I13.0	M13.0	Pulsador ON	I33.7	PLC_3	RELÉ	Q6.4	PLC_3	
	VEGA III (1 PW)					FC ABAJO	I13.1	M13.1	Pulsador OFF	I34.0	PLC_3				
3.CE.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT												
3.CE.MM	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold												MEDIDOR
3.CE.FP.VG	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	FC ARRIBA	I13.2	M13.2	Pulsador ON	I34.1	PLC_3	RELÉ	Q6.5	PLC_3			
	VEGA III (1 PW)			FC ABAJO	I13.3	M13.3	Pulsador OFF	I34.2	PLC_3						

MPA.PLC.1		CC_A	I34.3					
SEÑAL FALLO ALIM. PLC_CV2		CC_A	I34.4					
MPA.PLC.2		CV2_A	I34.5					
SEÑAL FALLO ALIM. FB_CV21		CV2_A	I34.6					
SEÑAL FALLO ALIM. FB_CV22		CV2_A	I34.7					
SEÑAL FALLO ALIM. PLC_CCA		CV2_A	I35.0					
2.CDG1.VC.FCU ?2		CV2_A	I35.1			CV2_A	RELÉ	Q6.7
2.CDG1.VC.FCD ?2		CV2_A	I35.2					
2M.CDG1.VC.UP ?2		CV2_A	I35.3					
2M.CDG1.VC.DW ?2		CV2_A	I35.4					
MAP.PLC.-3		CV3_A	I35.5					
FB_CV3_FALLO		CV3_A	I35.6					
SEÑAL FALLO ALIM. PLC_CV3A		CV2_A	I35.7					
3.CDG1.VC.FCU ?2		CV2_A	I36.0			CV3_A	RELÉ	Q6.8

3.CDG1.VC.FCD ?2		CV2_A		I36.1					
3M.CDG1.VC.UP ?2		CV2_A		I36.2					
3M.CDG1.VC.DW ?2		CV2_A		I36.3					
MP_RES_CCA_1.1		CC_A			Pulsador ON	I36.4			
MP_RES_CCA_1.2		CC_A			Pulsador OFF	I36.5			
MP_RES_CCA_2.1		CC_A			Pulsador ON	I36.6			
MP_RES_CCA_2.2		CC_A			Pulsador OFF	I36.7			
MP_RES_CCA_3.1		CC_A			Pulsador ON	I37.0			
MP_RES_CCA_3.2		CC_A			Pulsador OFF	I37.1			
MP_RES_CV2A_1.1		CV2_A			Pulsador ON	I37.2			
MP_RES_CV2A_1.2		CV2_A			Pulsador OFF	I37.3			

MP_RES_CV2A_2.1		CV2_A			Pulsador ON	I37.4			
MP_RES_CV2A_2.2		CV2_A			Pulsador OFF	I37.5			
MP_RES_CV2A_3.1		CV2_A			Pulsador ON	I37.6			
MP_RES_CV2A_3.2		CV2_A			Pulsador OFF	I37.7			
MP_RES_CV3A_1.1		CV3_A			Pulsador ON	I38.0			
MP_RES_CV3A_1.2		CV3_A			Pulsador OFF	I38.1			
MP_RES_CV3A_2.1		CV3_A			Pulsador ON	I38.2			
MP_RES_CV3A_2.2		CV3_A			Pulsador OFF	I38.3			
MP_RES_CV3A_3.1		CV3_A			Pulsador ON	I38.4			
MP_RES_CV3A_3.2		CV3_A			Pulsador OFF	I38.5			

AIII. Tabla. 1 Listado de entradas y salidas digitales del autómata

ANEXO IV. CÁMARAS DE VACÍO DE LAS LÍNEAS VEGA~2 Y VEGA~3

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

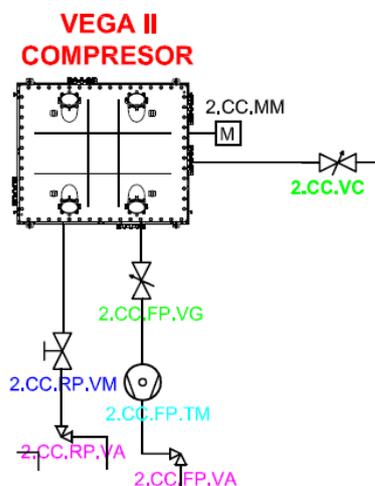
1. Cámaras de VEGA-2

1.1. Compresor

La cámara de vacío que contiene los elementos del sistema de compresión de pulsos láser de la línea de VEGA-2 (20 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
2.CC.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	COMPRESOR DE VEGA II (200 TW)
2.CC.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 600)	
2.CC.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CC.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	OerlikonLeybold	
2.CC.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
2.CC.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
2.CC.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 1 Componentes: Compresor de VEGA-2



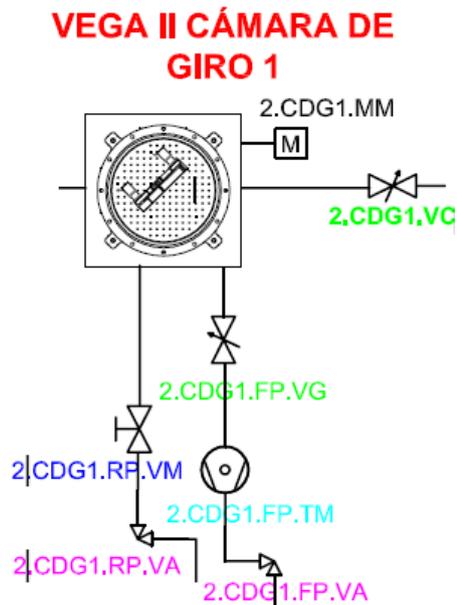
AIV. Fig. 1 Esquema: Compresor de VEGA-2

1.2. Cámara de giro 1

La cámara de giro 1 de VEGA-2 (20 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
2.CDG1.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	CÁMARA DE GIRO 1 DE VEGA II (200 TW)
2.CDG1.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 400)	
2.CDG1.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CDG1.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CDG1.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
2.CDG1.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
2.CDG1.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 2 Componentes: Cámara de giro 1 de VEGA-2



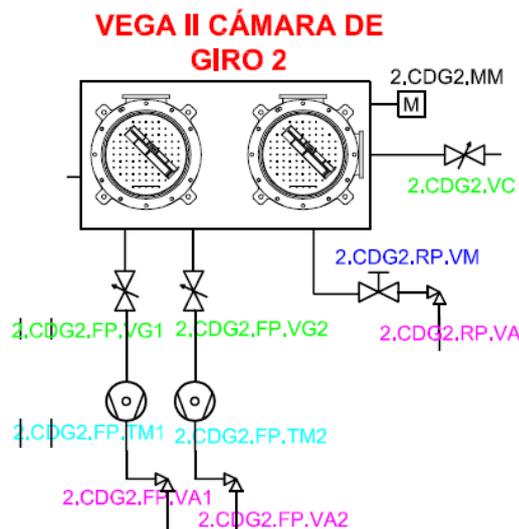
AIV. Fig. 2 Esquema: Cámara de giro 1 de VEGA-2

1.3. Cámara de giro 2

La cámara de giro 2 de VEGA-2 (20 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
2.CDG2.FP.VG1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	CÁMARA DE GIRO 2 DE VEGA II (200 TW)
2.CDG2.FP.VG2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
2.CDG2.FP.TM1	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 400)	
2.CDG2.FP.TM2	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 400)	
2.CDG2.FP.VA1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CDG2.FP.VA2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CDG2.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CDG2.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
2.CDG2.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
2.CDG2.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 3 Componentes: Cámara de giro 2 de VEGA-2



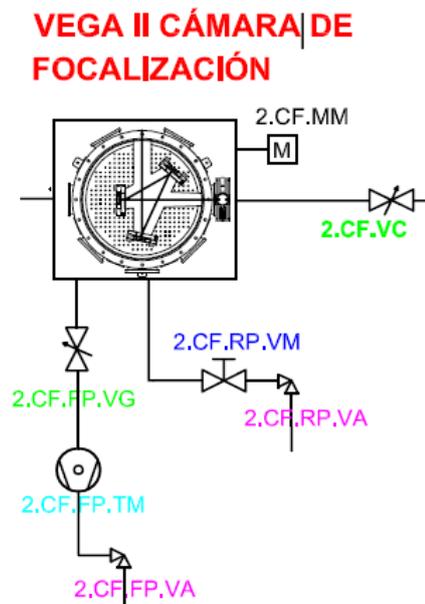
AIV. Fig. 3 Esquema: Cámara de giro 2 de VEGA-2

1.4. Cámara de focalización

La cámara de focalización de VEGA-2 (20 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
2.CF.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 400)	CÁMRA DE FOCALIZACIÓN DE VEGA II (200 TW)
2.CF.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CF.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CF.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
2.CF.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
2.CF.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
2.CF.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 4 Componentes: Cámara de focalización de VEGA-2



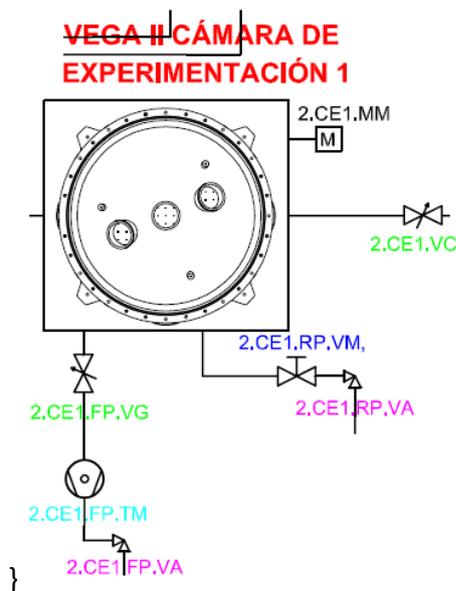
AIV. Fig. 4 Esquema: Cámara de focalización de VEGA-2

1.5. Cámara de experimentación 1

La cámara de experimentación 1 de VEGA-2 (20 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
2.CE1.FP.VG	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN 1 DE VEGA II (200 TW)
2.CE1.FP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CE1.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CE1.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
2.CE1.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
2.CE1.FP.TM	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800	
2.CE1.VC	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 5 Componentes: Cámara de experimentación 1 de VEGA-2



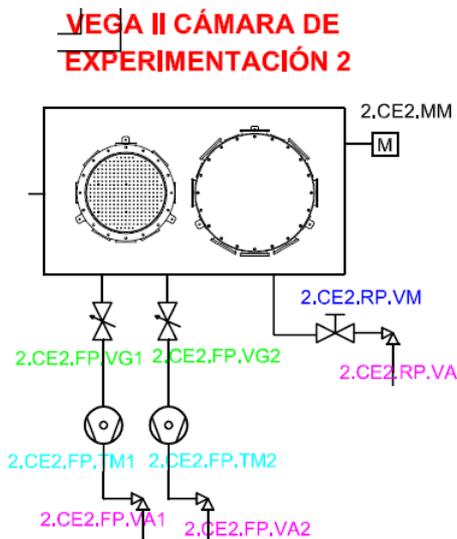
AIV. Fig. 5 Esquema: Cámara de experimentación 1 de VEGA-2

1.6. Cámara de experimentación 2

La cámara de experimentación 2 de VEGA-2 (20 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
2.CE2.FP.TM1	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (450 i)	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN 2 DE VEGA II (200 TW)
2.CE2.FP.TM2	VEGA II (200 TW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (450 i)	
2.CE2.FP.VA1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CE2.FP.VA2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CE2.RP.VA	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
2.CE2.RP.VM	VEGA II (200 TW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
2.CE2.MM	VEGA II (200 TW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
2.CE2.FP.VG1	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
2.CE2.FP.VG2	VEGA II (200 TW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 6 Componentes: Cámara de experimentación 2 de VEGA-2



AIV. Fig. 6 Esquema: Cámara de experimentación 2 de VEGA-2

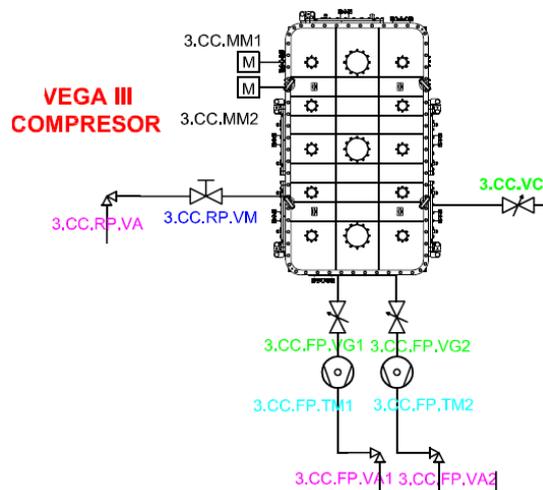
2. Cámaras de VEGA-3

2.1. Compresor

La cámara de vacío que contiene los elementos del sistema de compresión de pulsos láser de la línea de VEGA-3 (200 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
3.CC.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800	COMPRESOR DE VEGA III (1 PW)
3.CC.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Pfeiffer 800	
3.CC.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CC.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CC.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CC.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
3.CC.MM1	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CC.MM2	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CC.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CC.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CC.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 7 Componentes: Compresor de VEGA-3



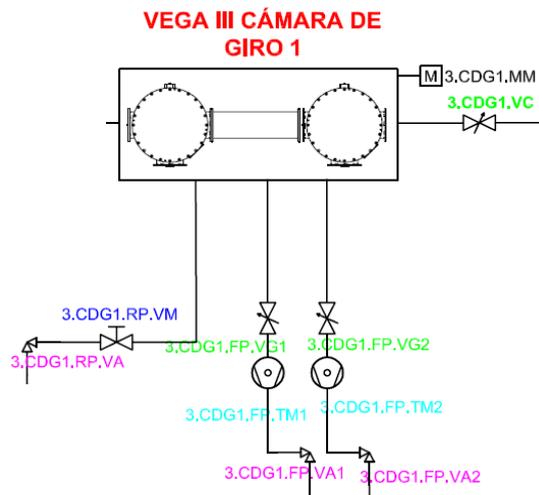
AIV. Fig. 7 Esquema: Compresor de VEGA-3

2.2. Cámara de giro 1

La cámara de giro 1 de VEGA-3 (200 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
3.CDG1.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)	CÁMARA DE GIRO 1 DE VEGA III (1 PW)
3.CDG1.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)	
3.CDG1.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CDG1.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CDG1.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CDG1.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
3.CDG1.MM	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CDG1.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CDG1.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CDG1.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 8 Componentes: Cámara de giro 1 de VEGA-3



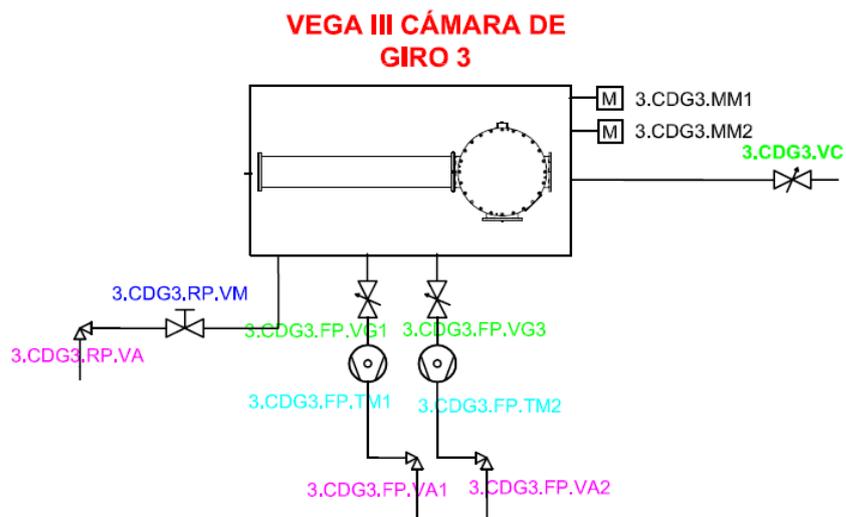
AIV. Fig. 8 Esquema: Cámara de giro 1 de VEGA-3

2.3. Cámara de giro 3

La cámara de giro 3 de VEGA-3 (200 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
3.CDG3.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700) A	CÁMARA DE GIRO 3 DE VEGA III (1 PW)
3.CDG3.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700) B	
3.CDG3.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CDG3.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CDG3.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CDG3.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
3.CDG3.MM1	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CDG3.MM2	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CDG3.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CDG3.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CDG3.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 9 Componentes: Cámara de giro 3 de VEGA-3



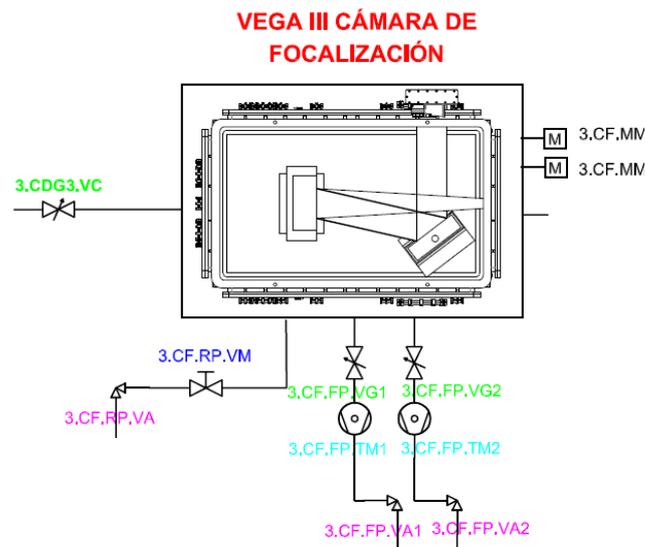
AIV. Fig. 9 Esquema: Cámara de giro 3 de VEGA-3

2.4. Cámara de focalización

La cámara de focalización de VEGA-3 (200 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
3.CF.FP.TM1	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)	CÁMARA DE FOCALIZACIÓN DE VEGA III (1 PW)
3.CF.FP.TM2	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)	
3.CF.FP.VA1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CF.FP.VA2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CF.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CF.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
3.CF.MM1	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CF.MM2	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CF.FP.VG1	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CF.FP.VG2	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
3.CF.VC	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	

AIV. Tabla. 10 Componentes: Cámara de focalización de VEGA-3



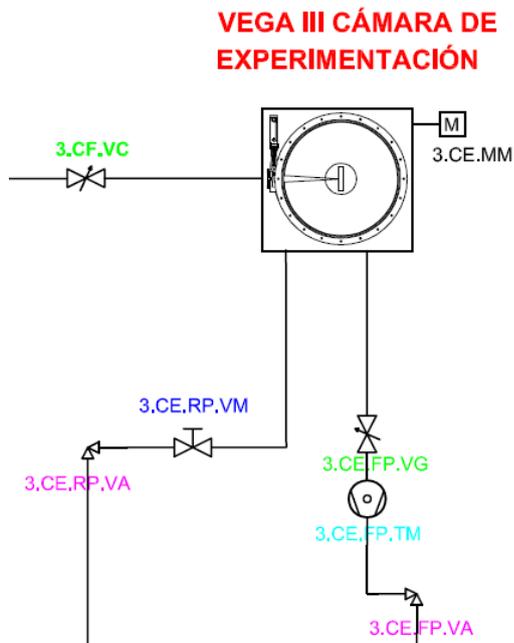
AIV. Fig. 10 Esquema: Cámara de focalización de VEGA-3

2.5. Cámara de experimentación

La cámara de focalización de VEGA-3 (200 TW) tiene el siguiente esquema y cuenta con los elementos que se enumeran en la tabla inferior.

COMPONENTE	LÍNEA	TIPO	MARCA	PERTENECIENTE A
3.CE.FP.TM	VEGA III (1 PW)	BOMBA TURBOMOLECULAR	Oerlikon Leybold (MAG W 700)	CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN DE VEGA III (1 PW)
3.CE.FP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CE.RP.VA	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE ÁNGULO	Oerlikon Leybold	
3.CE.RP.VM	VEGA III (1 PW)	VÁLV. MANUAL	VAT	
3.CE.MM	VEGA III (1 PW)	MEDIDOR	Oerlikon Leybold	
3.CE.FP.VG	VEGA III (1 PW)	VÁLV. DE GUILLOTINA	VAT	
	VEGA III (1 PW)			

AIV. Tabla. 11 Componentes: Cámara de experimentación de VEGA-3



AIV. Fig. 11 Esquema: Cámara de experimentación de VEGA-3

ANEXO V.
IMPLEMENTACIÓN PARCIAL
DEL SISTEMA. PROGRAMA
DEL AVTÓMATA

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**

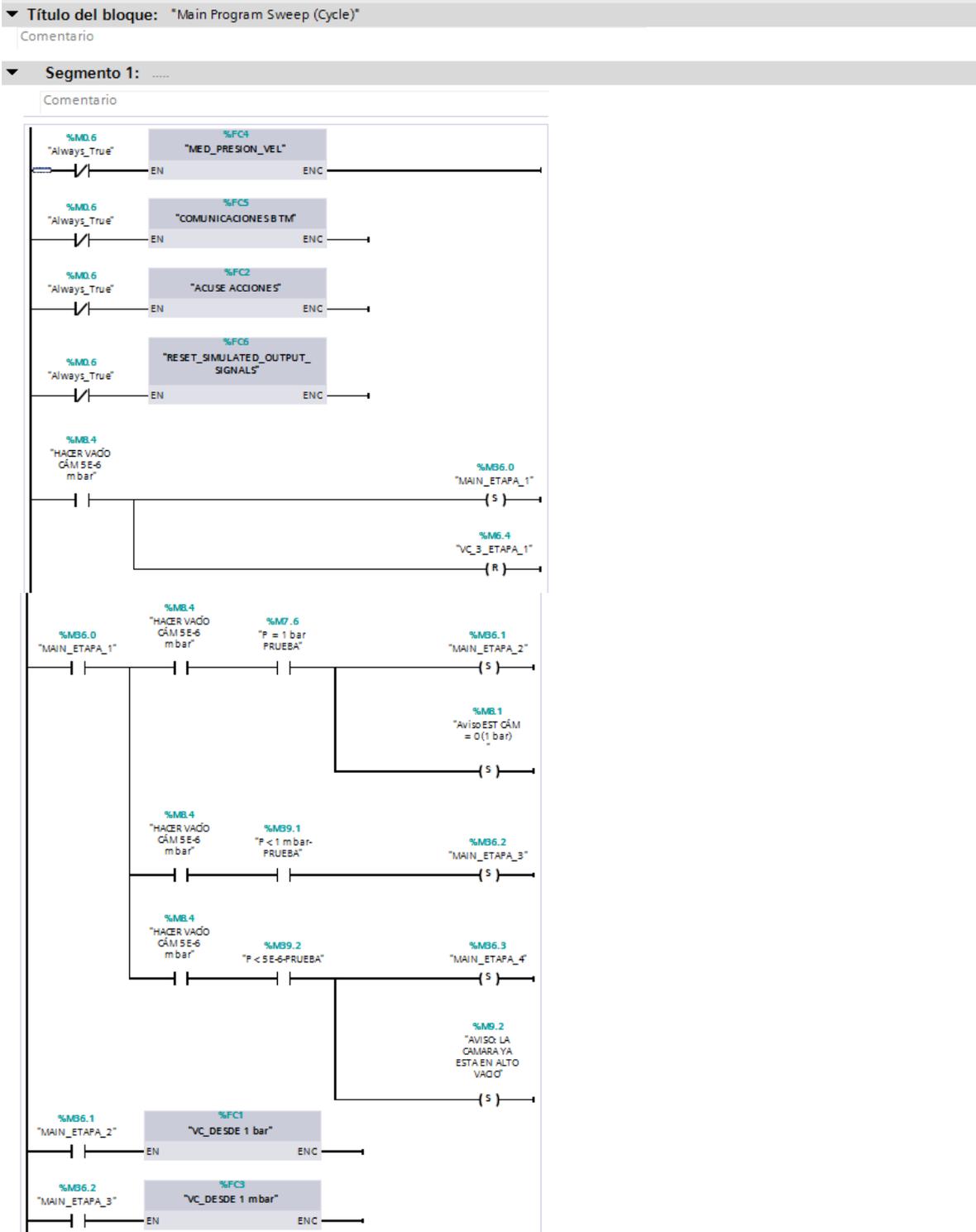


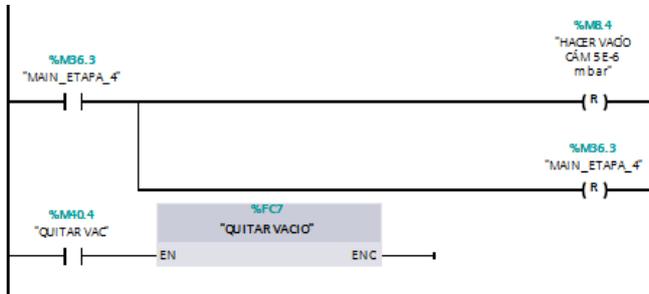
**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

1. Bloque de control principal (OB1 - Main)





AV. Fig. 1 Bloque de control principal (OB1 - Main)

2. Funciones

2.1. Hacer vacío desde 1 bar

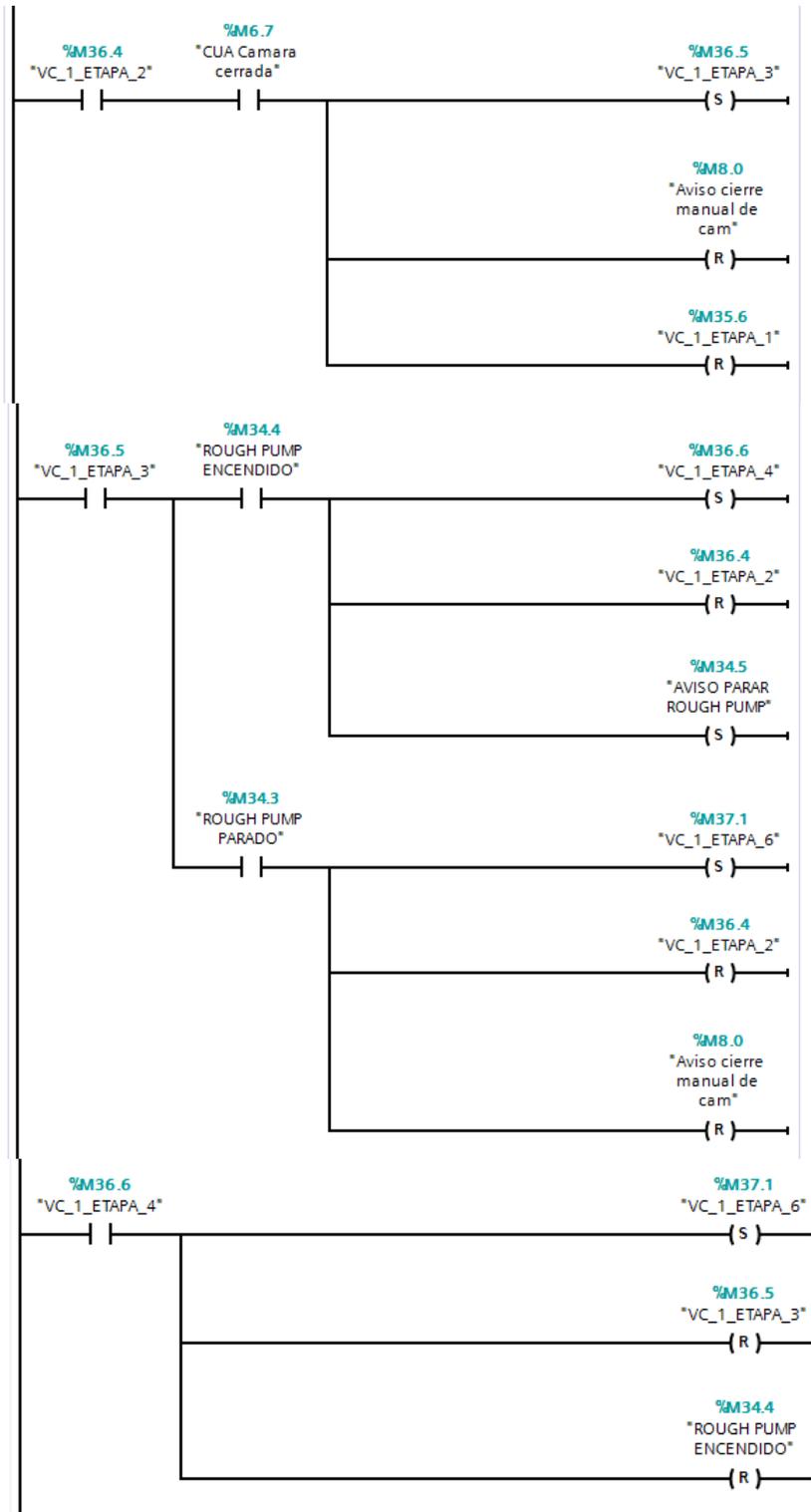
▼ Título del bloque:

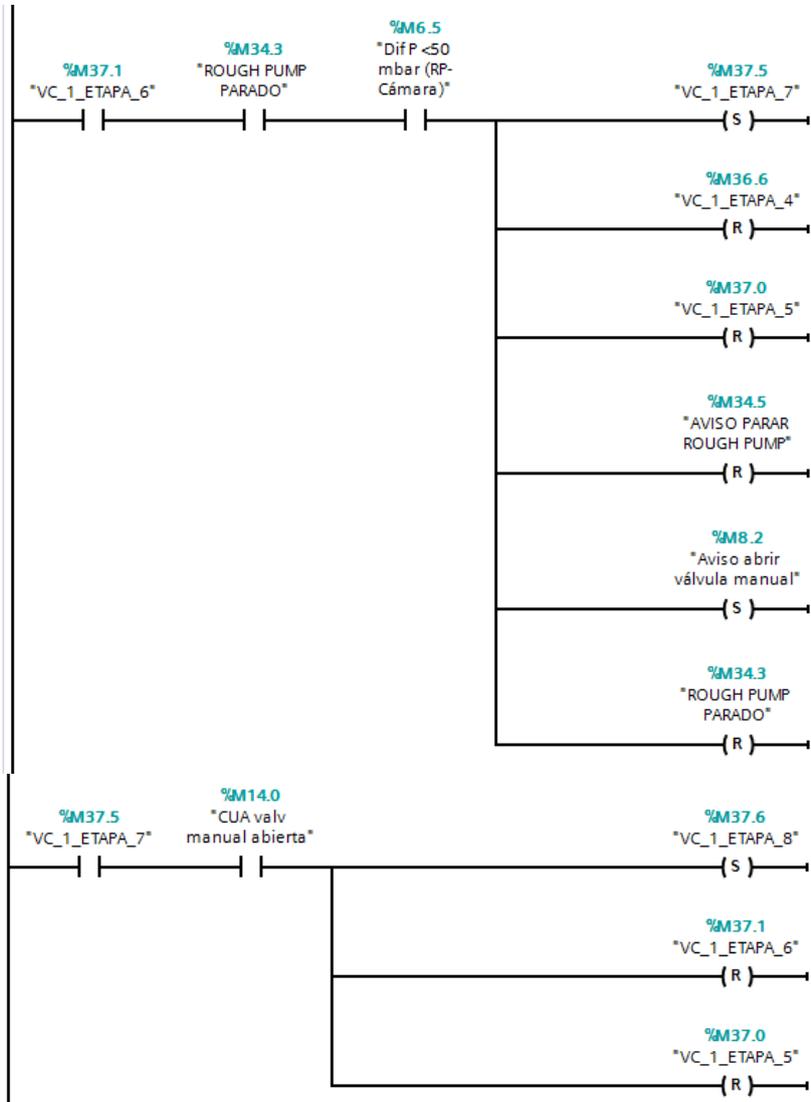
Comentario

▼ Segmento 1: Cierre manual de cámara - Parada de Rough Pump - Apertura válvula manual

Comentario

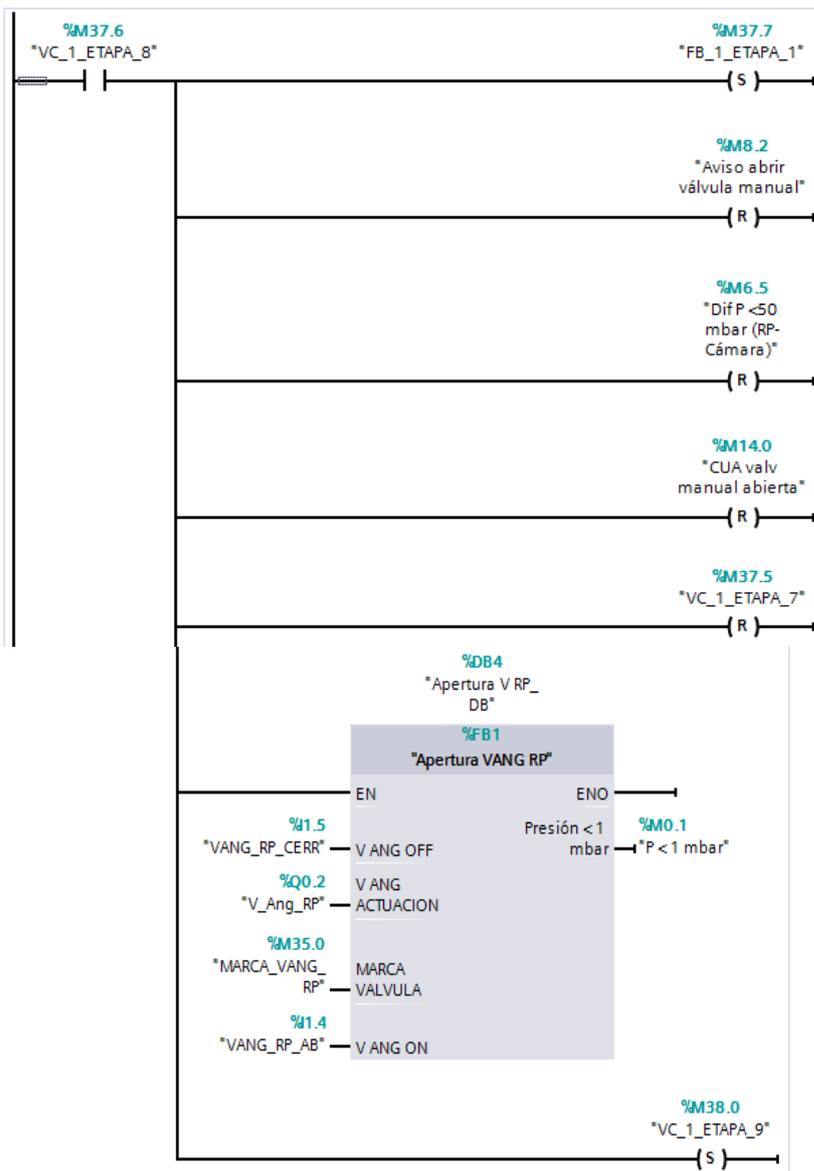






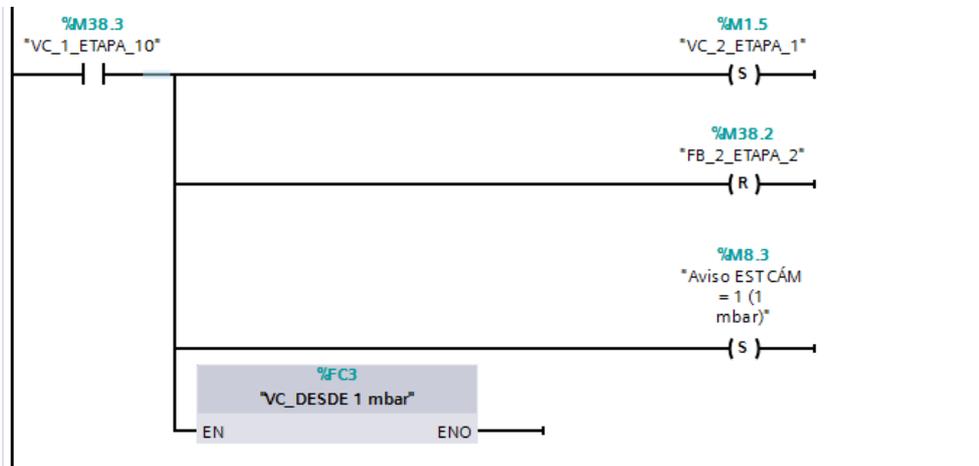
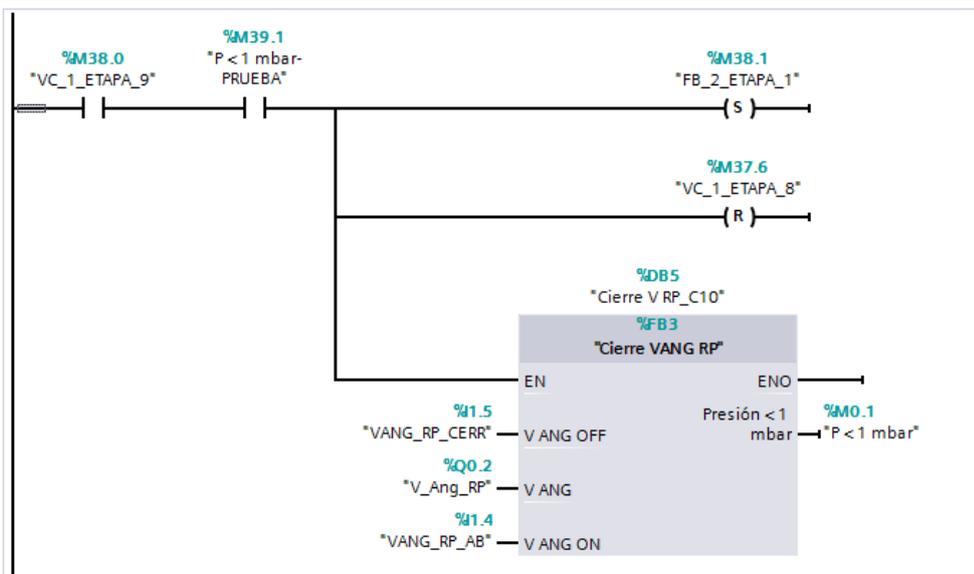
Segmento 2: Apertura válvula angulo RP

Comentario



Segmento 3: Cierre válvula RP

Comentario

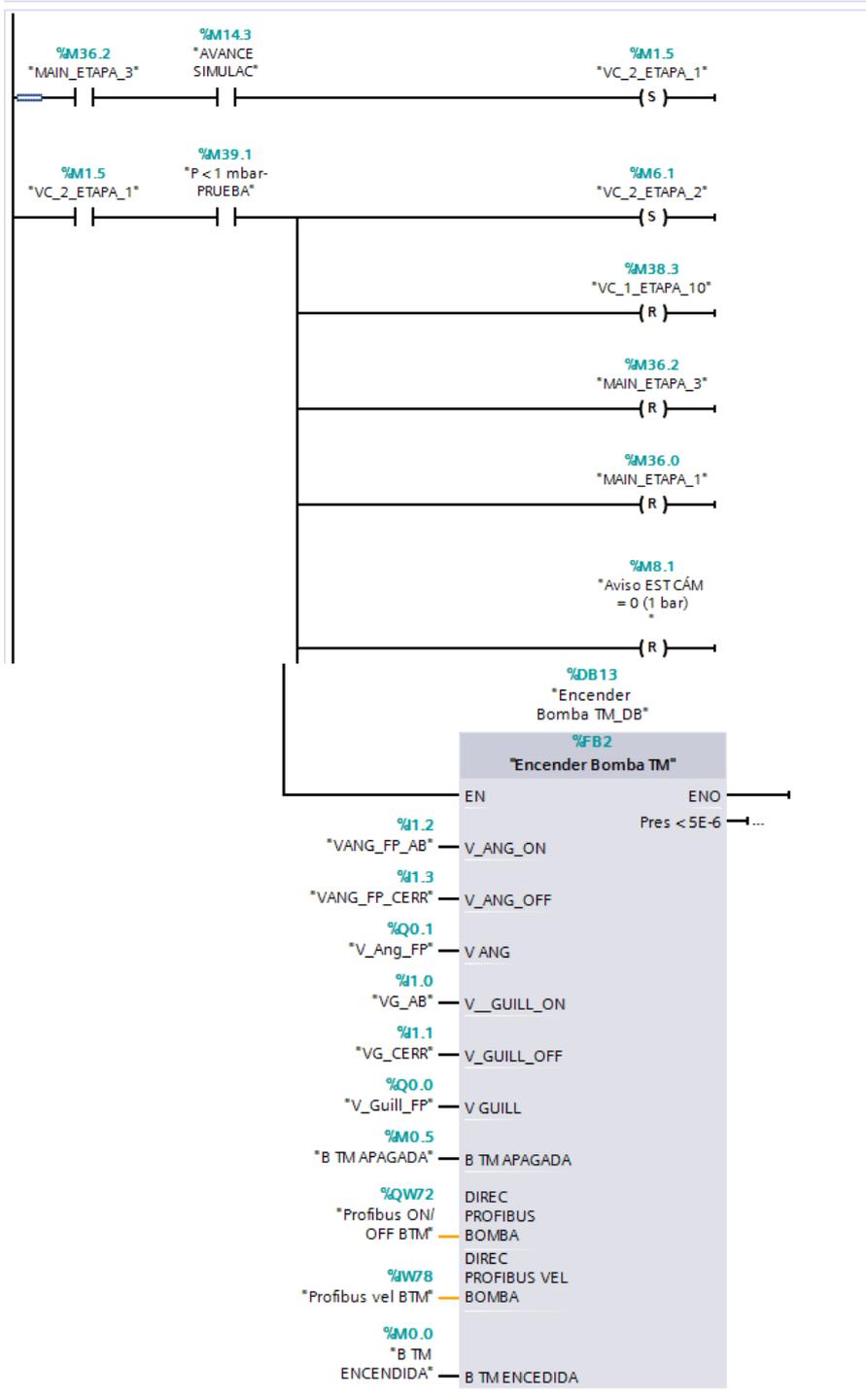


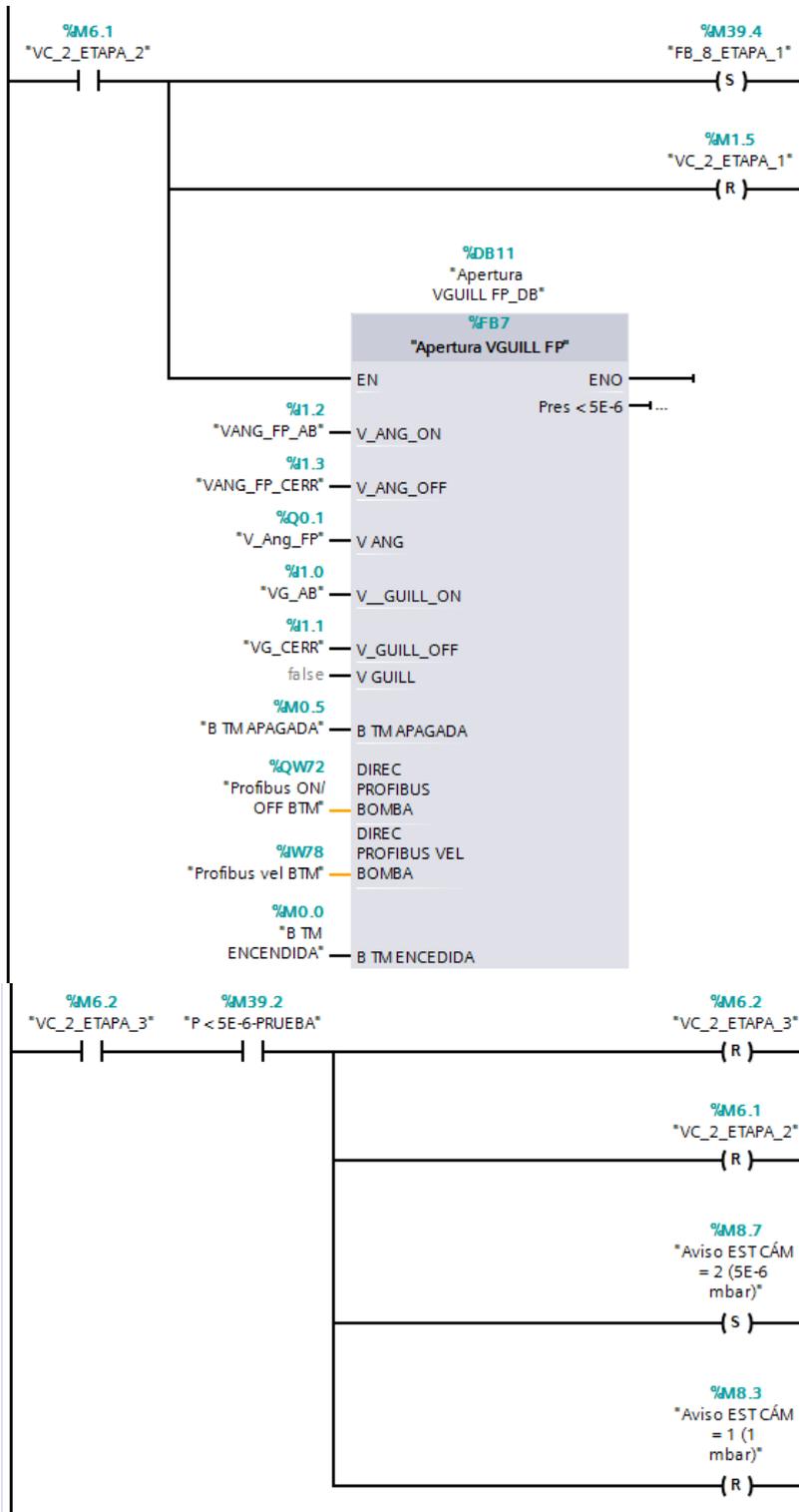
AV. Fig. 2 Hacer vacío desde 1 bar

2.2. Hacer vacío desde 1 mbar

Segmento 1: Acciones Bomba TM

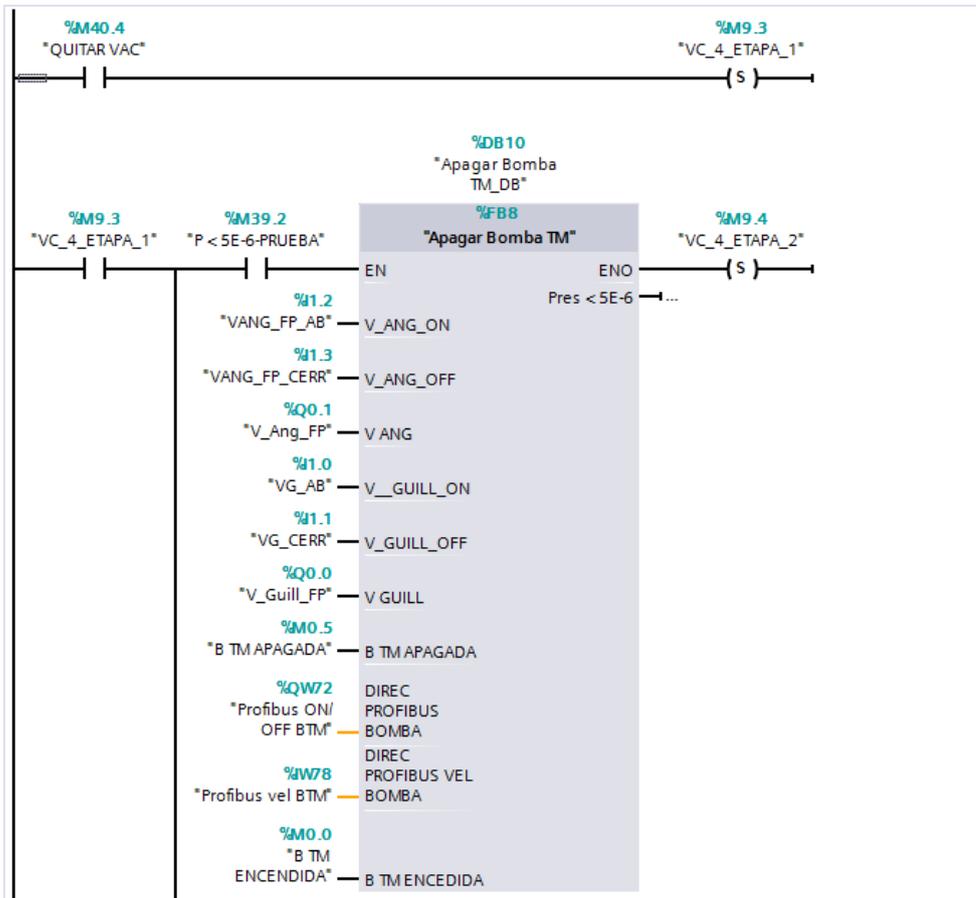
Comentario

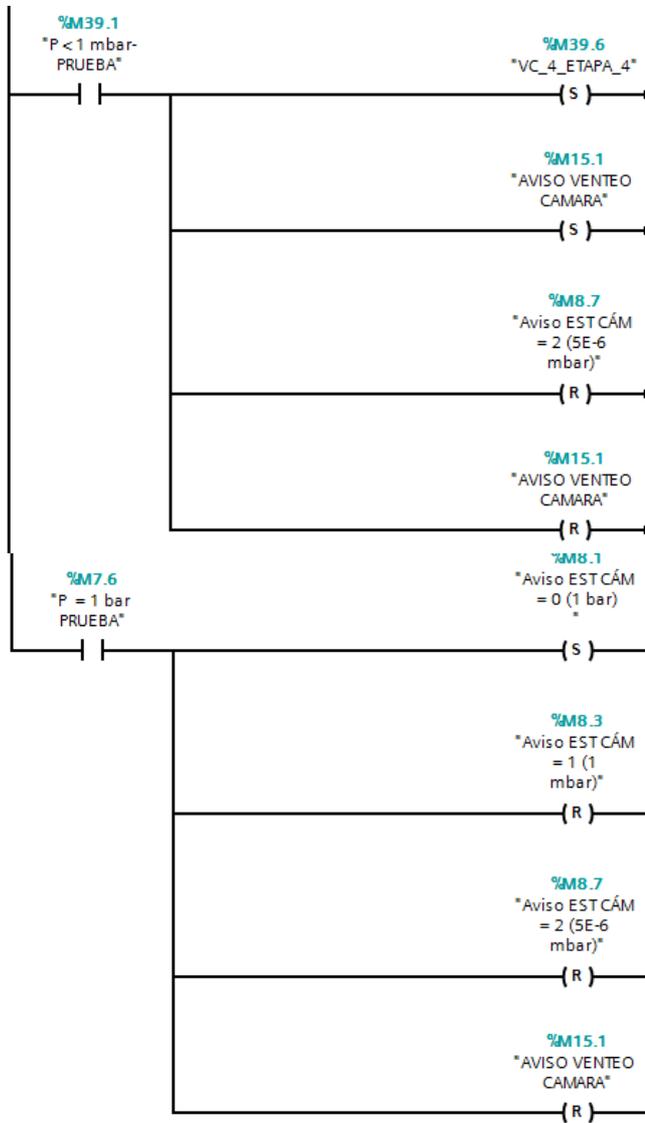


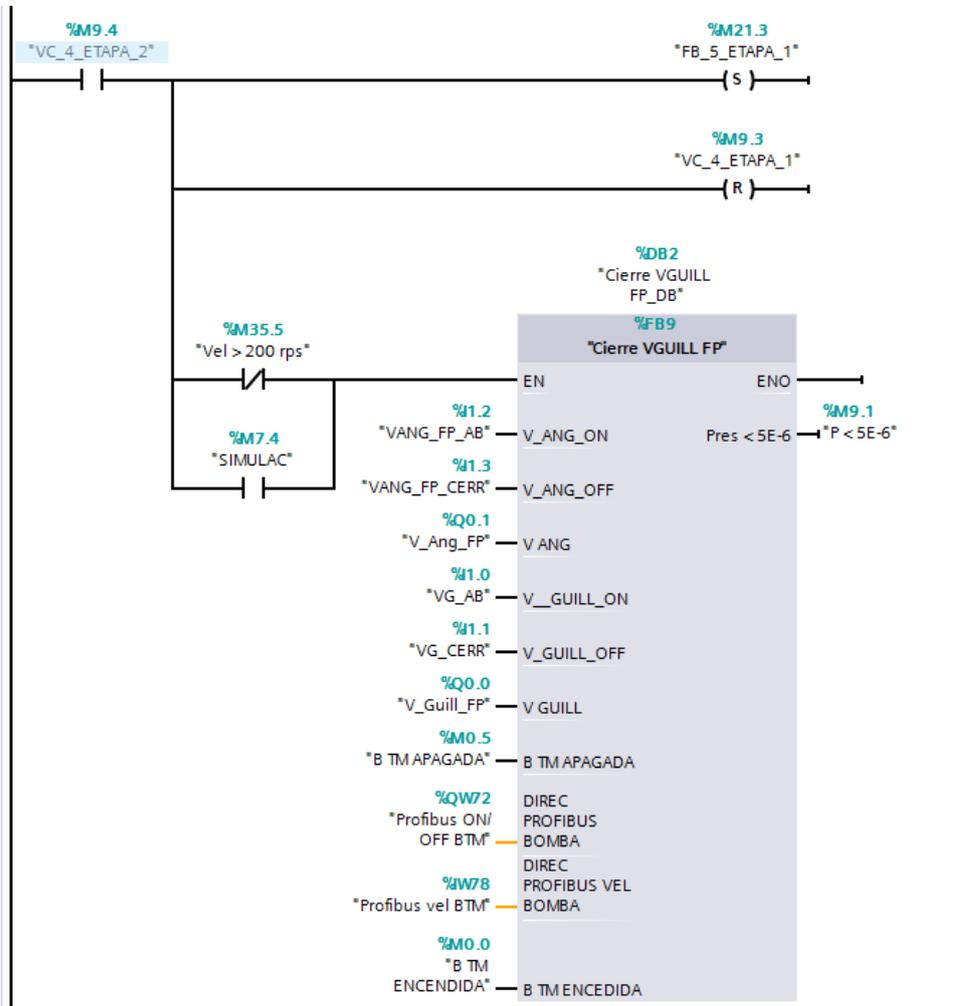


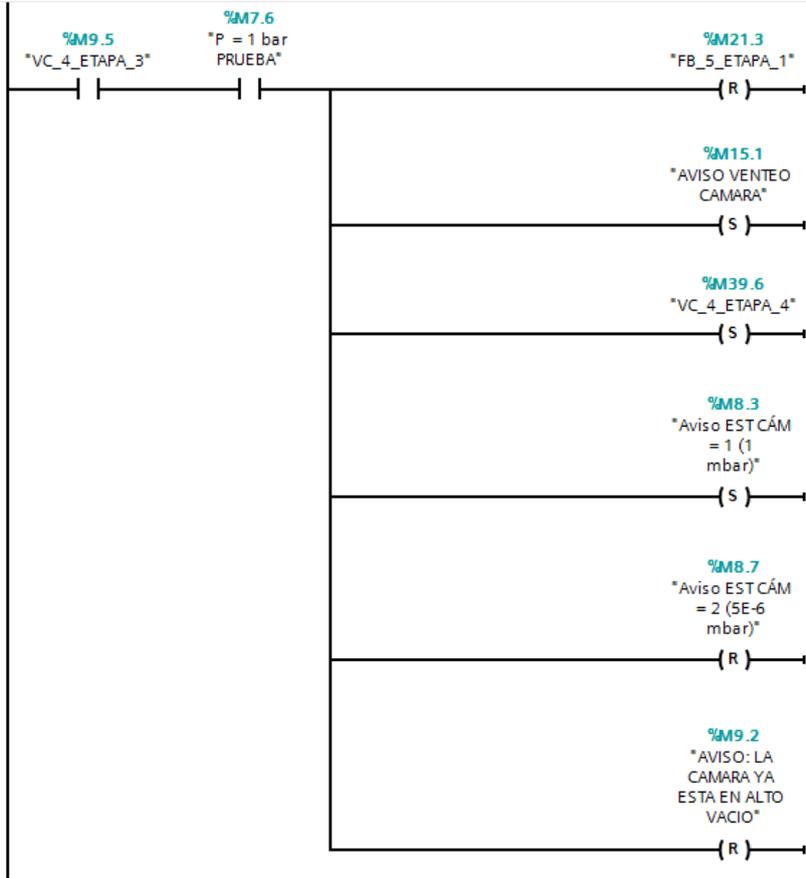
AV. Fig. 3 Hacer vacío desde 1 mbar

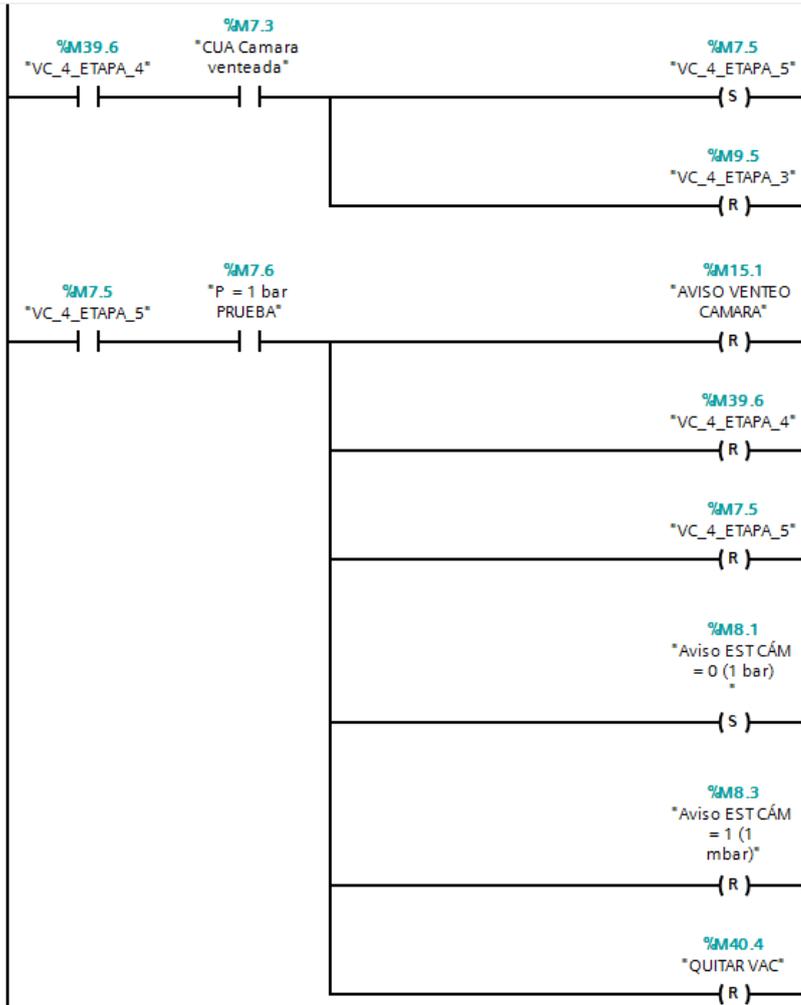
2.3. Quitar vacío





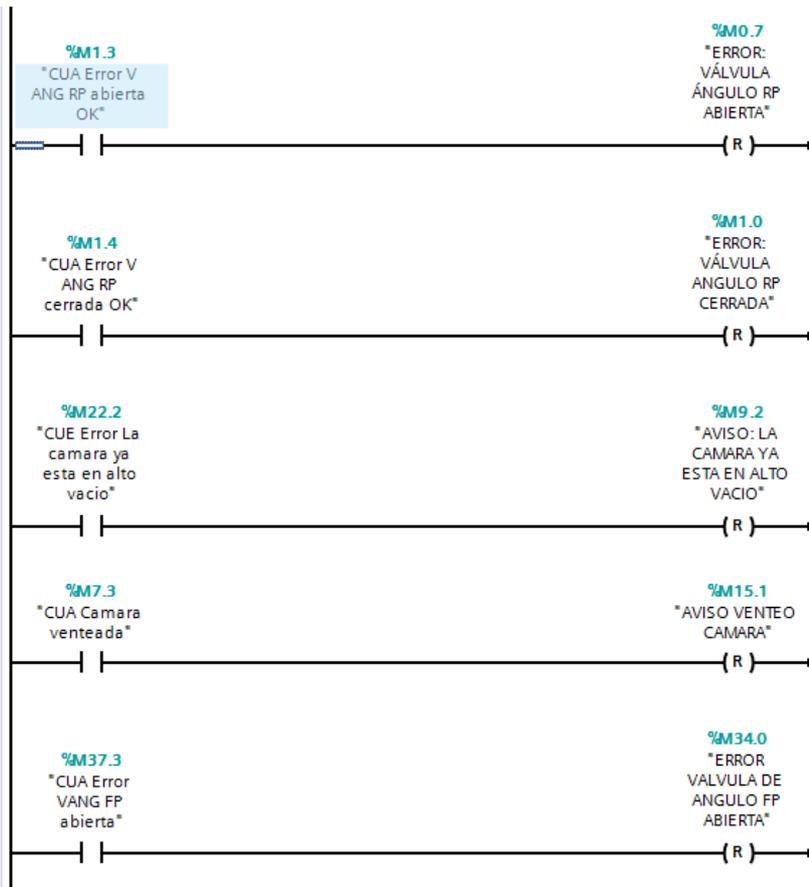


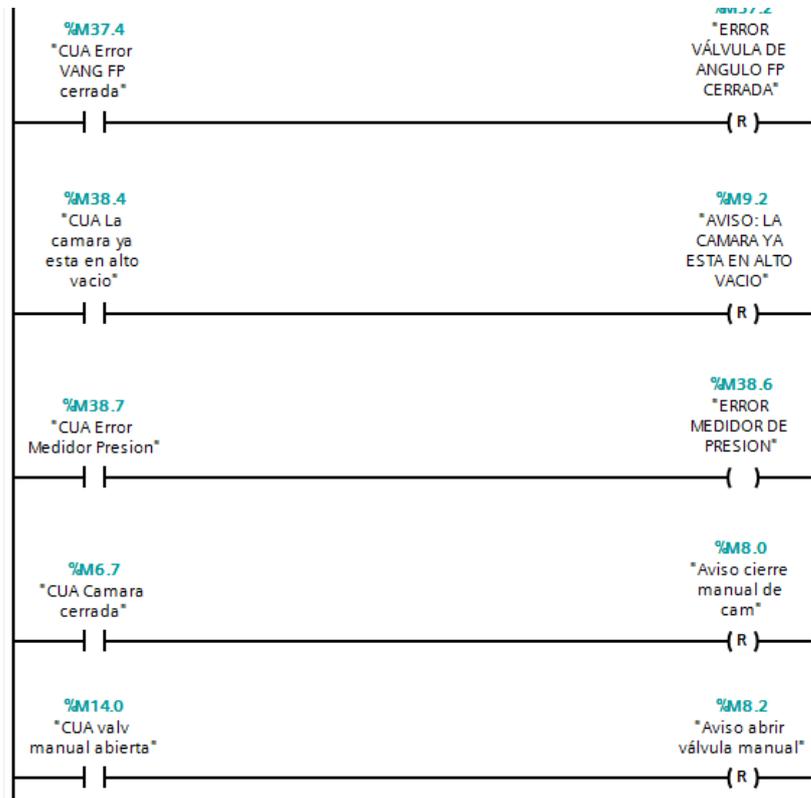




AV. Fig. 4 Quitar vacío

2.3. Acuse de acciones de usuario



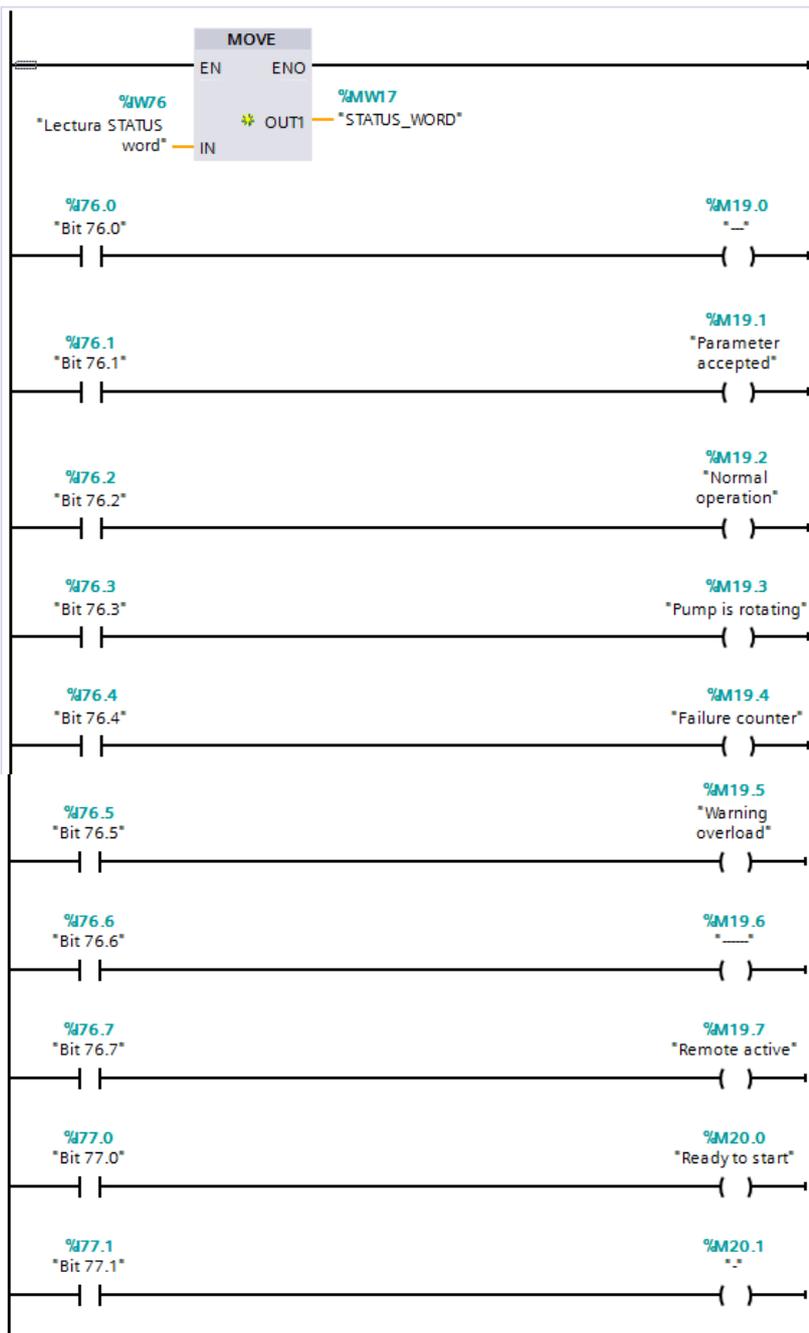


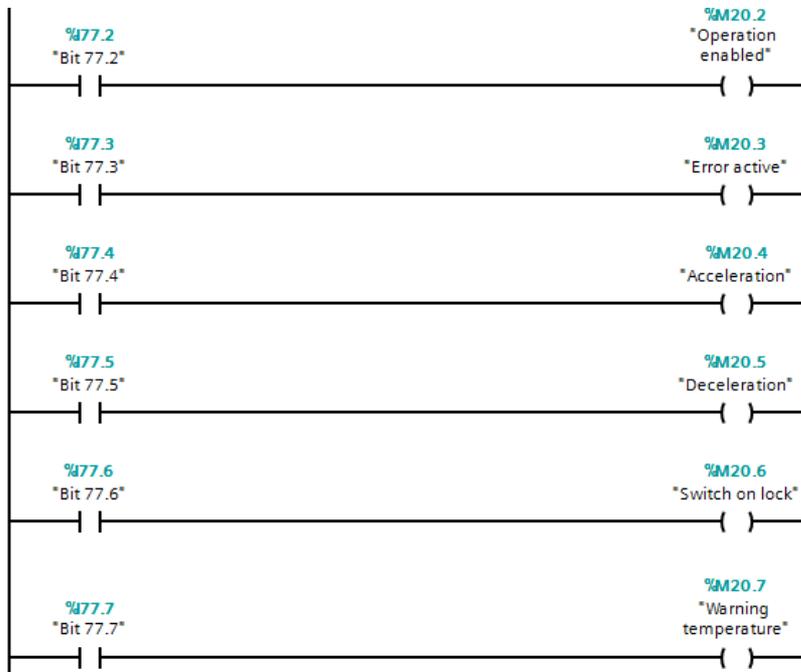
AV. Fig. 5 Acuse de acciones de usuario

2.4. Comunicaciones con la bomba turbomolecular

▼ Segmento 1: LECTURA STATUS WORD

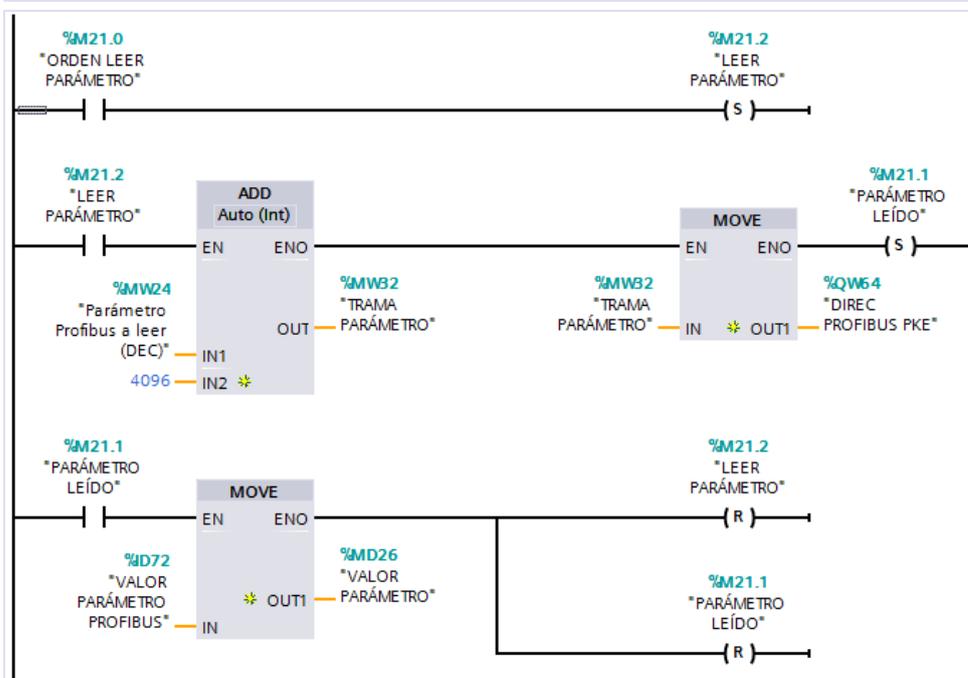
Comentario





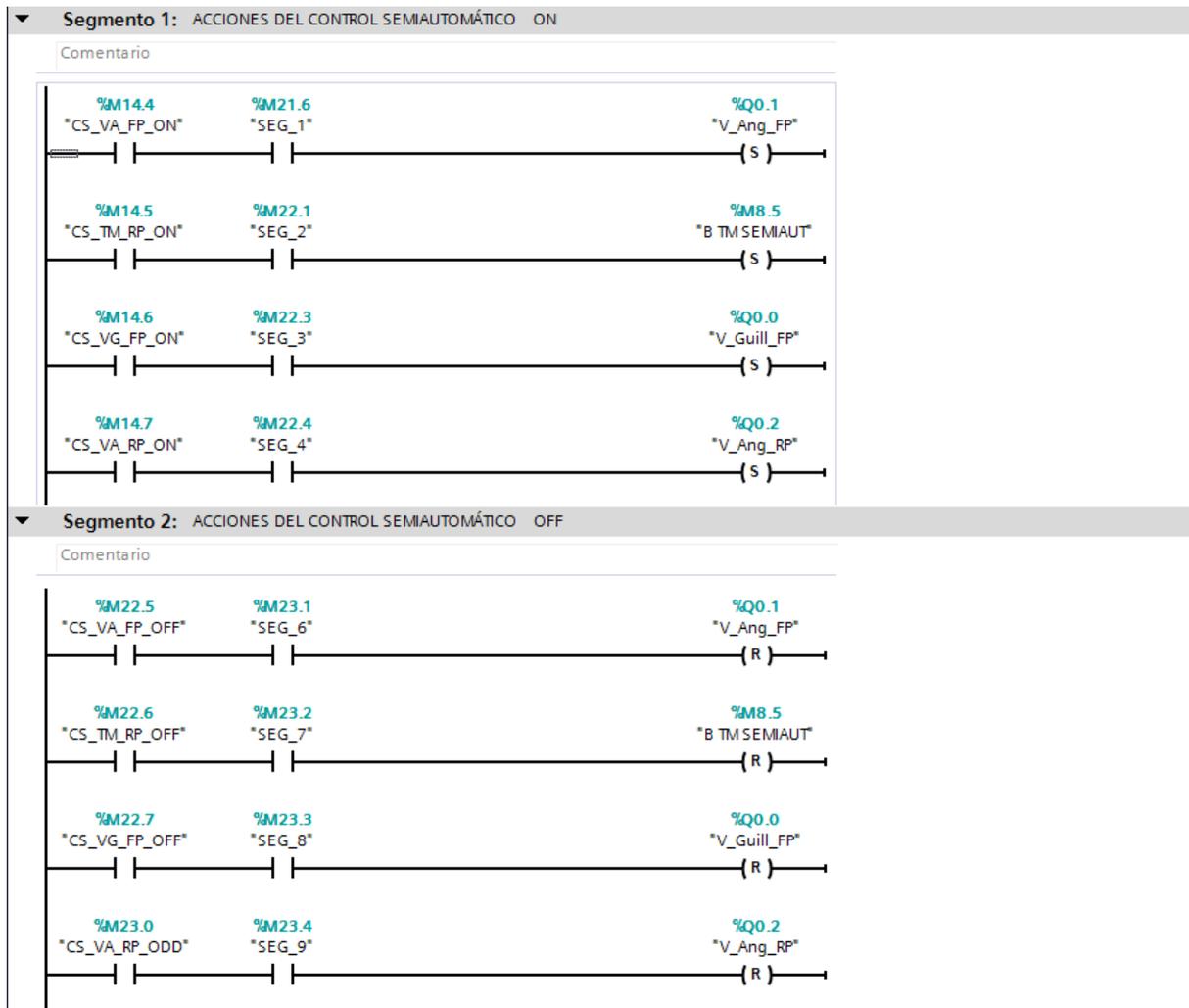
▼ Segmento 2: LECTURA DE PARAMETROS

Comentario



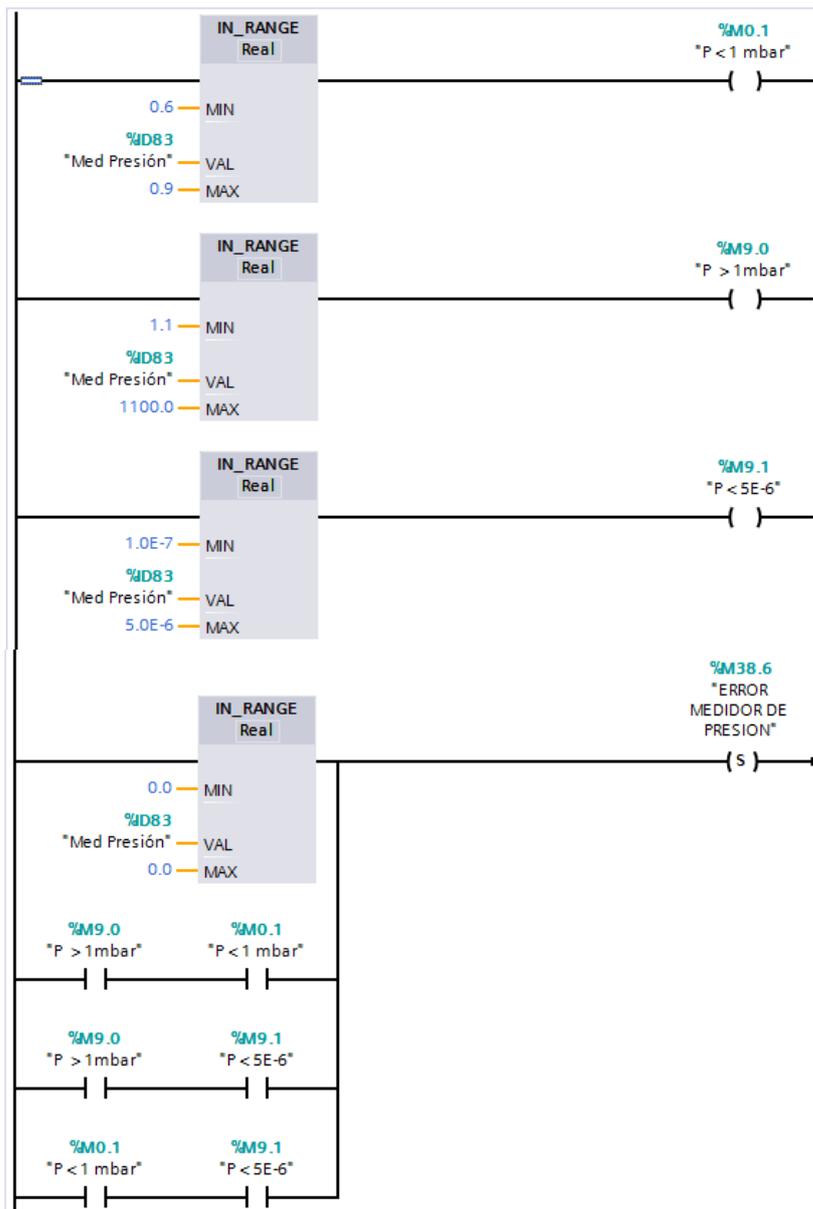
AV. Fig. 6 Comunicaciones con la bomba turbomolecular

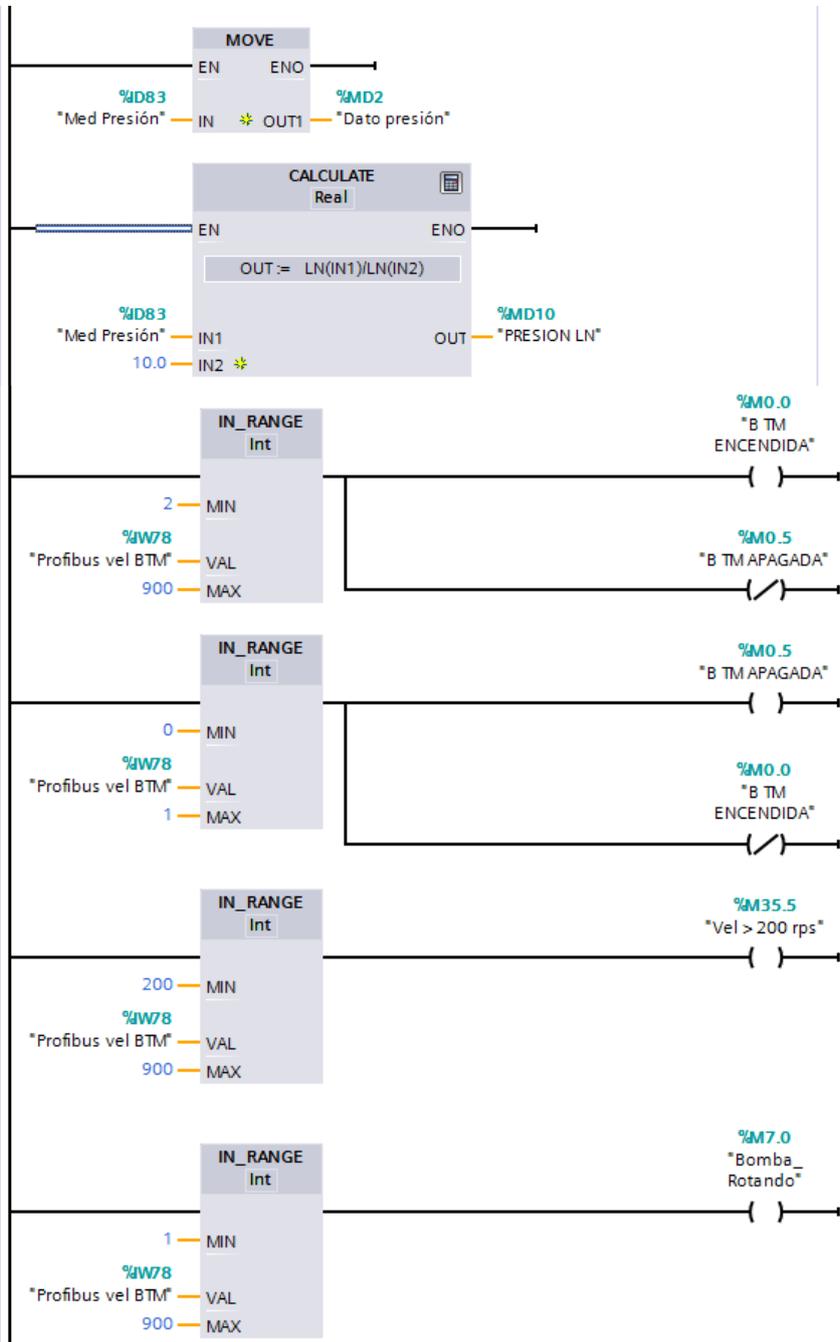
2.5. Implementación del control semiautomático



AV. Fig. 7 Implementación del control semiautomático

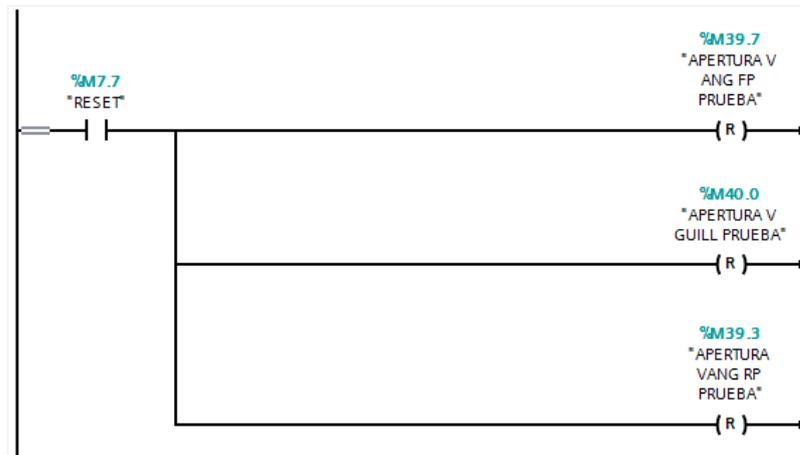
2.6. Medición de la presión en cámara y velocidad de la bomba turbomolecular





AV. Fig. 8 Medición de la presión en cámara y la velocidad de la bomba turbomolecular

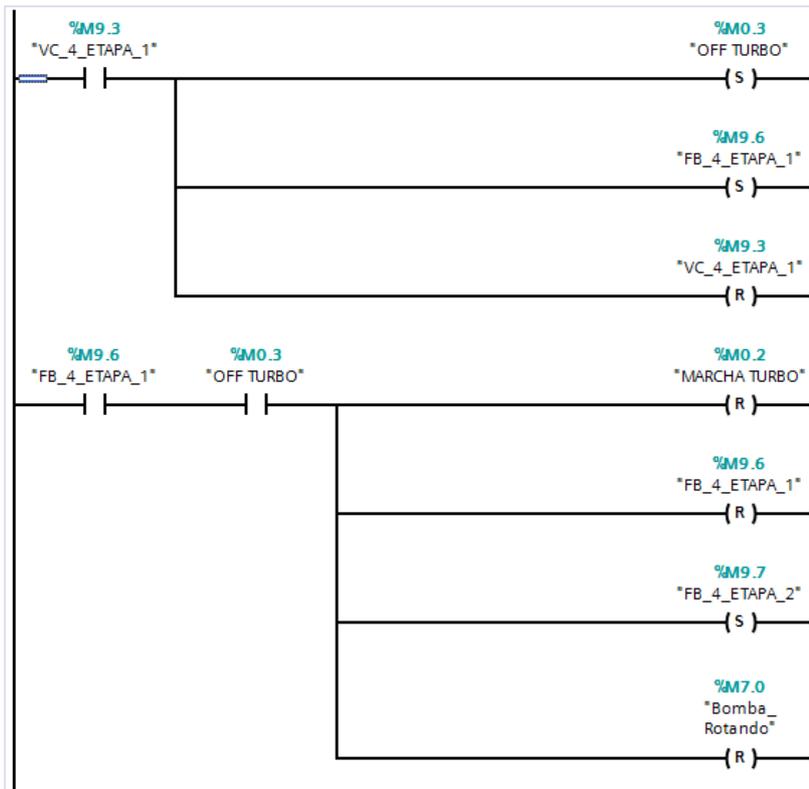
2.7. Reset señales de simulación

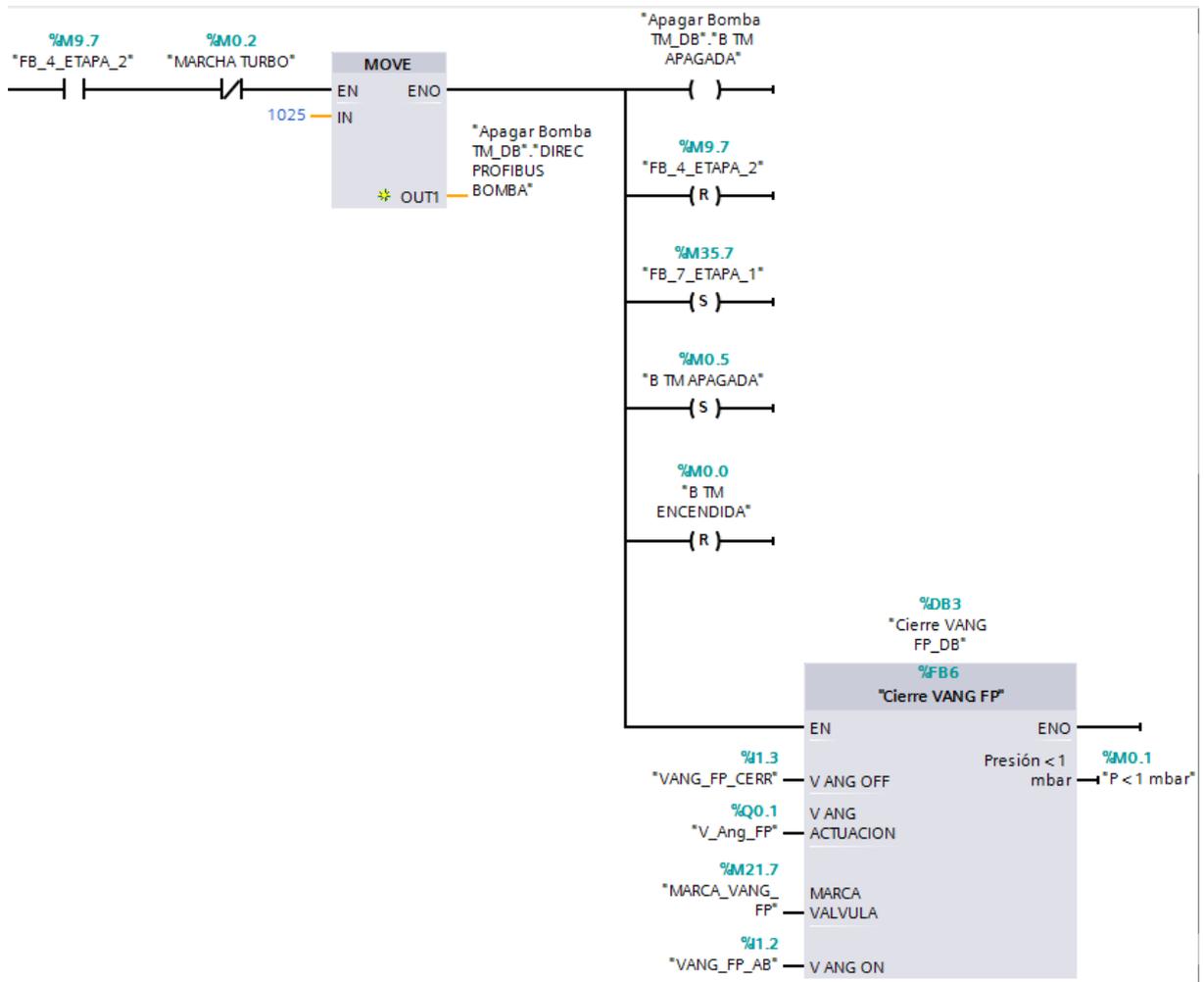


AV. Fig. 9 Reset señales de simulación

3. Bloques de funciones

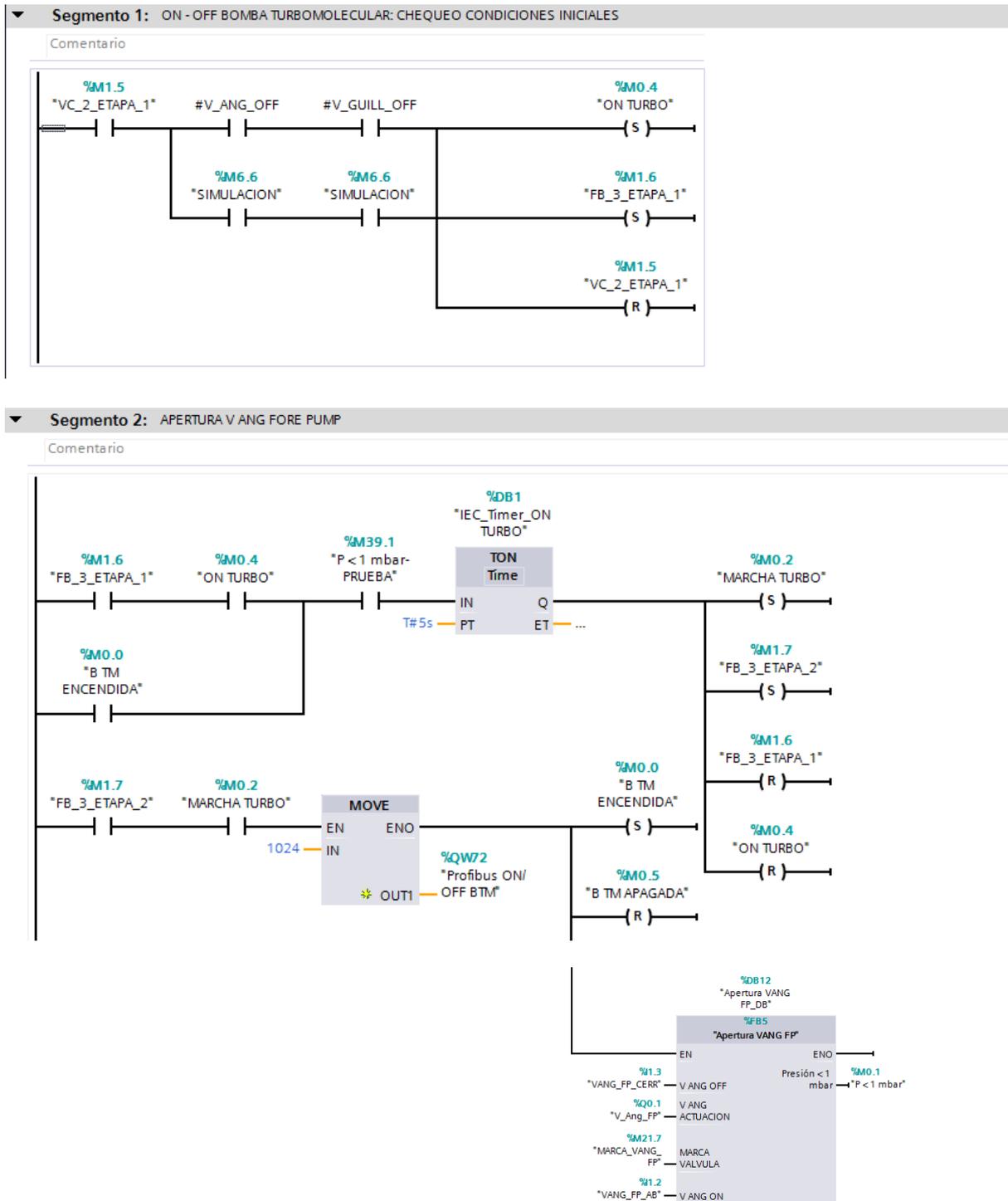
3.1. Apagar una bomba turbomolecular

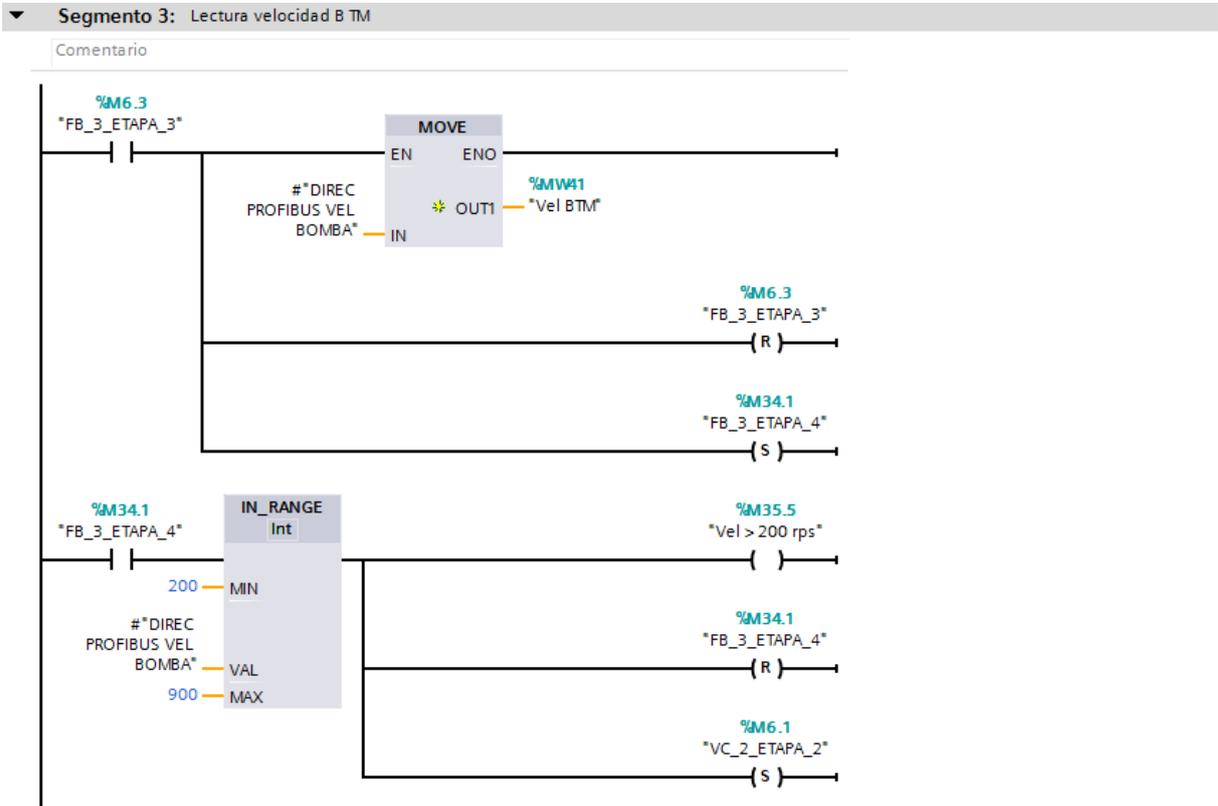




AV. Fig. 10 Apagar una bomba turbomolecular

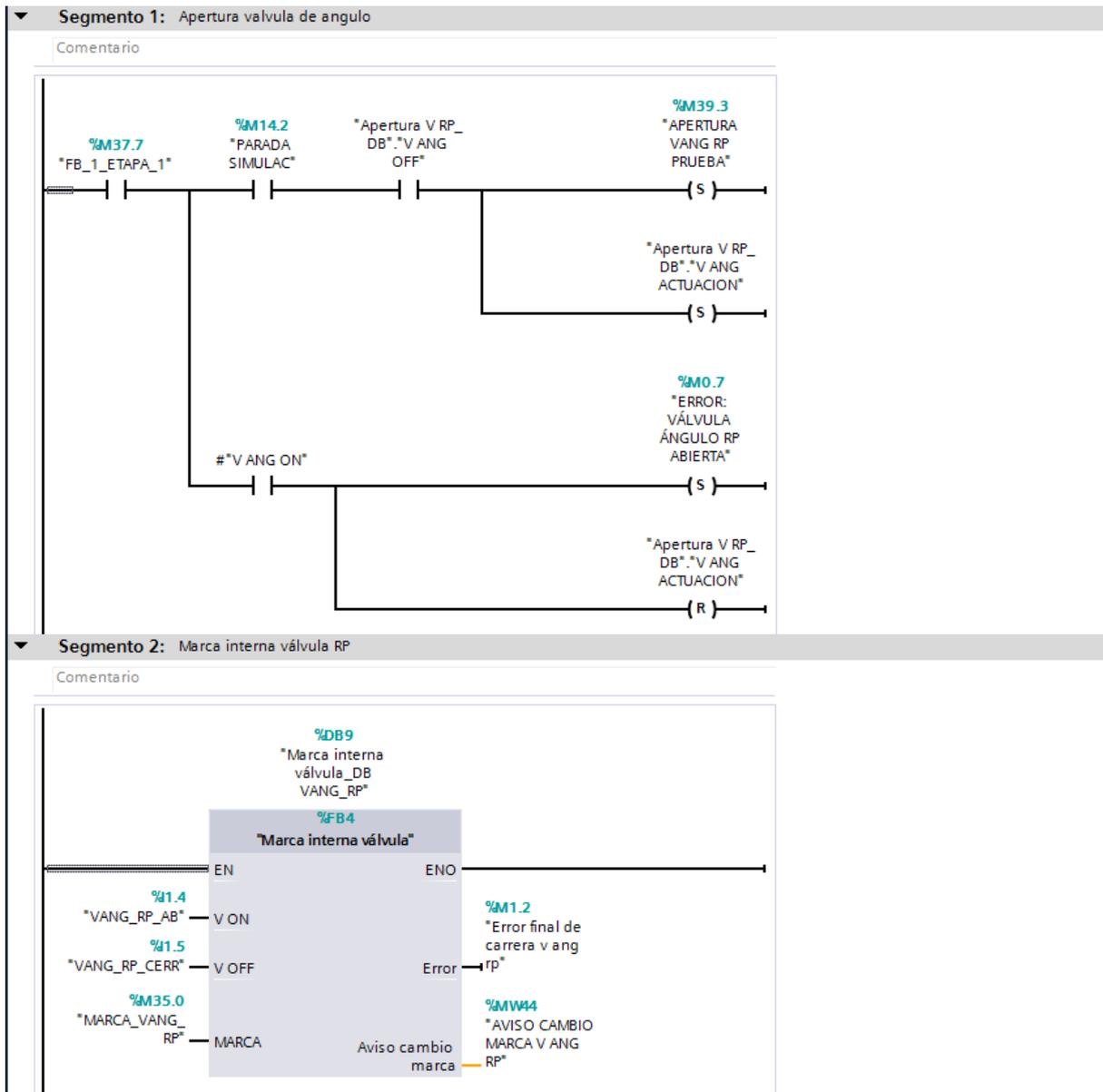
3.2. Encender una bomba turbomolecular





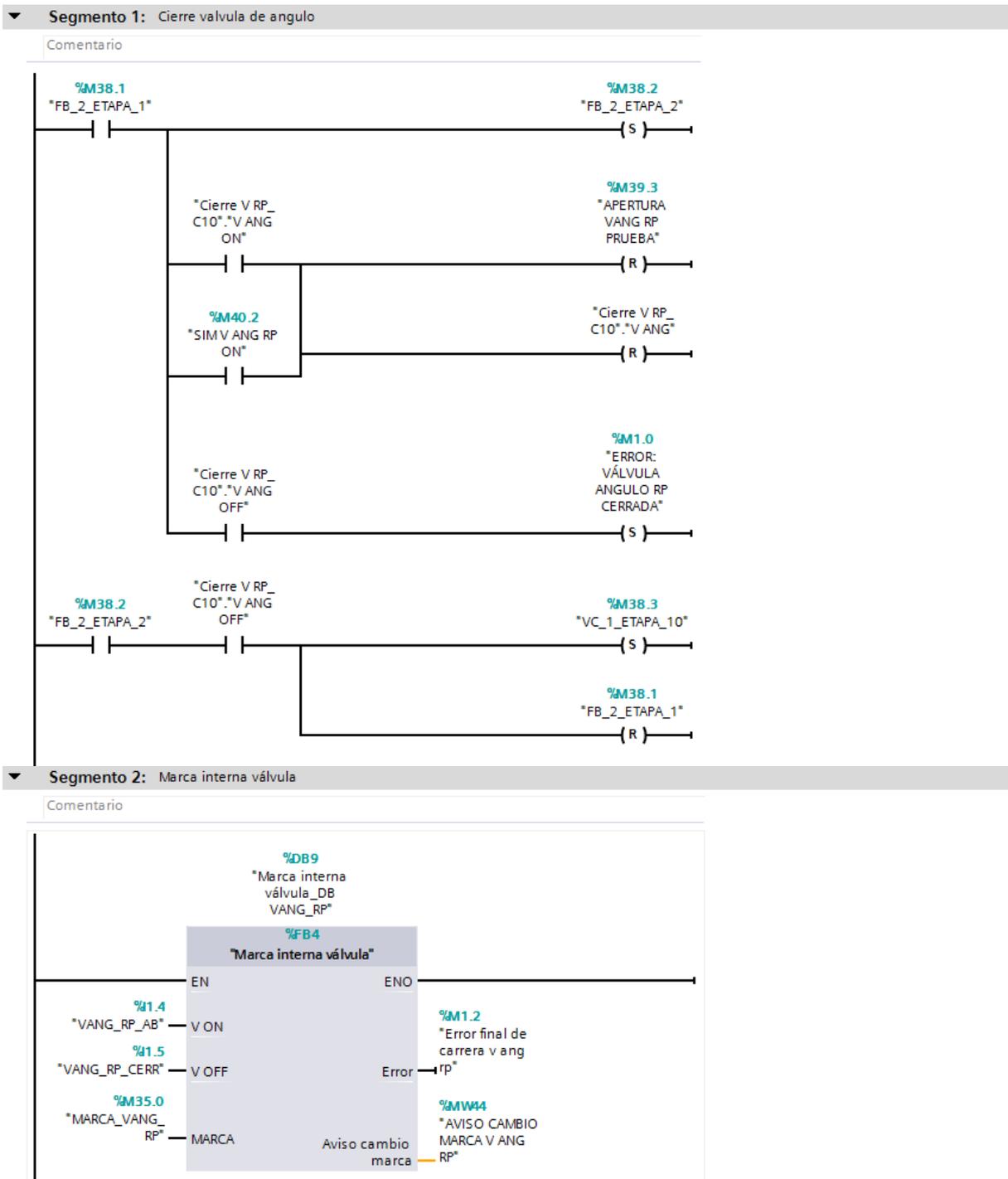
AV. Fig. 11 Encender una bomba turbomolecular

3.3. Abrir la válvula de ángulo del *rough pump*



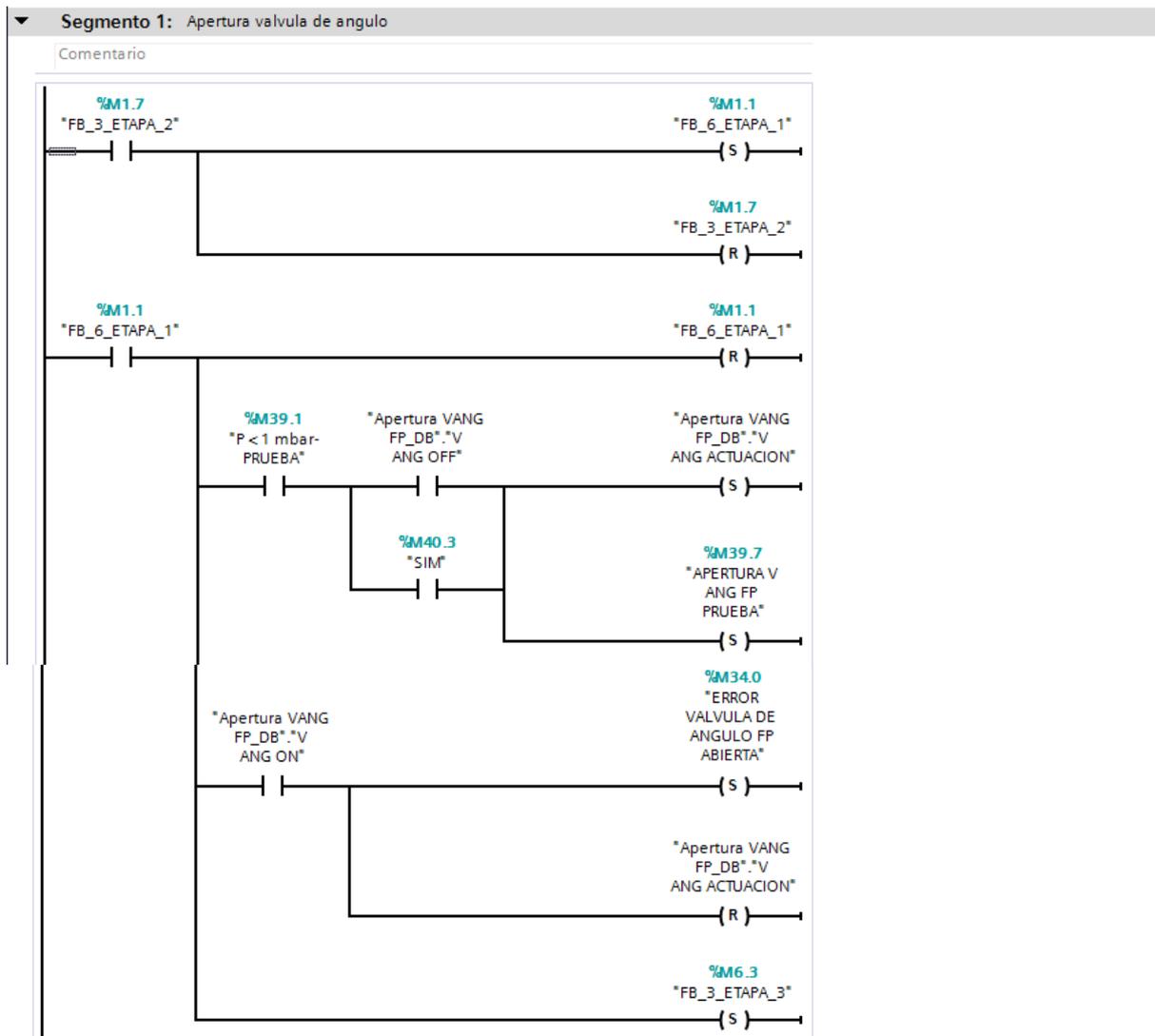
AV. Fig. 12 Abrir la válvula de ángulo del *rough pump*

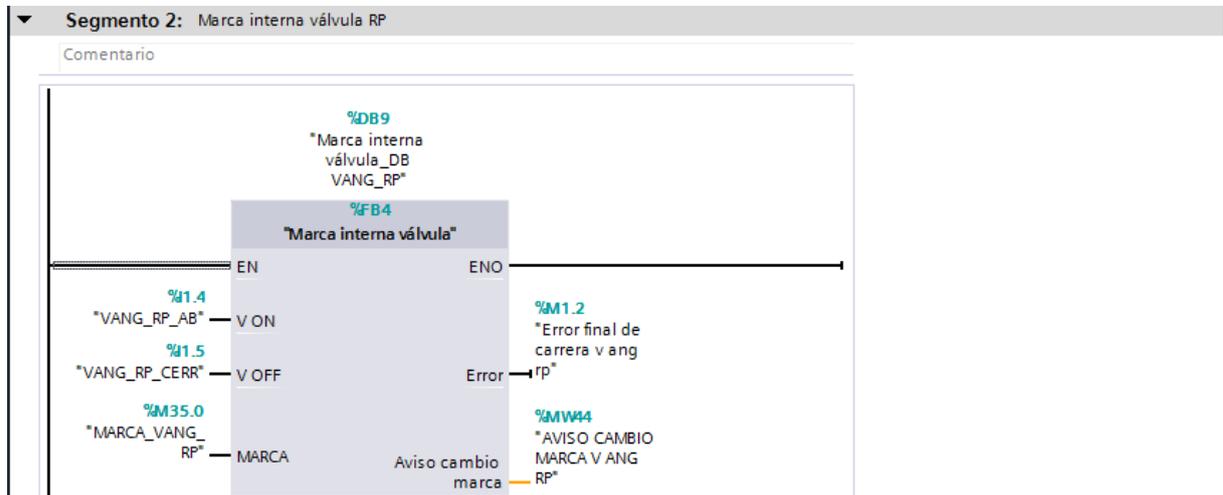
3.4. Cerrar la válvula de ángulo del *rough pump*



AV. Fig. 13 Cerrar la válvula de ángulo del rough pump

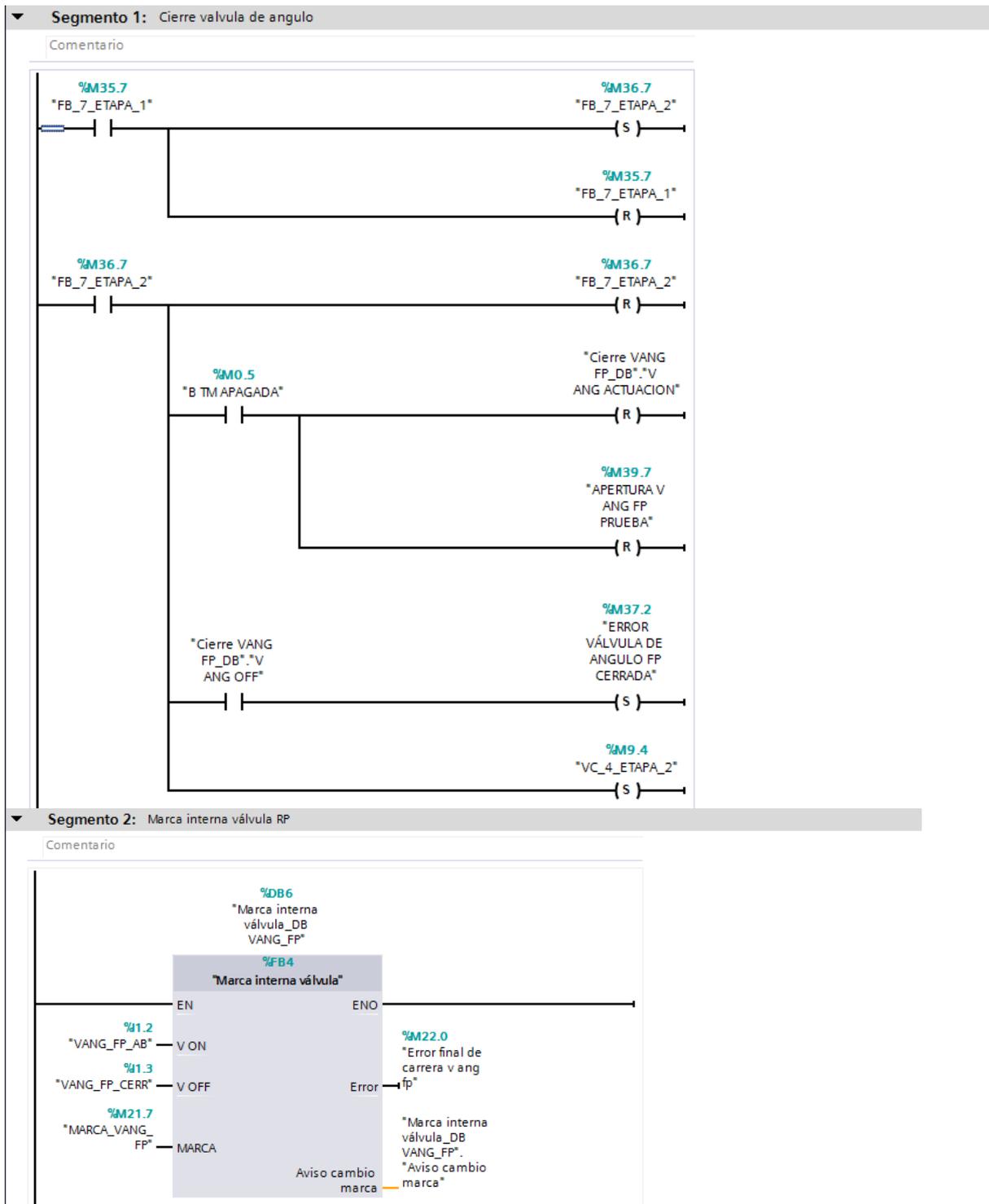
3.5. Abrir la válvula de ángulo del *fore pump*





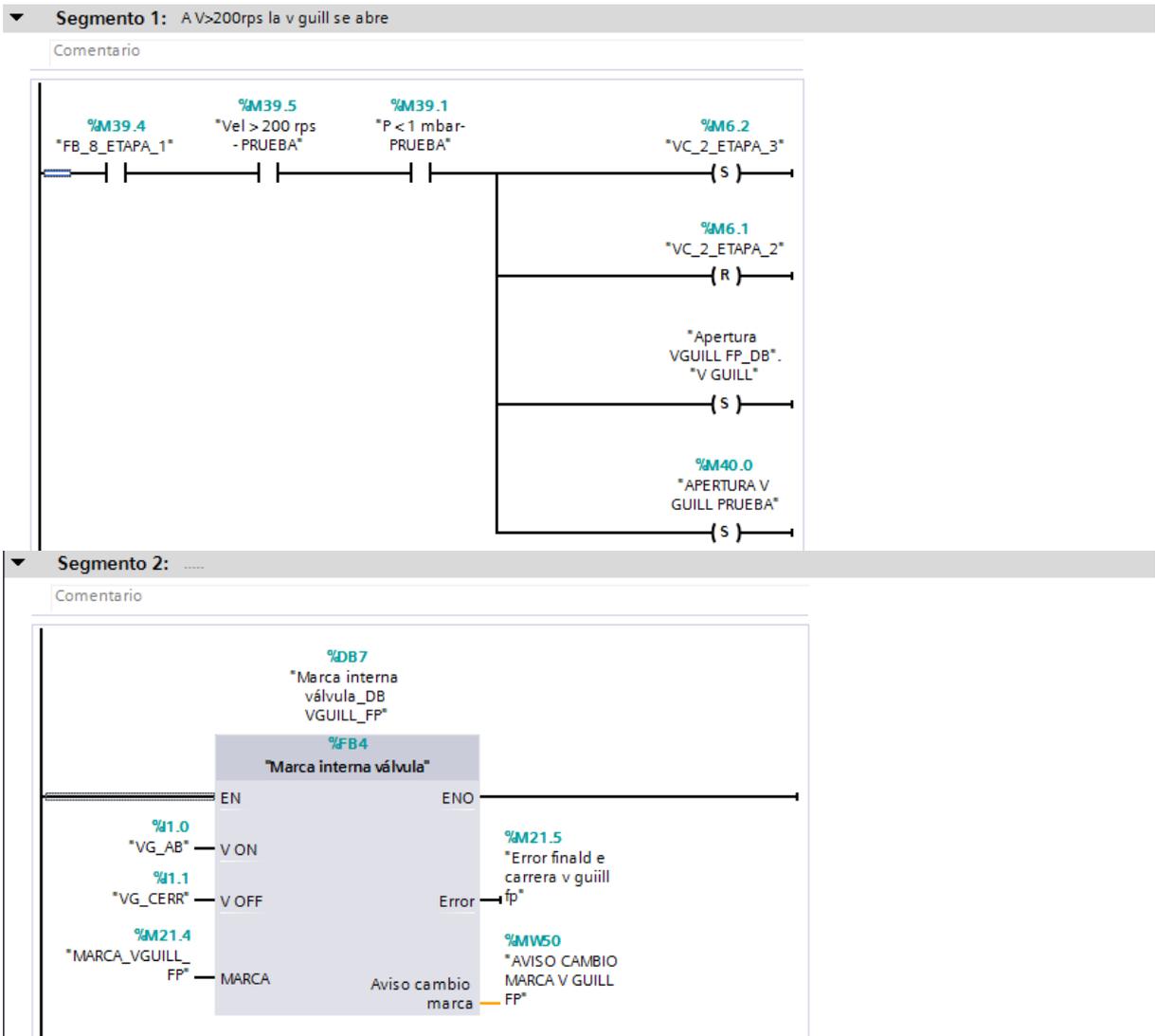
AV. Fig. 14 Abrir la válvula de ángulo del *fore pump*

3.6. Cerrar la válvula de ángulo del fore pump



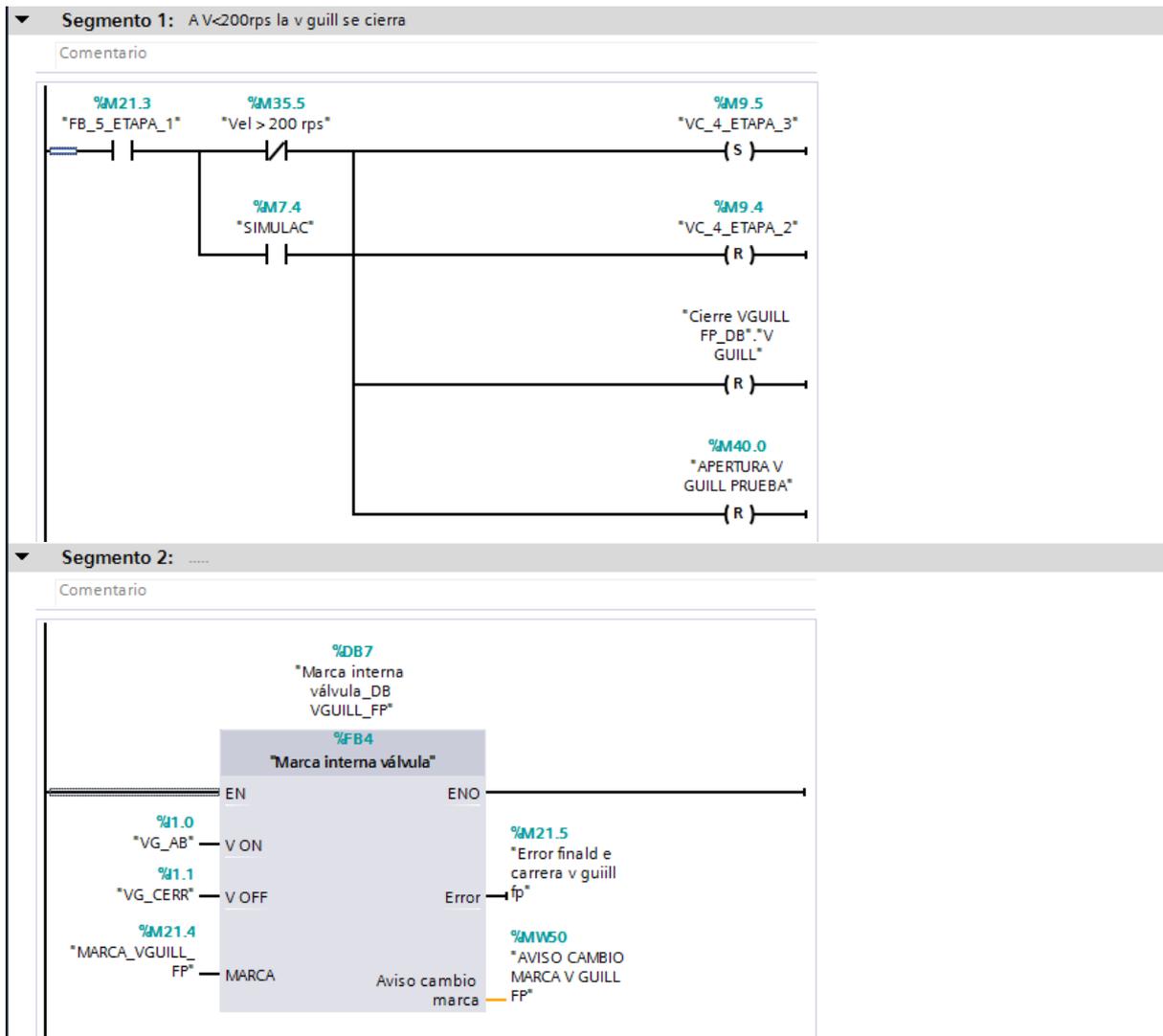
AV. Fig. 15 Cerrar la válvula de ángulo del fore pump

3.7. Abrir la válvula de guillotina del *fore pump*



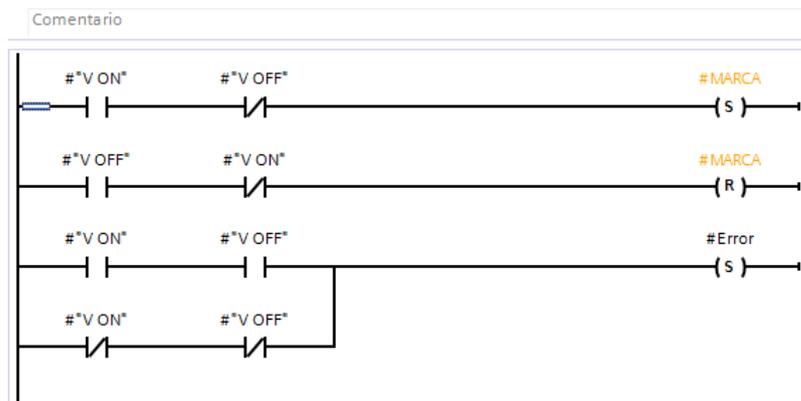
AV. Fig. 16 Abrir la válvula de guillotina del *fore pump*

3.8. Cerrar la válvula de guillotina del *fore pump*



AV. Fig. 17 Cerrar la válvula de guillotina del *fore pump*

3.9. Marca interna de la válvula



AV. Fig. 18 Marca interna de la válvula

ANEXO VI. CONFIGURACIÓN DE VNA CONEXIÓN PROFIBVS

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

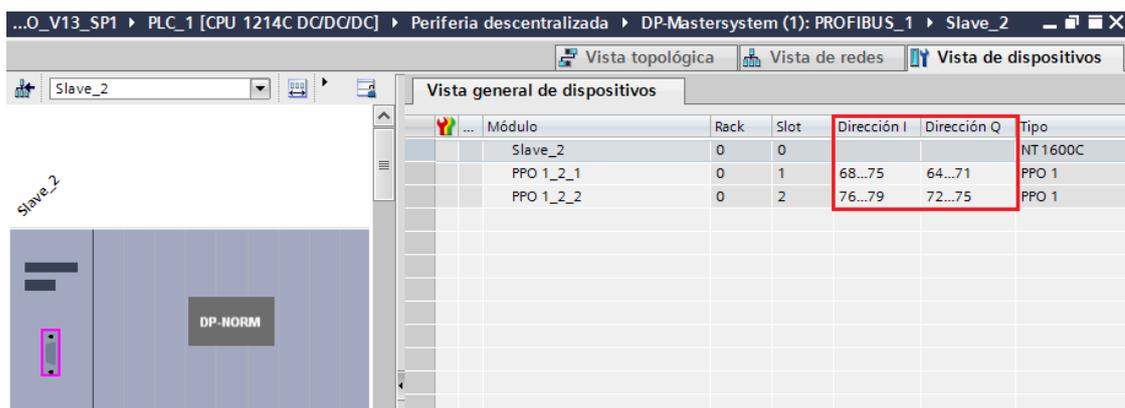
1. Insertar archivo .gsd en TIA Portal

Es necesario obtener el archivo .gsd que contiene el protocolo de comunicación de cada elemento que se pretende conectar al bus. Normalmente puede descargarse de la página del proveedor. Una vez se tenga debe de insertarse en TIA Portal:



AVI. Fig. 1 Insertar archivo .gsd en TIA Portal

Cuando el archivo se instala TIA Portal le asigna automáticamente direcciones de entrada (I) y salida (Q).

The image shows a screenshot of the 'Vista general de dispositivos' (General device view) in TIA Portal. The table lists modules and their assigned I and Q addresses. The 'Dirección I' and 'Dirección Q' columns for the PPO modules are highlighted with a red box.

Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo
Slave_2	0	0			NT 1600C
PPO 1_2_1	0	1	68...75	64...71	PPO 1
PPO 1_2_2	0	2	76...79	72...75	PPO 1

AVI. Fig. 2 Asignación automática de direcciones de entrada y salida en TIA Portal

La comunicación con la bomba se realiza enviando los códigos correctos a la dirección de memoria asignada.

2. Direccionamiento Profibus

La columna de la izquierda son las salidas Q y la derecha, la de las entradas I.

Abr.	Description	Value		Word	Value		Description	Abr.
		Max	Min		Max	Min		
PKE	Query response			15				PKE
	Parameter number			14				
				13				
				12				
				11				
				10				
				9				
				8				
				7				
				6				
				5				
				4				
				3				
				2				
				1				
IND	Parameter index			15				IND
				14				
				13				
				12				
				11				
				10				
				9				
				8				
				7				
				6				
				5				
				4				
				3				
				2				
				1				
PWR	Parameter value			15				PWE
				14				
				13				
				12				
				11				
				10				
				9				
				8				
				7				
				6				
				5				
				4				
				3				
				2				
				1				
PZD1	Control word			15			Emergency active	PZD1
				14				
				13			Warning overload	
				12			Failure stopper	
				11			Pump is rotating	
				10			Normal operation	
				9			Parameter accepted	
				8				
				7			Warning temperature	
				6			Switch-in lock	
				5			Deceleration	
				4			Acceleration	
				3			Error active	
				2			Operation enabled	
				1			Ready to start	
PZD2	Setpoint rotor speed			15				PZD2
				14				
				13				
				12				
				11				
				10				
				9				
				8				
				7				
				6				
				5				
				4				
				3				
				2				
				1				

AVI. Fig. 3 Direccionamiento Profibus

3. Leer parámetro 150 de la bomba turbomolecular

En el caso de las bombas turbomoleculares, todos los parámetros susceptibles de ser leídos se encuentran tabulados en una lista en el manual de instrucciones donde se le asigna un número específico de cada uno. Las direcciones asignadas para los bits de salida (ver imagen anterior) son las siguientes:

Q	Abr.	Description	Value		Hex	Bin	Byte	Word	Bit	Bin	Value	Description	Abr.	I
			Hex	Bin										
64	PKE	Query designator	0	1	0	0	7	15	0	15	0	Res.	PKE	79
		Res.	0	10	0	0	6	14	0	14	0			
65	PKE	Parameter number	150	96	1	1	4	12	1	12	1	150	Parameter number	78
			0	0	0	0	3	11	0	11	0			
66	IND	Parameter Index	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Parameter Index	77
			0	0	0	0	3	11	0	11	0			
67	Reservad	Reservad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Reservad	76
			0	0	0	0	4	4	0	4	0			
68	PWE	Parameter value	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	Parameter value	75
			0	0	0	0	3	3	0	3	0			
69	PWE	Parameter value	0	0	0	0	5	5	0	5	0	0	Parameter value	74
			0	0	0	0	4	4	0	4	0			
70	PWE	Parameter value	0	0	0	0	6	6	0	6	0	0	Parameter value	73
			0	0	0	0	3	3	0	3	0			
71	PWE	Parameter value	0	0	0	0	7	7	0	7	0	0	Parameter value	72
			0	0	0	0	6	6	0	6	0			

AVI. Fig. 4 Direcciones de entrada de la bomba

Faltan las salidas Q72 a Q75 y las entradas I73 a I79.

Los dos bytes que nos importan en primer lugar son los que se utilizan para enviar la orden de leer un determinado parámetro, es decir, bytes 64 y 65.

Abr.	Description	Value				
		Dez	Hex	Bin	Bit	Byte
PKE	Query designator	1	01	00000001	0	0
	Request	10	0A	00001010	1	0
PKE	Parameter number	150	96	10010110	0	0
					1	0
					0	0
					1	0
					0	0
					1	0
					0	0
					1	0
					0	0
					1	0

AVI. Fig. 5 Bytes de salida 64 y 65

La palabra a enviar (compuesta por los bytes 64 y 65) se forma sumando:

	4.096
HEX	1000
DEC	4.096
OCT	10 000
BIN	0001 0000 0000 0000

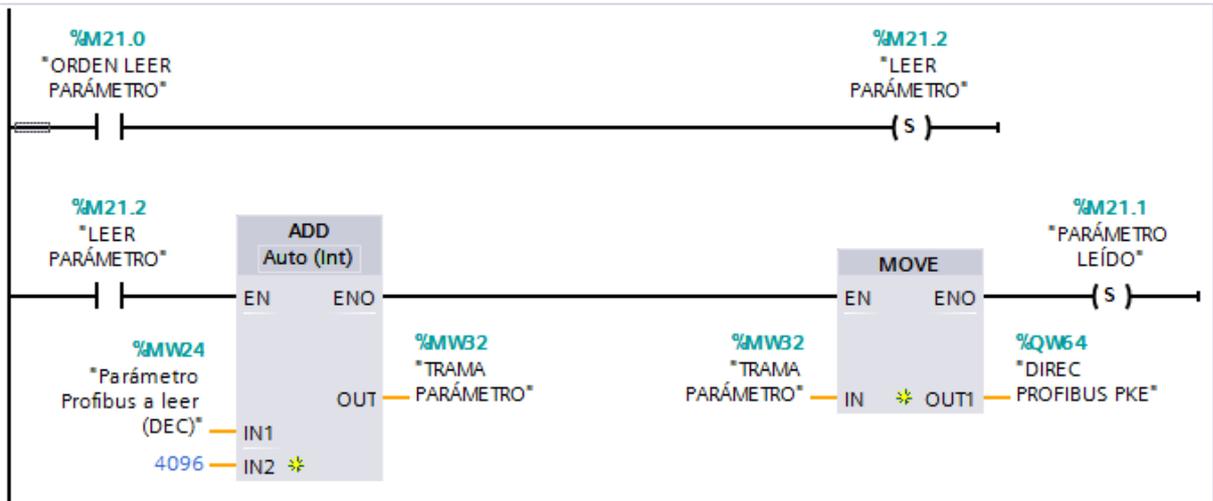
AVI. Fig. 6 Conversión a binario

Con el número asignado al parámetro:

	150
HEX	96
DEC	150
OCT	226
BIN	1001 0110

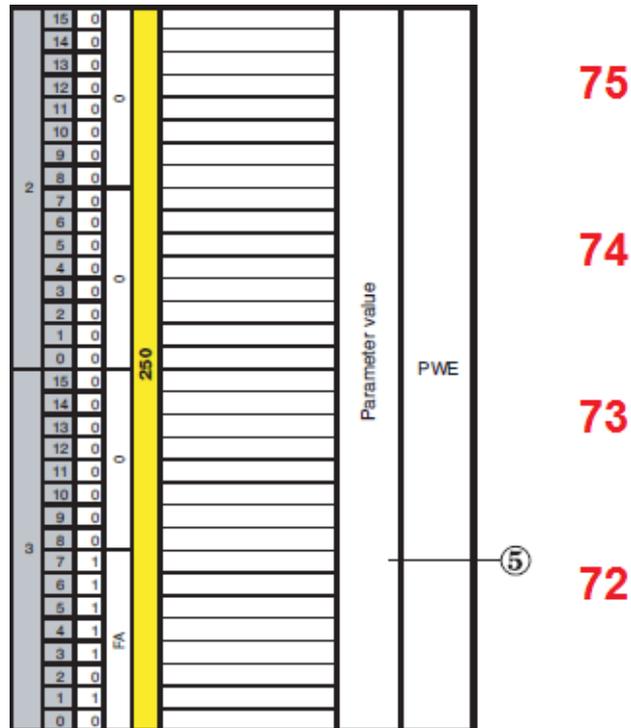
AVI. Fig. 7 Conversión a binario

Y enviándolo a la dirección de memoria QW64 como se observa en el código del autómeta:

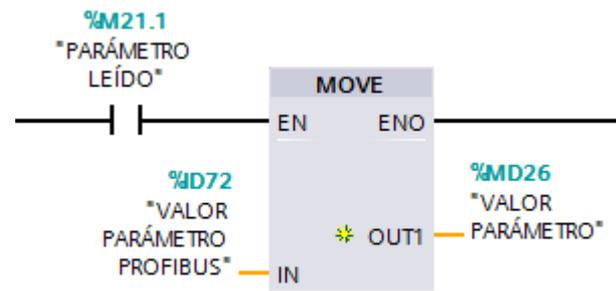


AVI. Fig. 8 Código para lectura de un parámetro

El parámetro se podrá leer (en las unidades que establezca el manual de usuario) en los bytes 72-75.



AVI. Fig. 9 Bytes de salida 72-75



AVI. Fig. 10 Parámetro leído

PLANOS

Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

PLANO I. PLANTA DE LA INSTALACIÓN

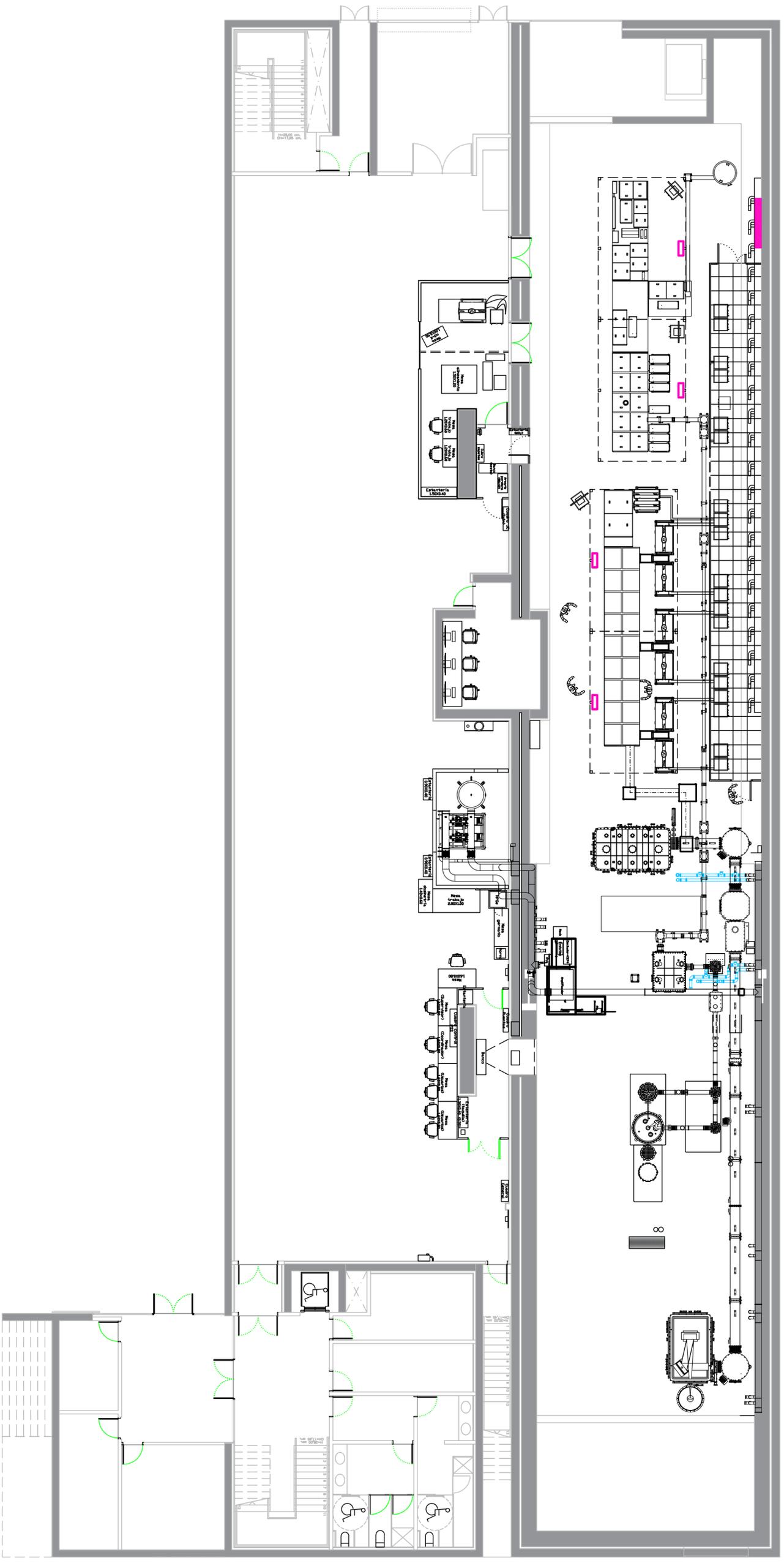
**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR



Fecha:	15/08/17	Nombre:	Javier García Añates		Universidad de Salamanca ETISI de Béjar AUTOMATIZACIÓN Y DISEÑO DEL CABLEADO ELÉCTRICO DE UNA INSTALACIÓN DE ALTO VACÍO PARA EL CENTRO DE LASERES PULSADOS ULTRACORTOS (CPU)
Dibujado:		Comprobado:			
Escaleta:	Descripción:				Plano N. I
1/100	Planta de la instalación				Sustituye a:
					Sustituido por:

PLANO II. INSTALACIÓN DE VACÍO

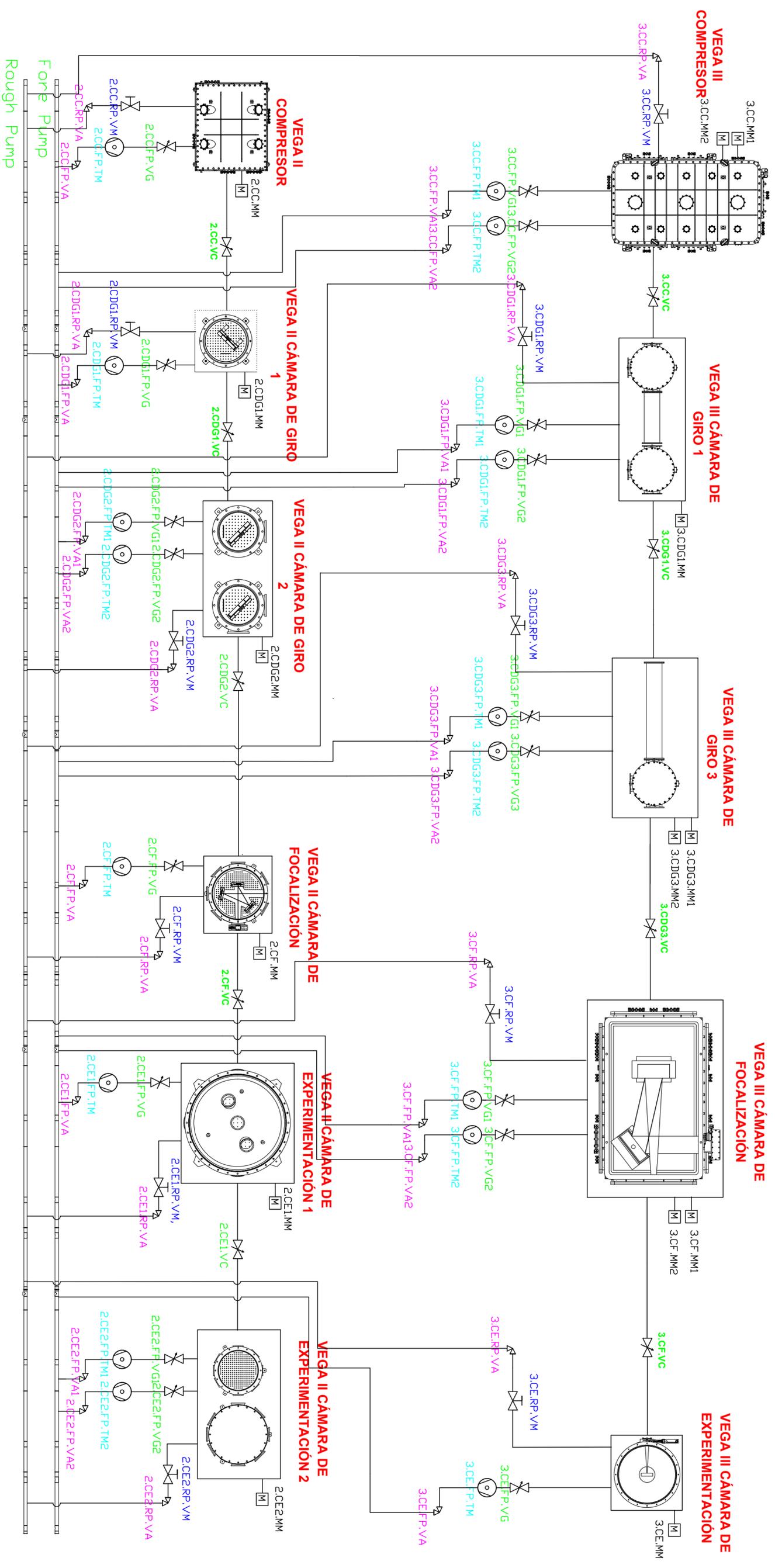
Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR



Nombre	Fecha	Descripción:	
Valeria Dispina B.	15/08/17	Instalación de vacío	
Comprabado:		Sin escala	
Escala		Plano N. II	
Sustituye a:		Sustituido por:	



Universidad de Salamanca
 ETSII de Béjar
 AUTOMATIZACION Y DISEÑO DEL CABLEADO
 ELECTRICO DE UNA INSTALACION DE ALTO
 VACIO PARA EL CENTRO DE LASERES
 PULSADOS ULTRAVIOLETAS
 (GPU)

PLANO III. ESQUEMA ELÉCTRICO SISTEMA COMPLETO

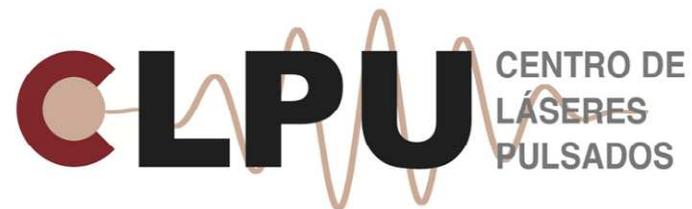
**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR



Descripción de proyecto "Sistema Automatización Vacío"
 Número de diseño CLPU 005
 Proyecto Marco CONTROL VACIO

C/ADAJA 8
 EDIFICIO M5 PARQUE CIENTÍFICO USAL
 37185 VILLAMAYOR
 +34 923 33 81 21

Persona de contacto Valeria Ospina Bohórquez
 E-mail de contacto valeria.ospina@outlook.es

Creado 26/01/2017

Modificado 10/04/2017 de (abreviatura) STUDENTENGINEER

Número de páginas 139

CLPU

			Fecha	10/04/2017	CONTROL VACIO	 CENTRO DE LÁSERES PULSADOS	Hoja de título / portada	=	
			Resp.	STUDENTENGINEER	"Sistema Automatización Vacío"			+	
			Probado						Hoja 1
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por			Hoja 139

Indice de páginas

Columna X: una página creada automáticamente se ha modificado de forma manual

F006_01_Valeria

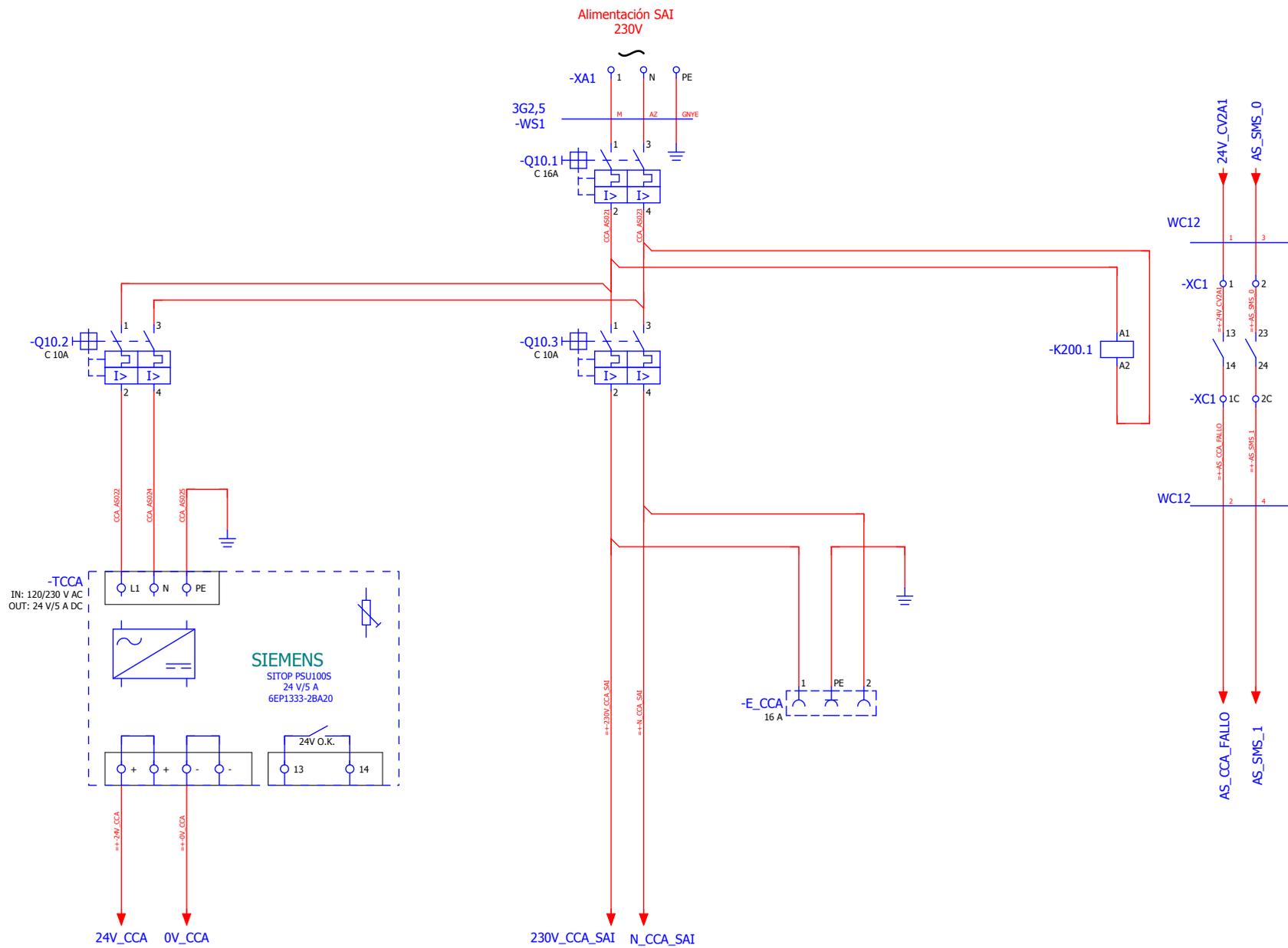
Página	Descripción de página	Campo adicional de página	Fecha	Responsable	X
=CV2A+ED/CV2A1101	Entradas Digitales 110.1		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV2A+ED/CV2A1102	Entradas Digitales 110.2		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV2A+ED/CV2A1111	Entradas Digitales 111.1		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV2A+ED/CV2A1112	Entradas Digitales 111.2		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV2A+SD/CV2A4021	Salidas Digitales 402.1		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV2A+SD/CV2A4022	Salidas Digitales 402.2		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV2A+SD/CV2A4031	Salidas Digitales 403.1		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV2A+SD/CV2A4032	Salidas Digitales 403.2		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV2A+PLC/CV2A_PLC	ET200SP		29/03/2017	STUDENTENGINEER	
=CV2A+PLC/CV2A_PLC_2	ET200SP		07/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV2A+HMI/CV2A_HMI	HMI		07/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV2A+PROFINET/CV2A_PROFINET	Comunicaciones		29/03/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+FUERZA_BOMBAS/CV3A_FB	Fuerza bombas 100.1		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV3A+ALIM_SAI/CV3A_AS	Alimentación SAI 100.1		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV3A+MOD_ALIM/CV3A_MA	Modulo Alimentación		07/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+ED/CV3A1121	Entradas Digitales 112.1		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV3A+ED/CV3A1122	Entradas Digitales 112.2		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+ED/CV3A1131	Entradas Digitales 113.1		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV3A+ED/CV3A1132	Entradas Digitales 113.2		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV3A+ED/CV3A1141	Entradas Digitales 114.1		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+ED/CV3A1142	Entradas Digitales 114.2		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+ED/CV3A1151	Entradas Digitales 115.1		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+ED/CV3A1152	Entradas Digitales 115.2		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+ED/CV3A1161	Entradas Digitales 116.1		10/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+ED/CV3A1162	Entradas Digitales 116.2		07/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+SD/CV3A4041	Salidas Digitales 404.1		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV3A+SD/CV3A4042	Salidas Digitales 404.2		10/04/2017	JSANTAMARIA	
=CV3A+SD/CV3A4051	Salidas Digitales 405.1		07/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+SD/CV3A4052	Salidas Digitales 405.2		07/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+PLC/CV3A_PLC	ET200SP		29/03/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+PLC/CV3A_PLC_2	ET200SP		07/04/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+HMI/CV3A_HMI	HMI		29/03/2017	STUDENTENGINEER	
=CV3A+PROFINET/CV3A_PROFINET	Comunicaciones		29/03/2017	STUDENTENGINEER	

=CCA+ALIM_SAI/CCA_AS

CLPU

2

			Fecha	10/04/2017	CONTROL VACIO			Indice de páginas : =CV2A+ED/CV2A1101 - =CV3A+PROFINET/CV3A_PROFINET	= +	CLPU 005	Hoja	2.a
			Resp.	JSANTAMARIA	"Sistema Automatización Vacío"						Hoja	13
Cambio	Fecha	Nombre	Probado	Original	Sustitución por	Sustituido por						



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO

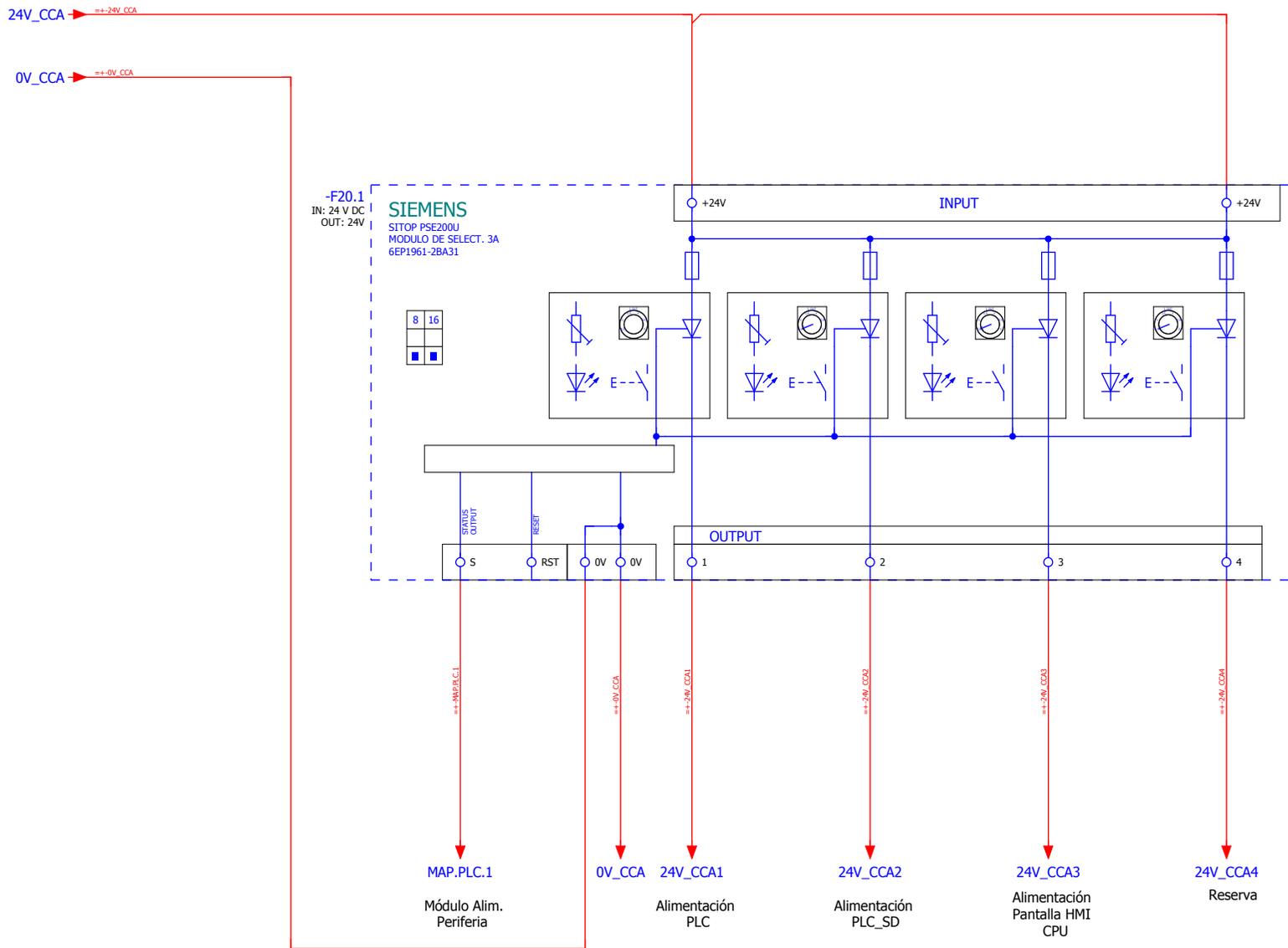


Alimentación SAI 100.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CCA_A

Hoja: 10.1 Siguinte: 10.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

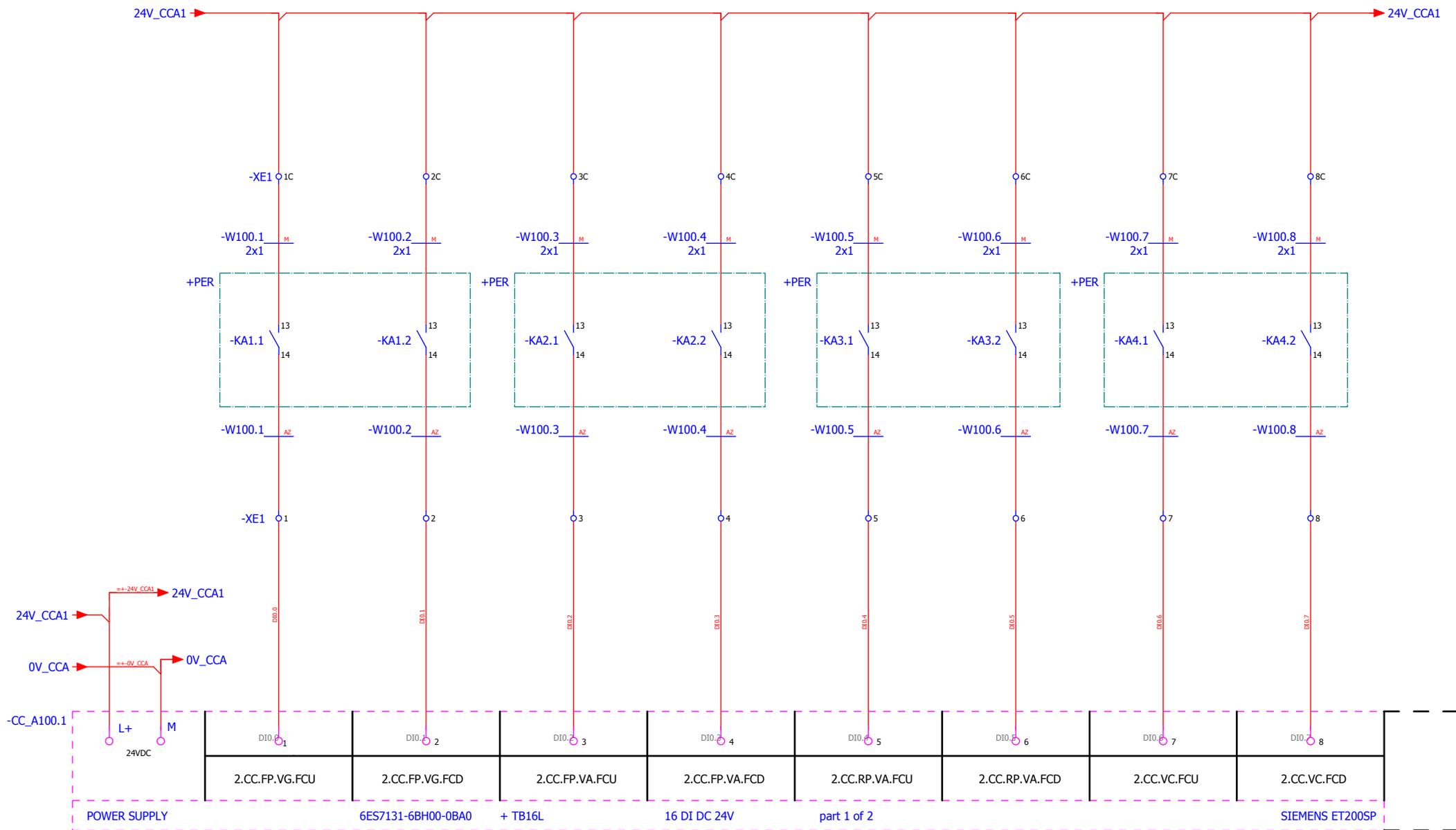
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Modulo Alimentación

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
Hoja: 10.2 Siguinte: 100.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

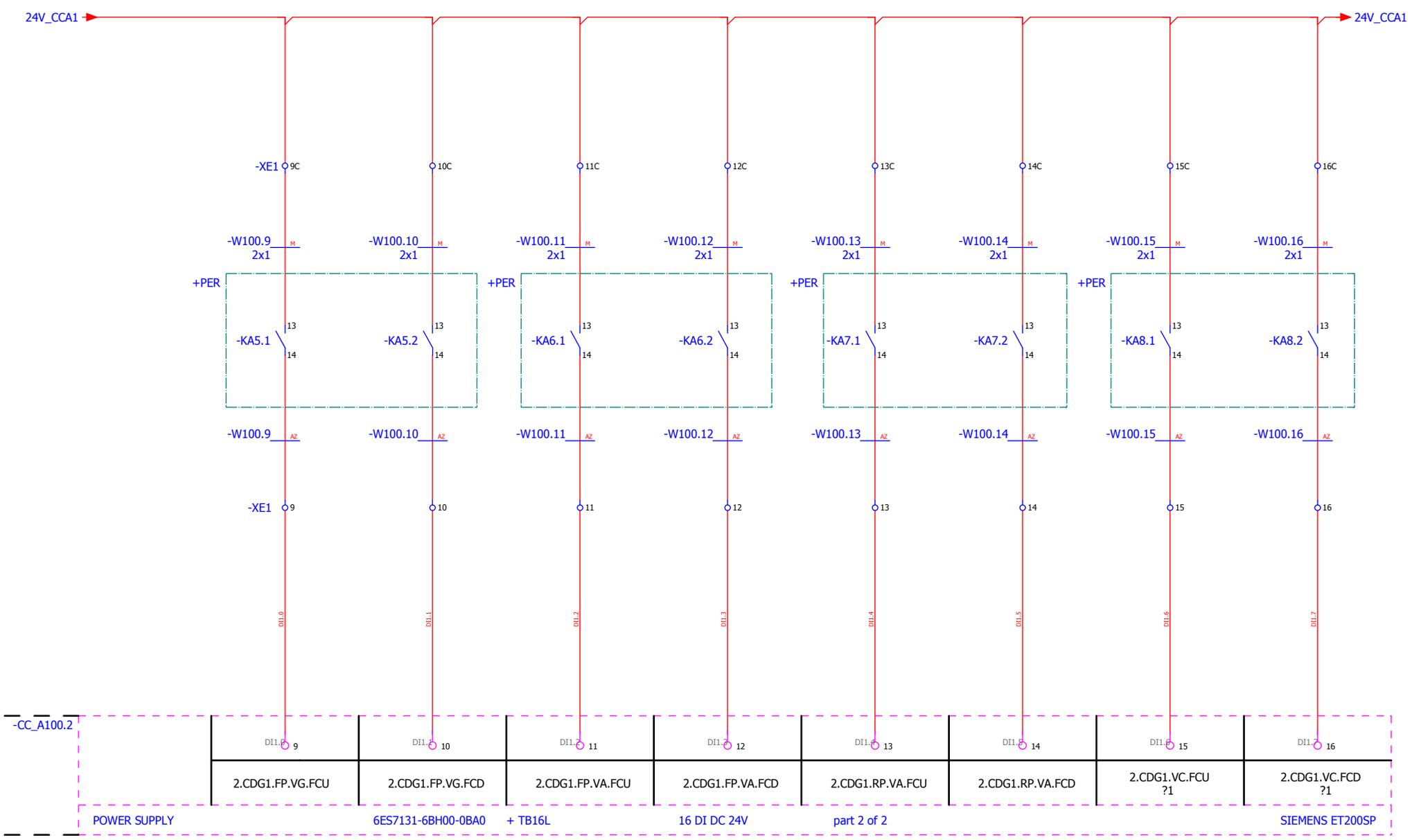
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 100.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
Hoja: 100.1 Siguinte: 100.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

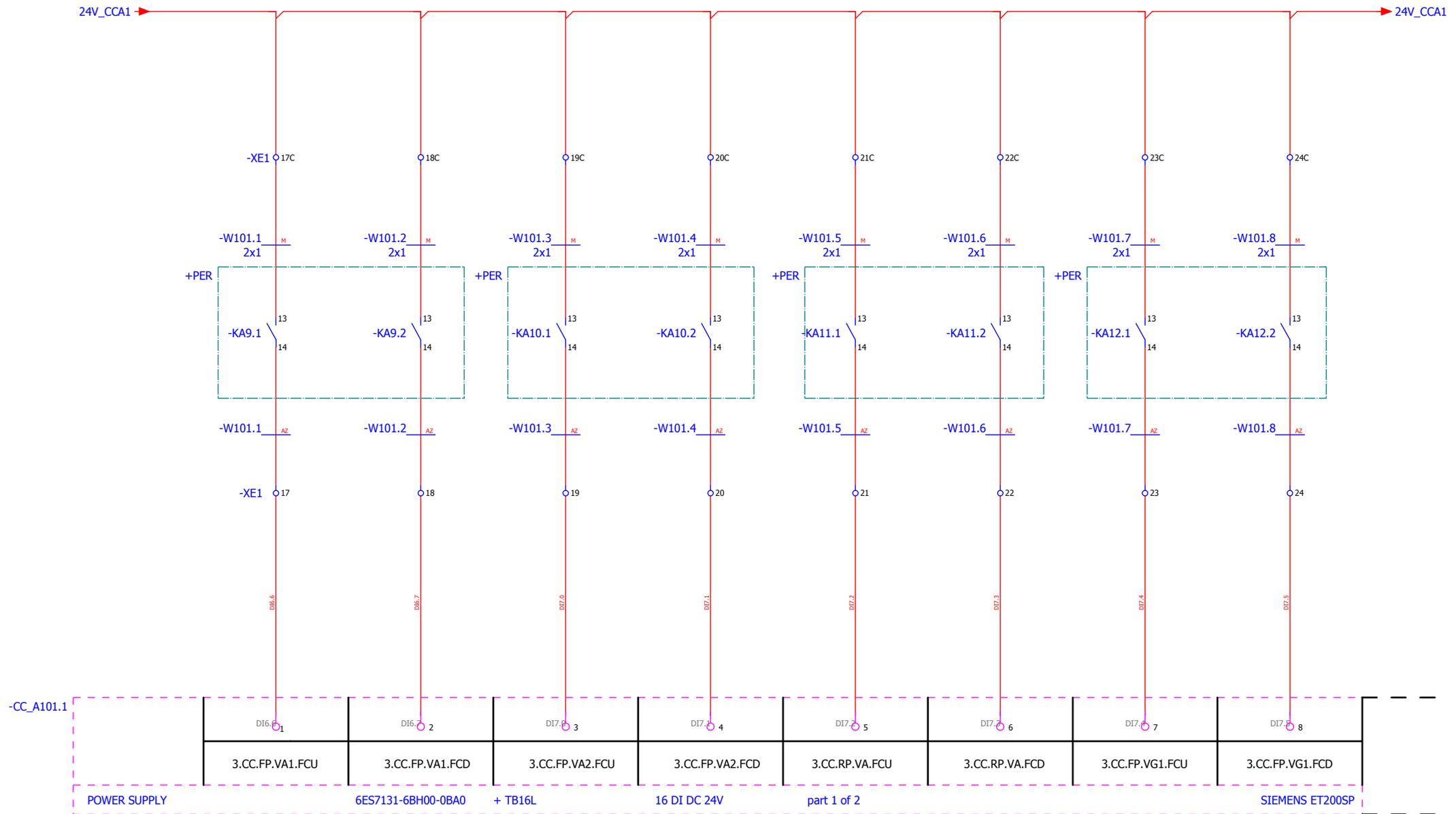
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 100.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 100.2 Siguiete: 101.0



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

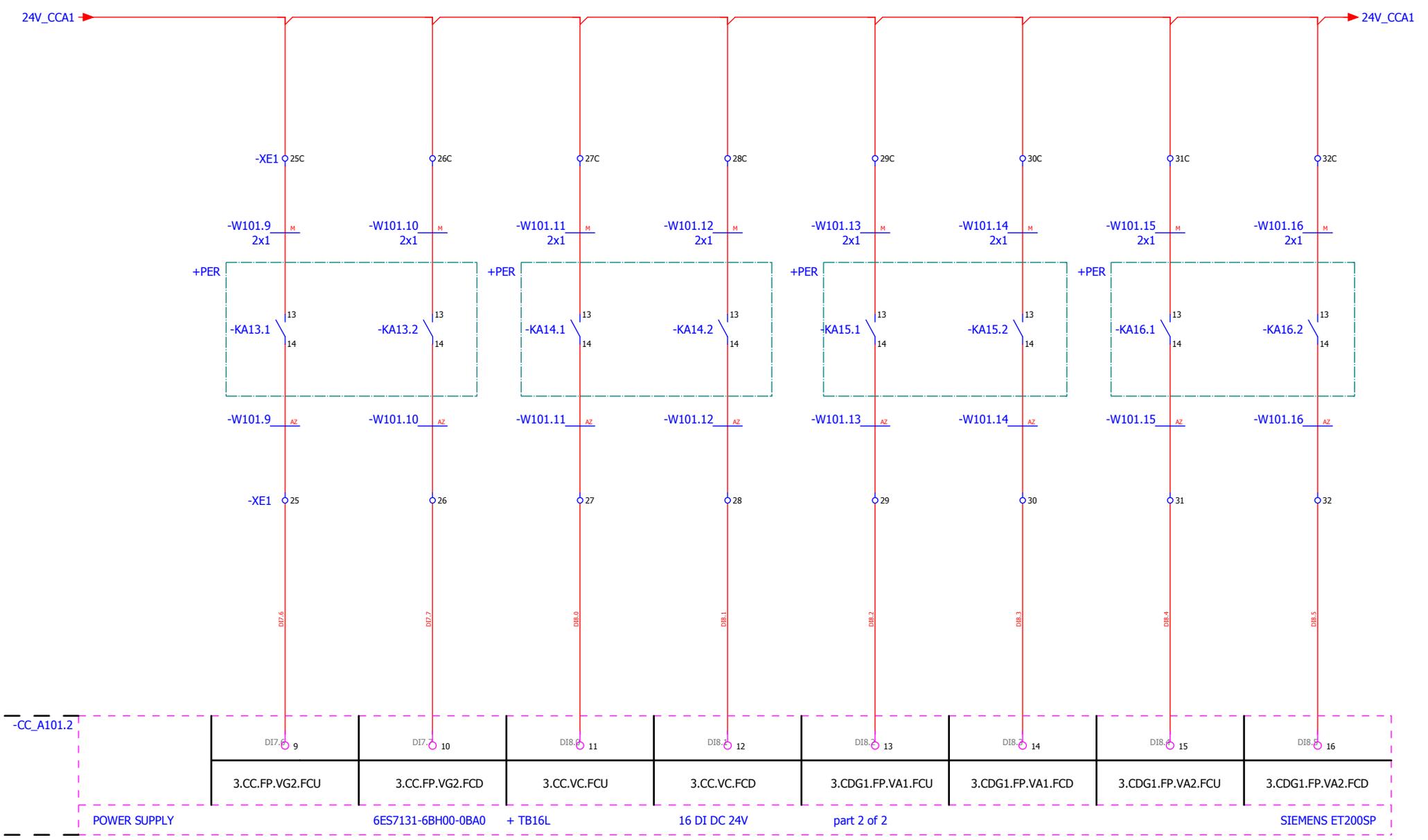
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 101.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 101.0 Siguinte: 101.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

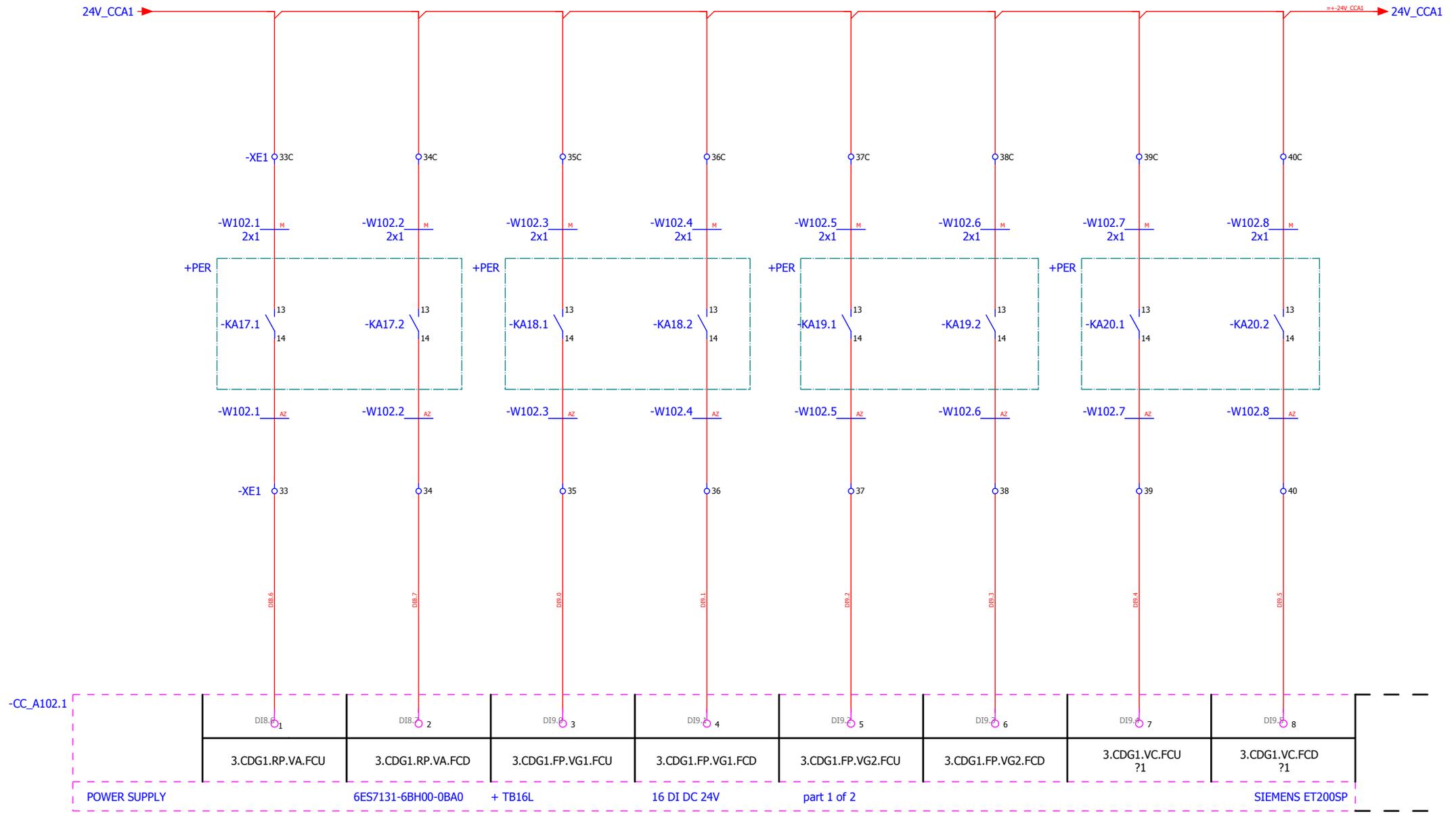
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 101.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 101.2 Siguinte: 102.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

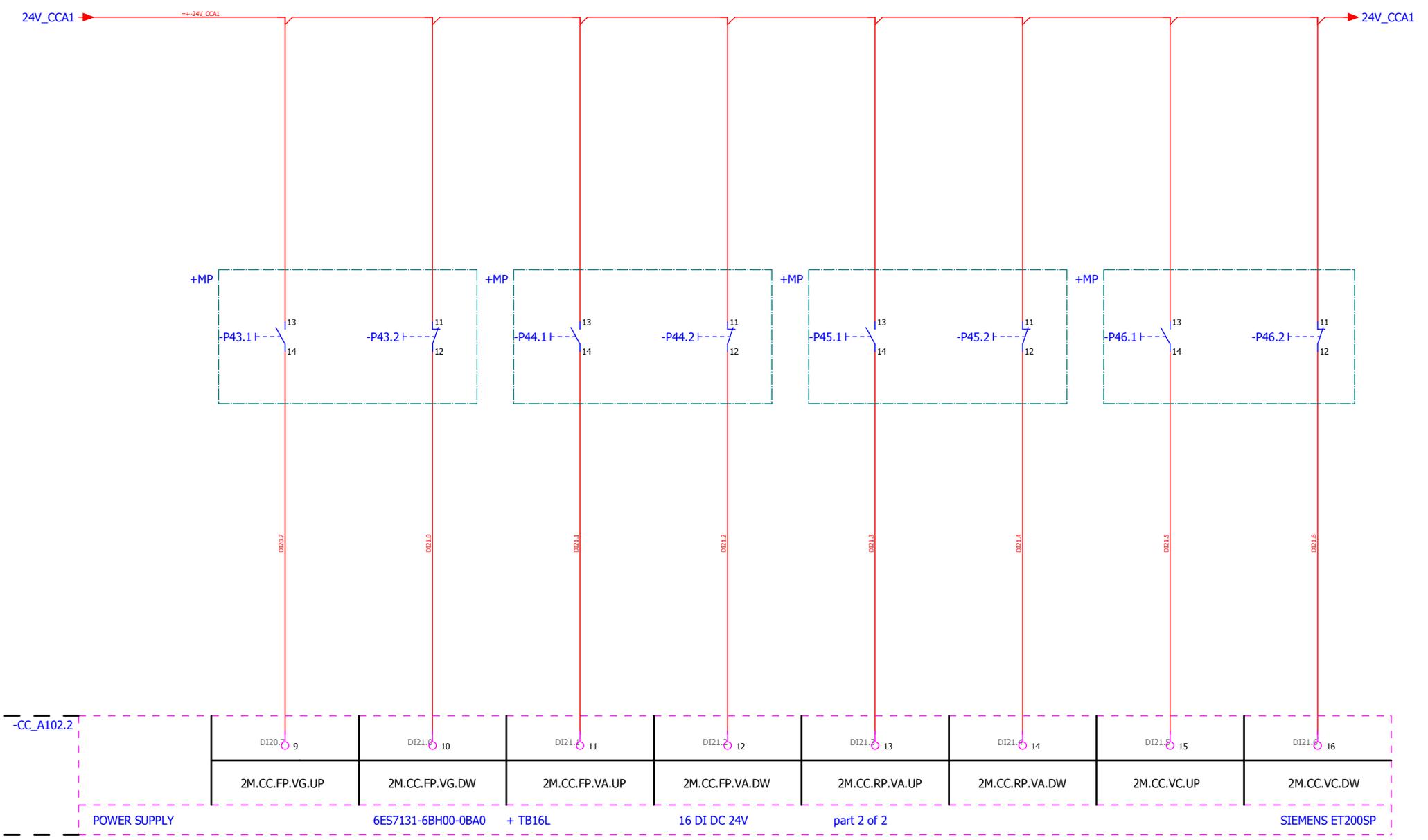
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 102.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 102.1 Siguinte: 102.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

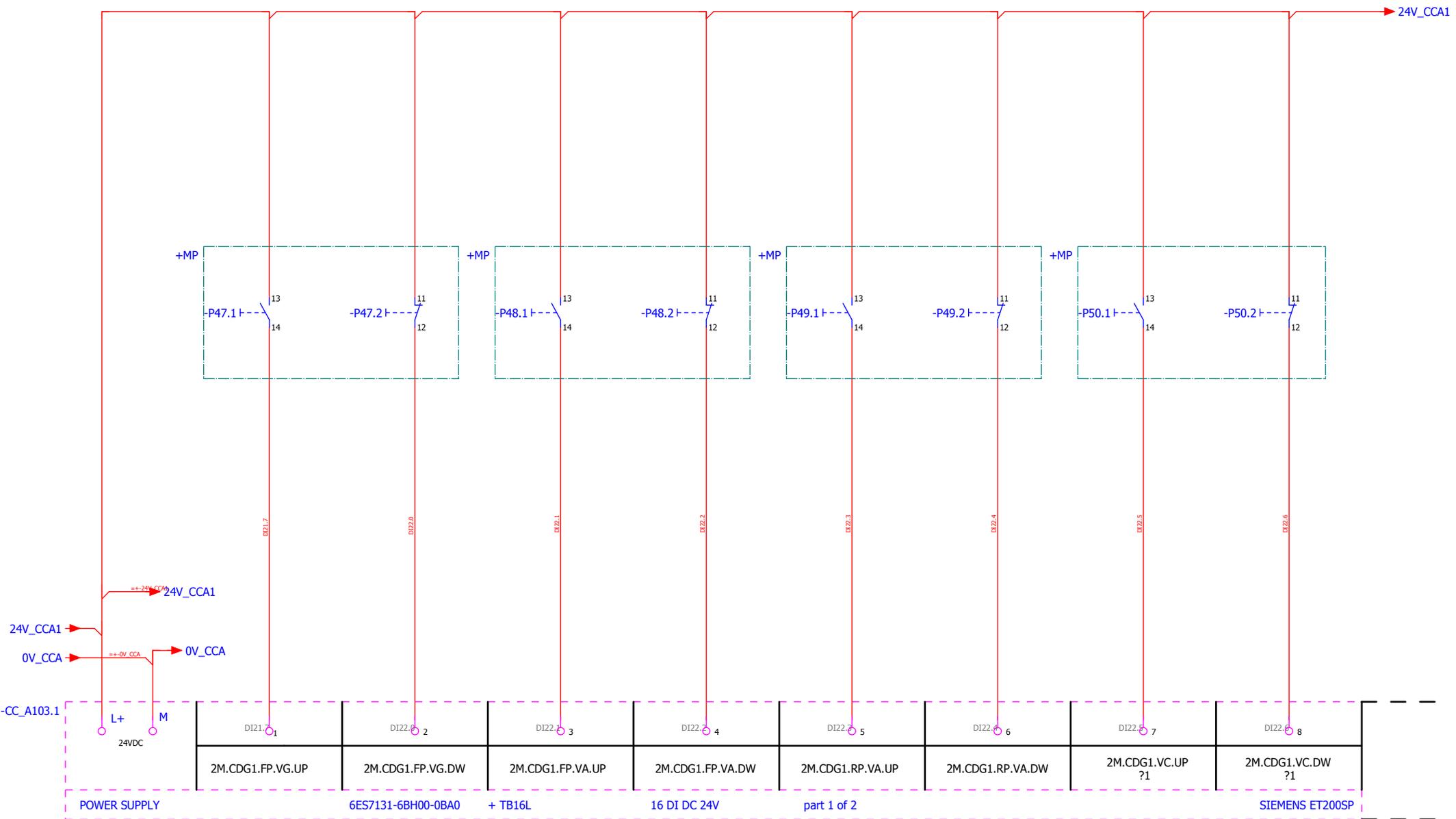
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 102.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 102.2 Siguinte: 103.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

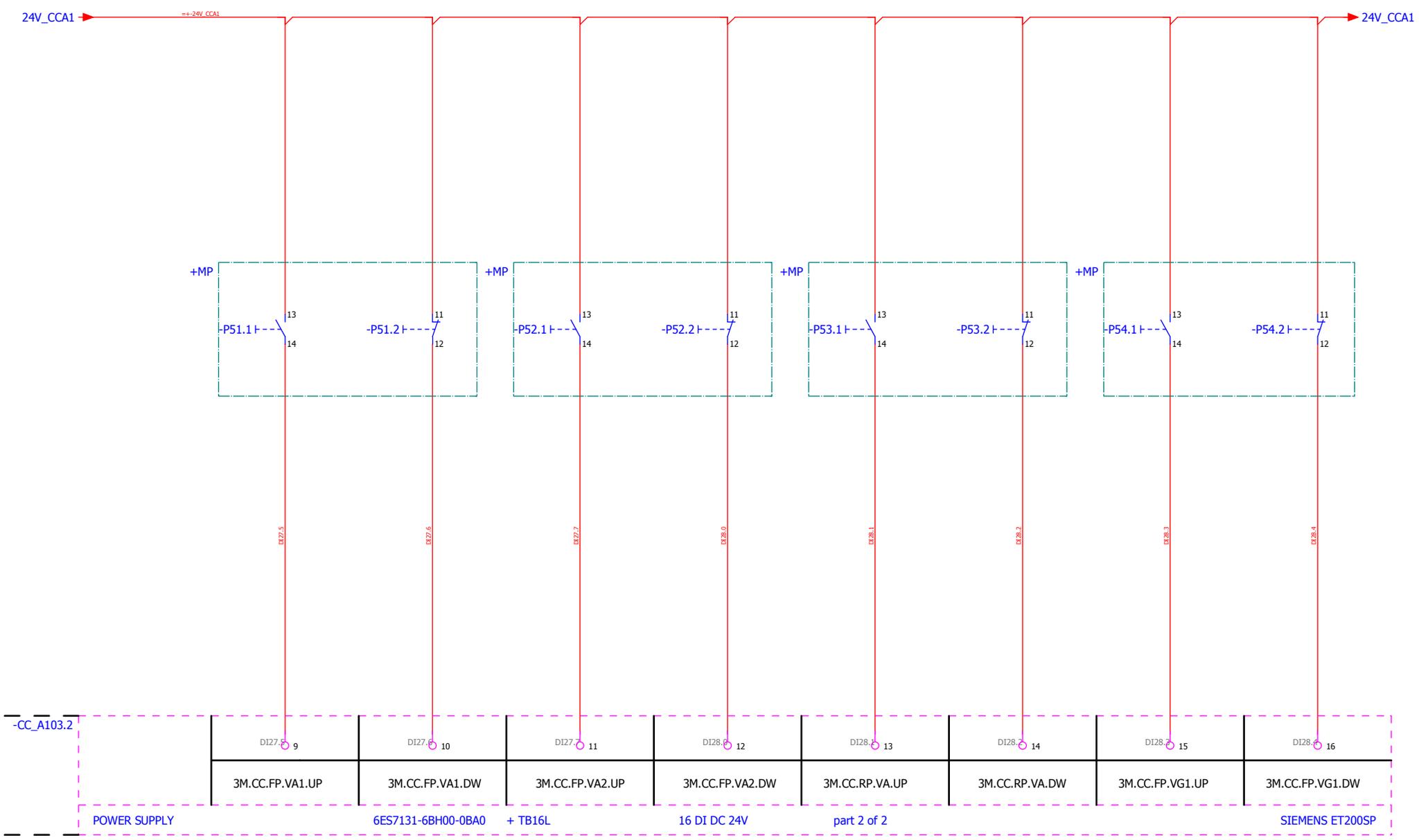
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 103.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
Hoja: 103.1 Siguinte: 103.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

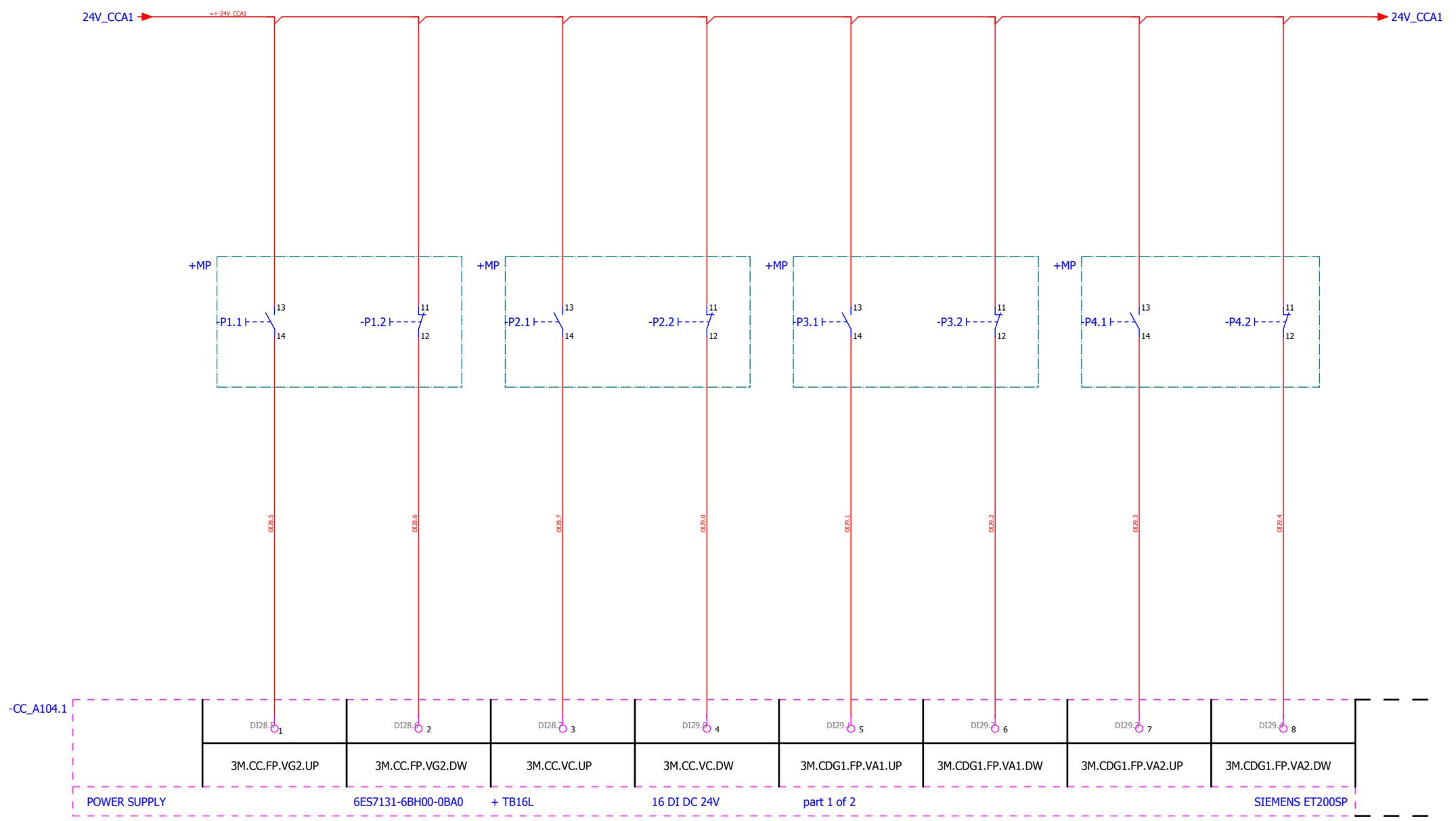
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 103.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 103.2 Siguinte: 104.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

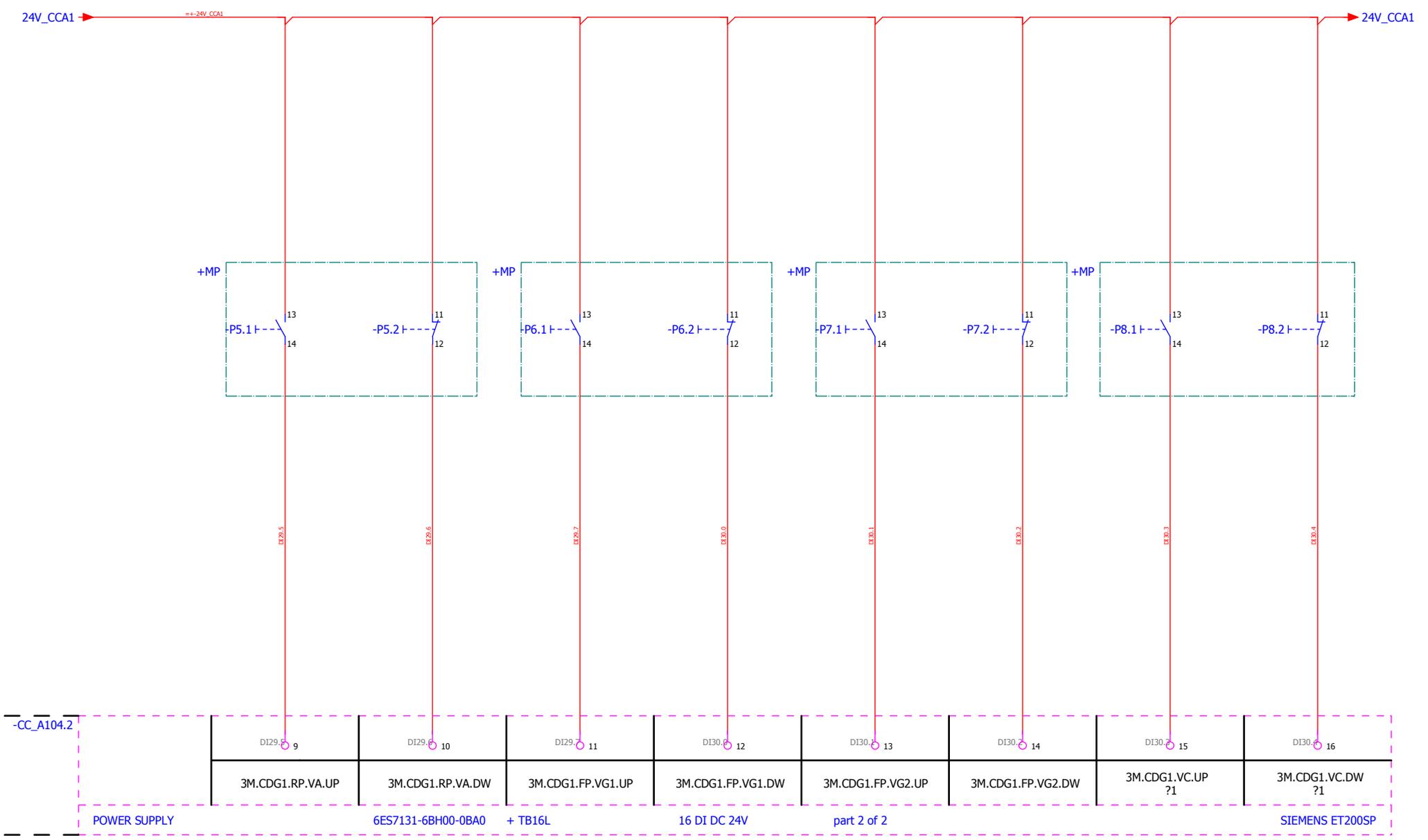
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 104.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 104.1 Siguinte: 104.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

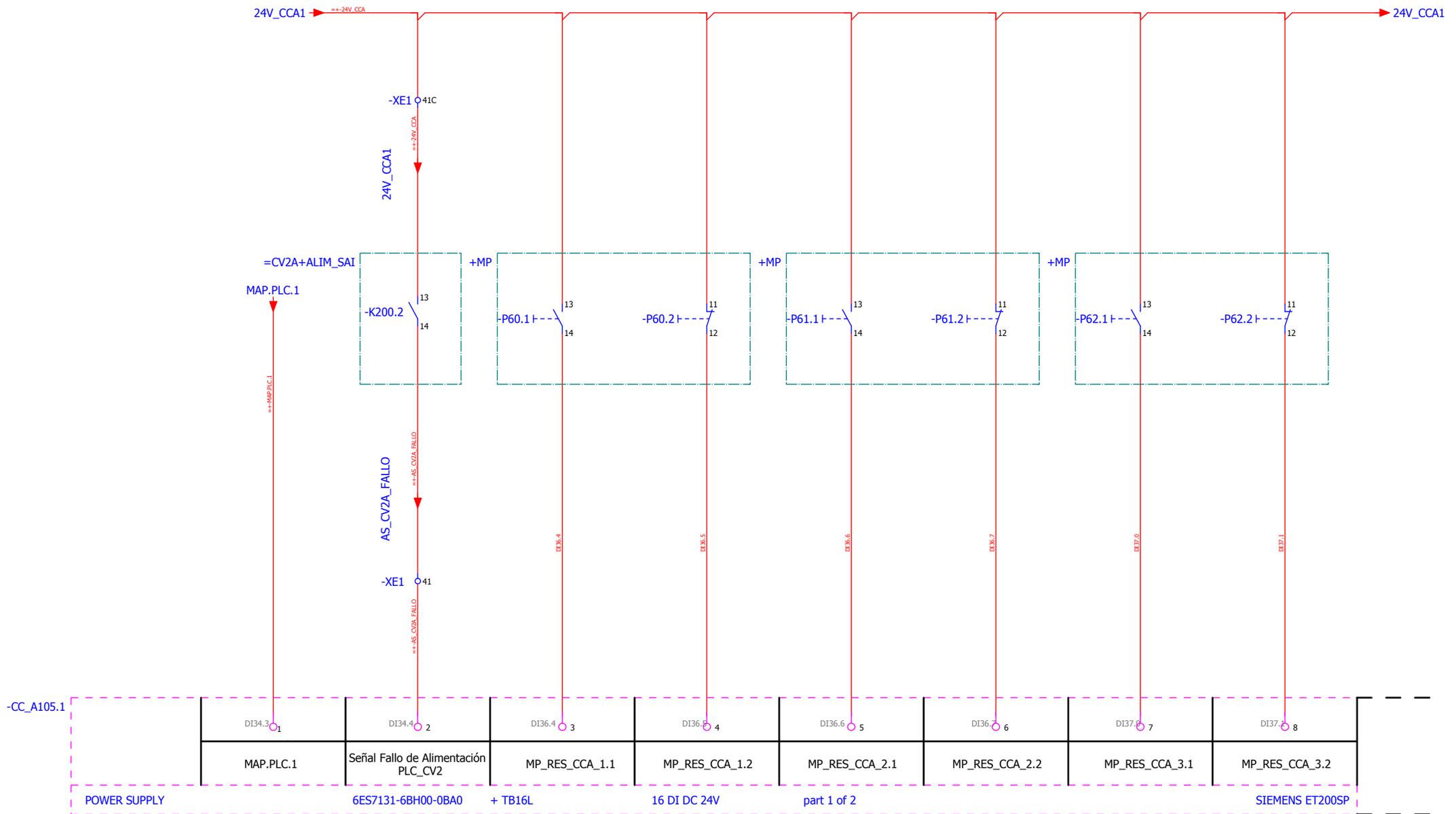
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 104.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 104.2 Siguinte: 105.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

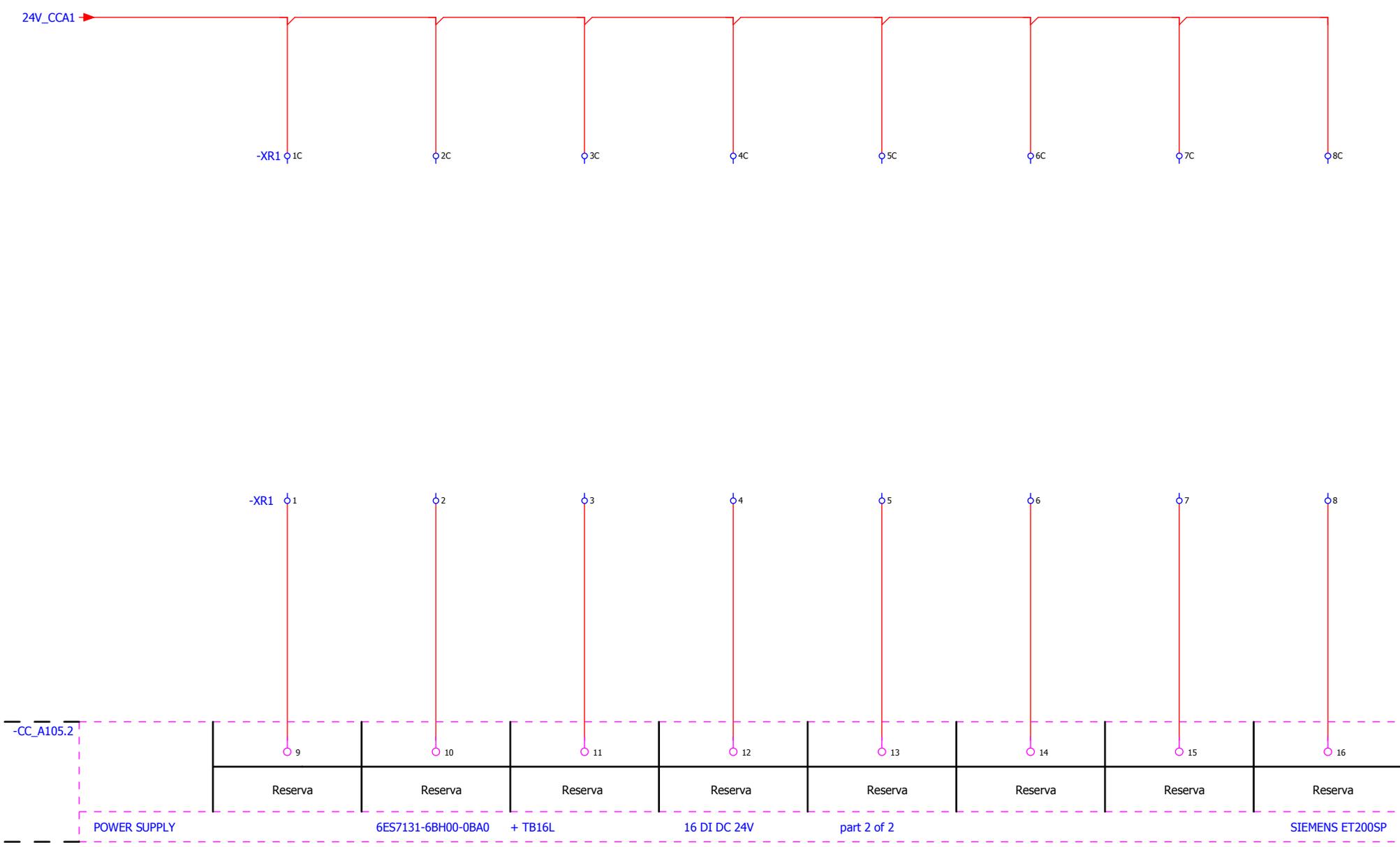
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 105.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 105.1 Siguinte: 105.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

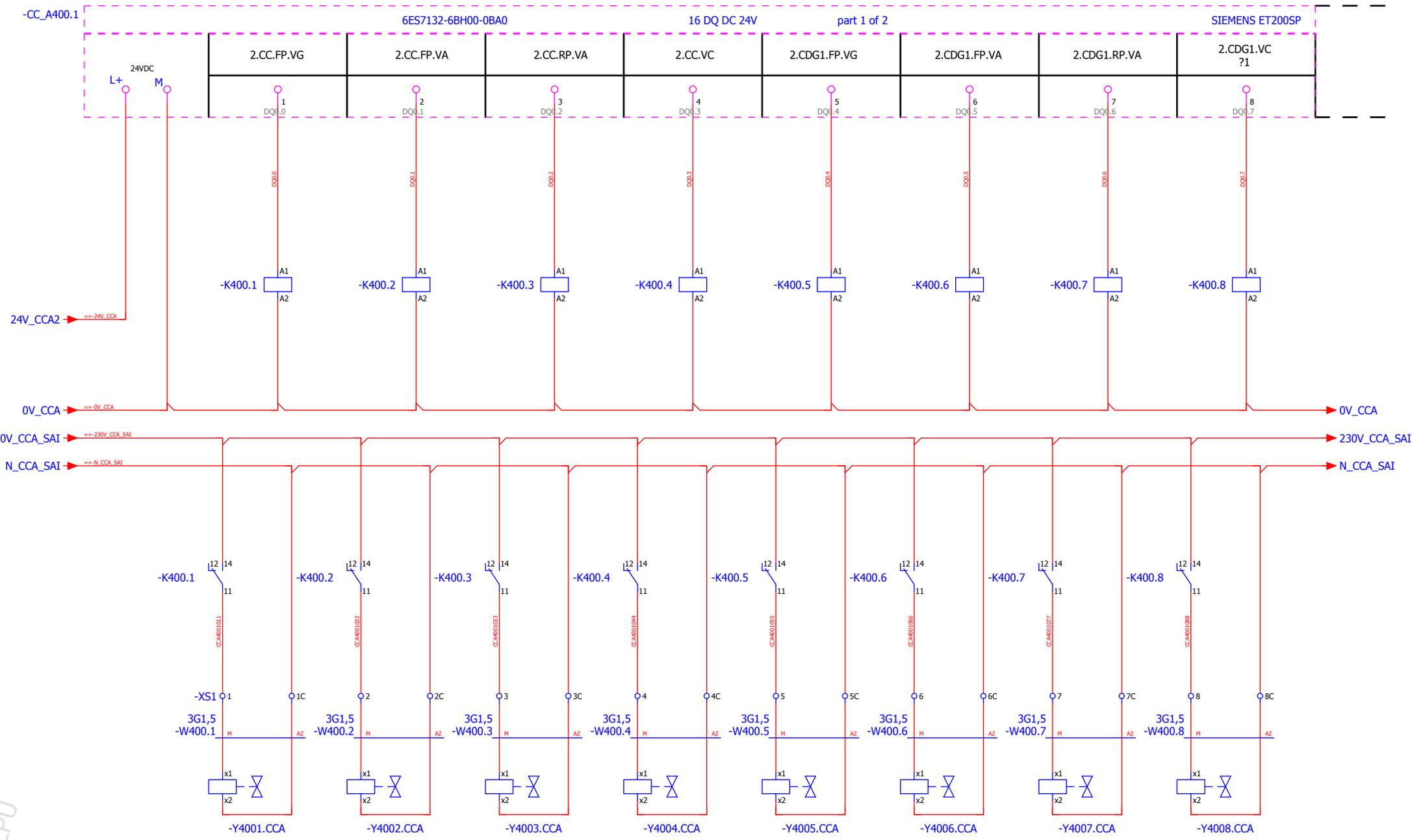
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 105.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 105.2 Siguinte: 106.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

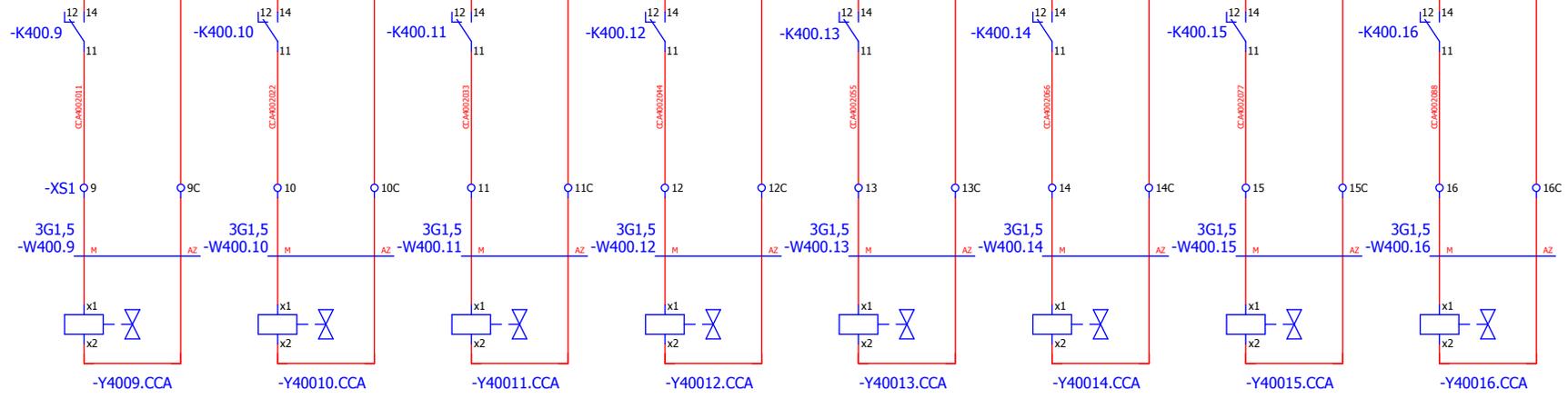
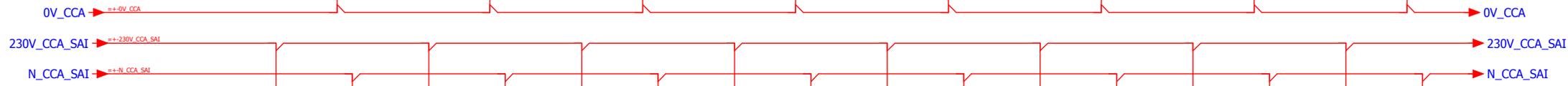
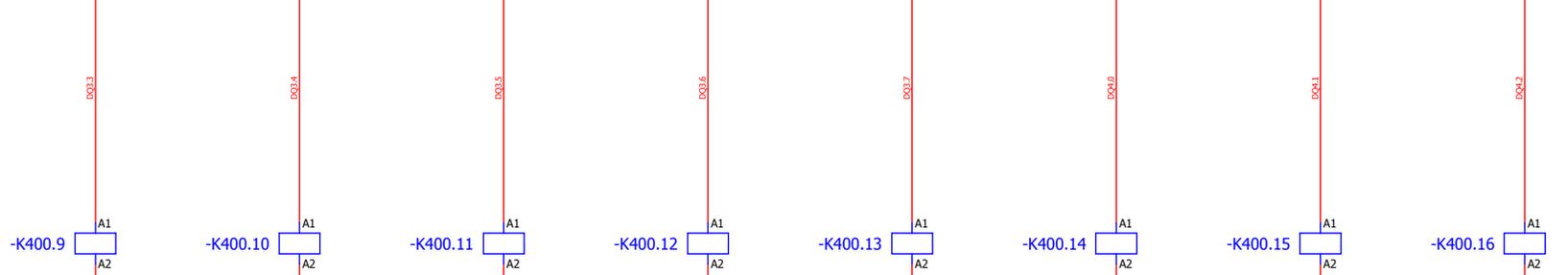
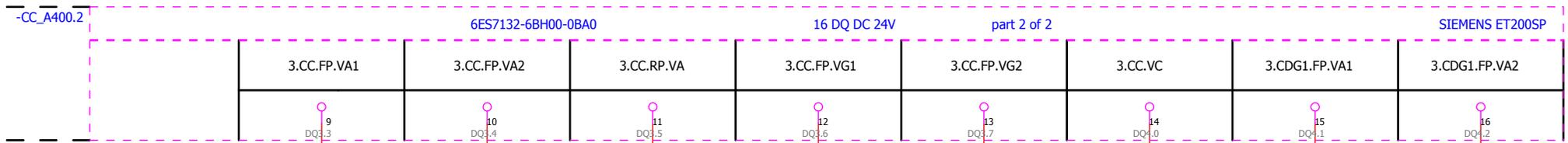
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 400.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 400.1 Siguinte: 400.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

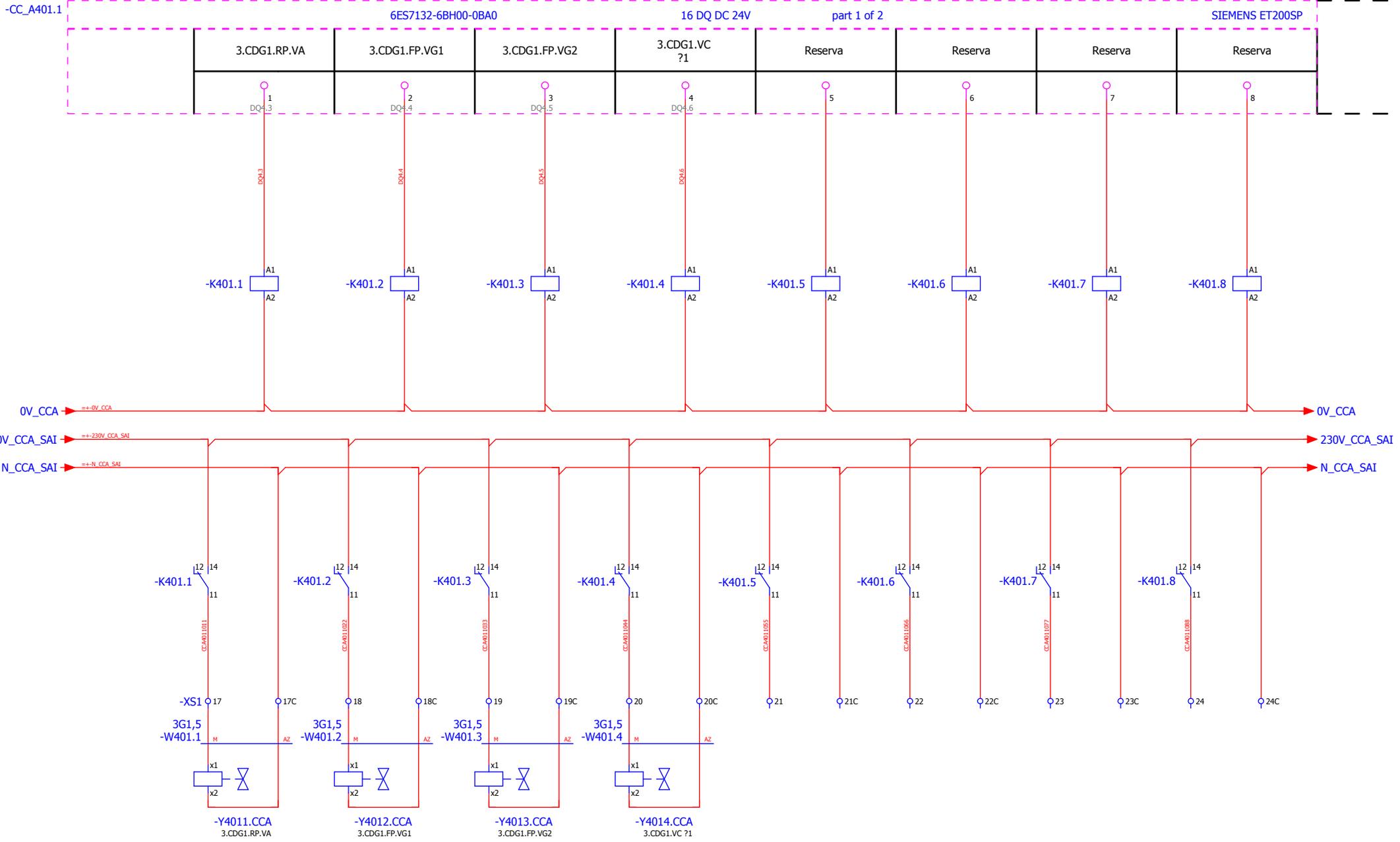
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 400.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
Hoja: 400.2 Siguinte: 401.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

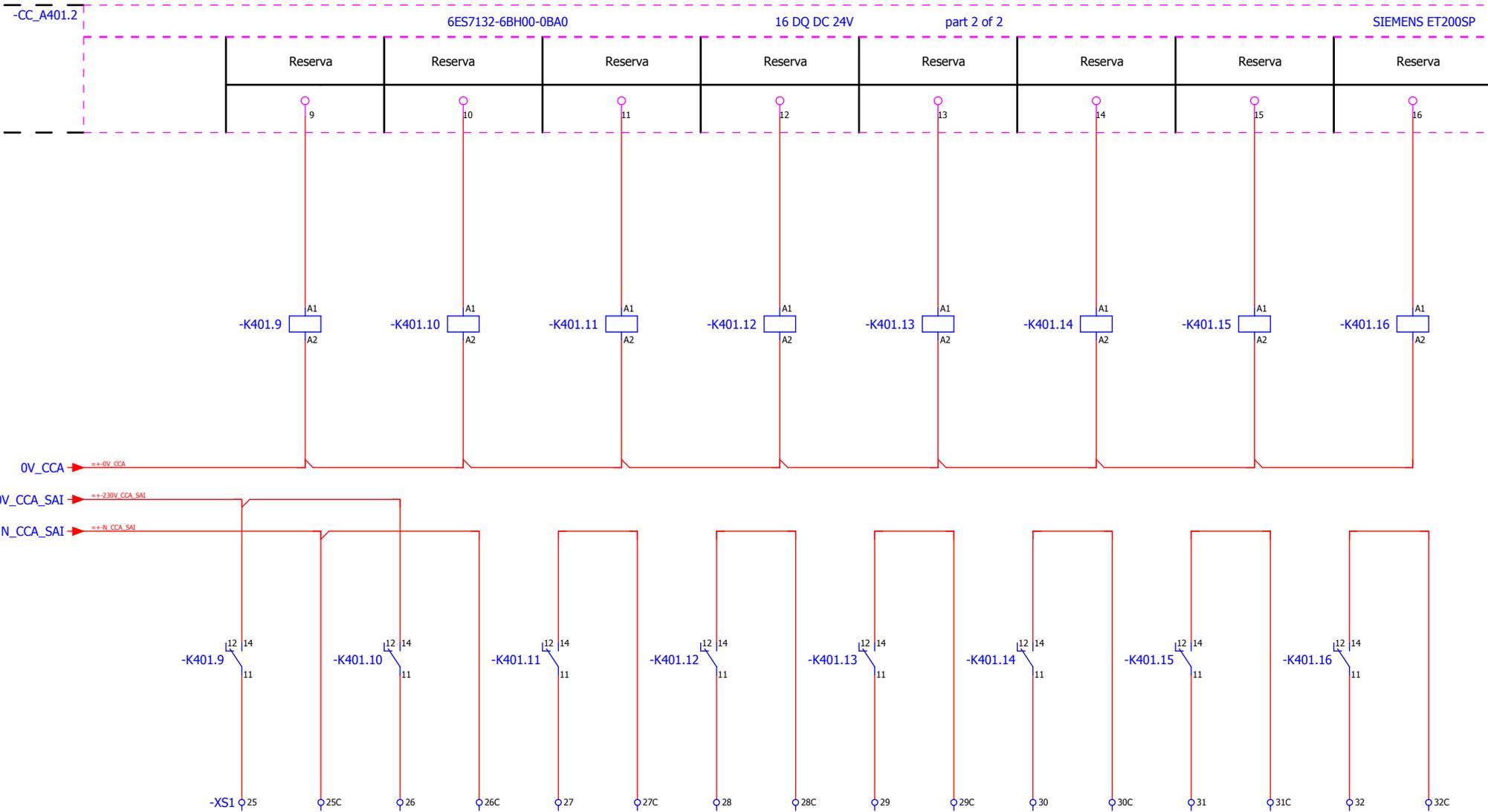
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 401.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 401.1 Siguiente: 401.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



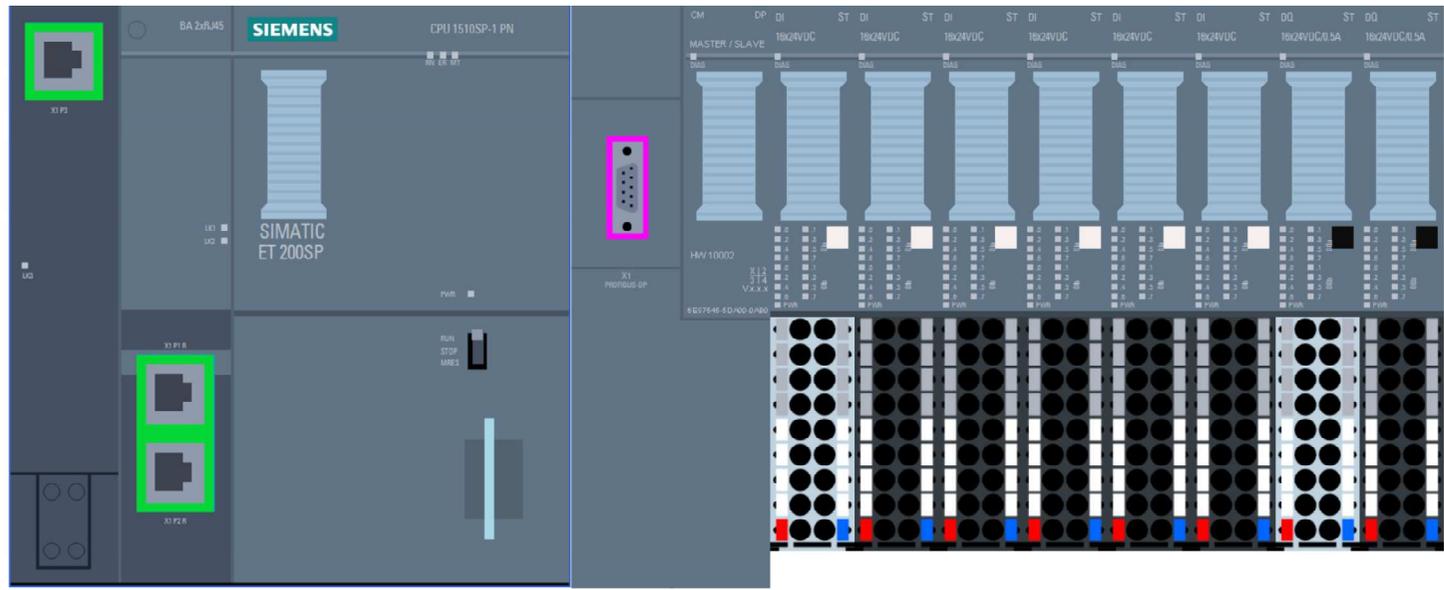
Salidas Digitales 401.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 401.2 Siguinte: 600.1

CCA_ET200SP

CCA100 CCA101 CCA102 CCA103 CCA104 CCA105 CCA400 CCA401



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre
--------	-------	--------

Autor:
Valeria Ospina

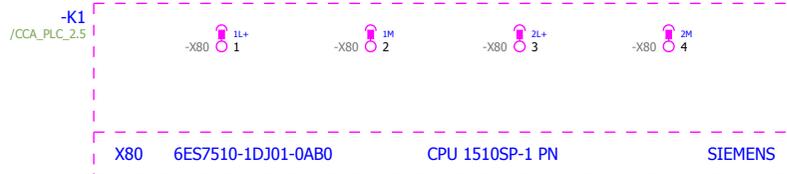
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



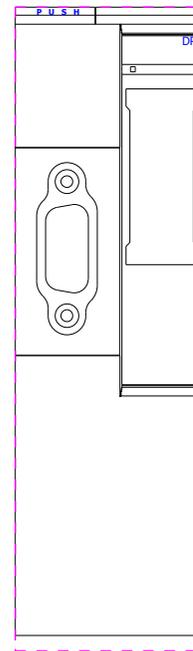
ET200SP

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 600.1 Siguinte: 800.1



-K1
/CCA_PL_C2.2
Rack X
Slot Y



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

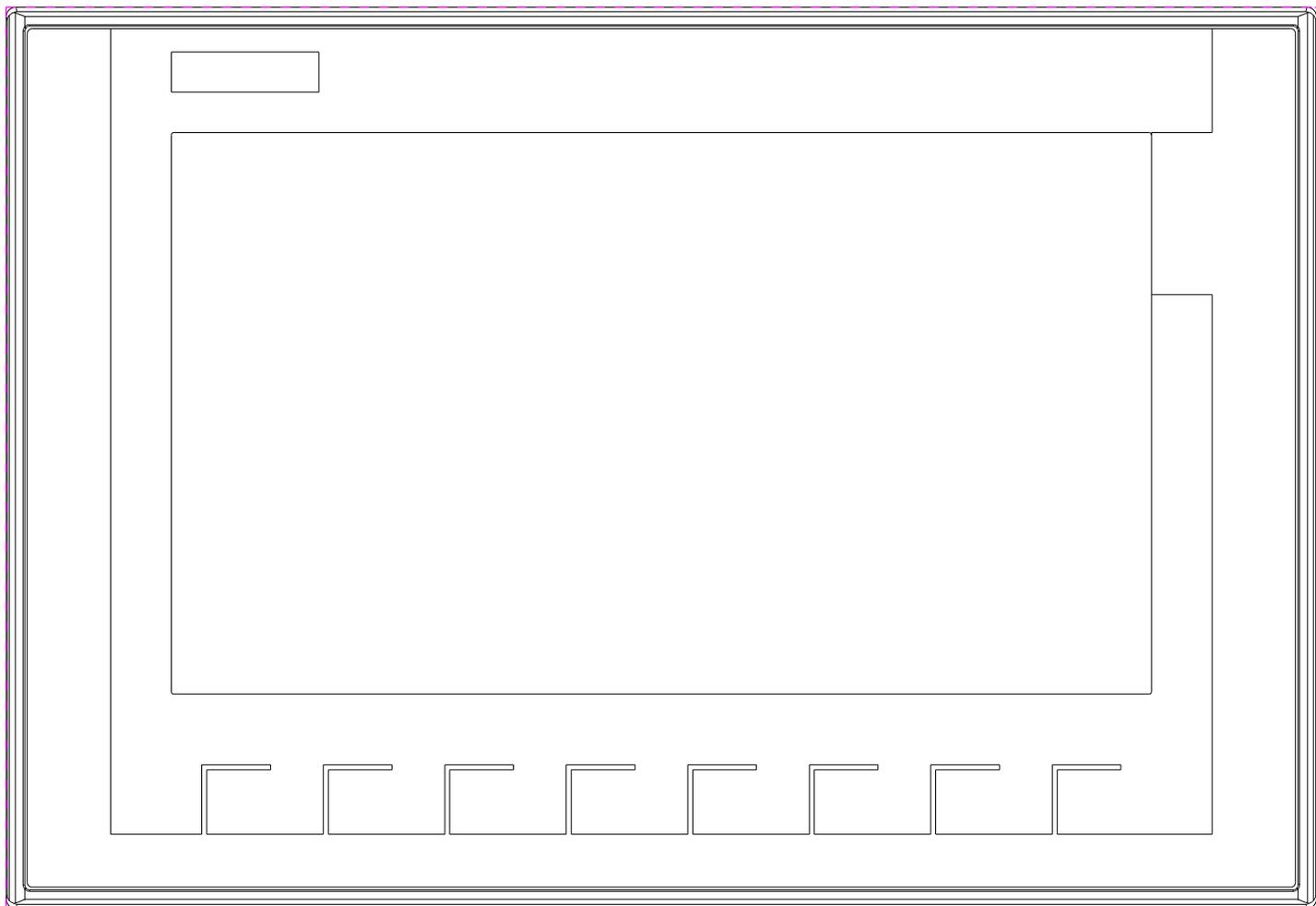


ET200SP

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 600.1 Siguinte: 800.1

CCA_HMI

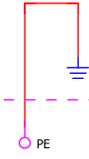


Alimentación Pantalla HMI

24V_CCA3

0V_CCA

-CCA_HMI



X80/PE

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor: Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

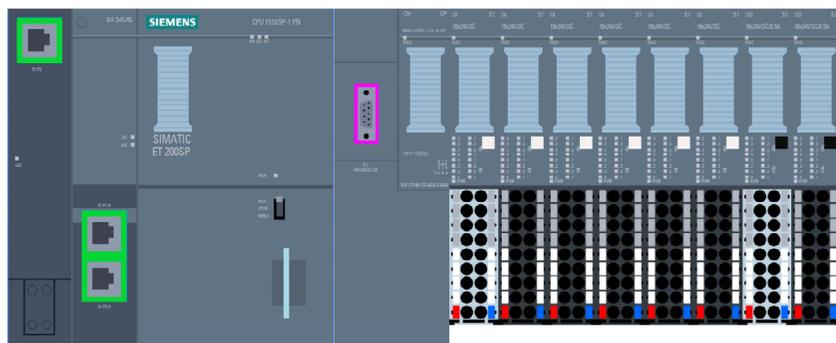


HMI

Fecha: 10/04/2017

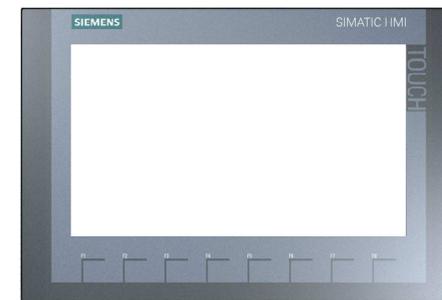
Armario: CC_A
 Hoja: 800.1 Siguinte: 900.1

CCA_ET200SP



IP: XXX.X.X

CCA_HMI



IP: XXX.X.X

Profinet

CCA_PNET_01

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre
--------	-------	--------

Autor:
Valeria Ospina

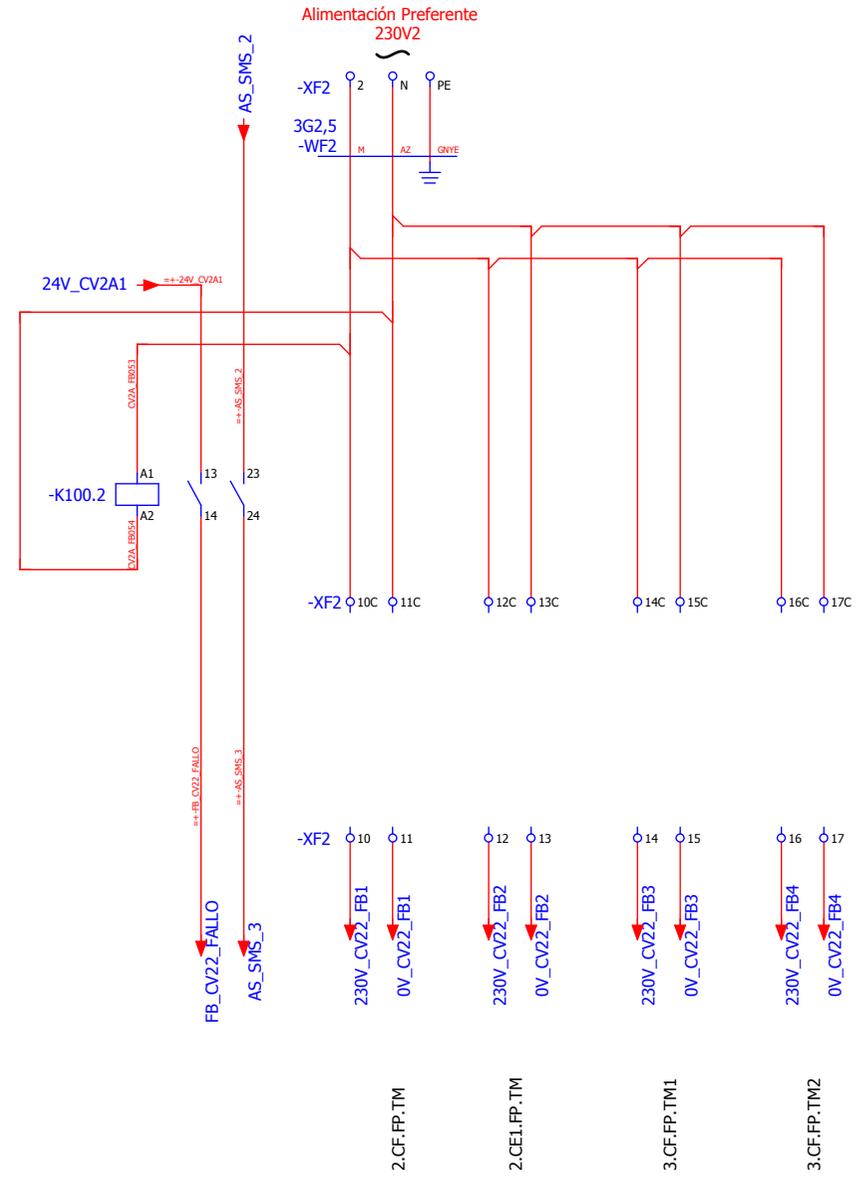
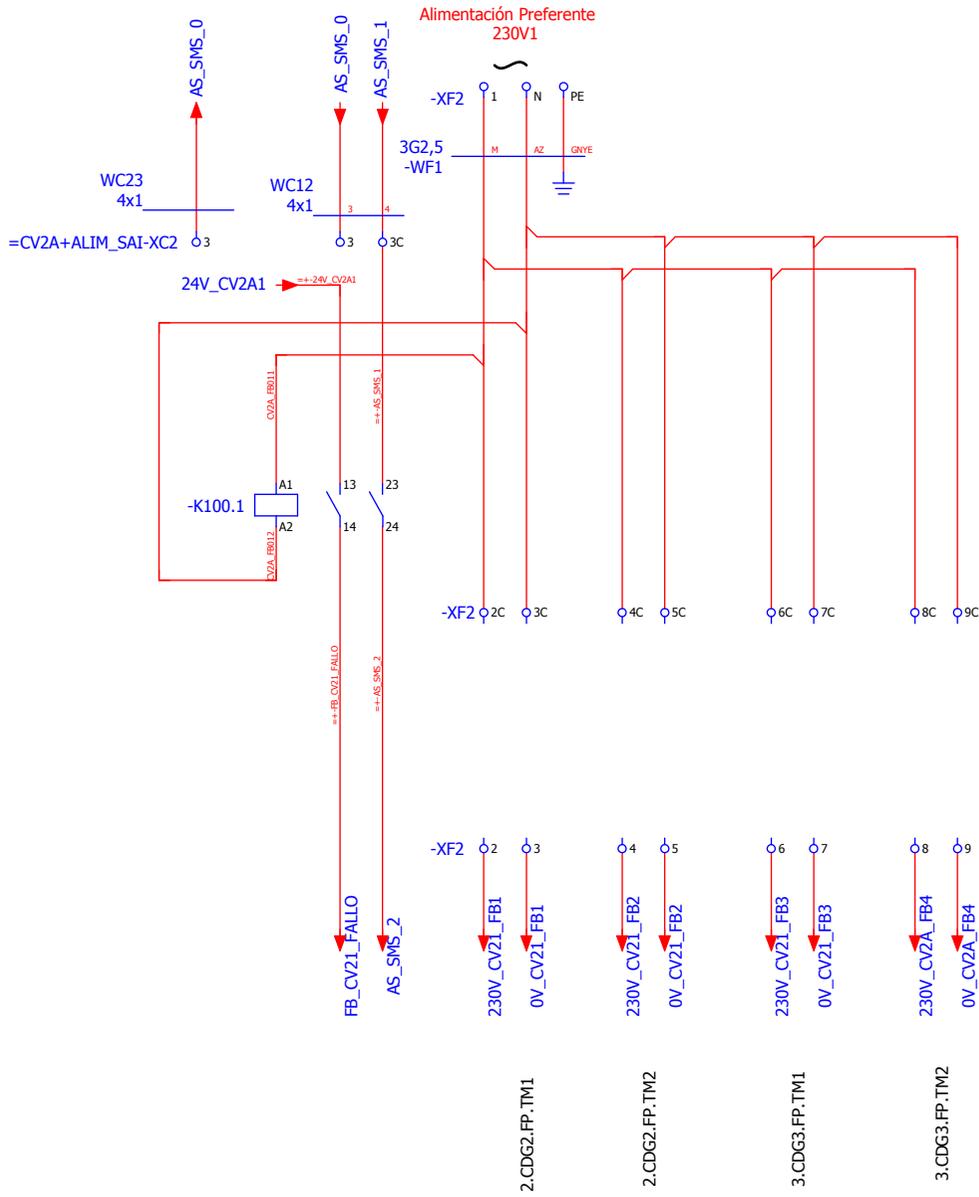
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Comunicaciones

Fecha:
10/04/2017

Armario: CC_A
 Hoja: 900.1 Siguinte: 20.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

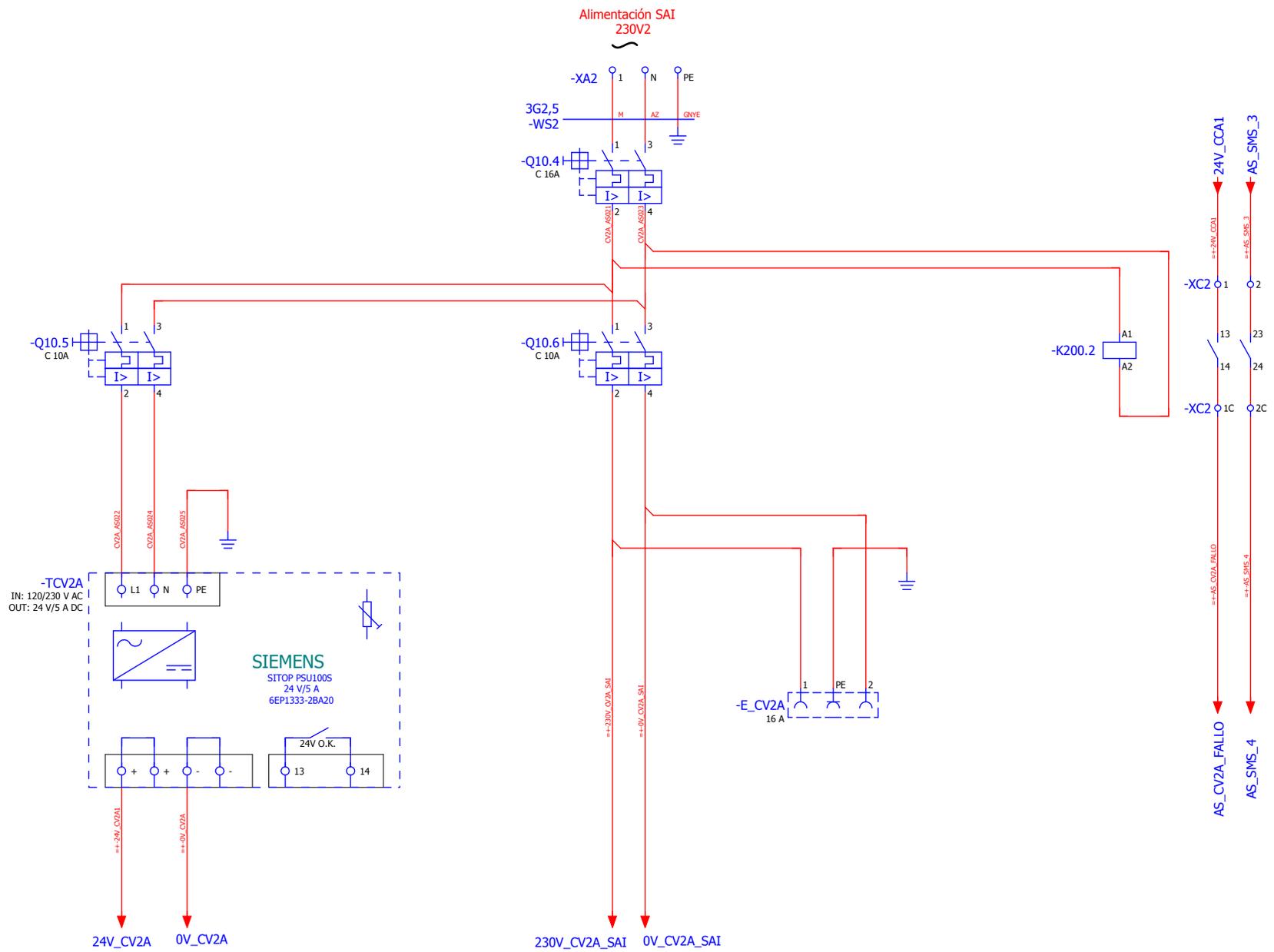
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Fuerza bombas 100.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 20.1 Siguinte: 10.3



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

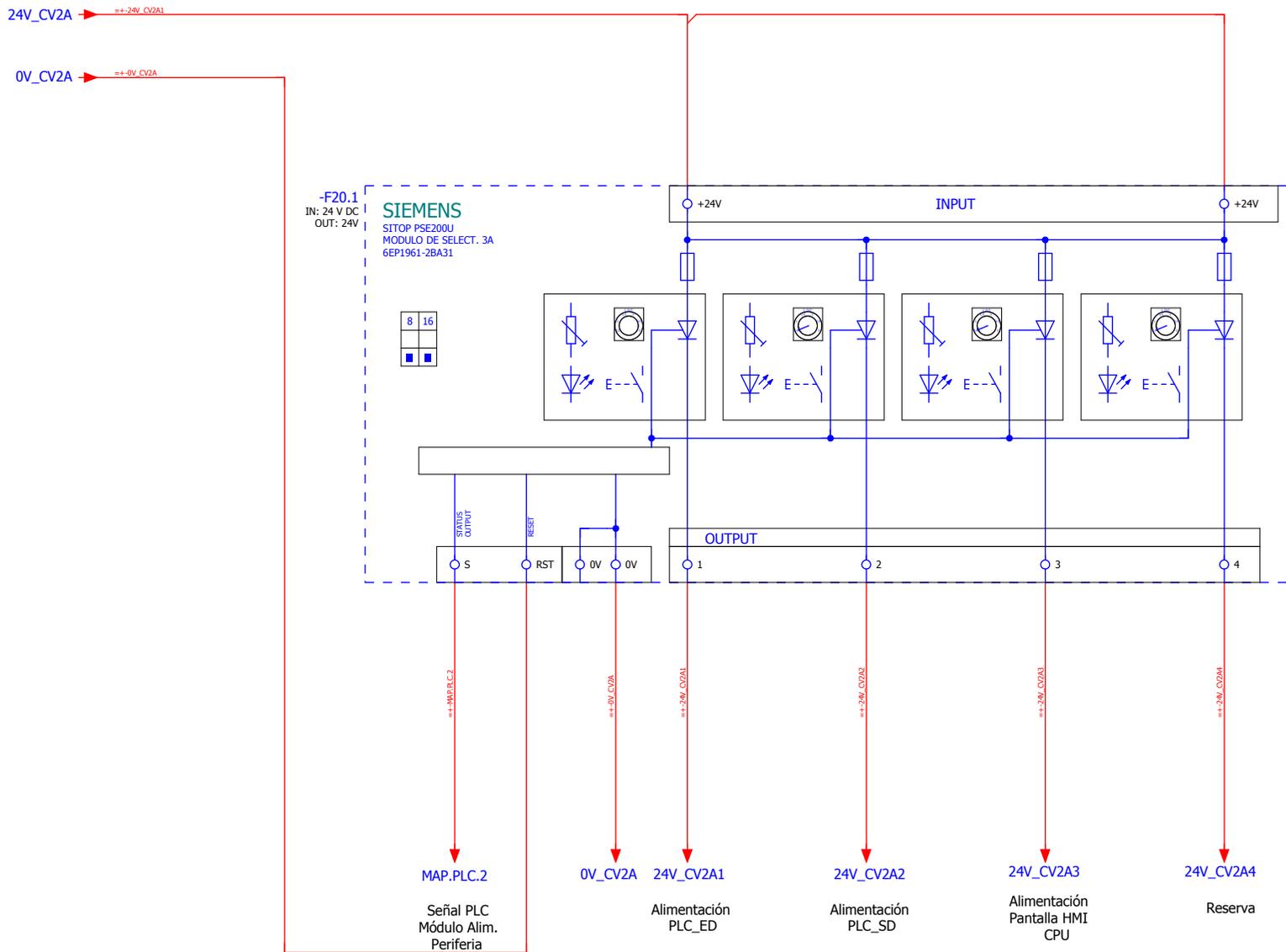
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Alimentación SAI 100.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2A_A
Hoja: 10.3 Siguinte: 10.4



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

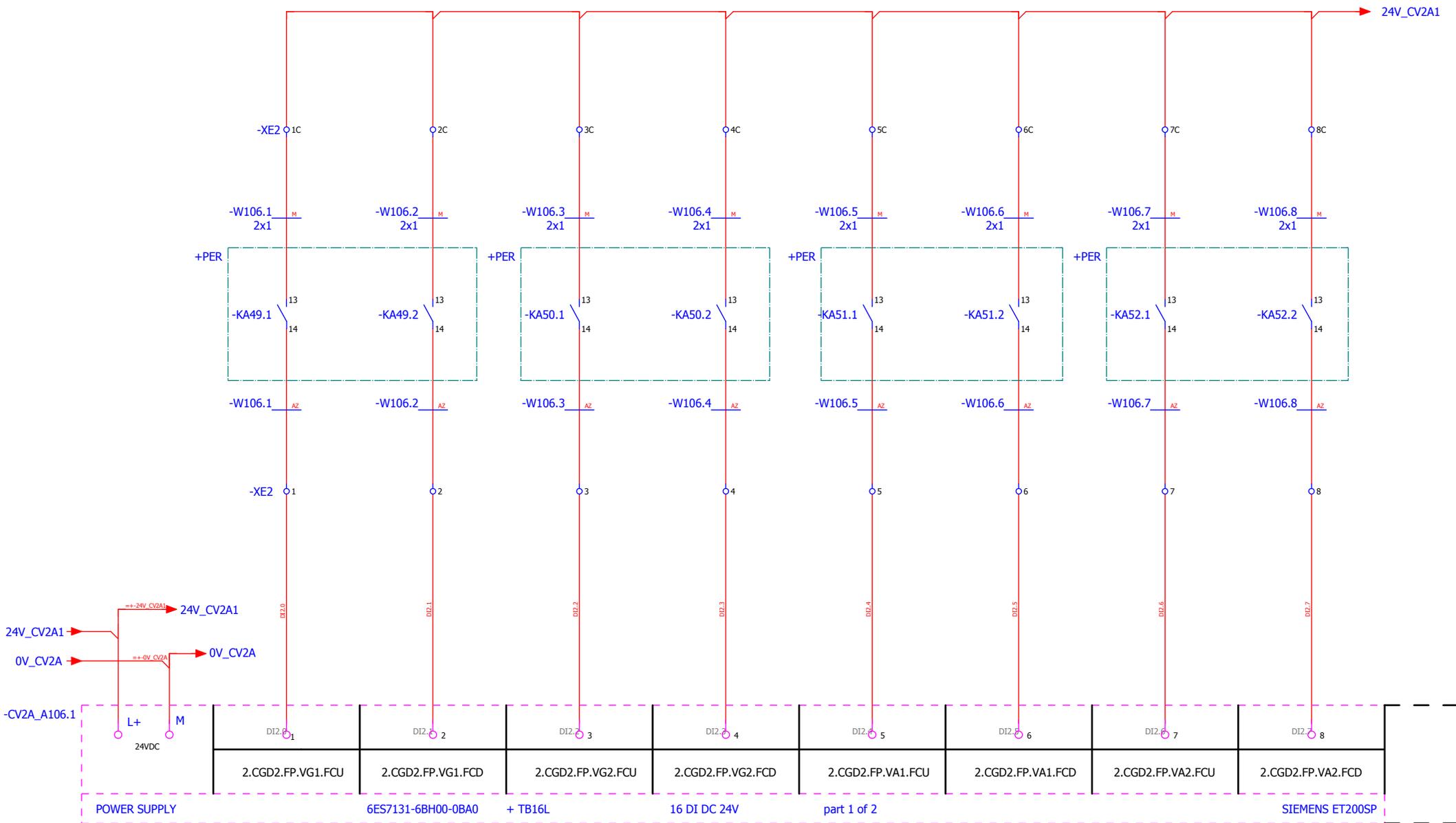
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Modulo Alimentación

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
Hoja: 10.4 Sigiente: 106.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

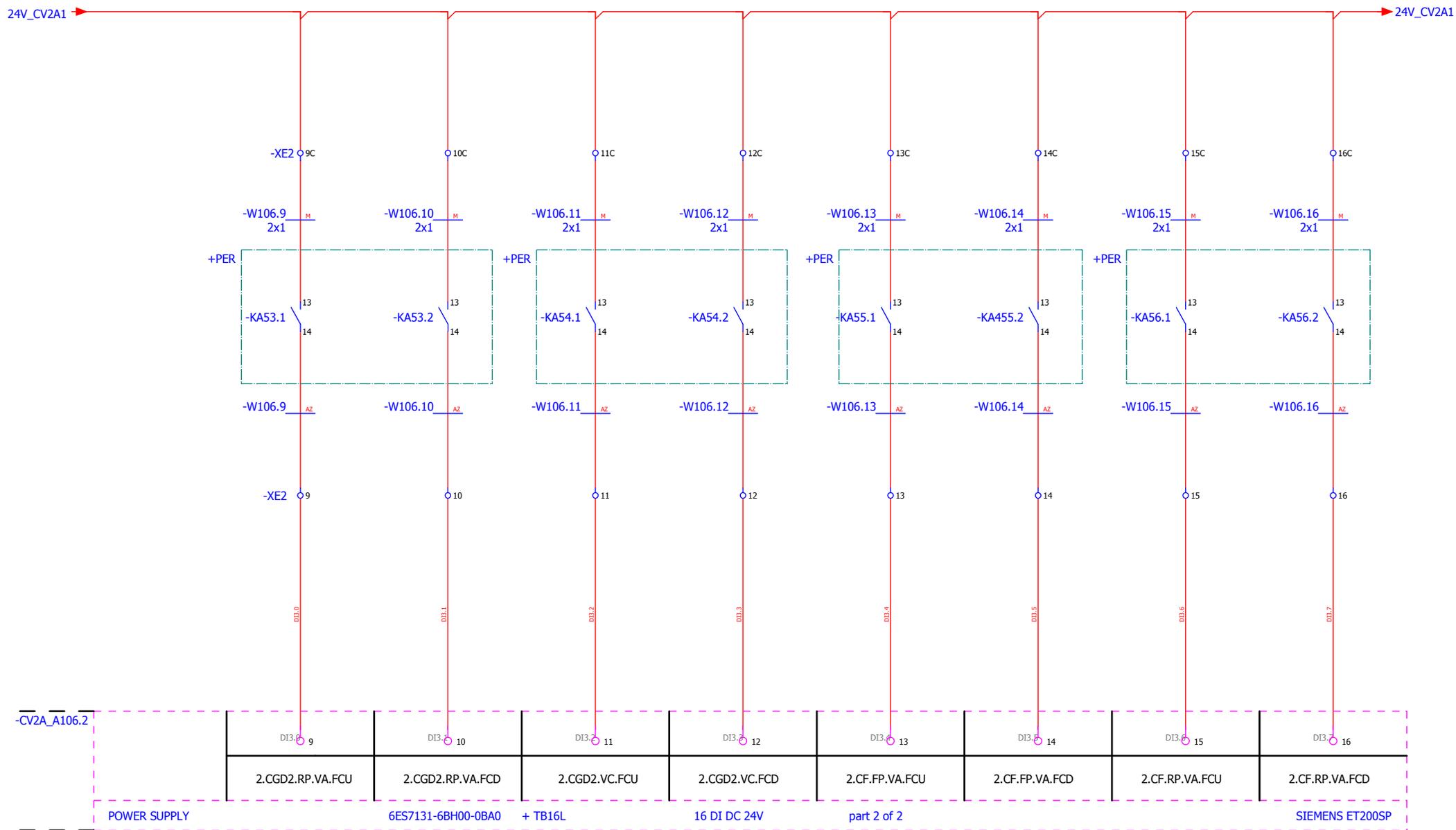
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 106.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 106.1 Siguinte: 106.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

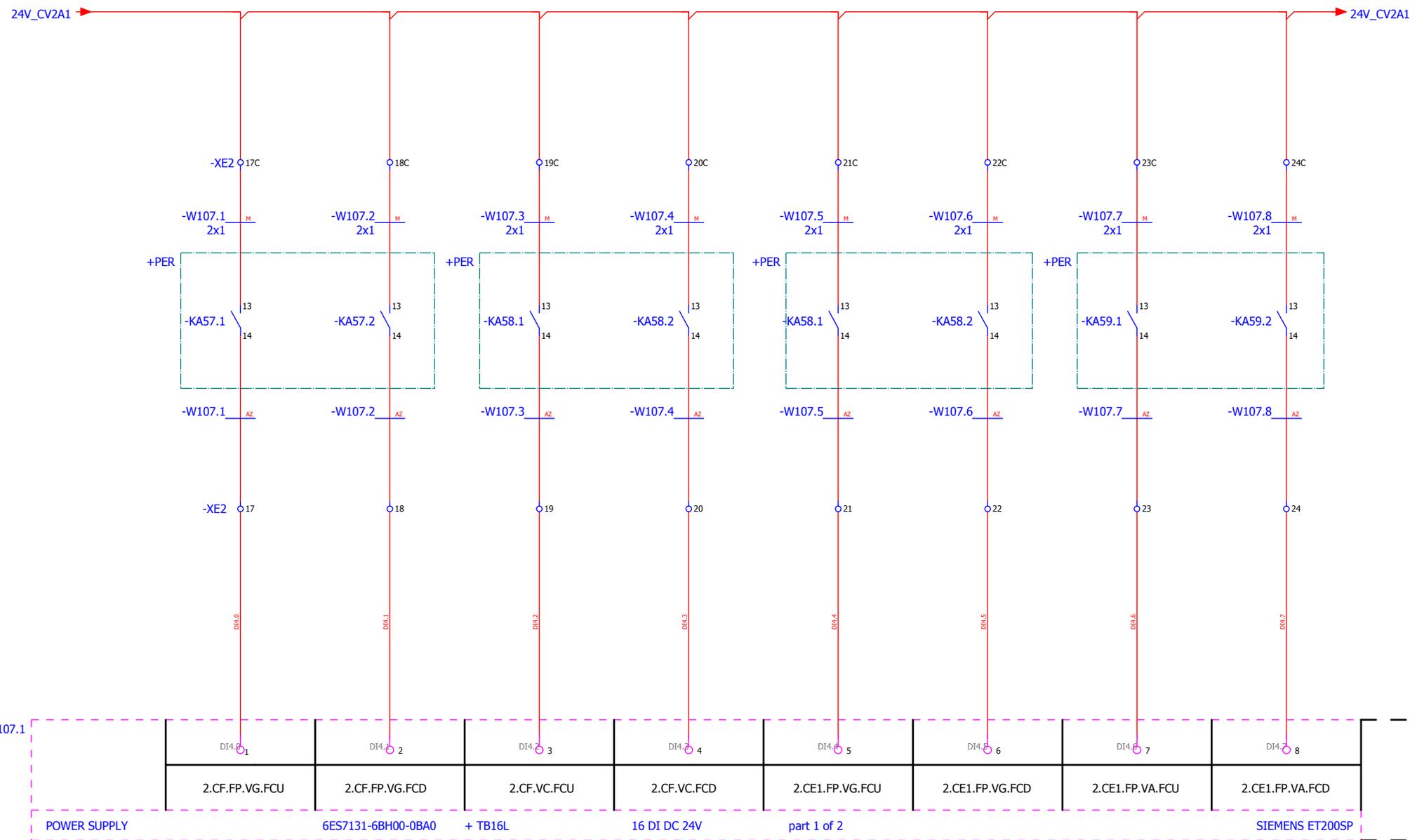
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 106.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 106.2 Siguinte: 107.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

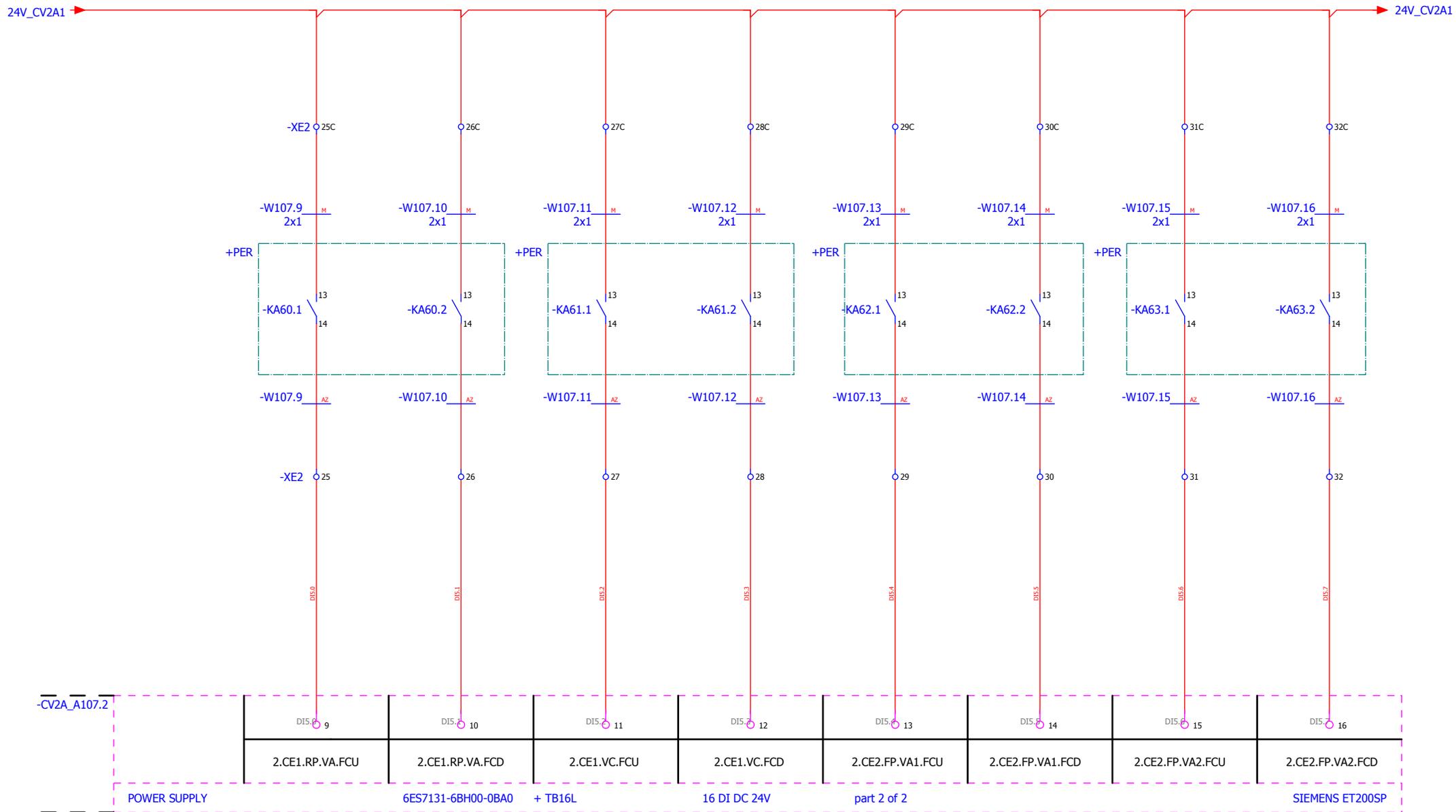
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 107.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 107.1 Siguinte: 107.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

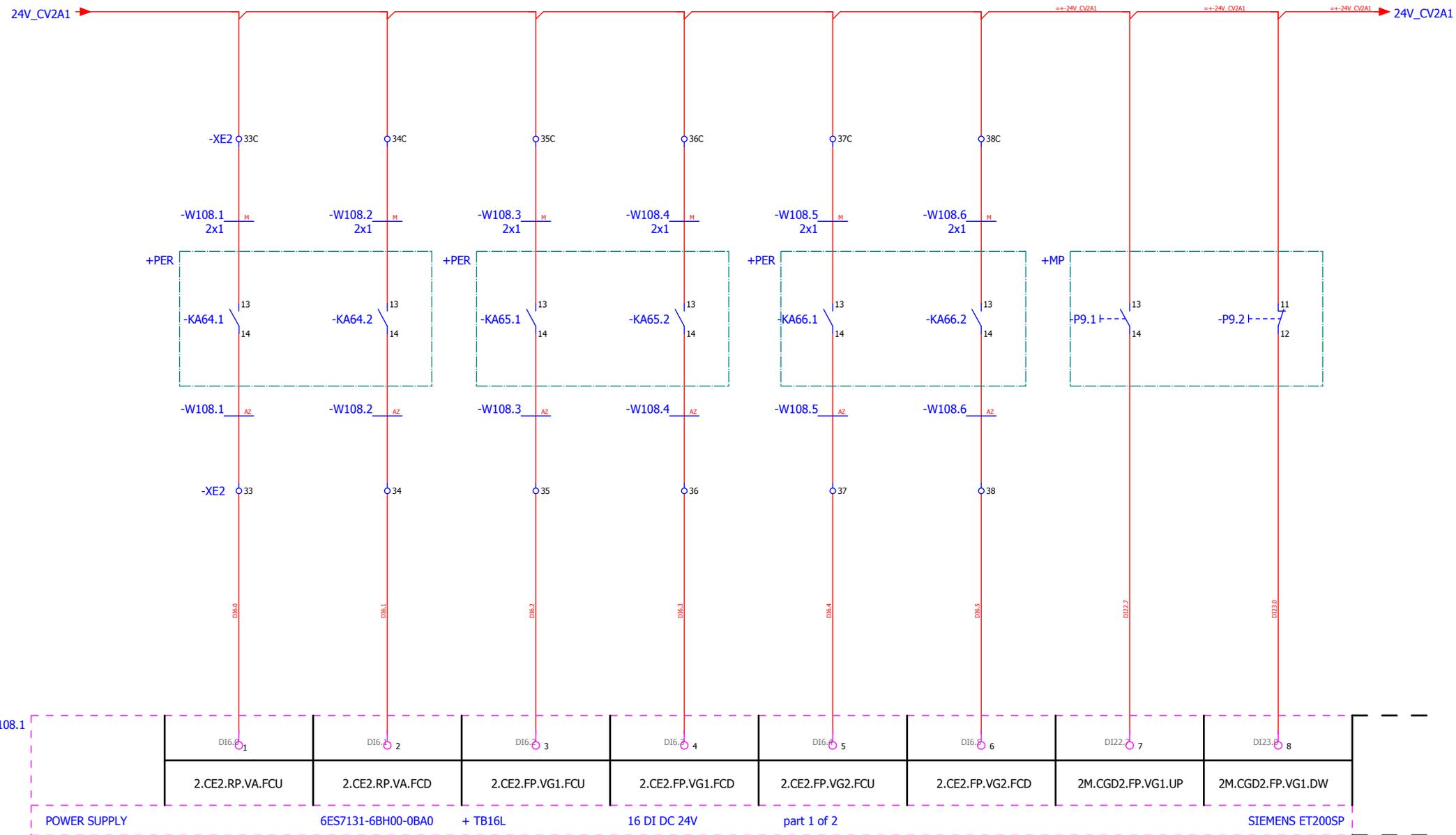
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 107.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 107.2 Siguinte: 108.1



-CV2A_A108.1	DI6.0	DI6.1	DI6.2	DI6.3	DI6.4	DI6.5	DI22.7	DI23.0
	2.CE2.RP.VA.FCU	2.CE2.RP.VA.FCD	2.CE2.FP.VG1.FCU	2.CE2.FP.VG1.FCD	2.CE2.FP.VG2.FCU	2.CE2.FP.VG2.FCD	2M.CGD2.FP.VG1.UP	2M.CGD2.FP.VG1.DW
POWER SUPPLY	6ES7131-6BH00-0BA0 + TB16L		16 DI DC 24V		part 1 of 2		SIEMENS ET200SP	

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

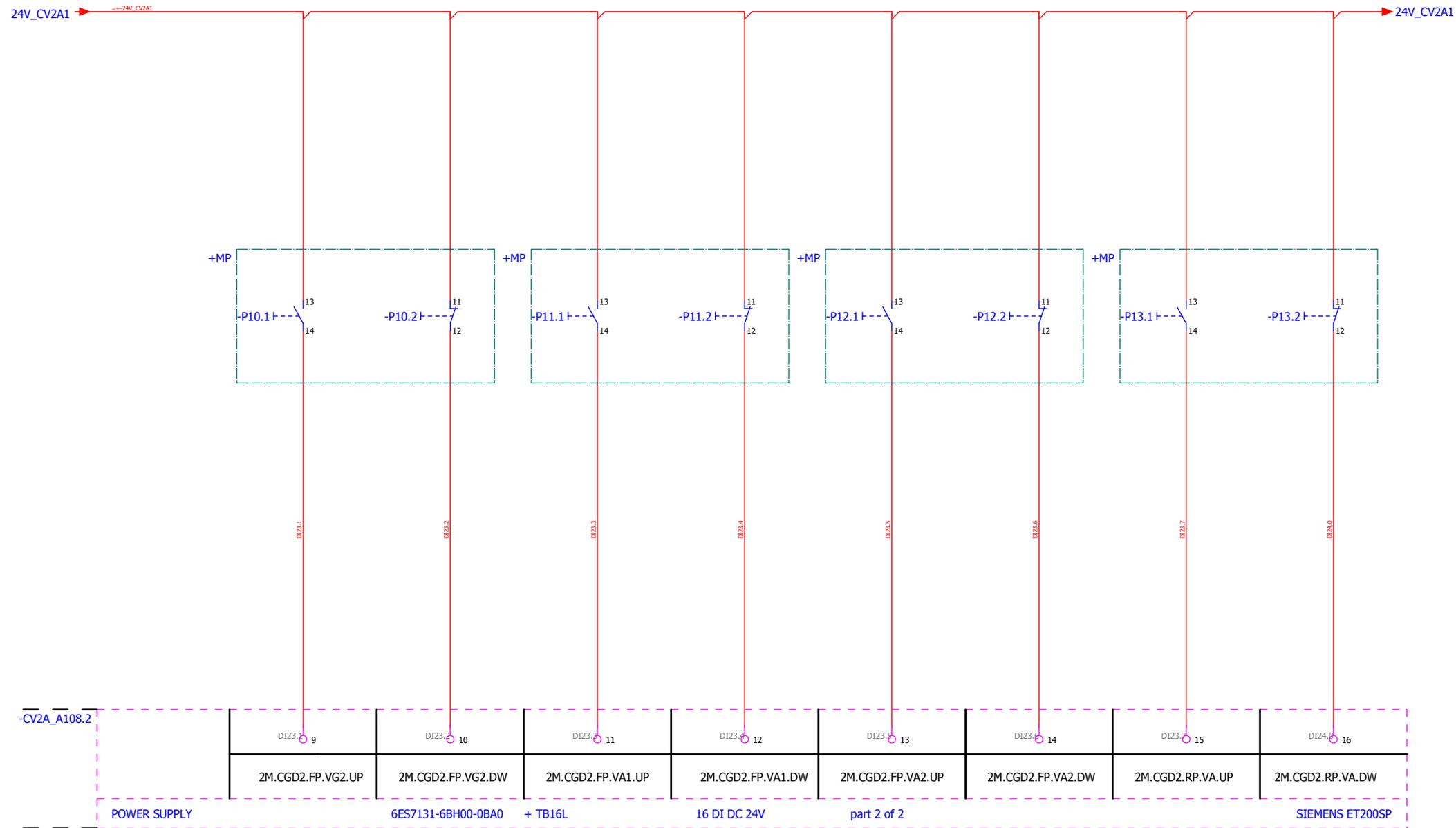
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 108.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
Hoja: 108.1 Siguinte: 108.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

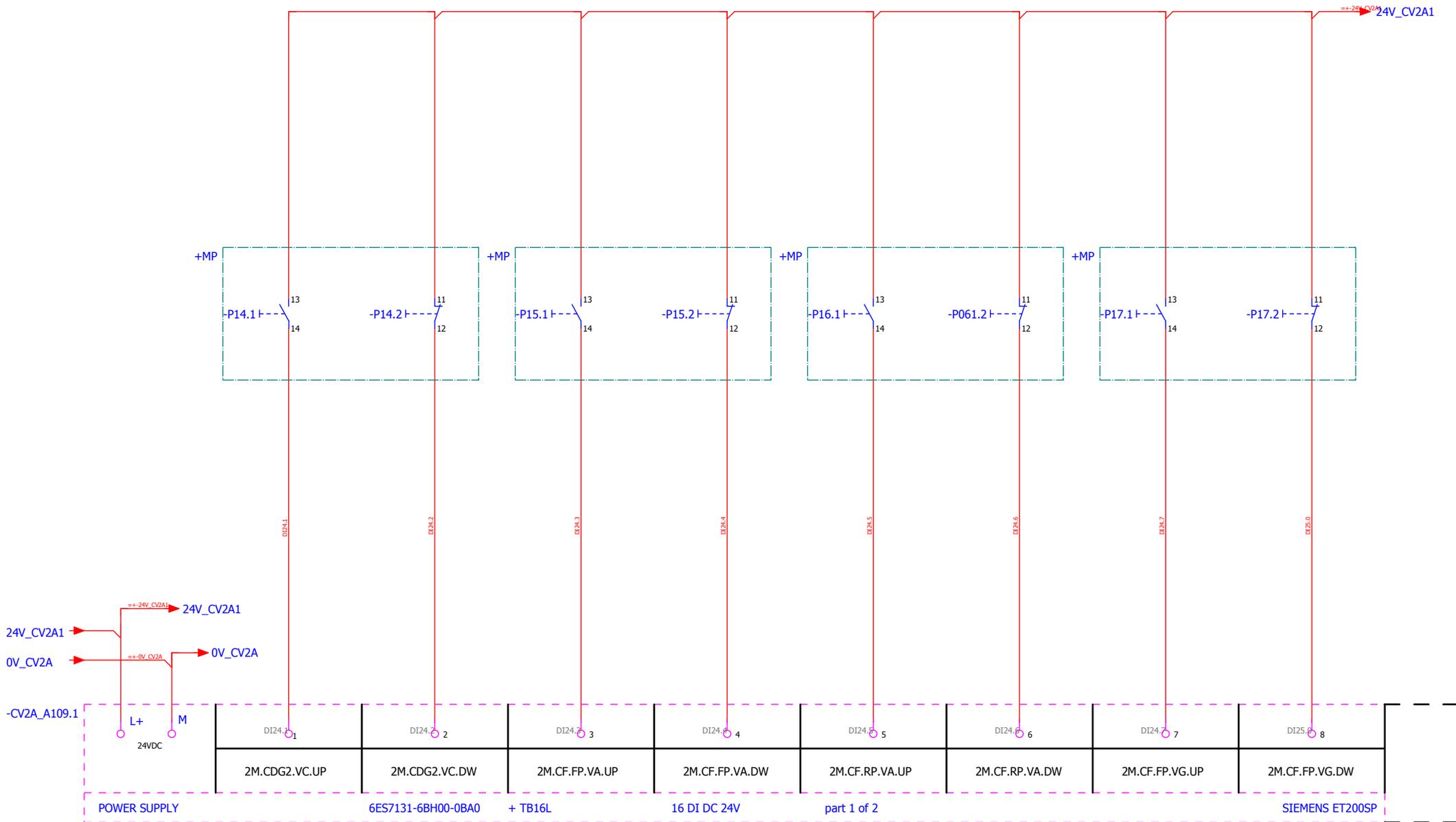
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 108.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 108.2 Siguinte: 109.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

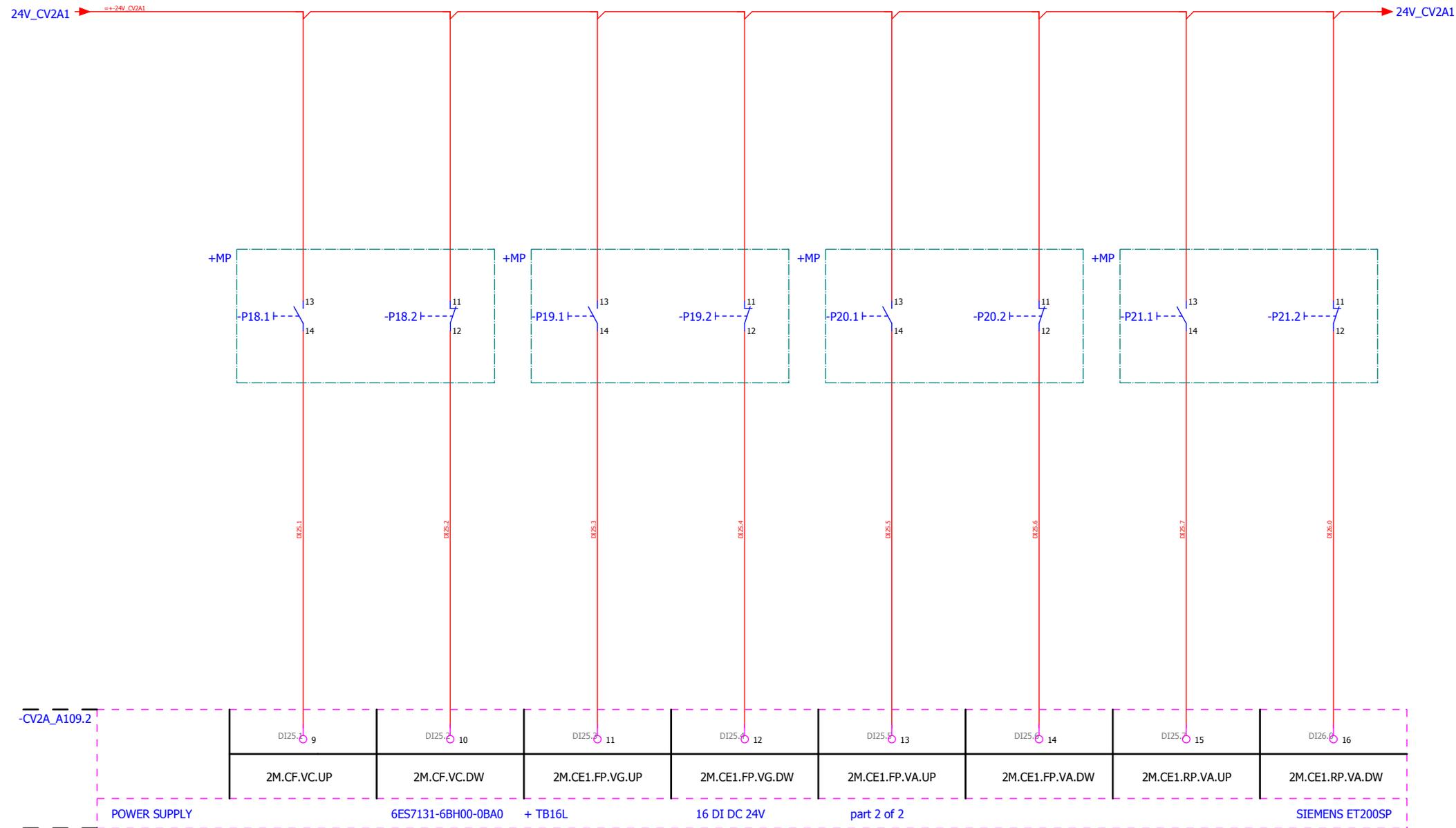
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 109.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 109.1 Siguinte: 109.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

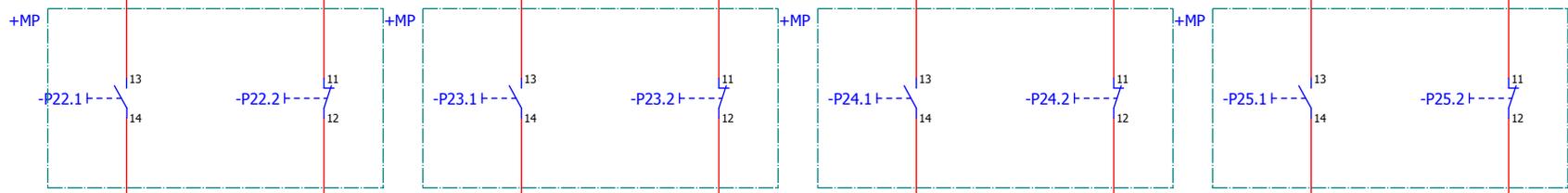


Entradas Digitales 109.2

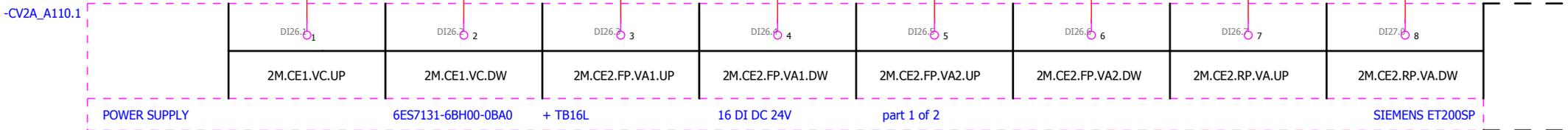
Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 109.2 Siguinte: 110.1

24V_CV2A1 → ==+24V_CV2A1 → 24V_CV2A1



DD26.1 DD26.2 DD26.3 DD26.4 DD26.5 DD26.6 DD26.7 DD27.0



POWER SUPPLY 6ES7131-6BH00-0BA0 + TB16L 16 DI DC 24V part 1 of 2 SIEMENS ET200SP

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

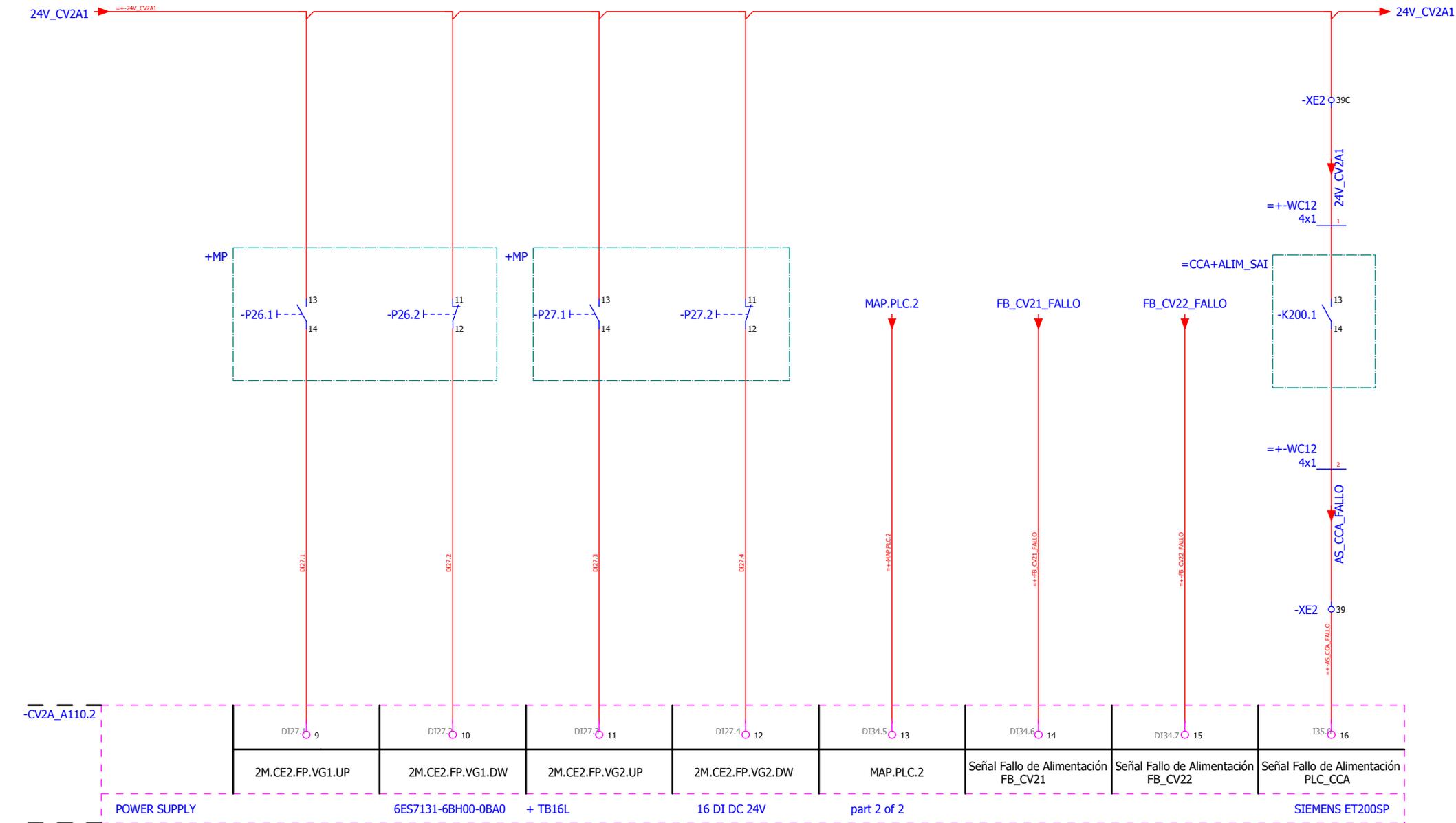
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 110.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 110.1 Siguinte: 110.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

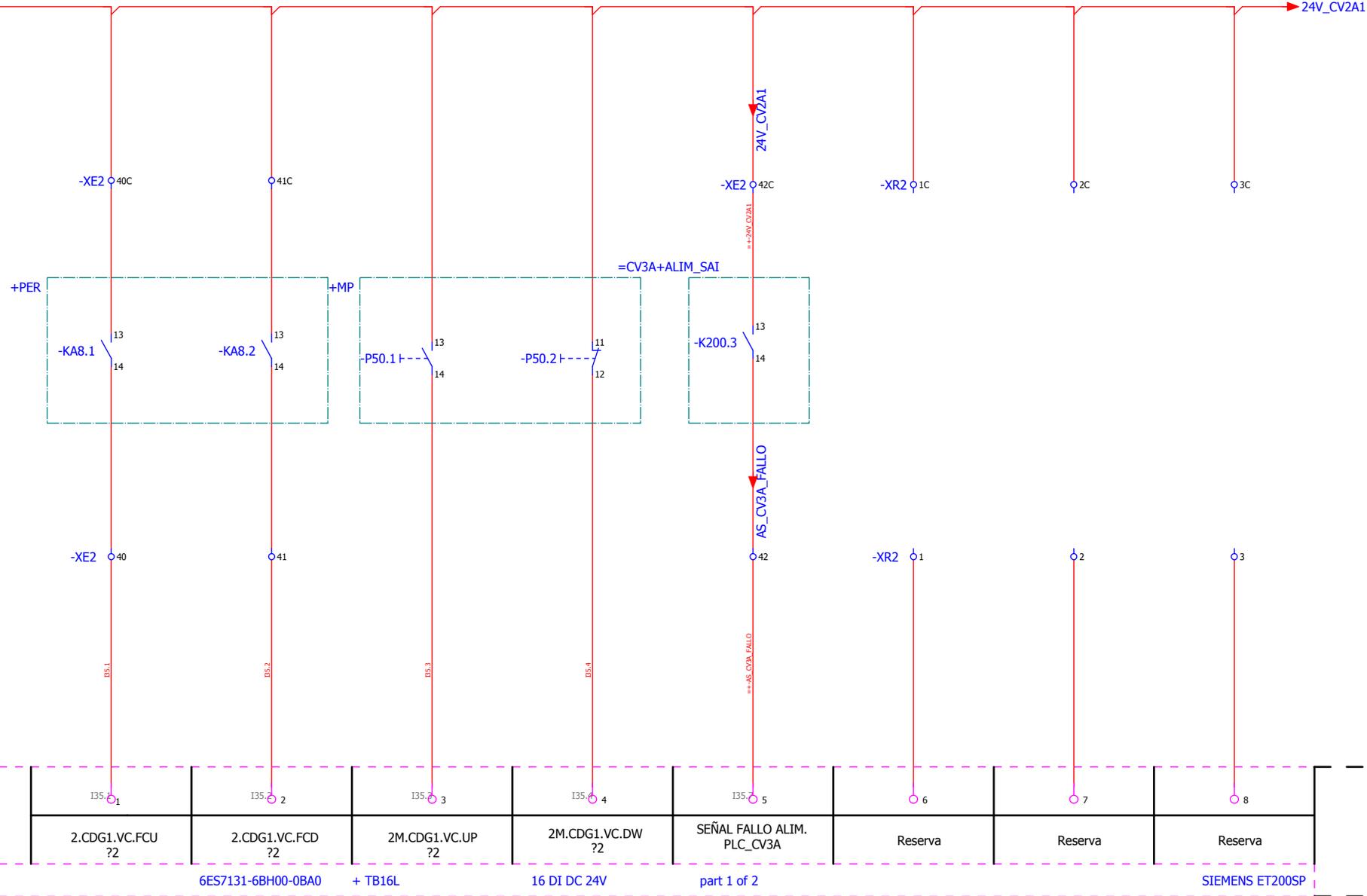


Entradas Digitales 110.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 110.2 Siguinte: 111.1

24V_CV2A1 →



Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO

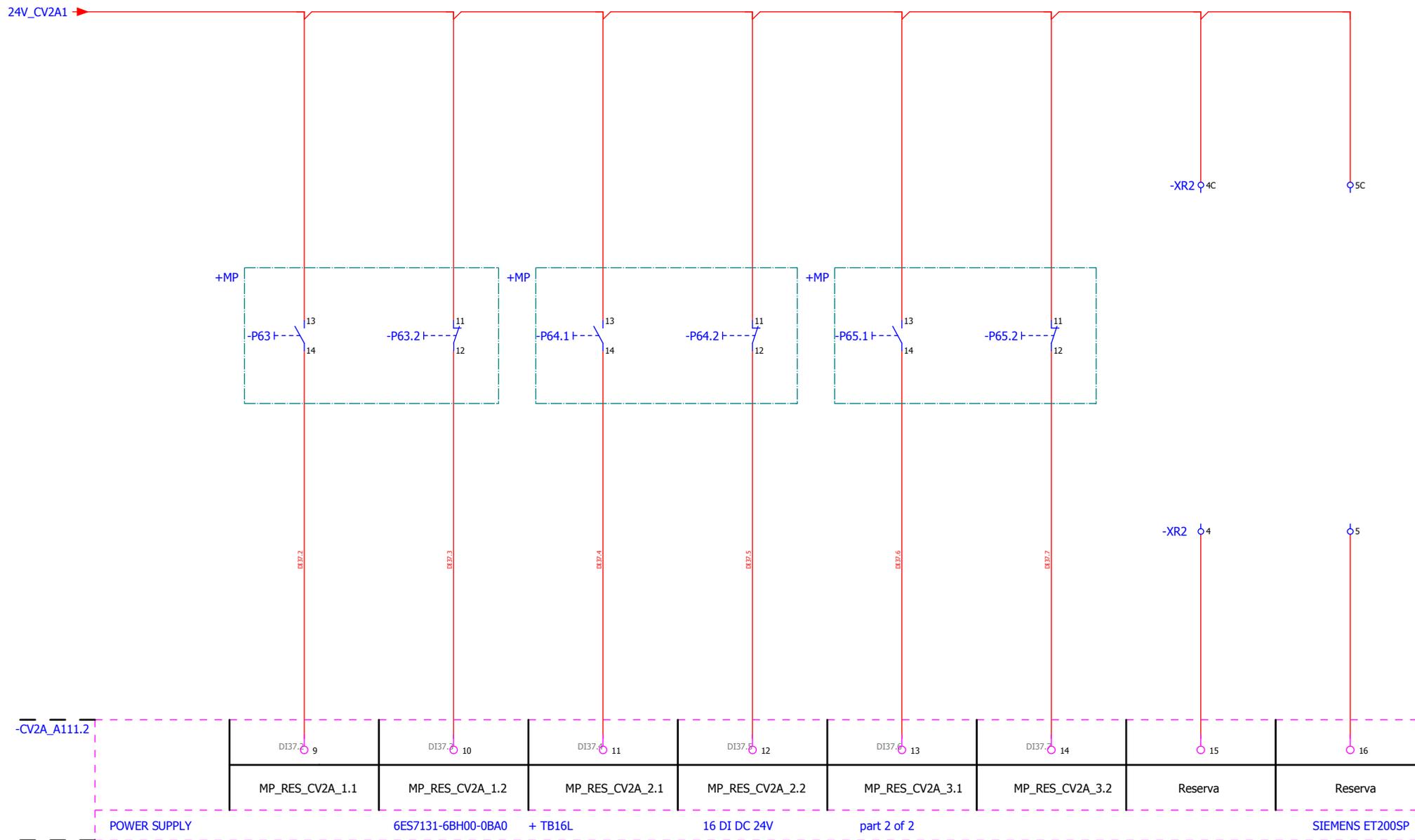


Entradas Digitales 111.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
Hoja: 111.1 Siguinte: 111.2

CLPU



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

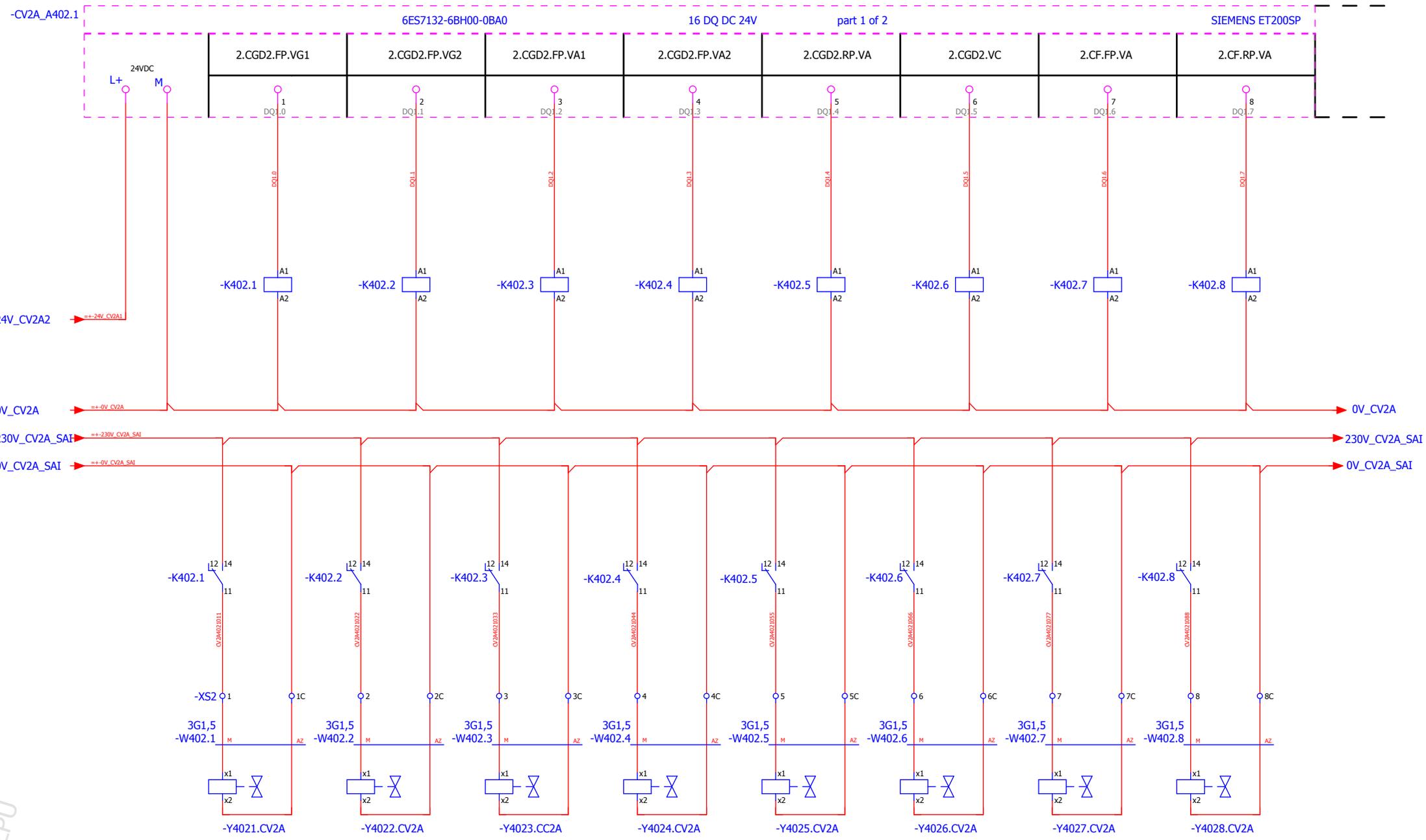
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 111.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 111.2 Siguinte: 402.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

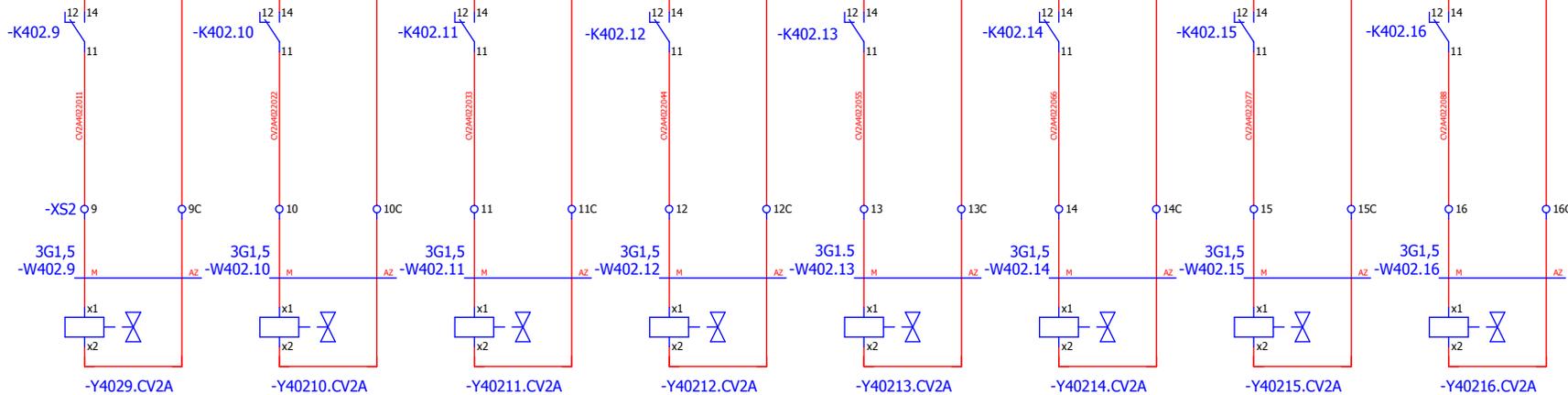
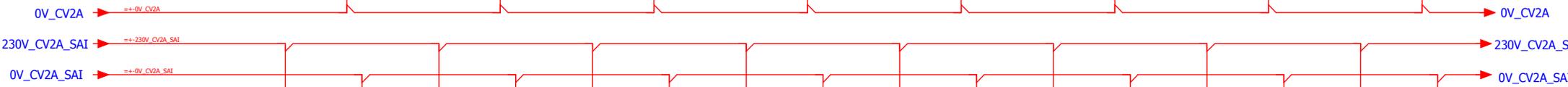
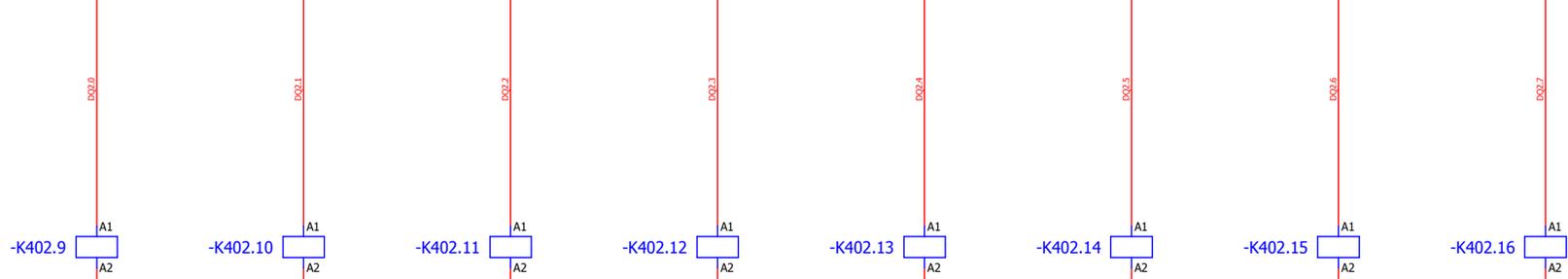
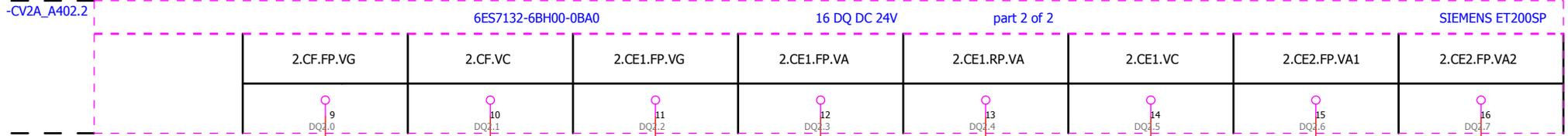
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 402.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 402.1 Siguinte: 402.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

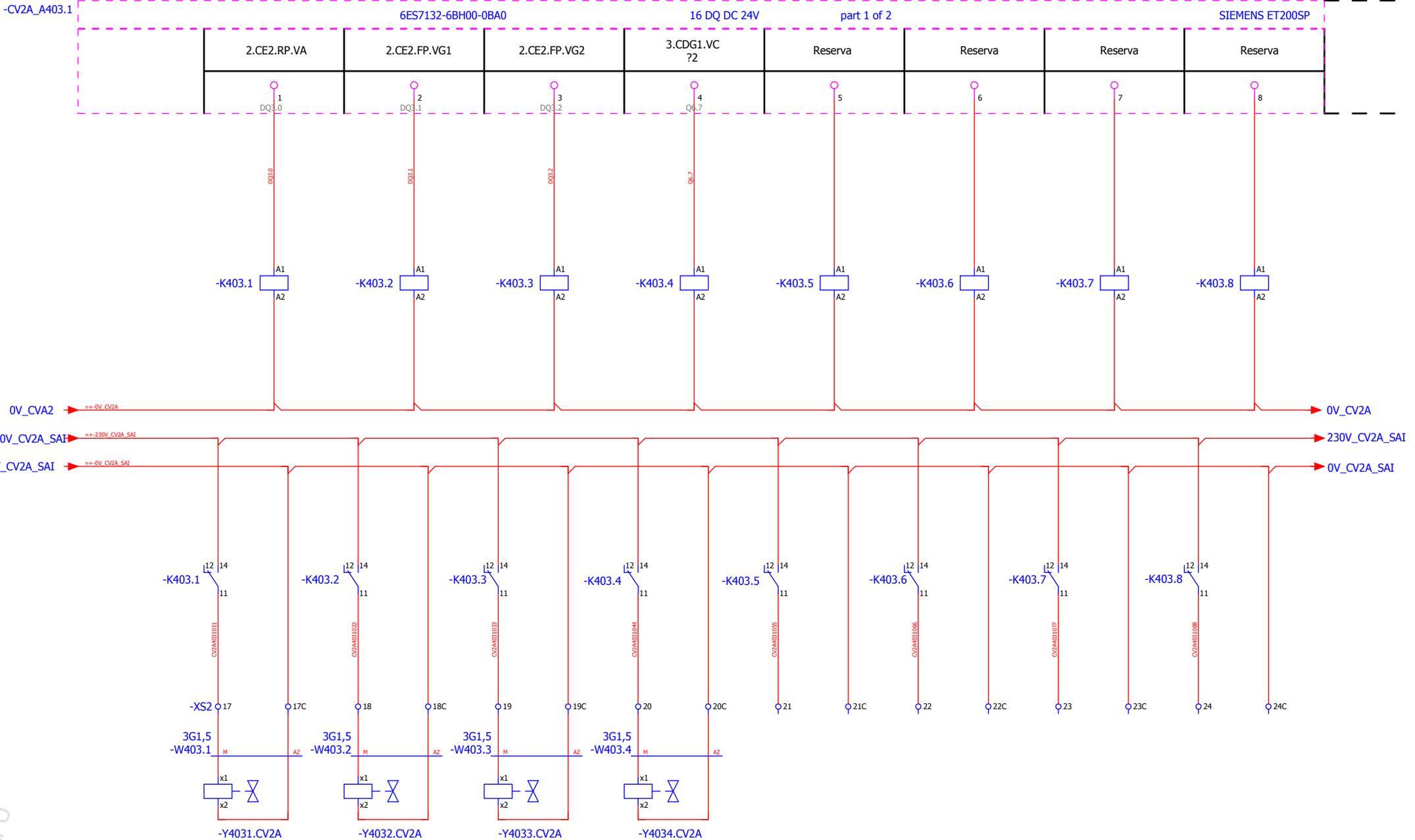
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 402.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
Hoja: 402.2 Siguinte: 403.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

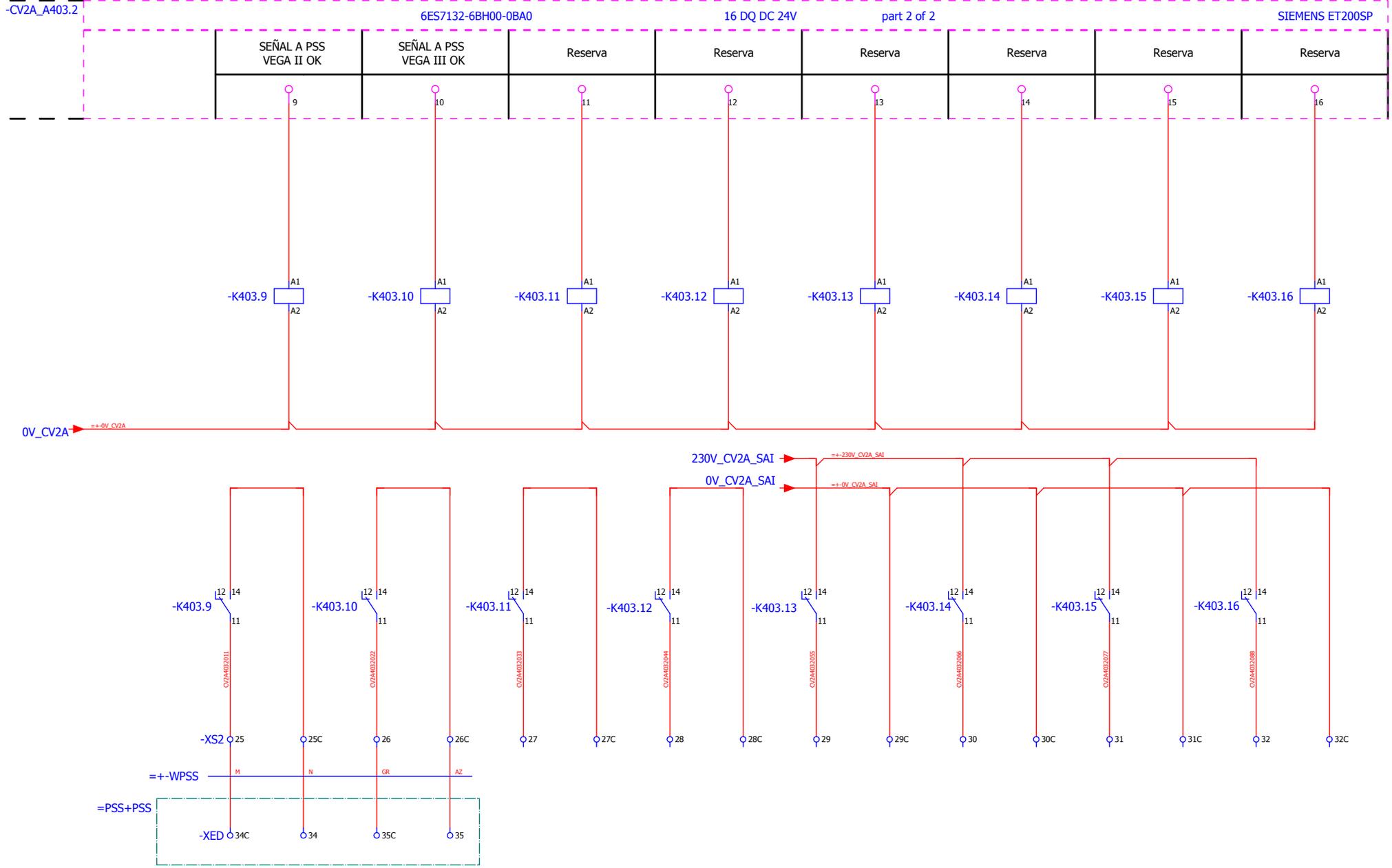
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 403.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 403.1 Siguiete: 403.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



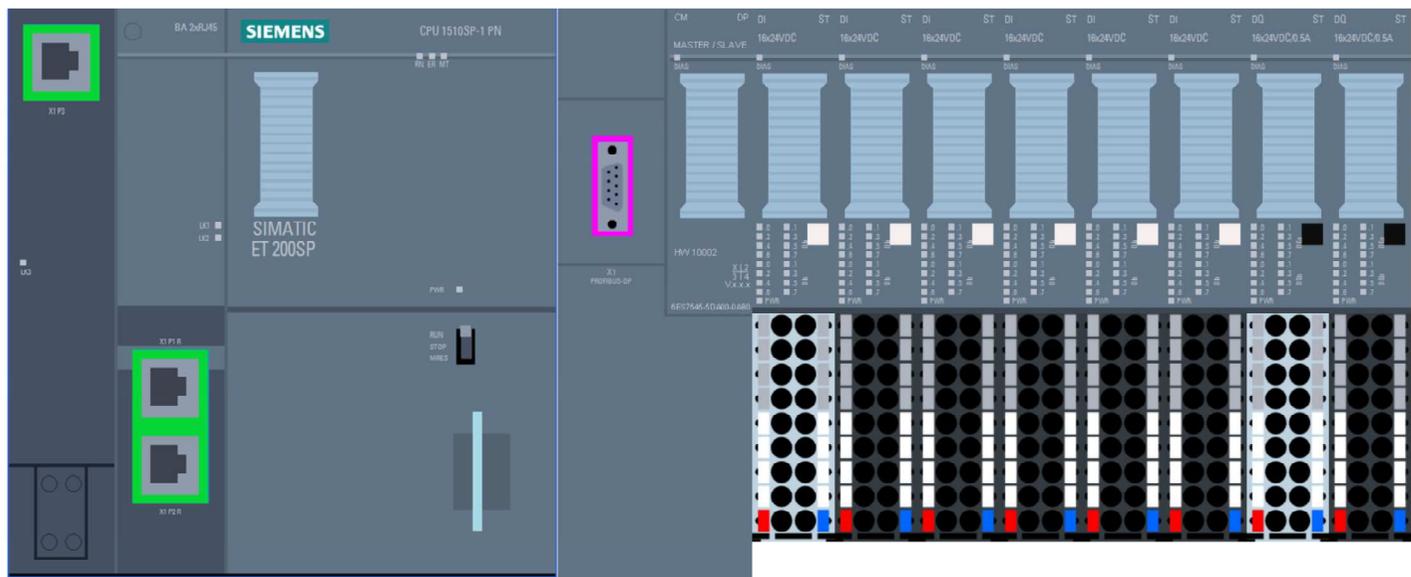
Salidas Digitales 403.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 403.2 Siguinte: 600.2

CCA_ET200SP

CV2A106
CV2A107
CV2A108
CV2A109
CV2A110
CV2A111
CV2A402
CV2A403



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre
--------	-------	--------

Autor:
Valeria Ospina

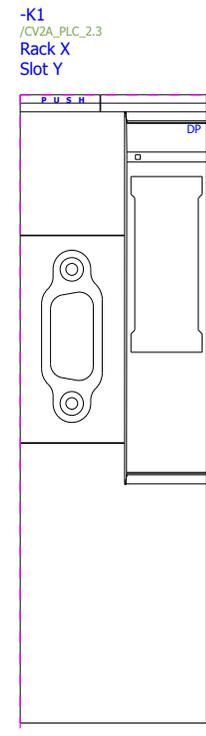
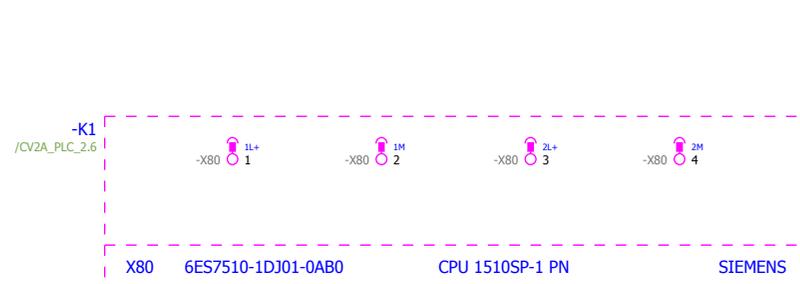
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



ET200SP

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
Hoja: 600.2 Siguinte: 800.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



ET200SP

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
 Hoja: 600.2 Siguinte: 800.2

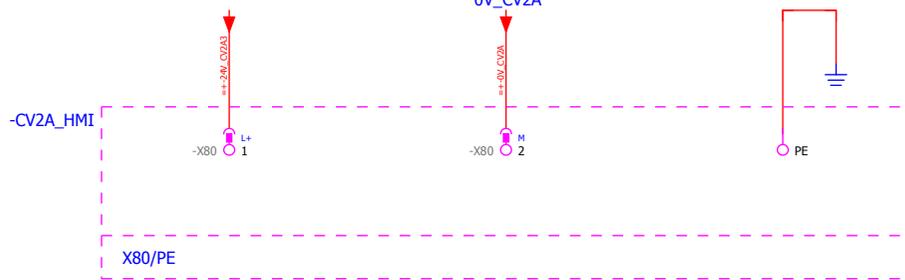
-CV2A_HMI



Alimentación
Pantalla HMI

24V_CV2A3

0V_CV2A



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

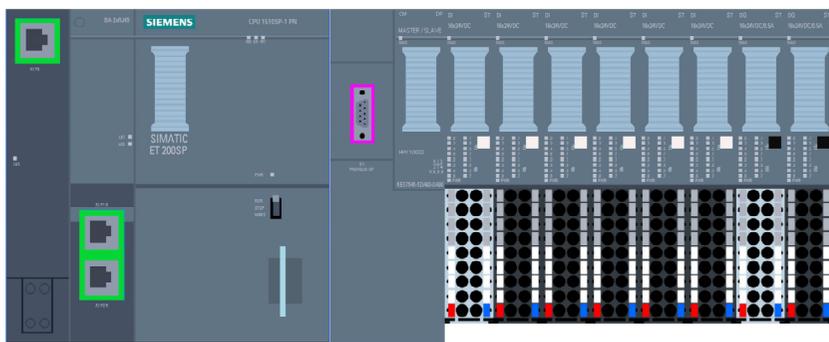


HMI

Fecha:
10/04/2017

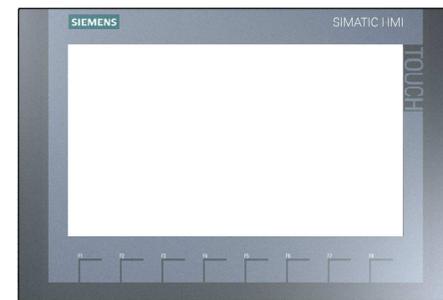
Armario: CV2_A
 Hoja: 800.2 Siguinte: 900.2

CV2A_ET200SP



IP: XXX.X.X

CV2A_HMI



IP: XXX.X.X

Profinet
CV2A_PNET_01



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

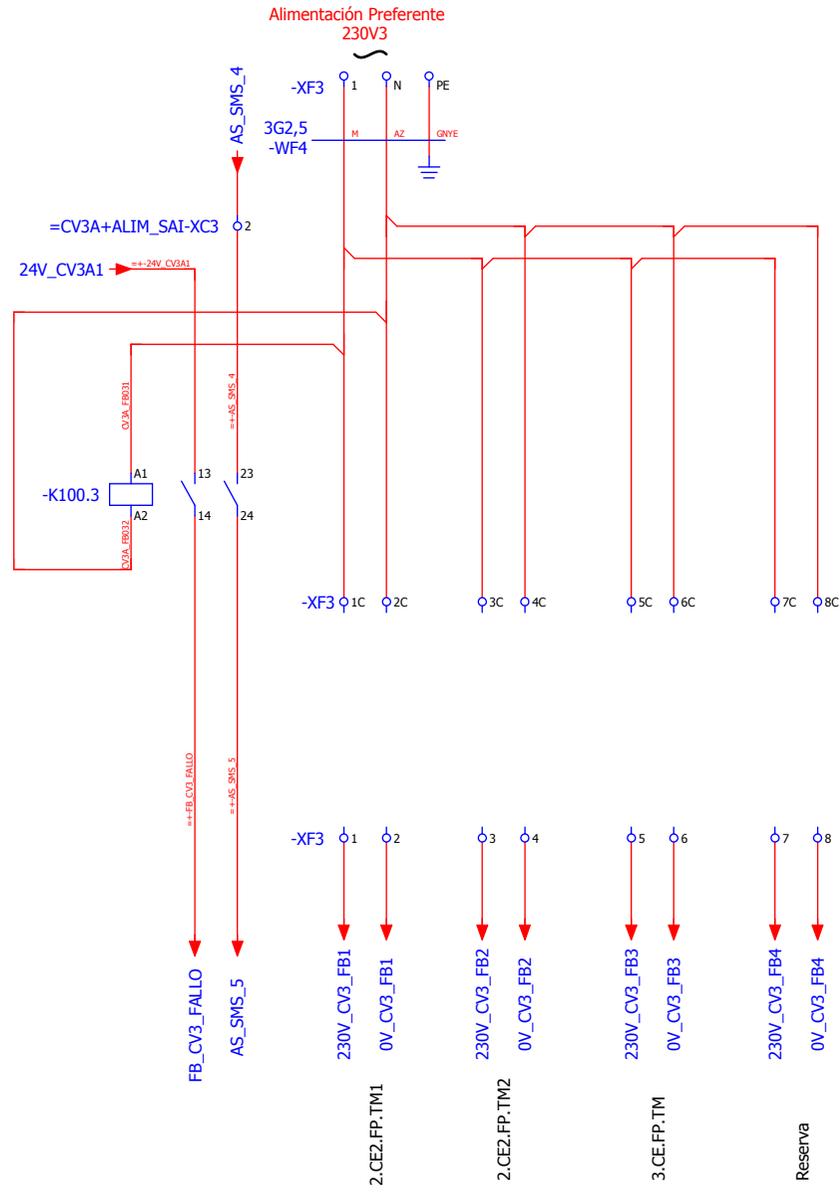
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Comunicaciones

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV2_A
Hoja: 900.2 Siguinte: 20.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

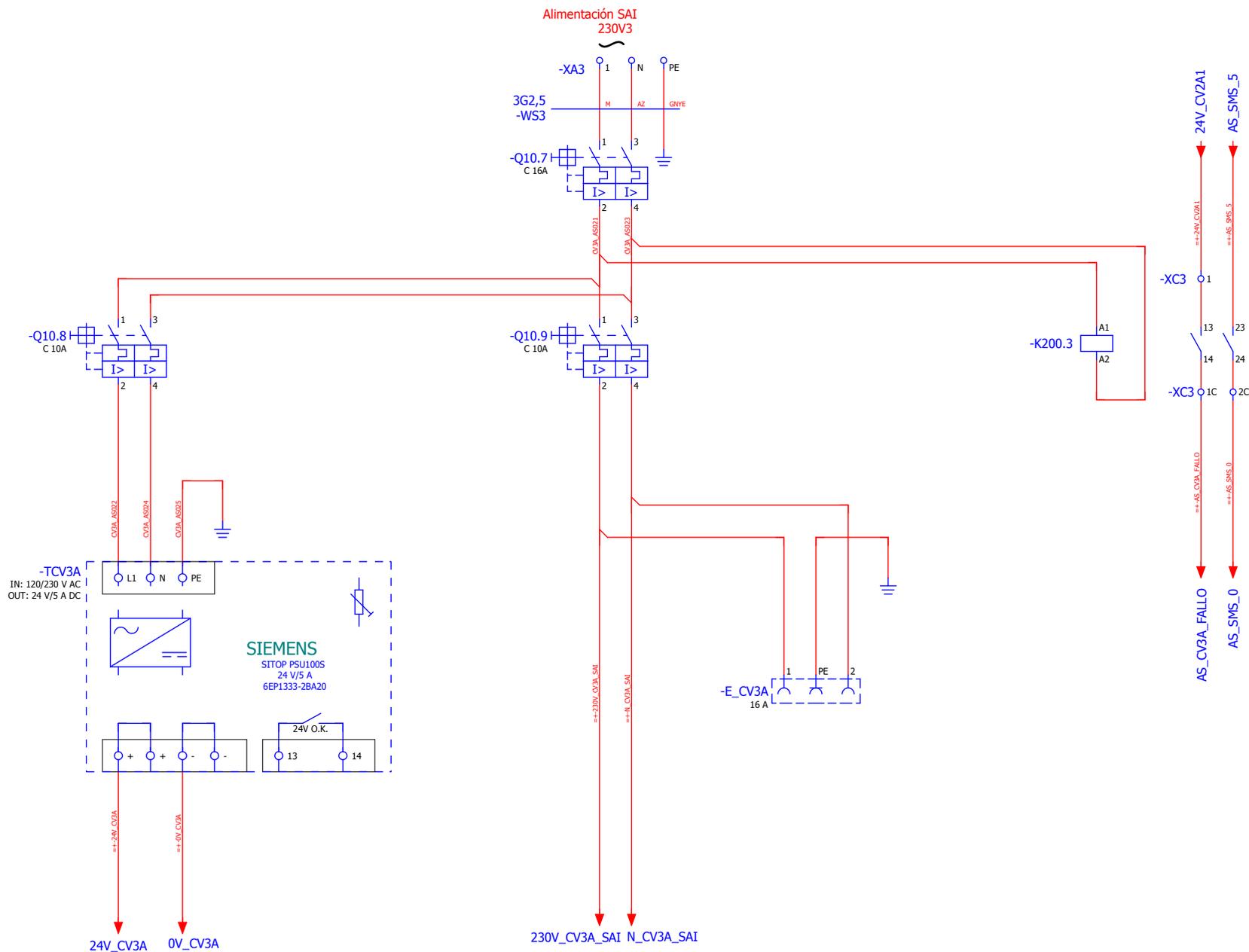
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Fuerza bombas 100.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 20.2 Siguiete: 10.5



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

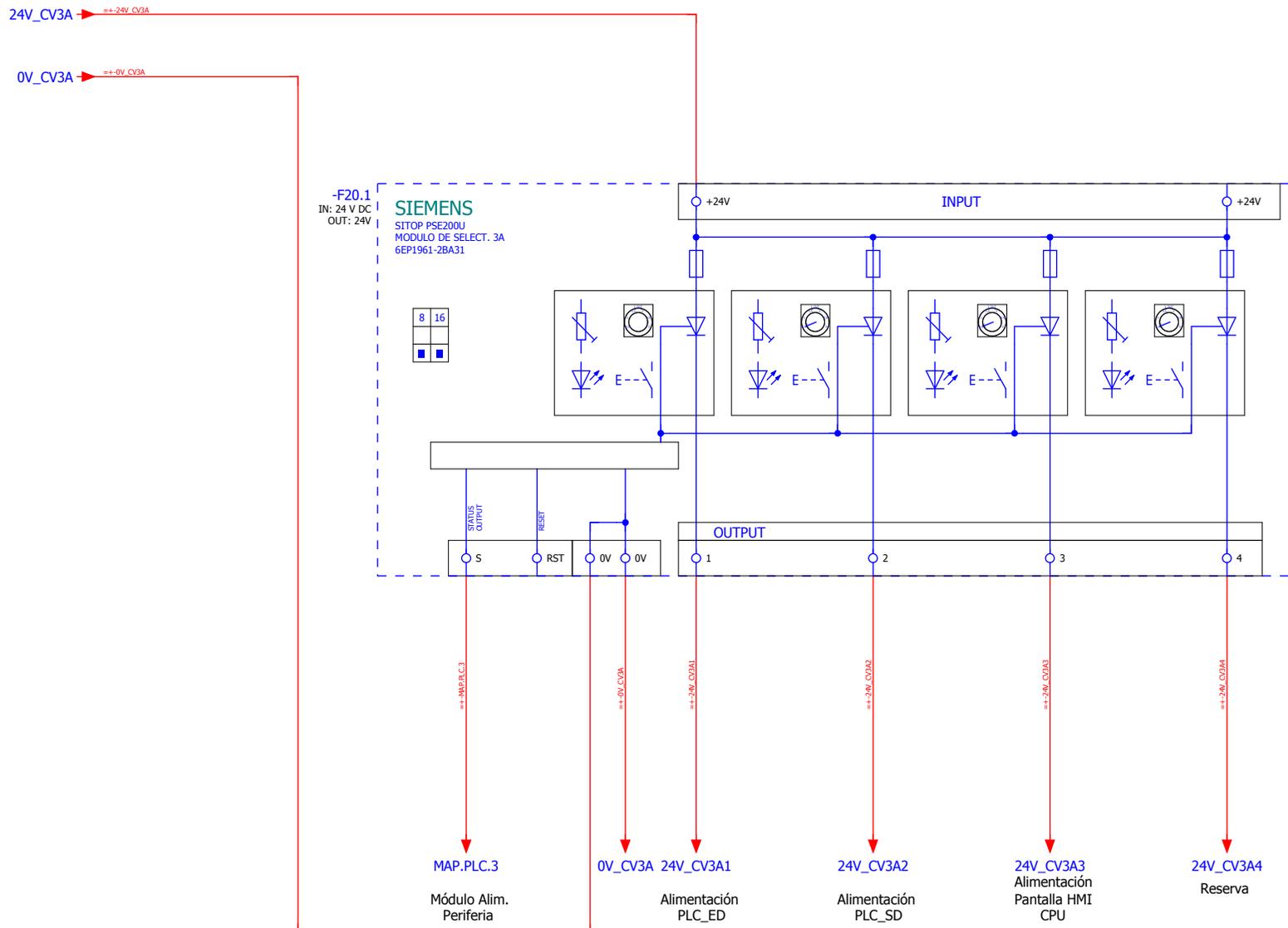
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Alimentación SAI 100.1

Fecha:
10/07/2017

Armario: CV3A_A
Hoja: 10.5 Sigiente: 10.6



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

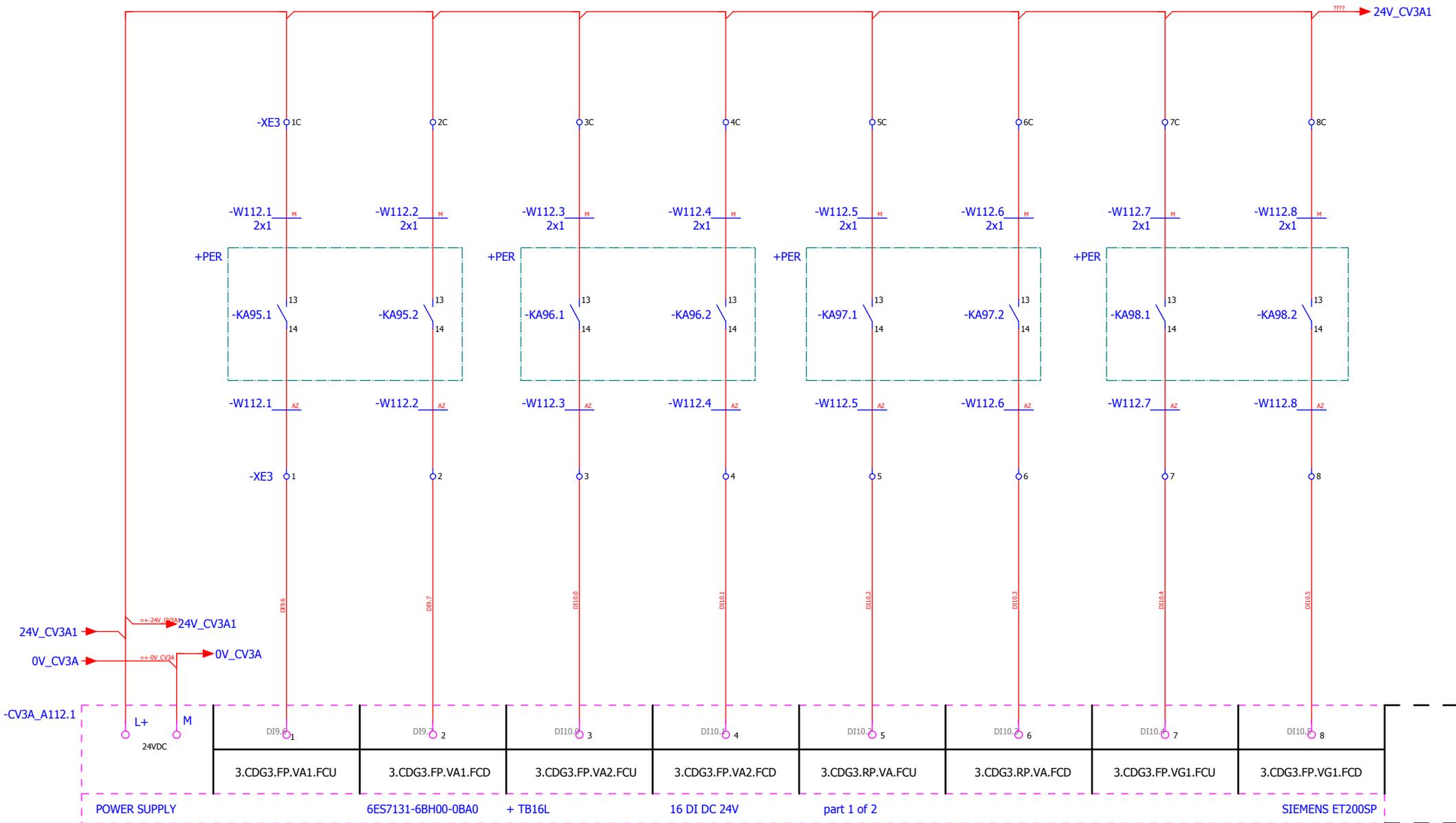
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Modulo Alimentación

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
Hoja: 10.6 Siguinte: 112.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

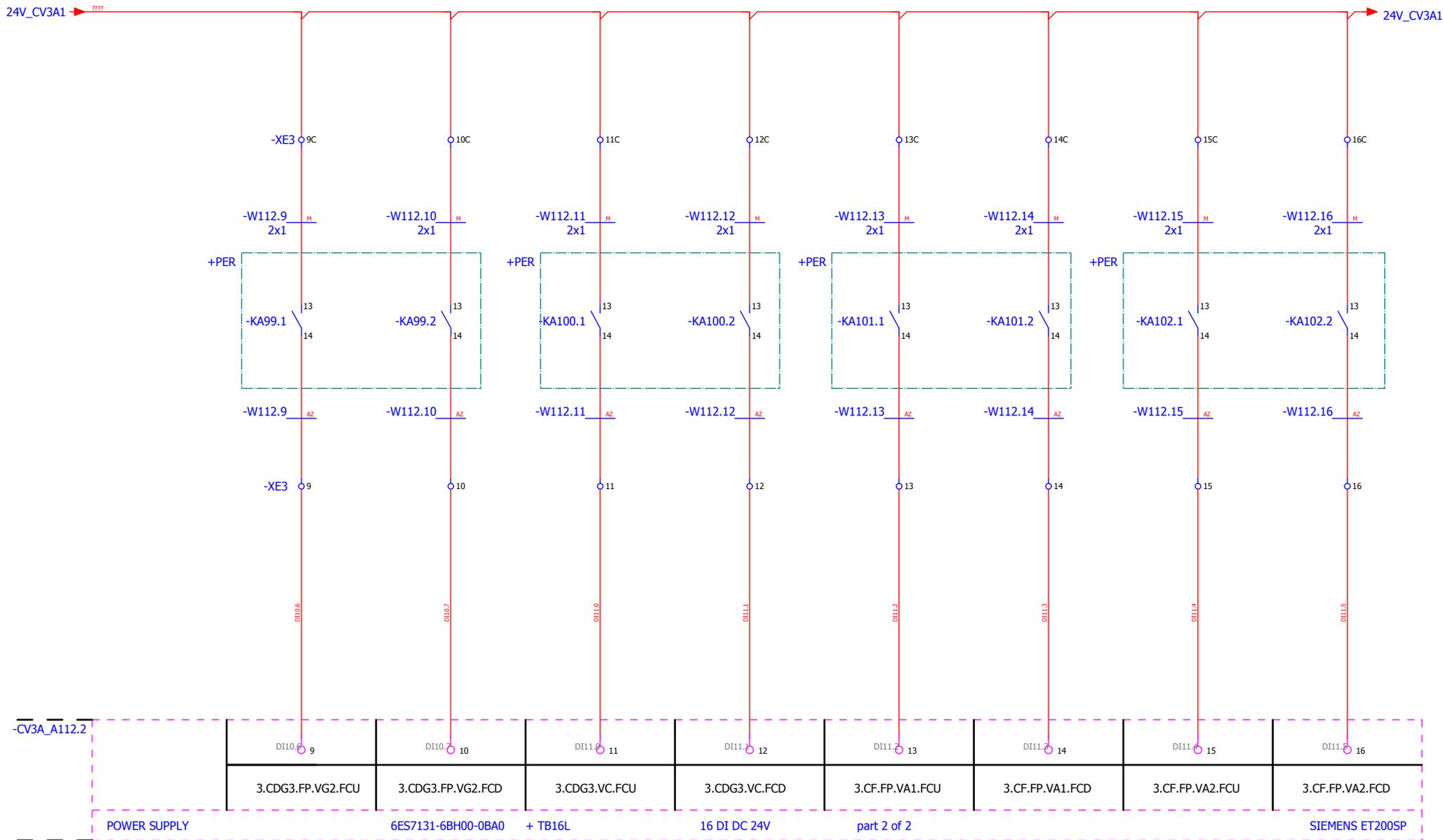
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 112.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 112.1 Siguinte: 112.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

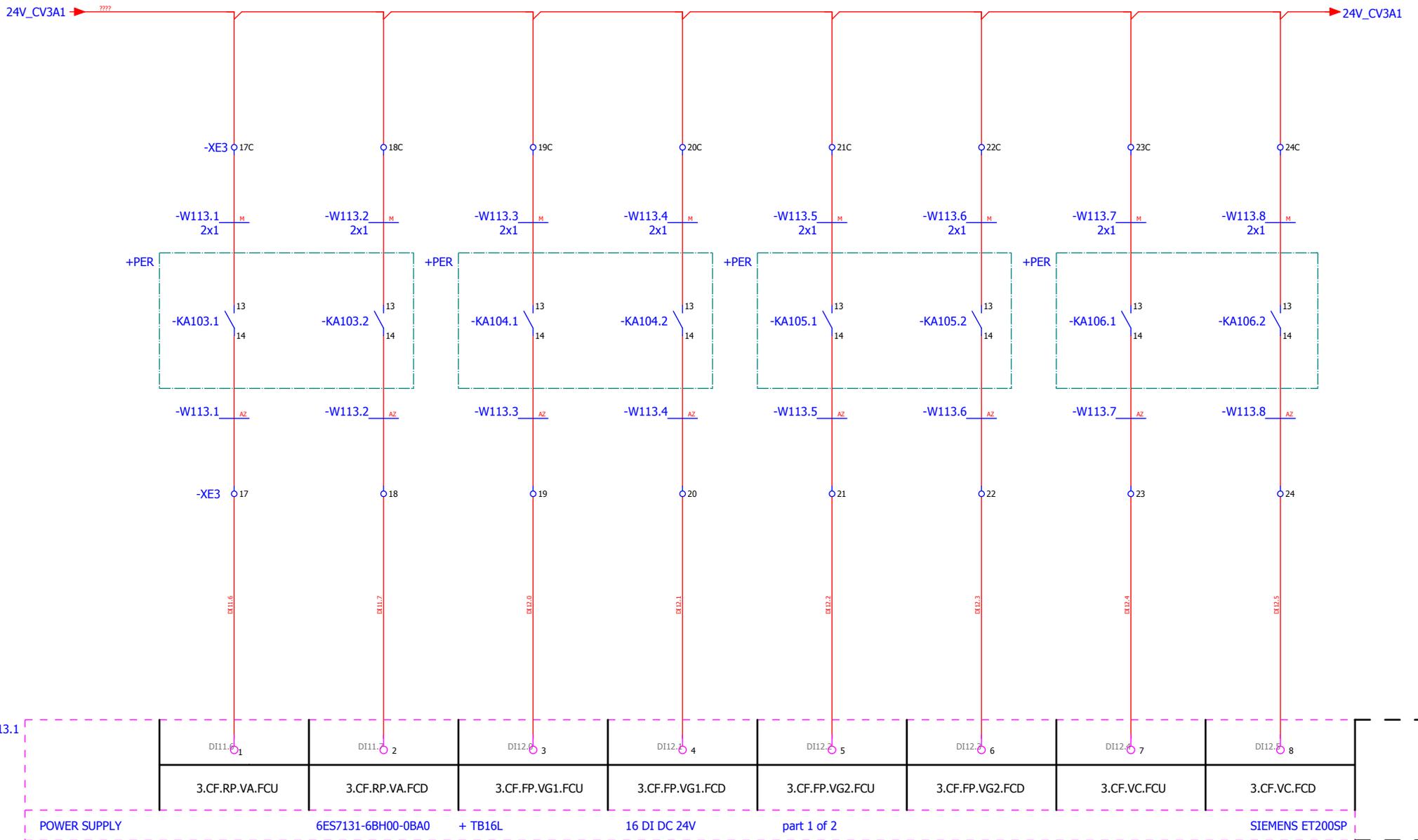
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 112.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 112.2 Siguinte: 113.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

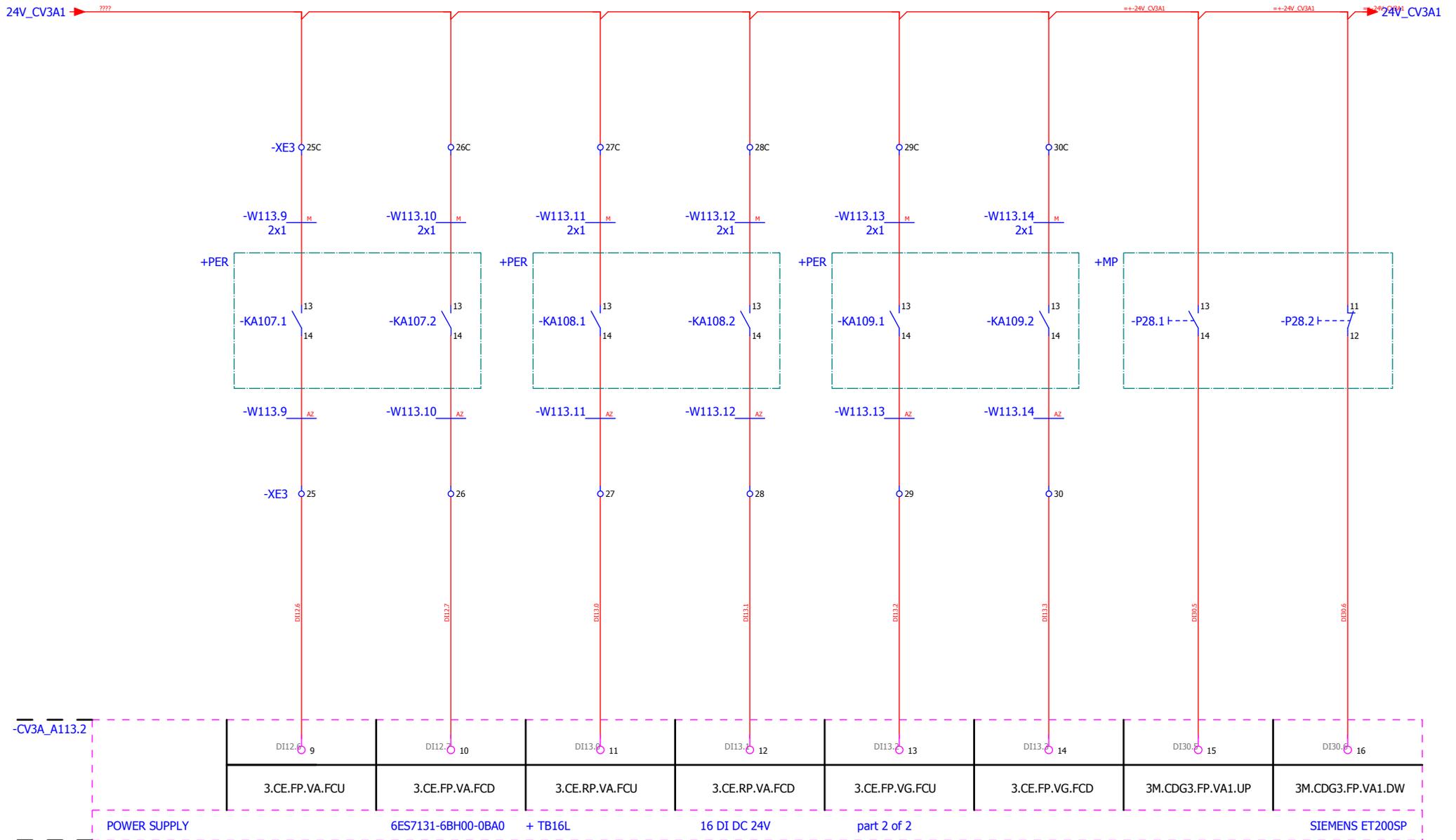
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 113.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 113.1 Siguinte: 113.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

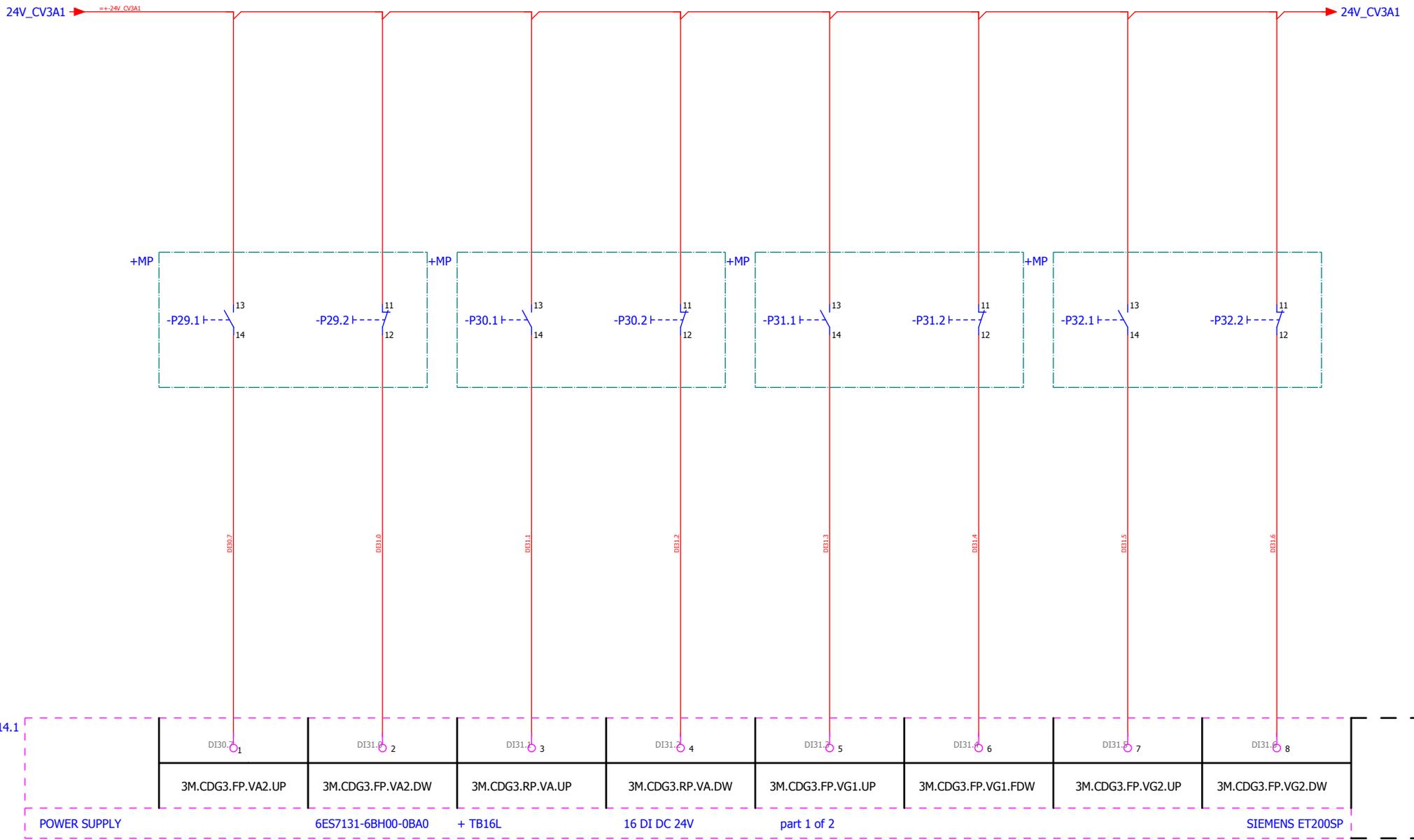
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 113.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 113.2 Siguinte: 114.1



DI31.1	DI31.2	DI31.3	DI31.4	DI31.5	DI31.6	DI31.7	DI31.8	
3M.CDG3.FP.VA2.UP	3M.CDG3.FP.VA2.DW	3M.CDG3.RP.VA.UP	3M.CDG3.RP.VA.DW	3M.CDG3.FP.VG1.UP	3M.CDG3.FP.VG1.FDW	3M.CDG3.FP.VG2.UP	3M.CDG3.FP.VG2.DW	
POWER SUPPLY		6ES7131-6BH00-0BA0 + TB16L		16 DI DC 24V		part 1 of 2		SIEMENS ET200SP

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

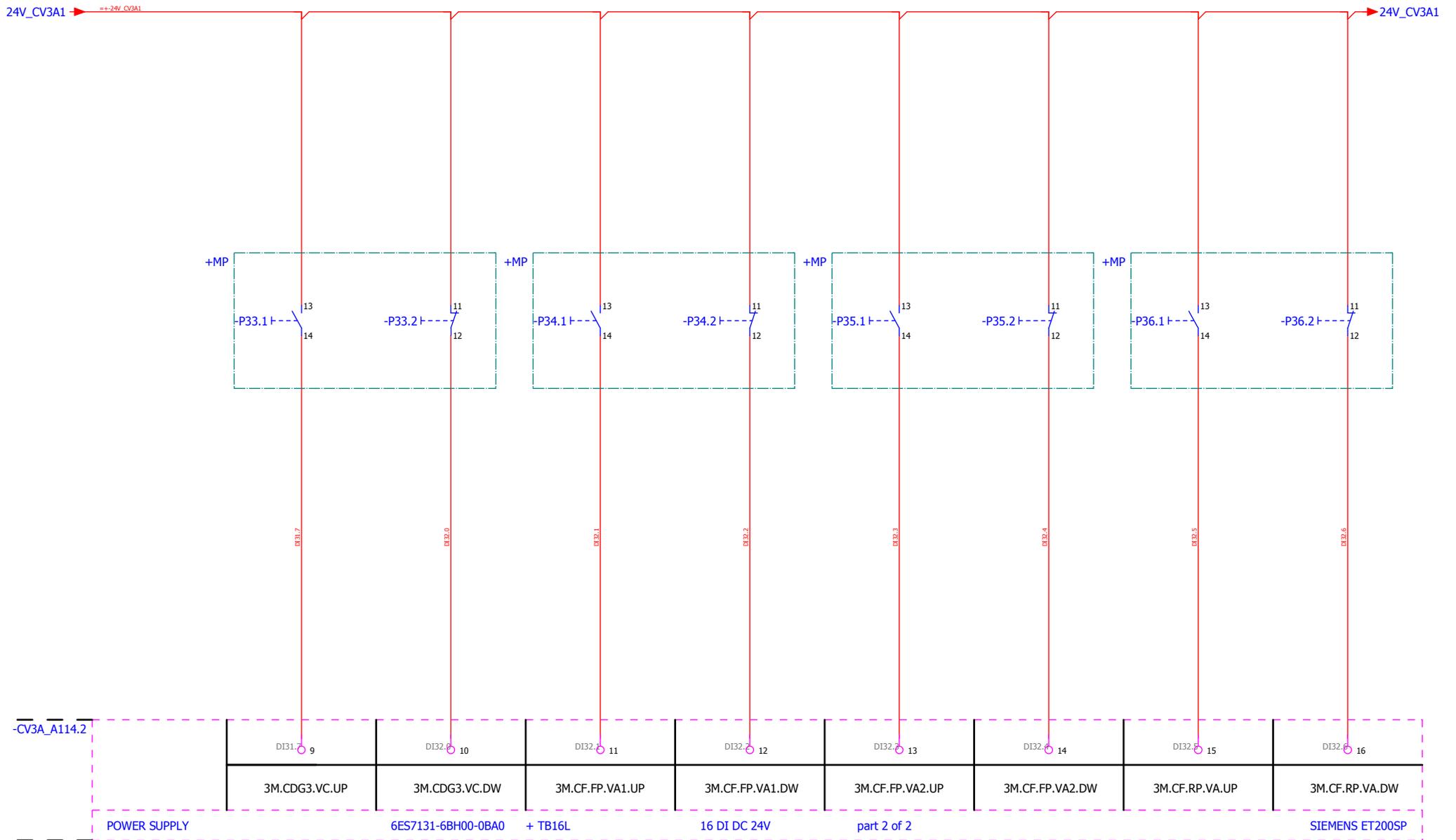
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 114.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 114.1 Siguinte: 114.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

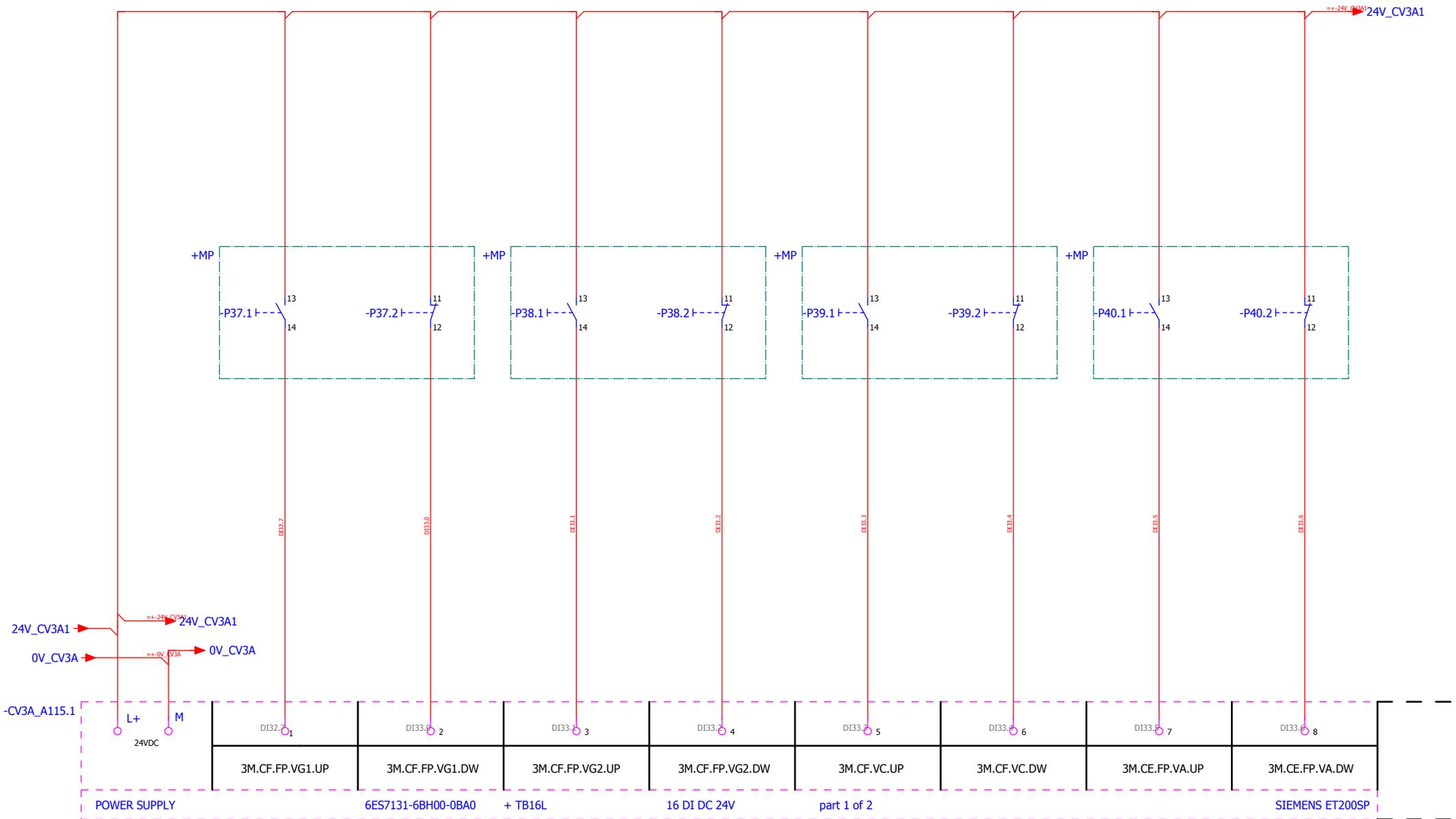
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 114.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 114.2 Siguinte: 115.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

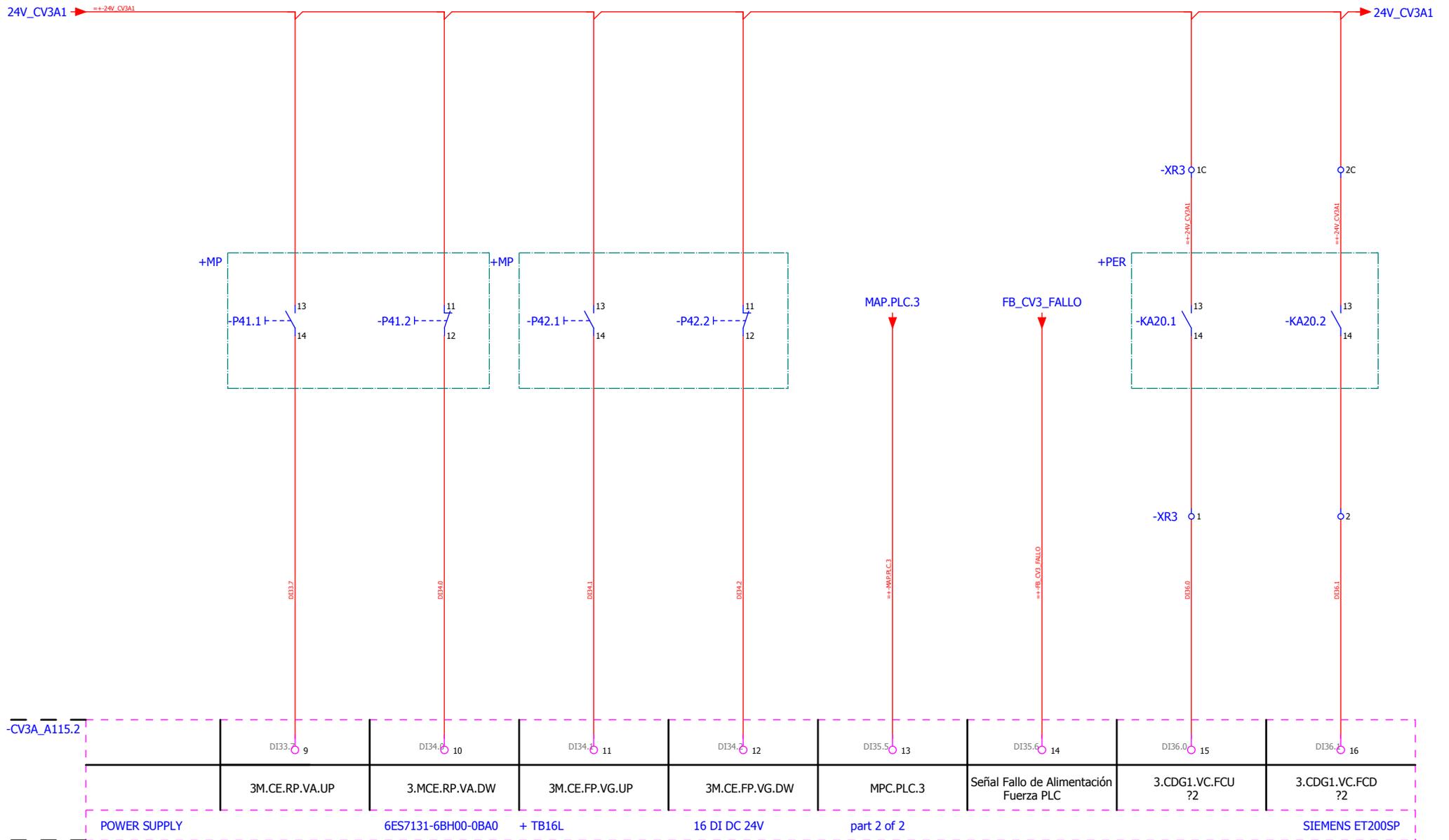
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 115.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 115.1 Siguinte: 115.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

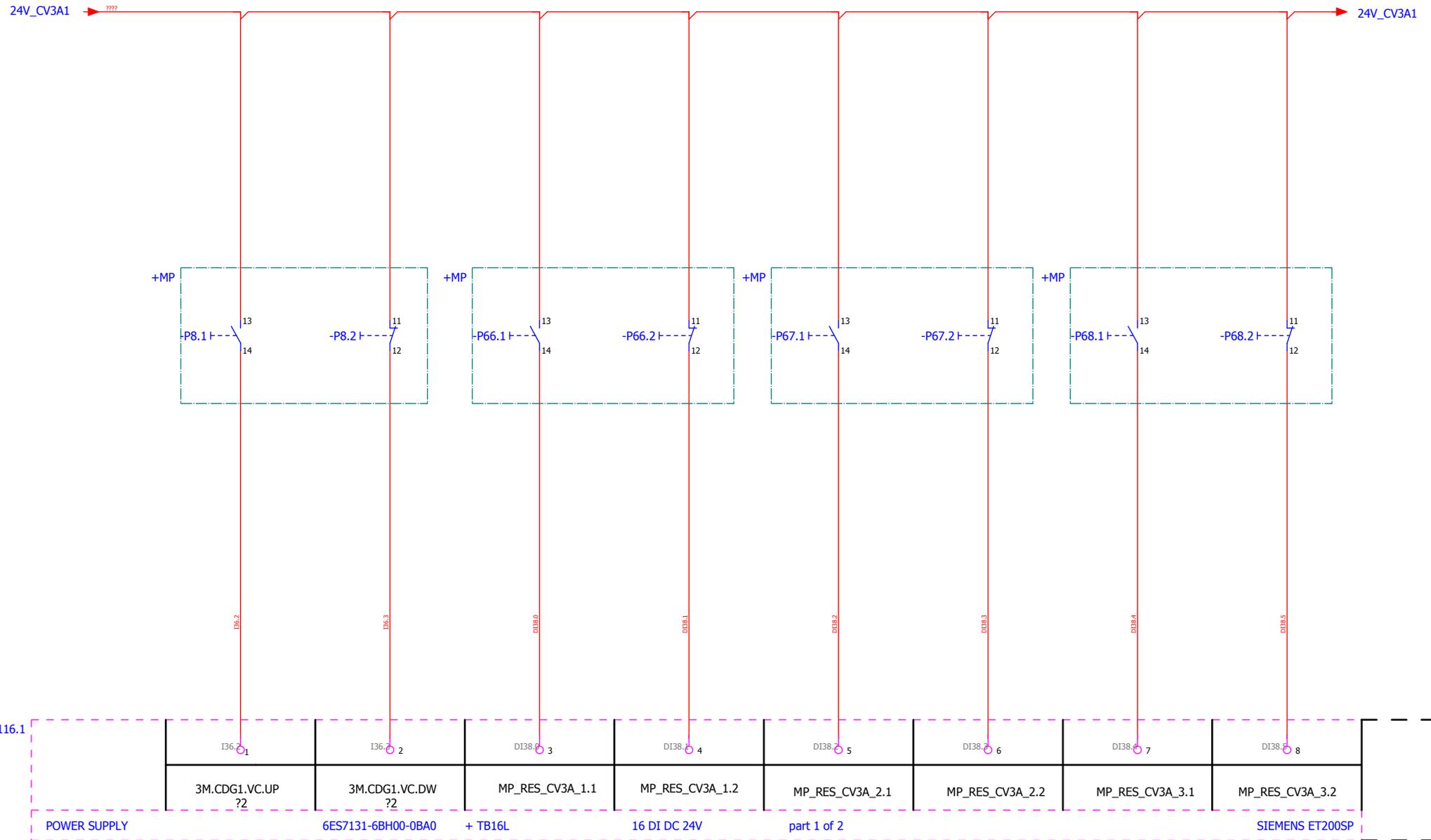
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 115.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 115.2 Sigiente: 116.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

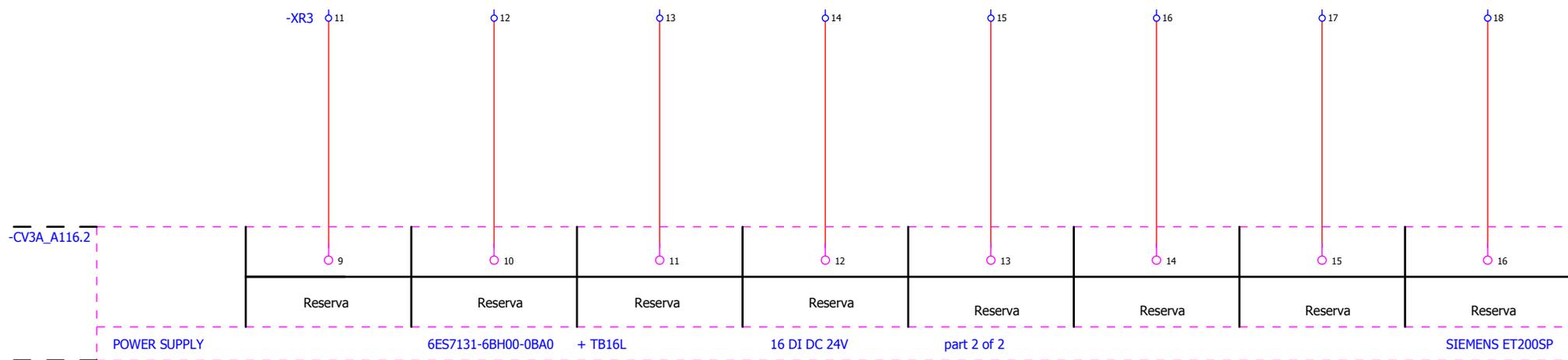
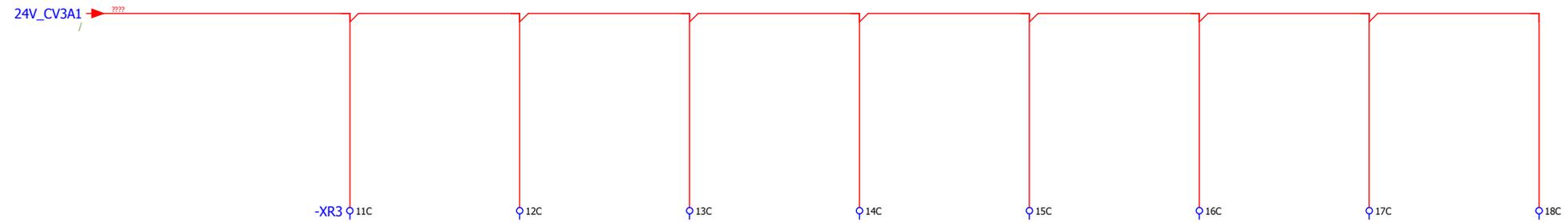
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 116.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 116.1 Siguinte: 116.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

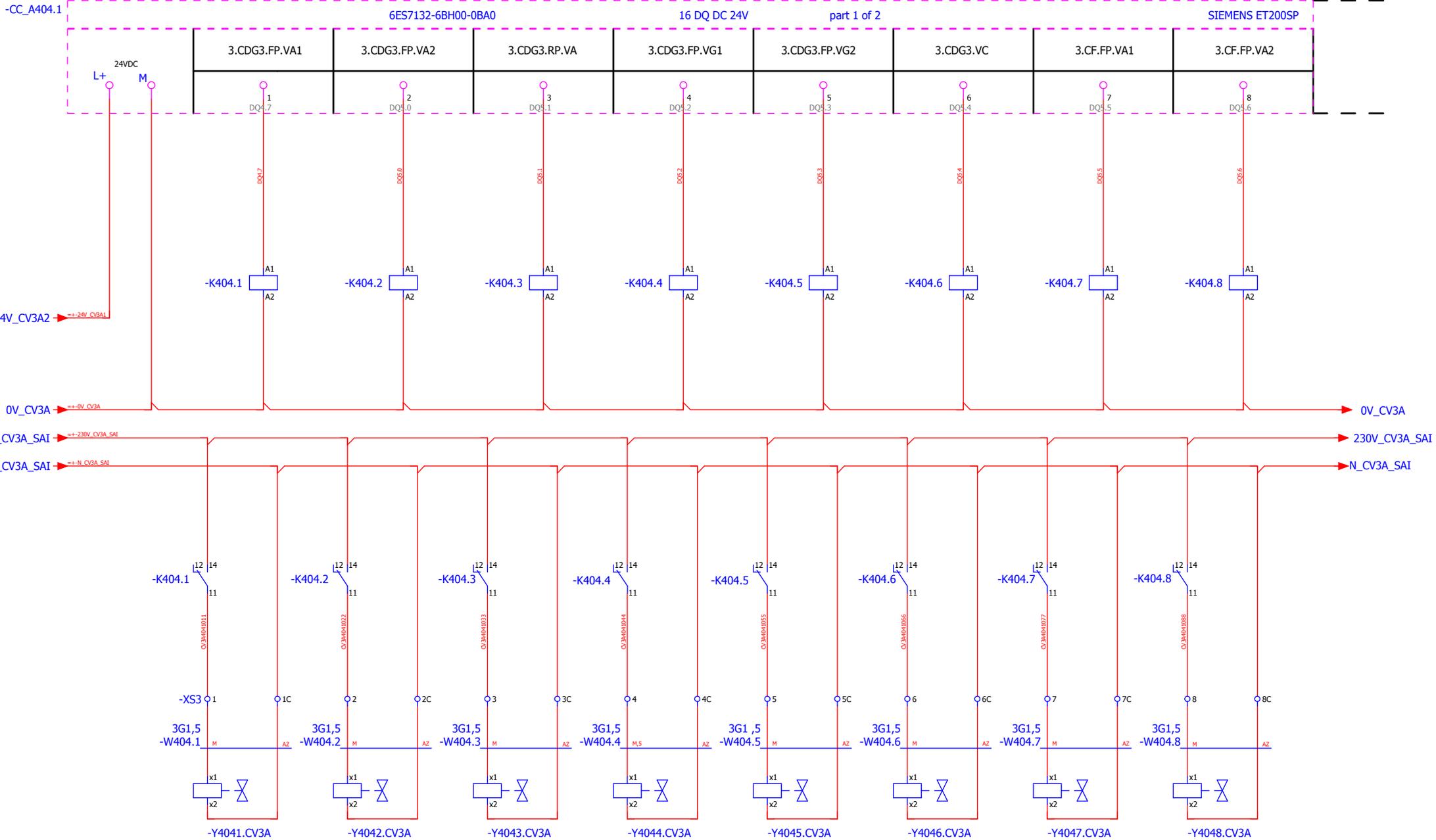
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales 116.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 116.2 Siguinte: 404.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

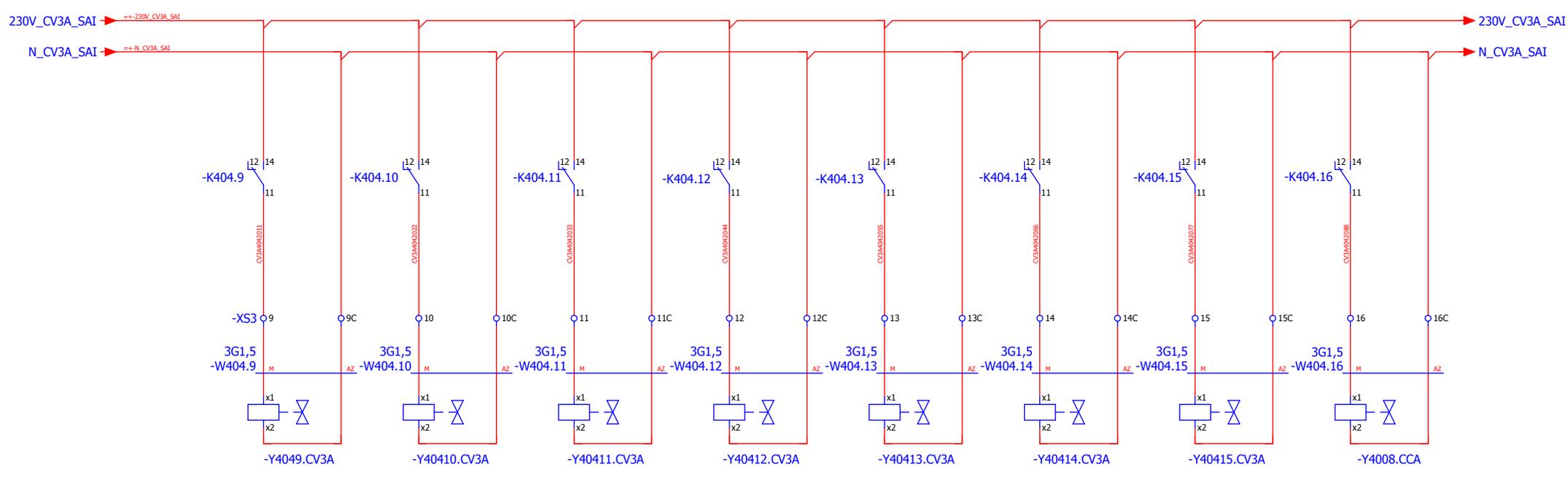
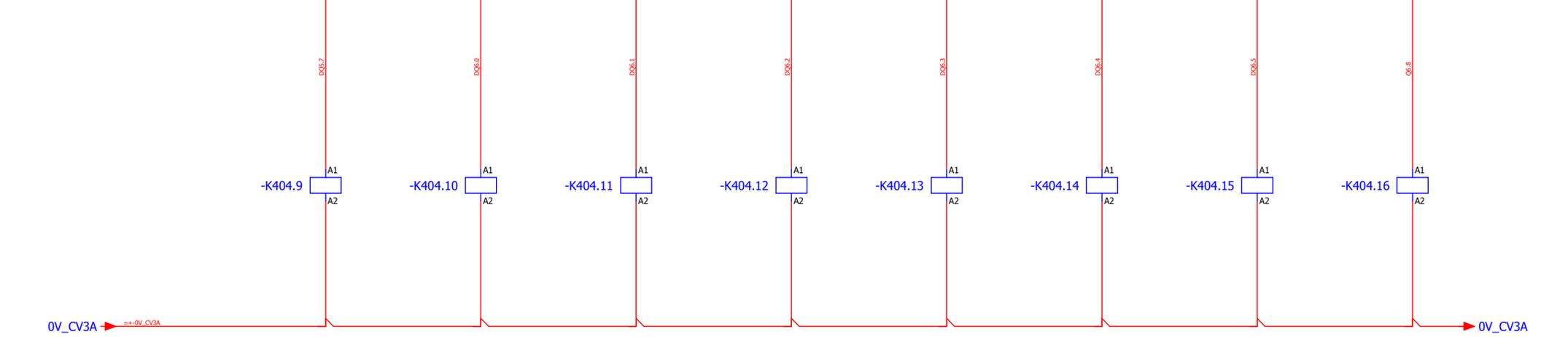
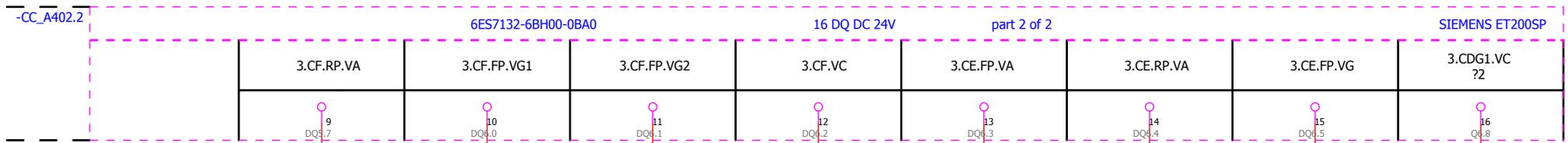
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 404.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 404.1 Siguiete: 404.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

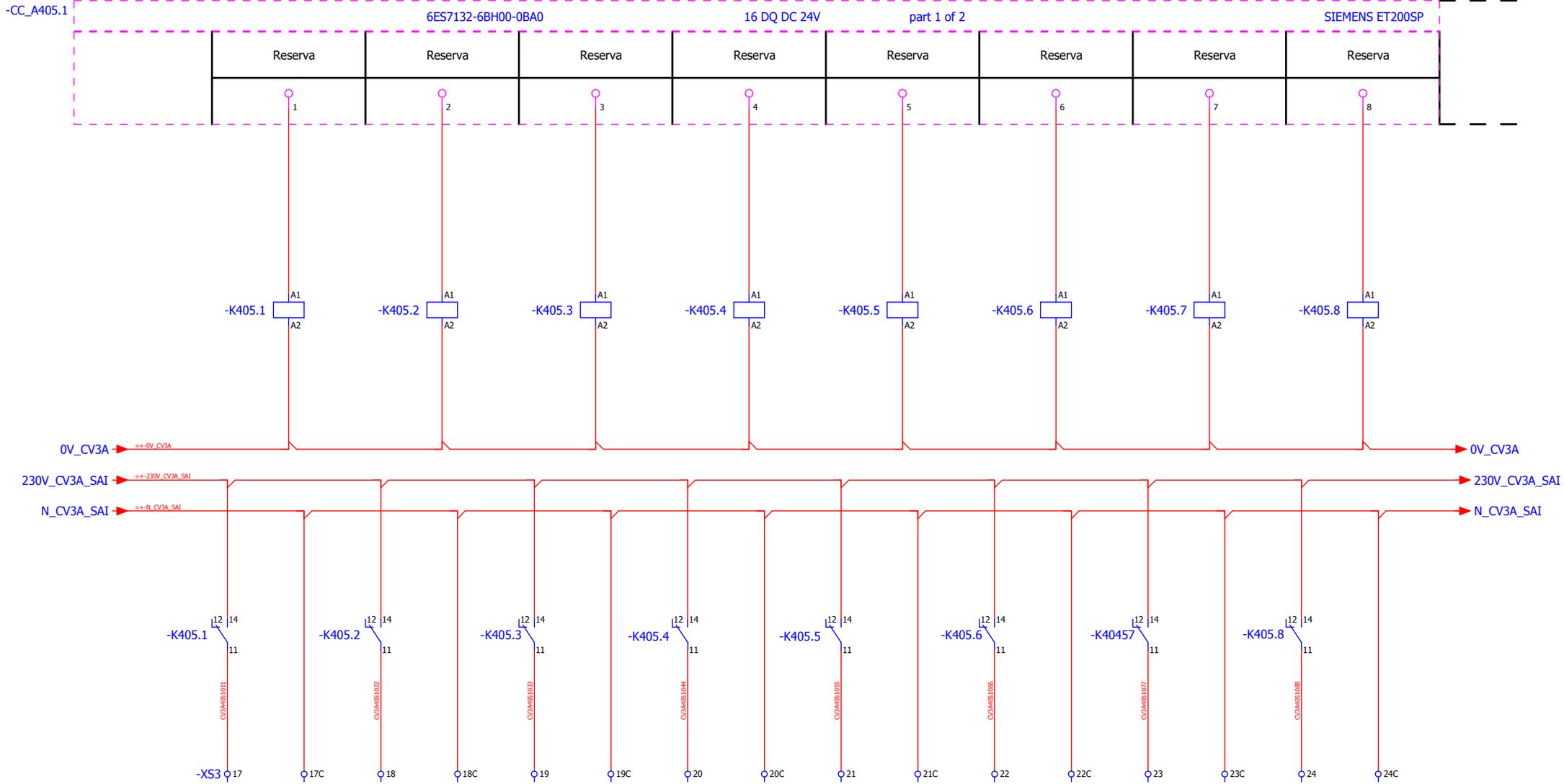
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 404.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 404.2 Siguinte: 405.1



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

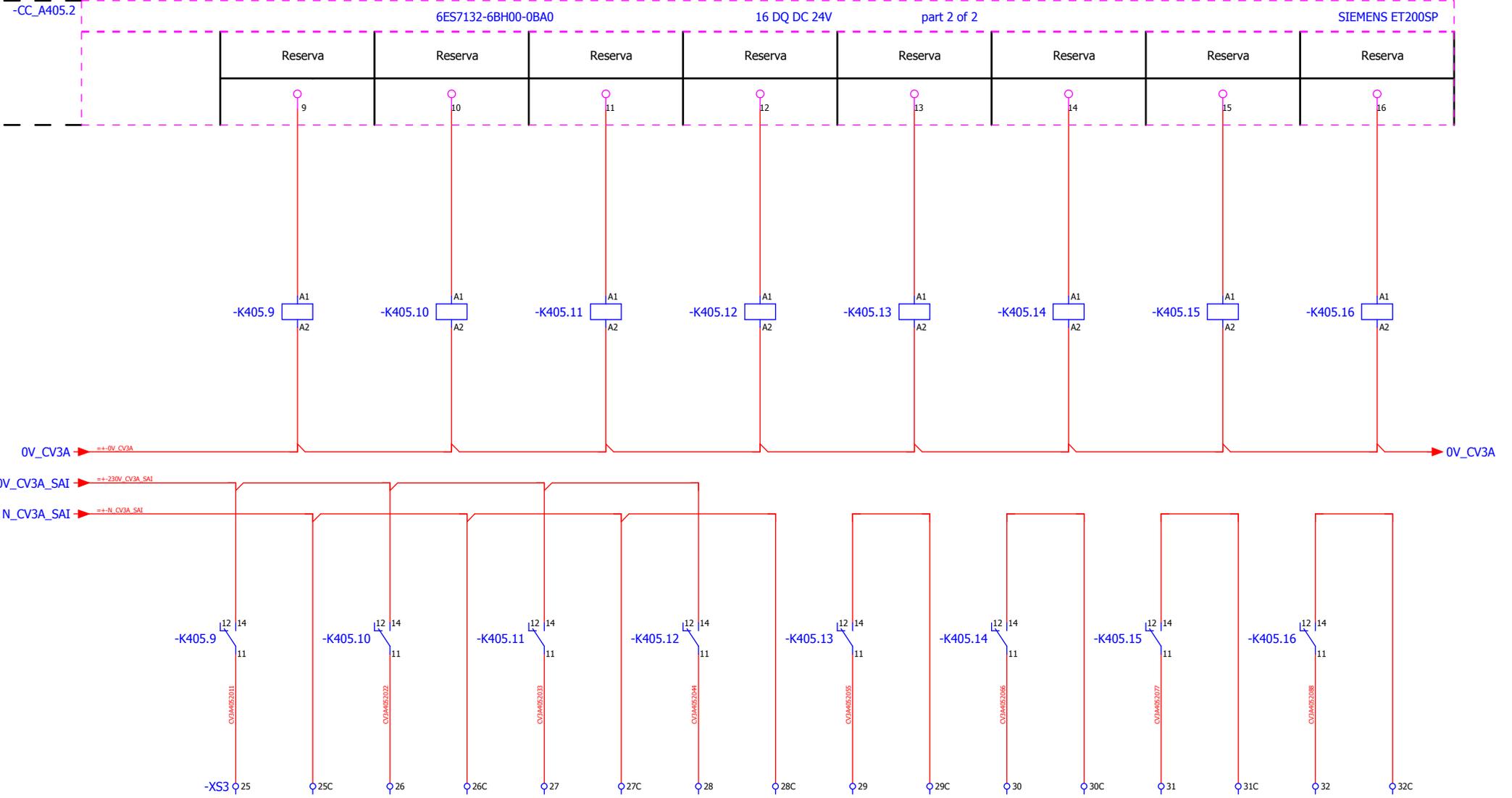
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales 405.1

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 405.1 Siguinte: 405.2



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

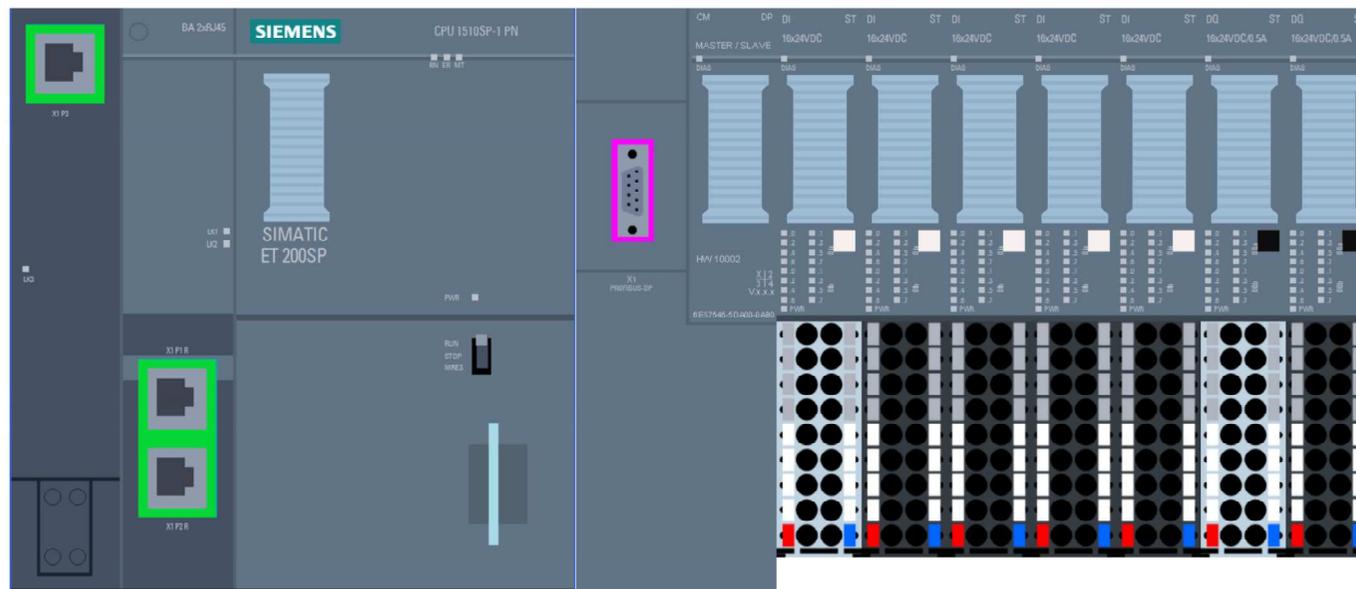


Salidas Digitales 405.2

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 405.2 Siguinte: 600.3

CV3A_ET200SP



CV3A112
CV3A113
CV3A114
CV3A115
CV3A116
CV3A404
CV3A405

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre
--------	-------	--------

Autor:
Valeria Ospina

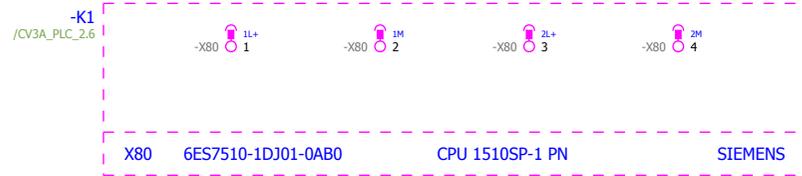
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



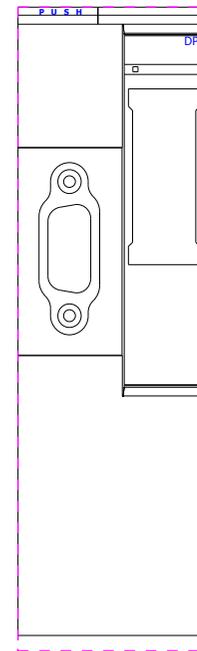
ET200SP

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
Hoja: 600.3 Siguiete: 800.3



-K1
/CV3A_PLC_2.2
Rack X
Slot Y



CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

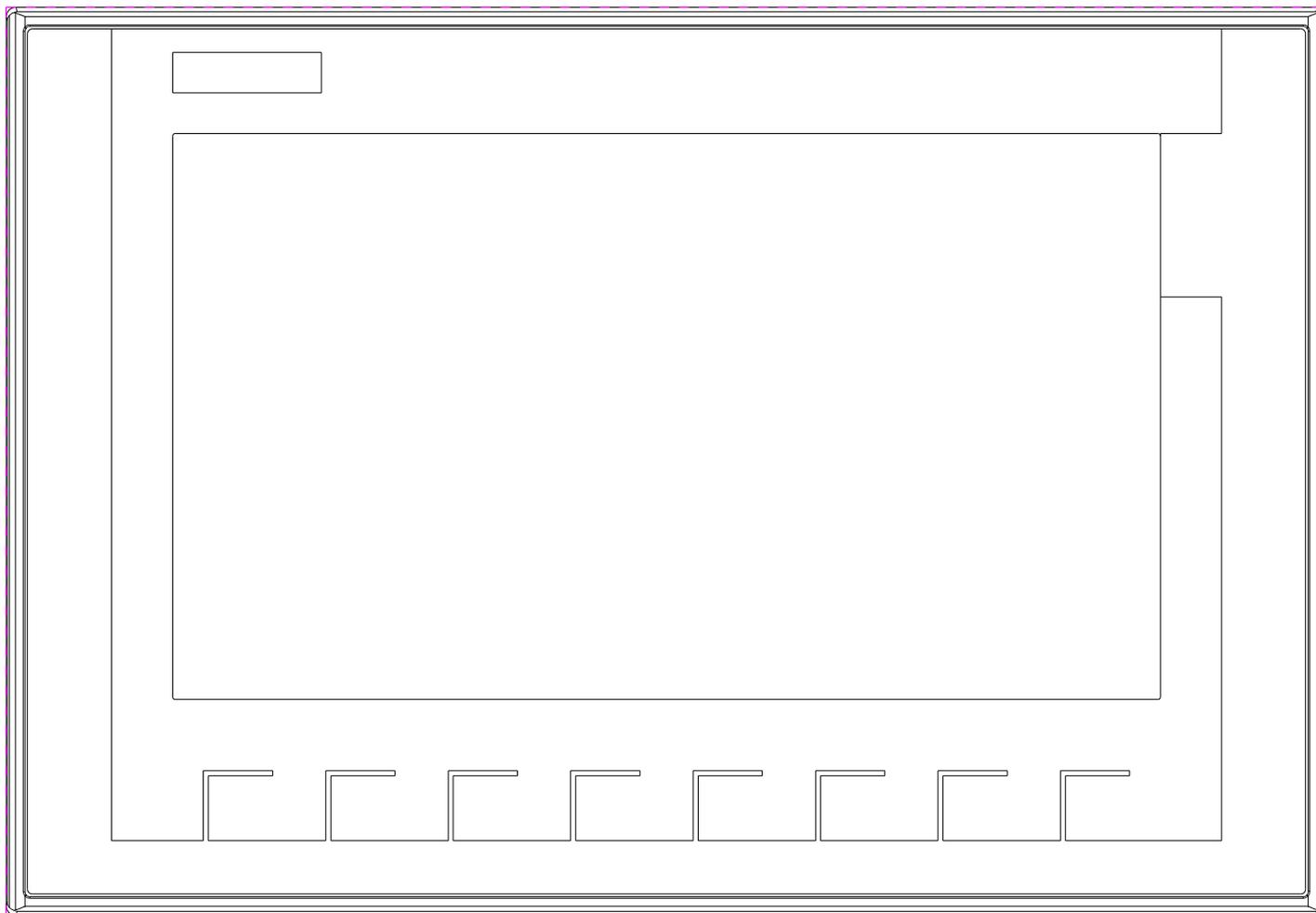


ET200SP

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 600.3 Siguinte: 800.3

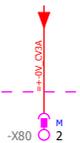
-CV3A_HMI



Alimentación
Pantalla HMI
24V_CV3A3

0V_CV3A

-CV3A_HMI



X80/PE

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

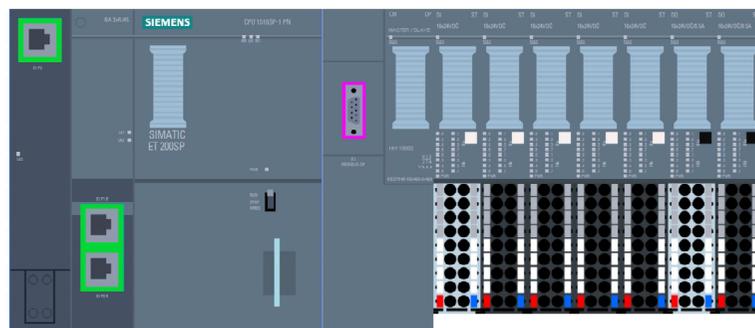


HMI

Fecha:
10/04/2017

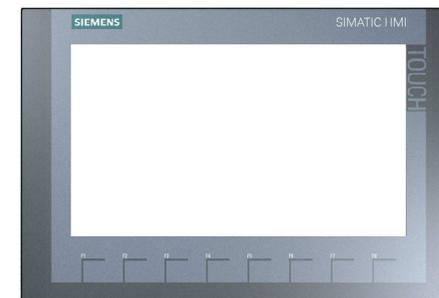
Armario: CV3_A
 Hoja: 800.3 Siguinte: 900.3

CV3A_ET200SP



IP: XXX.X.X

CV23A_HMI



IP: XXX.X.X

Profinet

CV3A_PNET_01

CLPU

Cambio	Fecha	Nombre
--------	-------	--------

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Comunicaciones

Fecha:
10/04/2017

Armario: CV3_A
 Hoja: 900.3 Siguiete: -

Lista de artículos

F01_001

Identificador de medios de explotación	Cantidad	Designación	Número de tipo	Proveedor	Número de artículo
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-K100.1	1	Módulo de relés	PLC-RPT-230UC/21-21	PXC	PXC.2900336
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-K100.2	1	Módulo de relés	PLC-RPT-230UC/21-21	PXC	PXC.2900336
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-WF1	1	Línea de alimentación fuerza sin halógenos, 3G2,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G2,5
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-WF2	1	Línea de alimentación fuerza sin halógenos, 3G2,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G2,5
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-XF2	2	Borne universal fase con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044076
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-XF2	16	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-XF2	2	Borne universal neutro con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044089
=CV2A+FUERZA_BOMBAS-XF2	2	Borne de conductor protector	UT 2,5-PE	PXC	PXC.3044092
=CV3A+FUERZA_BOMBAS-K100.3	1	Módulo de relés	PLC-RPT-230UC/21-21	PXC	PXC.2900336
=CV3A+FUERZA_BOMBAS-WF4	1	Línea de alimentación fuerza sin halógenos, 3G2,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G2,5
=CV3A+FUERZA_BOMBAS-XF3	8	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CV3A+FUERZA_BOMBAS-XF3	1	Borne universal fase con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044076
=CV3A+FUERZA_BOMBAS-XF3	1	Borne universal neutro con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044089
=CV3A+FUERZA_BOMBAS-XF3	1	Borne de conductor protector	UT 2,5-PE	PXC	PXC.3044092
=CCA+ALIM_SAI-E_CCA	1	Enchufe	SD-D/SC/LA	PXC	PXC.2964898
=CCA+ALIM_SAI-K200.1	1	Módulo de relés	PLC-RPT-230UC/21-21	PXC	PXC.2900336
=CCA+ALIM_SAI-Q10.1	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 16A	5SL6616-7	SIE	SIE.55L6616-7
=CCA+ALIM_SAI-Q10.2	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 10A	5SL6610-7	SIE	SIE.55L6610-7
=CCA+ALIM_SAI-Q10.3	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 10A	5SL6610-7	SIE	SIE.55L6610-7
=CCA+ALIM_SAI-TCCA	1	SITOP PSU100S	6EP1333-2BA20	SIE	SIE.6EP1333-2BA20
=CCA+ALIM_SAI-WS1	1	Línea de alimentación fuerza sin halógenos, 3G2,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G2,5
=CCA+ALIM_SAI-XA1	1	Borne universal fase con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044076
=CCA+ALIM_SAI-XA1	1	Borne universal neutro con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044089
=CCA+ALIM_SAI-XA1	1	Borne de conductor protector	UT 2,5-PE	PXC	PXC.3044092
=CCA+ALIM_SAI-XC1	2	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CV2A+ALIM_SAI-E_CV2A	1	Enchufe	SD-D/SC/LA	PXC	PXC.2964898
=CV2A+ALIM_SAI-K200.2	1	Módulo de relés	PLC-RPT-230UC/21-21	PXC	PXC.2900336
=CV2A+ALIM_SAI-Q10.4	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 16A	5SL6616-7	SIE	SIE.55L6616-7
=CV2A+ALIM_SAI-Q10.5	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 10A	5SL6610-7	SIE	SIE.55L6610-7
=CV2A+ALIM_SAI-Q10.6	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 10A	5SL6610-7	SIE	SIE.55L6610-7
=CV2A+ALIM_SAI-TCV2A	1	SITOP PSU100S	6EP1333-2BA20	SIE	SIE.6EP1333-2BA20
=CV2A+ALIM_SAI-WS2	1	Línea de alimentación fuerza sin halógenos, 3G2,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G2,5
=CV2A+ALIM_SAI-XA2	1	Borne universal fase con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044076
=CV2A+ALIM_SAI-XA2	1	Borne universal neutro con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044089
=CV2A+ALIM_SAI-XA2	1	Borne de conductor protector	UT 2,5-PE	PXC	PXC.3044092
=CV2A+ALIM_SAI-XC2	4	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CV3A+ALIM_SAI-E_CV3A	1	Enchufe	SD-D/SC/LA	PXC	PXC.2964898
=CV3A+ALIM_SAI-K200.3	1	Módulo de relés	PLC-RPT-230UC/21-21	PXC	PXC.2900336
=CV3A+ALIM_SAI-Q10.7	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 16A	5SL6616-7	SIE	SIE.55L6616-7
=CV3A+ALIM_SAI-Q10.8	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 10A	5SL6610-7	SIE	SIE.55L6610-7
=CV3A+ALIM_SAI-Q10.9	1	AUTOM MAGNETOTERMICO 400V 6KA, 2 POLOS, C, 10A	5SL6610-7	SIE	SIE.55L6610-7
=CV3A+ALIM_SAI-TCV3A	1	SITOP PSU100S	6EP1333-2BA20	SIE	SIE.6EP1333-2BA20
=CV3A+ALIM_SAI-WS3	1	Línea de alimentación fuerza sin halógenos, 3G2,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G2,5
=CV3A+ALIM_SAI-XA3	1	Borne universal fase con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044076
=CV3A+ALIM_SAI-XA3	1	Borne universal neutro con conexión atornillada	UT 2,5	PXC	PXC.3044089
=CV3A+ALIM_SAI-XA3	1	Borne de conductor protector	UT 2,5-PE	PXC	PXC.3044092
=CV3A+ALIM_SAI-XC3	2	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CCA+MOD_ALIM-F20.1	1	SITOP PSE200U	6EP1961-2BA31	SIE	SIE.6EP1961-2BA31
=CV2A+MOD_ALIM-F20.1	1	SITOP PSE200U	6EP1961-2BA31	SIE	SIE.6EP1961-2BA31
=CV3A+MOD_ALIM-F20.1	1	SITOP PSE200U	6EP1961-2BA31	SIE	SIE.6EP1961-2BA31
=CCA+ED-CC_A100.1	1	Tarjeta de entrada PLC digital	6ES7131-6BH00-0BA0	SIE	6ES7131-6BH00-0BA0
=CCA+ED-CC_A101.1	1	Tarjeta de entrada PLC digital	6ES7131-6BH00-0BA0	SIE	6ES7131-6BH00-0BA0
=CCA+ED-CC_A102.1	1	Tarjeta de entrada PLC digital	6ES7131-6BH00-0BA0	SIE	6ES7131-6BH00-0BA0
=CCA+ED-CC_A103.1	1	Tarjeta de entrada PLC digital	6ES7131-6BH00-0BA0	SIE	6ES7131-6BH00-0BA0
=CCA+ED-CC_A104.1	1	Tarjeta de entrada PLC digital	6ES7131-6BH00-0BA0	SIE	6ES7131-6BH00-0BA0
=CCA+ED-CC_A105.1	1	Tarjeta de entrada PLC digital	6ES7131-6BH00-0BA0	SIE	6ES7131-6BH00-0BA0

=CV3A+PROFINET/CV3A_PROFINET

			Fecha	10/04/2017	CONTROL VACIO				= EVAL	
			Resp.	JSANTAMARIA	"Sistema Automatización Vacío"				+	
			Probado							
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por	Sustituido por			CLPU 005		Hoja 2
										Hoja 13/3



Lista de artículos : PXC.2900336 - 6ES7131-6BH00-0BA0

2.a

Lista de artículos

F01_001

Identificador de medios de explotación	Cantidad	Designación	Número de tipo	Proveedor	Número de artículo
=CV3A+ED-W113.4	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.5	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.6	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.7	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.8	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.9	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.10	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.11	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.12	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.13	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-W113.14	1	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		2x1
=CV3A+ED-XE3	30	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CV3A+ED-XR3	10	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CCA+SD-CC_A400.1	1	Tarjeta de salida PLC digital			6ES7132-6BH00-0BA0
=CCA+SD-CC_A401.1	1	Tarjeta de salida PLC digital			6ES7132-6BH00-0BA0
=CCA+SD-K400.1	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.2	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.3	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.4	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.5	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.6	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.7	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.8	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.9	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.10	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.11	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.12	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.13	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.14	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.15	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K400.16	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.1	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.2	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.3	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.4	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.5	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.6	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.7	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.8	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.9	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.10	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.11	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.12	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.13	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.14	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.15	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-K401.16	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CCA+SD-W400.1	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.2	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.3	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.4	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.5	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.6	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.7	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.8	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.9	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1

2.b

			Fecha	10/04/2017	CONTROL VACIO		Lista de artículos : 2x1 - 3G1		= EVAL	
			Resp.	JSANTAMARIA	"Sistema Automatización Vacío"				+	
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por			CLPU 005	Hoja 2.c
									Hoja	13

2.d



Lista de artículos

F01_001

Identificador de medios de explotación	Cantidad	Designación	Número de tipo	Proveedor	Número de artículo
=CCA+SD-W400.10	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.11	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.12	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.13	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.14	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.15	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W400.16	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W401.1	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W401.2	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W401.3	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-W401.4	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CCA+SD-XS1	32	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	UTTB 4	PXC	PXC.3044814
=CV2A+SD-CV2A_A402.1	1	Tarjeta de salida PLC digital			6ES7132-6BH00-0BA0
=CV2A+SD-CV2A_A403.1	1	Tarjeta de salida PLC digital			6ES7132-6BH00-0BA0
=CV2A+SD-K402.1	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.2	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.3	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.4	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.5	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.6	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.7	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.8	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.9	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.10	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.11	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.12	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.13	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.14	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.15	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K402.16	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.1	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.2	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.3	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.4	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.5	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.6	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.7	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.8	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.9	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.10	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.11	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.12	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.13	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.14	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.15	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-K403.16	1	Relé 24VDC CO	COM.C10-A10X/DC24V		COM.C10-A10X/DC24V
=CV2A+SD-W402.1	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.2	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.3	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.4	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.5	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.6	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.7	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.8	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.9	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1
=CV2A+SD-W402.10	1	Línea de control sin halógenos, 3G1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV		3G1

CLPU

2.c

2.e

			Fecha	10/04/2017	CONTROL VACIO	 CENTRO DE LASERES PULSADOS	Lista de artículos : 3G1 - 3G1	= EVAL	+	CLPU 005	Hoja	2.d
			Resp.	JSANTAMARIA	"Sistema Automatización Vacío"						Hoja	13
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por						

Lista de artículos

F01_001

Identificador de medios de explotación	Cantidad	Designación	Número de tipo	Proveedor	Número de artículo
=CCA+MP-P48.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P48.2	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P48.2	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P49.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P49.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P49.2	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P49.2	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P50.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P50.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P50.2	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P50.2	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P51.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P51.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P51.2	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P51.2	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P52.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P52.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P52.2	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P52.2	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P53.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P53.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P53.2	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P53.2	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P54.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P54.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P54.2	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P54.2	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P60.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P60.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P61.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P61.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CCA+MP-P62.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CCA+MP-P62.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P9.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P9.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P10.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P10.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P11.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P11.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P12.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P12.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P13.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P13.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P14.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P14.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P15.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P15.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P16.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P16.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P17.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P17.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P18.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P18.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P19.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P19.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P20.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0

CLPU

2.f

2.h

			Fecha	10/04/2017	CONTROL VACIO				= EVAL
			Resp.	JSANTAMARIA	"Sistema Automatización Vacío"				+
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por			
								CLPU 005	Hoja 2.g
									Hoja 13h



Lista de artículos : 3SU1400-1AA10-1BA0 - SIE.3SU1000-3AB42-0AK0

Lista de artículos

F01_001

Identificador de medios de explotación	Cantidad	Designación	Número de tipo	Proveedor	Número de artículo
=CV2A+MP-P20.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P21.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P21.1.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P22.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P22.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P23.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P23.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P24.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P24.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P25.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P25.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P26.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P26.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P27.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P27.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P50.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P50.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P63	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P63	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P64.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P64.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV2A+MP-P65.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV2A+MP-P65.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P8.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P8.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P28.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P28.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P29.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P29.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P30.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P30.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P31.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P31.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P32.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P32.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P33.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P33.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P34.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P34.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P35.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P35.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P36.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P36.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P37.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P37.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P38.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P38.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P39.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P39.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P40.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P40.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P41.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P41.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P42.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0
=CV3A+MP-P42.1	1	Bloque de contactos INA			3SU1400-1AA10-1BA0
=CV3A+MP-P66.1	1	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	3SU1000-3AB42-0AK0		SIE.3SU1000-3AB42-0AK0

2.g

			Fecha	10/04/2017	CONTROL VACIO	 CENTRO DE LASERES PULSADOS	Lista de artículos : 3SU1400-1AA10-1BA0 - SIE.3SU1000-3AB42-0AK0	= EVAL		
			Resp.	JSANTAMARIA				+		
			Probado		"Sistema Automatización Vacío"			CLPU 005	Hoja	2.h
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por			Hoja	13.a

PLANO IV. ESQUEMA
ELÉCTRICO
IMPLEMENTACIÓN PARCIAL
DEL SISTEMA

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**

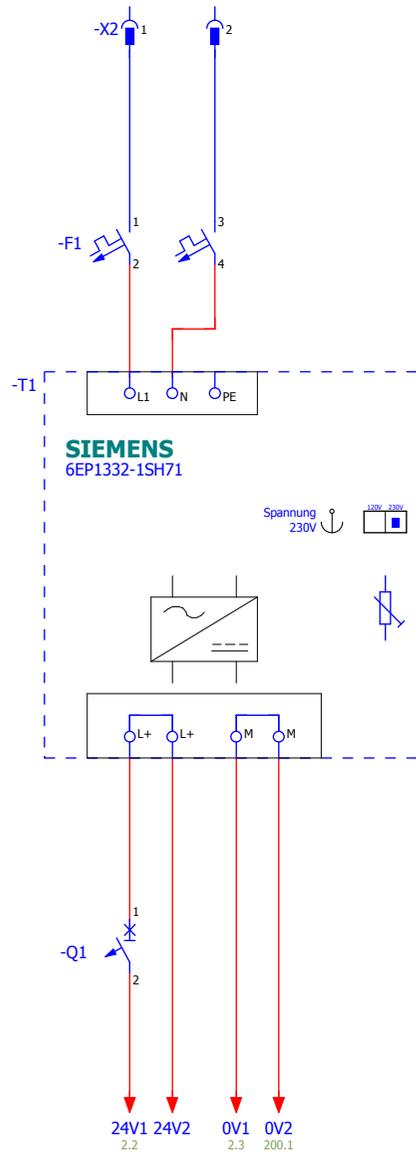


**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

Alimentación de red



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

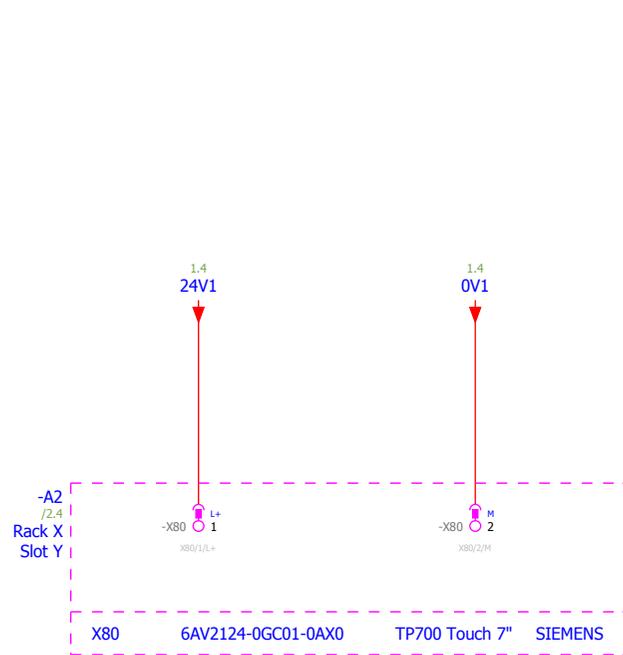
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



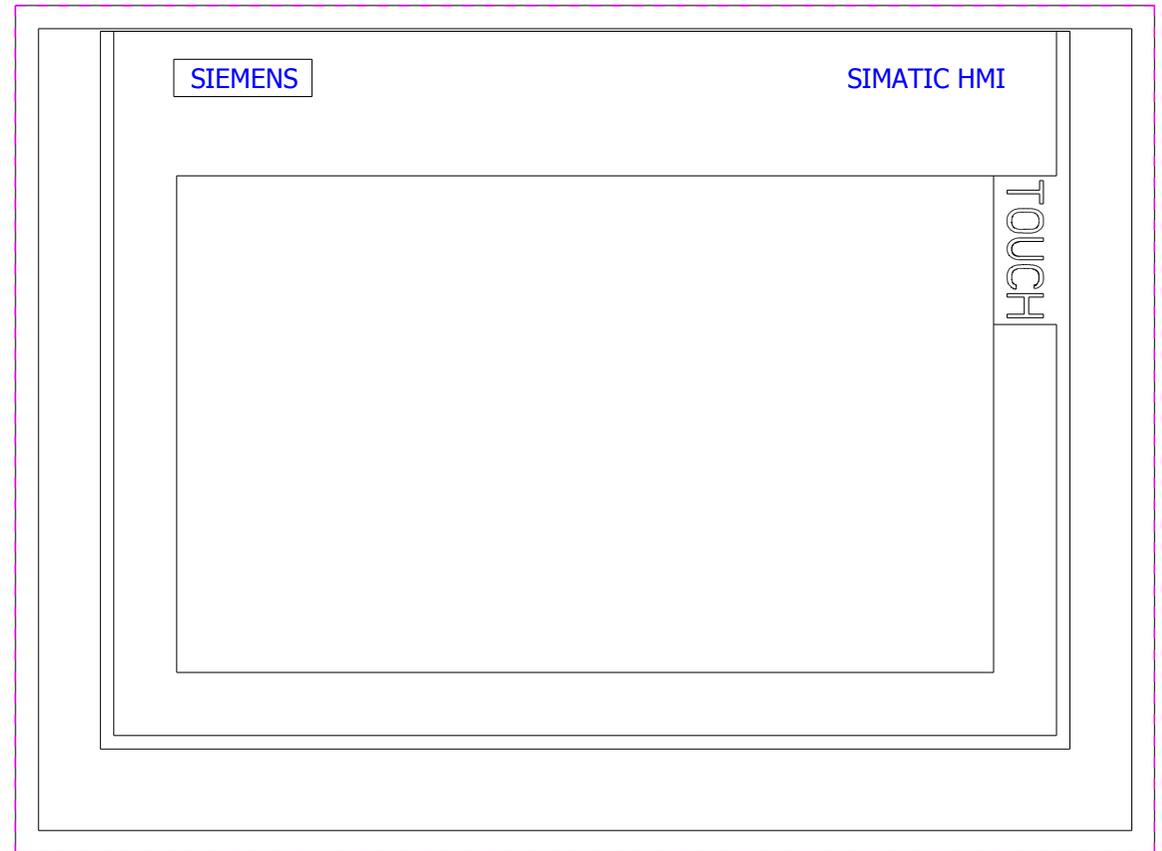
Alimentación

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO
 Hoja: 10.1 Siguinte: 10.2



-A2
/2.1
Rack X
Slot Y



192.168.0.137

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

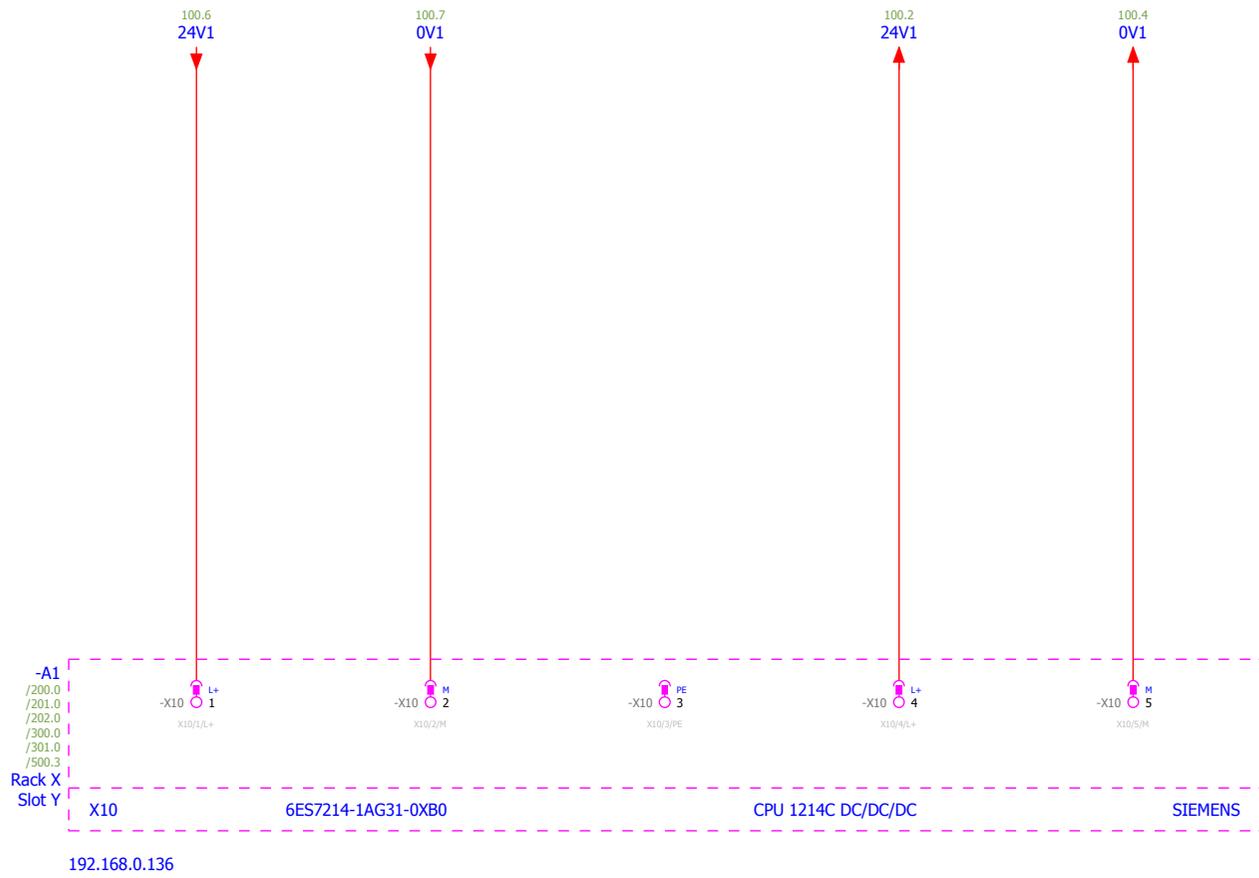
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Alimentación HMI

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO
Hoja: 10.3 Siguiete: 10.4



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

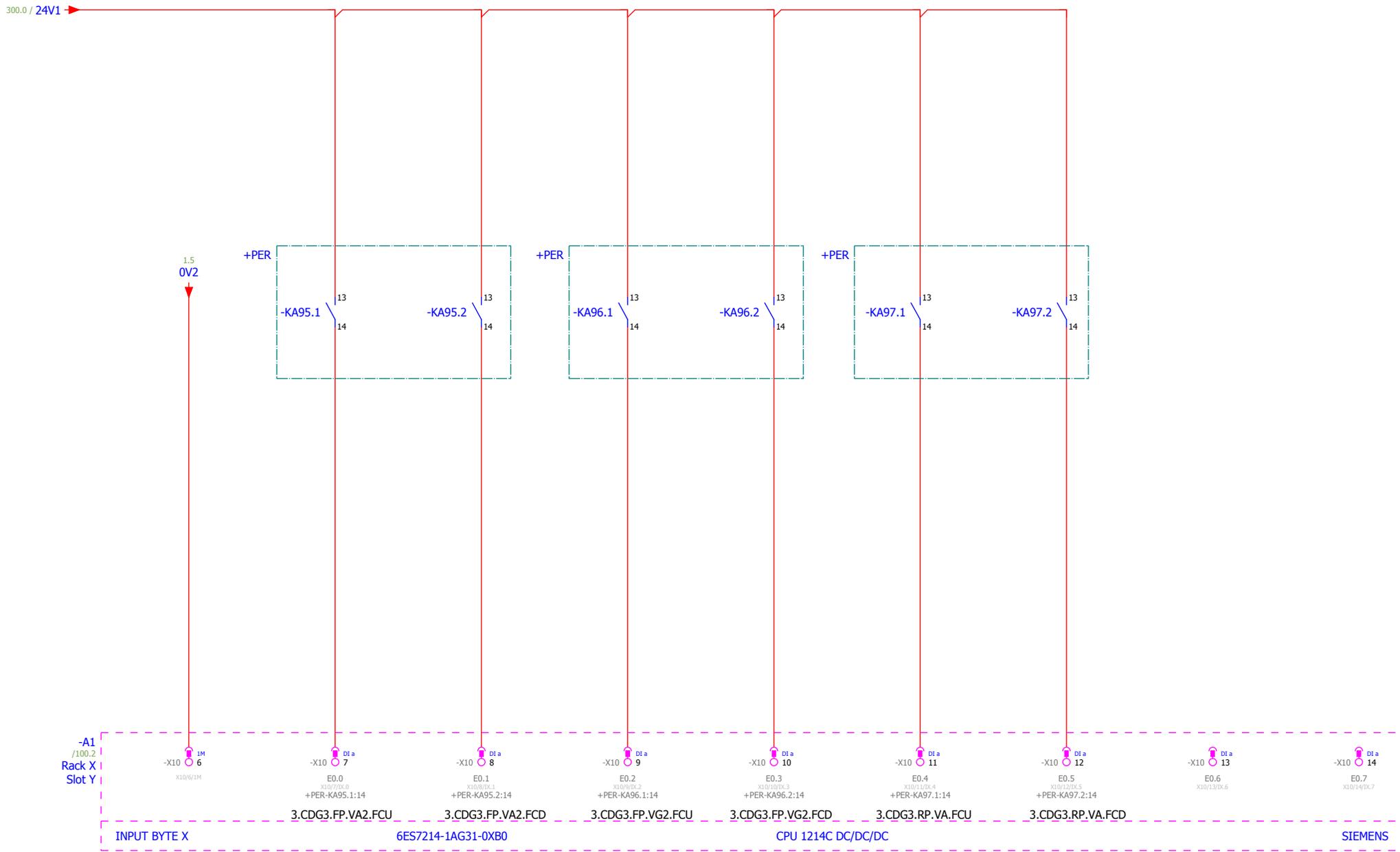
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Alimentación PLC

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO
 Hoja: 10.5 Siguinte: 10.6



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO
 Hoja: 100.1 Siguinte: 100.2



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Digitales

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO

Hoja: 100.3 Siguiete: 100.4



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

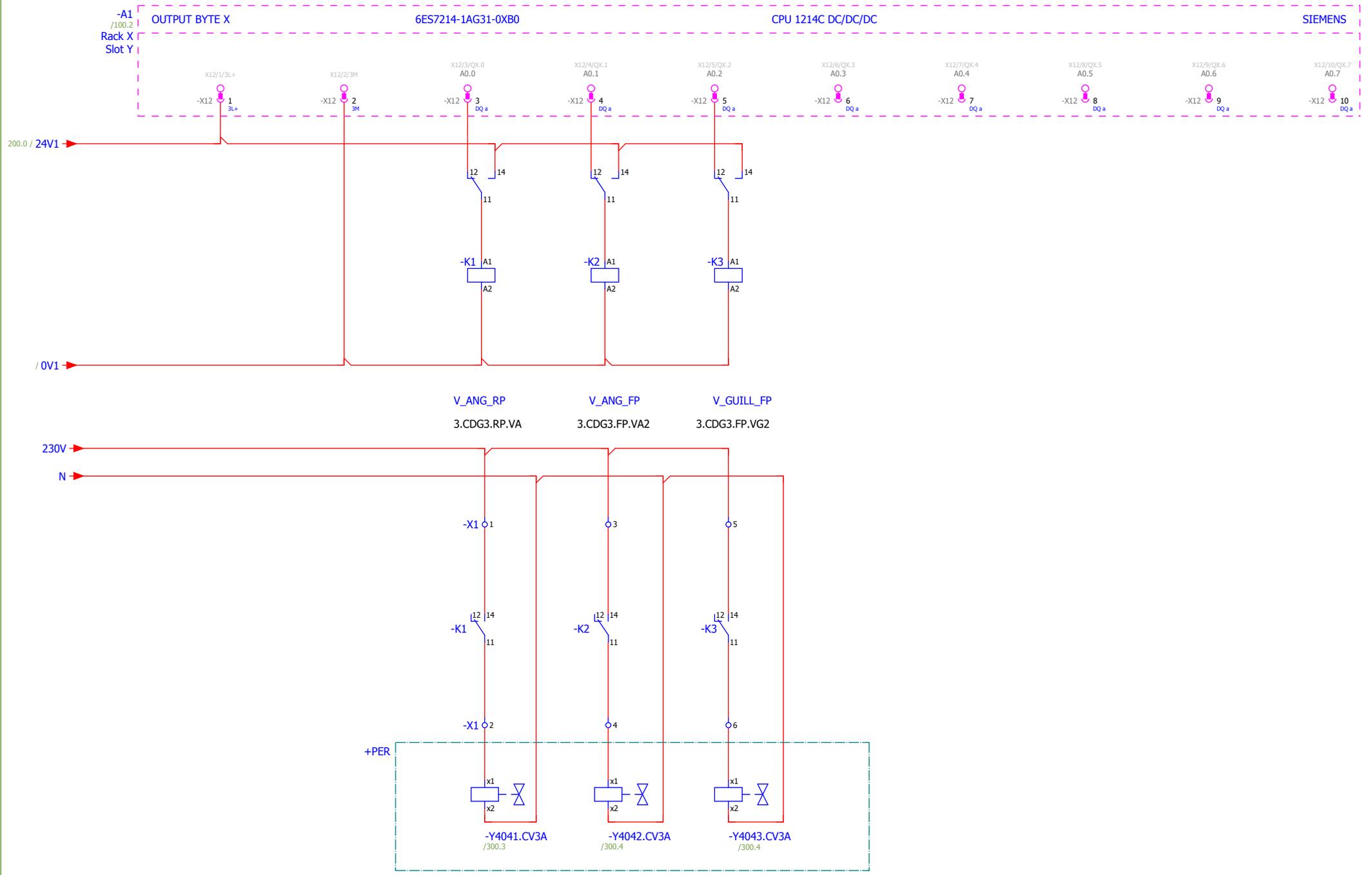
Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Entradas Analógicas

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO
 Hoja: 300.1 Siguinte: 300.2



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO



Salidas Digitales

Fecha:
12/07/2017

Armario: C_DEMO
 Hoja: 400.1 Siguinte: 400.2



Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
 Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
 Equipo: SISTEMA DE APOYO

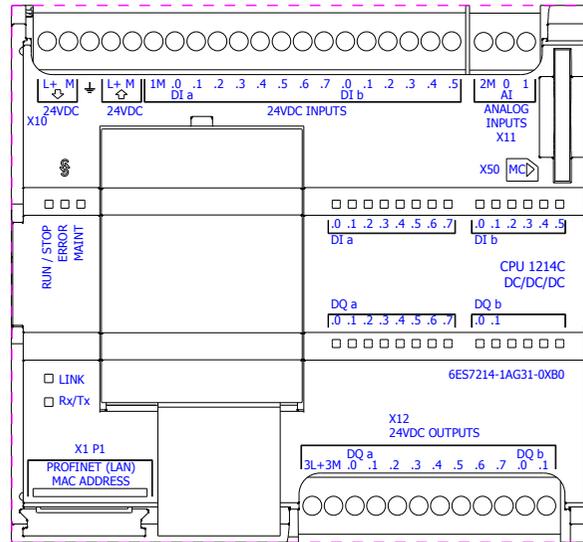


Salidas Digitales

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO
 Hoja: 400.3 Siguinte: 400.4

-A1
/100.2
Rack X
Slot Y



192.168.0.136

Cambio	Fecha	Nombre

Autor:
Valeria Ospina

Sección: CENTRO DE LÁSERES PULSADOS
Sistema: AUTOMATIZACIÓN SISTEMA DE ALTO VACÍO
Equipo: SISTEMA DE APOYO



Resumen PLC

Fecha:
12/07/2017

Armario:C_DEMO
Hoja: 500.1 Siguiete:

PRESVPVESTO

Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

P.I. Automatización

Código	Descripción	Referencia	Fabricante	Unidad	Cantidad (unidad)	Precio unitario (€/unidad)	Presupuesto parcial (€)
1.01	Fuente de alimentación 24V DC	SIE.6EP1333-2BA20	Siemens	unidad	3	132,19 €	396,57 €
1.02	Módulo de alimentación separador 4 canales	SIE.6EP1961-2BA31	Siemens	unidad	3	87,69 €	263,07 €
1.03	Tarjeta de entrada PLC 16x24V DC	SIE.6ES7131-6BH00-0BA0	Siemens	unidad	17	70,16 €	1.192,72 €
1.04	Tarjeta de salidas PLC 16x24V DC	SIE.6ES7132-6BH00-0BA0	Siemens	unidad	7	70,79 €	495,53 €
1.05	CPU ET200SP 1510SP 1-PN	SIE.6ES7510-1DJ01-0AB0	Siemens	unidad	3	794,12 €	2.382,36 €
1.06	Pantalla táctil HMI KTP900	SIE.6AV2123-2JB03-0AX0	Siemens	unidad	3	862,64 €	2.587,92 €
1.07	Módulo maestro Profibus DP	SIE.6ES7545-5DA00-0AB0	Siemens	unidad	3	355,55 €	1.066,65 €
TOTAL						8.384,82 €	

P. Tabla. 1 P.I. Automatización

P.II. Cableado

Código	Descripción	Referencia	Fabricante	Unidad	Cantidad (unidad)	Precio unitario (€/unidad)	Presupuesto parcial (€)
2.01	Línea de alimentación fuerza sin halógenos 3G2,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 3G2,5	-	metros	150	1,15 €	172,50 €
2.02	Línea de control sin halógenos, 4x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 2x1	-	metros	75	1,62 €	121,50 €
2.03	Línea de control sin halógenos, 2x1	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 2x1	-	metros	1080	0,80 €	864,00 €
2.04	Línea de control sin halógenos 3G1,5	RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 3G1,5	-	metros	560	1,27 €	711,20 €
						TOTAL	1.869,20 €

P. Tabla. 2 P.II. Cableado

P.III. Aparamenta eléctrica

Código	Descripción	Referencia	Fabricante	Unidad	Cantidad (unidad)	Precio unitario (€/unidad)	Presupuesto parcial (€)
3.01	Enchufe	PXC.29648 98	Phoenix Contact	unidad	3	17,64 €	52,92 €
3.02	Módulo de relés	PXC.29003 36	Phoenix Contact	unidad	6	23,40 €	140,40 €
3.03	Autom Magn 230V 6KA, 2 Polos, C, 16A	SIE.5SL661 6-7	Siemens	unidad	3	38,17 €	114,51 €
3.04	Autom Magn 230V 6KA, 2 Polos, C, 10A	SIE.5SL661 0-7	Siemens	unidad	6	38,30 €	229,80 €
3.05	Borne universal fase con conexión atornillada	PXC.30440 76	Phoenix Contact	unidad	6	0,71 €	4,26 €
3.06	Borne universal neutro con conexión atornillada	PXC.30440 89	Phoenix Contact	unidad	6	2,53 €	15,18 €
3.07	Borne de conductor protector	PXC.30440 92	Phoenix Contact	unidad	6	2,83 €	16,98 €

P.III. Aparamenta eléctrica (continuación)

Código	Descripción	Referencia	Fabricante	Unidad	Cantidad (unidad)	Precio unitario (€/unidad)	Presupuesto parcial (€)
3.08	Borne de 2 niveles con conexión de tornillo	PXC.30448 14	Phoenix Contact	unidad	266	2,89 €	768,74 €
3.09	Zócalo de Relé para Serie IRC	S-10	Releco	unidad	96	3,17 €	304,32 €
3.10	Relé 24VDC CC	COM.C10- A10X/DC24 V	Releco	unidad	96	9,86 €	946,56 €
						TOTAL	2.593,67 €

P. Tabla. 3 P.III. Aparamenta eléctrica

P.IV. Modo semiautomático

Código	Descripción	Referencia	Fabricante	Unidad	Cantidad (unidad)	Precio unitario (€/unidad)	Presupuesto parcial (€)
4.01	Pulsador Marcha/Paro Verde-Rojo Redondo	SIE.3SU1000- 3AB42-0AK0	Siemens	unidad	77	18,14 €	1.396,78 €
4.02	Collar Siemens SIRIUS ACT	SIE.3SU1500- 0AA10-0AA0	Siemens	unidad	77	2,05 €	157,85 €
4.03	Bloque de contactos 1NC	SIE.3SU1400- 1AA10-1CA0	Siemens	unidad	77	3,17 €	244,09 €
4.04	Bloque de contactos 1NA	SIE.3SU1400- 1AA10-1BA0	Siemens	unidad	77	4,07 €	313,39 €
						TOTAL	2.112,11 €

P. Tabla. 4 P. IV. Modo semiautomático

Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.)

Nº	Capítulo	Presupuesto parcial (€)
I	Automatización	8.384,82 €
II	Cableado	1.869,20 €
III	Aparamenta eléctrica	2.593,67 €
IV	Modo semiautomático	2.112,11 €
TOTAL		14.959,80 €

P. Tabla. 5 Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.)

El Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) asciende a **CATORCEMIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE CON OCHENTA EUROS.**

Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.)

P.E.M.	14.959,80 €
Gastos generales y de Empresa (17% P.E.M.)	2.543,17 €
Beneficio industrial B.I. (6% P.E.M.)	897,59 €
I.V.A. (21% P.E.M+GASTOS+B.I.)	3.864,12 €
TOTAL	22.264,67 €

P. Tabla. 6 Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.)

*El Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.) asciende a **VEINTIDOS MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CUATRO CON SESENTA Y SIETE EUROS.***

Presupuesto General (P.G.)

	P.E.C.	22.264,67 €
Honorarios facultativos	Ingeniería y Planos	4.465,87 €
	Programa automática	8.373,65 €
	Puesta en marcha	11.203,56 €
	Montaje eléctrico	7.654,67 €
	Estudio y Seguridad y Salud	801,54 €
TOTAL		54.763,96 €

P. Tabla. 7 Presupuesto General (P.G.)

*El Presupuesto General (P.G.) asciende a **CINCUENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS SESENTA Y TRES CON NOVENTA Y SEIS.***

Salamanca a 7 de agosto de 2017

Valeria Ospina Bohórquez

PLIEGO DE CONDICIONES

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

PLIEGO DE CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALTO VACÍO DEL LÁSER VEGA

1. Objeto y régimen jurídico

1.1. El presente Pliego tiene por objeto la contratación del SUMINISTRO que se describe en el apartado A) del Cuadro Anexo para el Consorcio de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (En adelante CLPU).

1.2. La prestación se ajustará a las condiciones que figuran en este Pliego y en el de Prescripciones Técnicas, que forman parte integrante del mismo.

1.3. Este contrato tiene carácter administrativo y se regirá por lo establecido en este Pliego, en la Ley 30/2007, de 30 de octubre de 2007, de Contratos del Sector Público – en adelante LCSP- (BOE núm. 261, de fecha 31 de octubre de 2007), en la Ley 34/2010 de 5 de agosto por la que se modifica parcialmente la anterior para su adaptación a la normativa comunitaria, en el Real Decreto 817/2009 de 8 de mayo, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 30/2007, de 30 de octubre de 2007, de Contratos del Sector Público y en el Real Decreto 1098/2001, de 12 de Octubre, por el que se aprueba Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas - en adelante RGLCAP- (BOE núm. 257, de fecha 26 de octubre de 2001), en todo aquello que no se oponga a lo dispuesto por la LCSP.

1.4. La presente contratación se adjudicará por el procedimiento abierto previsto en los artículos 141 a 145 de la LCSP.

1.5. Si el expediente ha sido declarado de urgencia o de emergencia será de aplicación lo dispuesto en los artículos 96 y 97 de la LCSP y 310.4 de la LCSP.

2. Presupuesto, existencia de crédito, impuestos y revisión de precios

2.1. El presupuesto máximo del presente contrato, incluidas las eventuales prórrogas del mismo y, en su caso, su desglose en precios unitarios, es el que figura en el apartado B) del Cuadro Anexo.

2.2. Se han cumplido los trámites precisos para asegurar la existencia de crédito adecuado y suficiente para atender las obligaciones derivadas del cumplimiento del contrato hasta su conclusión, que se abonarán con cargo al Presupuesto de Gastos del CLPU. La

aplicación presupuestaria de las obligaciones económicas que se derivan del cumplimiento de este contrato, figura en el apartado C) del Cuadro Anexo.

En el caso de financiación conjunta, el coste a imputar a cada entidad copartípe será el indicado en el mismo apartado del cuadro anexo, así como el orden de abono de los pagos.

2.3. En el caso de que el contrato se formalice en el ejercicio anterior al de la iniciación de la ejecución, la adjudicación queda sometida a la condición suspensiva de existencia de crédito adecuado y suficiente para financiar las obligaciones derivadas del contrato en el ejercicio correspondiente.

2.4. A todos los efectos se entenderá que las ofertas presentadas por los licitadores comprenden los gastos de entrega e instalación y demás que se produzcan hasta la entrega de los bienes en el Centro o Centros que el CLPU designe, y los tributos que le sean de aplicación según las disposiciones vigentes, incluido el IV A, que figurará como partida independiente.

2.5. El precio del contrato podrá ser objeto de revisión, siempre y cuando se recoja esta posibilidad y condiciones de la misma en el apartado D) del Cuadro Anexo, de conformidad con lo regulado en los artículos 77 a 82 LCSP.

3. Empresas licitadoras. Documentación y ofertas

3.1. Empresas Licitadoras: Estarán facultadas para contratar con el CLPU las personas naturales o jurídicas, españolas o extranjeras que, tengan plena capacidad de obrar, no estén incursas en una prohibición de contratar y acrediten su solvencia económica, financiera y técnica o profesional.

Podrán, asimismo, presentar proposiciones las uniones de empresarios que se constituyan temporalmente al efecto, de conformidad con el artículo 48 de la LCSP.

La presentación de proposiciones presume por parte del licitador la aceptación incondicional de las cláusulas de este pliego y la declaración responsable de que reúne todas y cada una de las condiciones exigidas para contratar con el CLPU.

3.2. Documentación: Para participar en la presente licitación, el licitador, dentro del plazo establecido, deberá presentar solicitud para participar según modelo oficial que figura en el apartado "Modelos" del Perfil del Contratante de la página web (www.clpu.es) y tres sobres cerrados (A, B Y C).

Los licitantes se abstendrán de incluir en cualquier lugar de la documentación ni en los sobres que se detallan, cualquier logotipo o símbolo que identifique al CLPU, señaladamente el anagrama del CLPU provisto de su dibujo y leyenda propia.

Cada uno de los sobres deberá indicar, en su exterior, los siguientes datos: el contrato al que se concurre, la denominación de la empresa o proponente, el nombre y apellidos de quien firma la proposición y el carácter con que lo hace, la dirección, el teléfono y fax del licitador a efectos de notificación; todo ello de forma legible. Los sobres deberán estar firmados por el licitador o persona que lo represente. Asimismo, en el interior de cada sobre se hará con 'tal' en boja independiente u contenido, enunciado numéricamente.

Los sobres antes reseñados deberán ser entregados en el Registro Único del CLPU:

Patio de Escuelas, 1. 37008 Salamanca. O bien podrán ser enviados por correo dentro del plazo señalado en los anuncios publicados. Una vez presentada una proposición no podrá ser retirada bajo ningún pretexto.

A efectos del lugar de presentación no rige el artº 38.4 de la Ley 30/1992, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común; por tanto, no se admitirán lugares de presentación distintos de los indicados, tales como Registros de otros órganos administrativos, empresas de mensajería, etc."

Cuando las proposiciones se envíen por correo, el empresario deberá justificar la fecha de imposición del envío en la oficina de Correos y anunciar al CLPU la remisión de la oferta mediante télex, fax, telegrama o correo electrónico en el mismo día. Si el anuncio se realiza mediante correo electrónico, sólo será válido si existe constancia de la transmisión y recepción, de sus fechas y del contenido íntegro de las comunicaciones y se identifica fidedignamente al remitente y al destinatario. La dirección electrónica a la que se remitirá la notificación es: lasergente@usal.es.

Sin la concurrencia de ambos requisitos no será admitida la proposición si es recibida por el órgano de contratación con posterioridad a la fecha de terminación del plazo. Transcurridos, no obstante, diez días naturales siguientes a la indicada fecha sin haberse recibido la proposición, ésta no será admitida en ningún caso.

El acceso de los interesados a la documentación e información acerca del presente contrato, se efectuará a través del perfil de contratante cuya dirección electrónica se especifica en el apartado E) del cuadro anexo.

La difusión a través del perfil de contratante de la información relativa a los procedimientos de adjudicación de contratos surtirá los efectos previstos en el Libro I, Título II de la LCSP.

Los documentos podrán presentarse originales o mediante copias de los mismos que tengan carácter de auténticas, conforme a la legislación vigente. Asimismo, las empresas extranjeras que contraten en España presentarán la documentación traducida de forma oficial al castellano.

El contenido de cada uno de los sobres a presentar es el que se detalla a continuación.

- Sobre A. Documentación administrativa

a) En su caso, relación detallada de los lotes a los que se concurra.

b) Acreditación de los requisitos mínimos de solvencia económica, financiera y técnica o profesional por los medios que, de manera preferente, se señalan en el apartado F) del cuadro anexo. En los contratos de suministros que requieran obras de colocación e instalación, además de la acreditación de la solvencia, se exigirá compromiso de dedicar o adscribir a la ejecución del contrato, los medios personales y materiales para ello, que deberán concretar en su oferta y tendrán el carácter de obligaciones esenciales, aplicándose las penalidades conforme a lo prevenido en el artículo 196.1 de la LCSP para el caso de que se incumplan por el adjudicatario.

c) Los licitadores deberán acreditar la habilitación empresarial o profesional que, en su caso, sea exigible para la realización de la actividad o prestación que constituya el objeto del contrato, que se señala en el apartado F) del cuadro Anexo.

d) Declaración responsable de no estar incurso en las prohibiciones para contratar recogidas en el artículo 49 de la LCSP, que comprenderá expresamente la circunstancia de hallarse al corriente del cumplimiento de las obligaciones tributarias y con la seguridad social impuestas por las disposiciones vigentes. La prueba de esta circunstancia podrá hacerse por cualquiera de los medios señalados en el artículo 62 de la LCSP.

e).- Certificación o, en su defecto, declaración responsable ante una autoridad administrativa, notario público u organismo profesional cualificado, de que no existen deudas de naturaleza tributaria con la Administración de la Comunidad de Castilla y León (Decreto I32/1996, de 16 de mayo, de la Junta de Castilla y León).

f) Alta en el Impuesto de Actividades Económicas, referida al ejercicio corriente, o del último recibo, completado con una declaración responsable de no haberse dado de baja en la matrícula del citado impuesto. No obstante, cuando el contratista no esté obligado al pago, deberá presentar declaración al respecto.

g) Copia del D. N. 1., o documento equivalente, de la persona que presenta la proposición, en nombre propio o como apoderado.

h) La capacidad de obrar de los empresarios que fueran personas jurídicas se acreditará mediante la escritura o documento de constitución, los estatutos o acta fundacional, en el que constaren las normas por las que se regulan su actividad, inscritos, en su caso, en el Registro Público que corresponda, según el tipo de persona jurídica de que se trate.

Las personas jurídicas sólo podrán ser adjudicatarias de contratos cuyas prestaciones estén comprendidas dentro de los fines, objeto o ámbito de actividad que, a tenor de sus estatutos o reglas fundacionales, les sean propios.

La capacidad de obrar de los empresarios no españoles que sean nacionales de Estados miembros de la Comunidad Europea o signatarios del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo se acreditará por su inscripción en el registro procedente de acuerdo con la legislación del Estado donde estén establecidos, o mediante la presentación de una declaración jurada o un certificado, en los términos que se establecen en el anexo 1 del RGLCAP.

Los demás empresarios ' extranjeros deberán acreditar su capacidad de obrar con informe de la Misión Diplomática Permanente de España en el Estado correspondiente o de la Oficina Consular en cuyo ámbito territorial radique el domicilio de la Empresa, al que acompañará además el informe al que se hace referencia en el artículo 44 de la LCSP.

En las uniones de empresarios cada uno de los empresarios que componen la agrupación, deberá acreditar su capacidad de obrar debiendo indicar en documento privado los nombres y circunstancias de los empresarios que la suscriban, la participación de cada uno de ellos y la persona o entidad que, durante la vigencia del contrato ha de ostentar la plena representación de todos ellos frente a la Administración y que asumen el compromiso de constituirse en Unión Temporal de Empresas. El citado documento deberá estar firmado por los representantes de cada una de las empresas componentes de la Unión.

i).- Cuando el licitador no actúe en nombre propio o se trate de sociedad o persona jurídica, apoderamiento bastante (legal, suficiente y subsistente) para representar a la persona o entidad en cuyo nombre concurra. Dicho poder deberá estar debidamente inscrito, en su caso, en el Registro Mercantil.

Los poderes deberán ser bastanteados en cualquiera de las formas previstas en la reglamentación notarial aplicable al efecto.

j) La inscripción en el Registro de Licitadores de la Universidad de Salamanca (BOCyL nº 138 de fecha 20 de julio de 1999), en el Registro Oficial de Licitadores y Empresas Clasificadas del Estado, en el Registro Oficial de la CCAA de Castilla y León, así como los certificados comunitarios de clasificación, acreditarán las circunstancias contenidas en los mismos, a efectos de contratación con el CLPU.

La certificación de inscripción deberá ir acompañada de una declaración responsable en la que se manifieste que los datos contenidos en la misma no han sufrido o modificación alguna y permanecen legalmente vigentes.

k) En el supuesto de contemplarse en el apartado G) del cuadro anexo, resguardo acreditativo de haber constituido a favor del CLPU, una garantía provisional por importe que se indica y en cualquiera de las formas previstas en el artículo 91 de la LCSP, para responder del mantenimiento de las ofertas hasta la adjudicación del contrato.

En las uniones temporales de empresas, la garantía provisional podrá constituirse por una o por varias de las empresas participantes en la unión, siempre que en conjunto se alcance la cuantía requerida por el órgano de contratación, indicada y garanticen solidariamente a todos los integrantes de la unión temporal.

l) En su caso, una dirección de correo electrónico en que efectuar las notificaciones.

m) Las empresas extranjeras deberán presentar declaración de someterse a la jurisdicción de los juzgados y tribunales españoles de cualquier orden, para todas las incidencias que de modo directo o indirecto pudieran surgir del contrato, con renuncia, en su caso, al fuero jurisdiccional extranjero que pudiera corresponder al licitante.

n) Las empresas vinculadas que concurran a una misma licitación, presentarán declaración al respecto. Se considerarán empresas vinculadas las que se encuentren en alguno de los supuestos previstos en el artículo 42 del Código de Comercio.

o) Tratándose de empresas que se encuentren en alguno de los supuestos de la Disposición Adicional Sexta de la LCSP deberán presentar declaración responsable de las circunstancias concurrentes.

p) Las empresas deberán hacer especial referencia a aquellos documentos que a juicio de los licitadores tienen carácter confidencial, tal como prevé el artículo 124.1 de la LCSP.

- Sobre B. Criterios de adjudicación ponderables en función de un juicio de valor

Contendrá aquellos documentos que se especifican en el apartado H) del cuadro Anexo, acreditativos de las circunstancias a tener en cuenta en la valoración del contrato de acuerdo con los criterios subjetivos de adjudicación del mismo.

Las empresas deberán hacer especial referencia a aquellos documentos que a juicio de los licitadores tienen carácter confidencial, tal como prevé el artículo 124.1 de la LCSP.

- Sobre C. Criterios objetivos de valoración

Contendrá la proposición económica y aquellos documentos que se especifican en el Apartado I) del cuadro Anexo, acreditativos de las circunstancias a tener en cuenta en la valoración del contrato de acuerdo con los criterios objetivos de adjudicación del mismo.

El Órgano de Contratación del CLPU podrá establecer en este apartado I) del Cuadro Anexo los límites que permitan apreciar, en su caso, que la proposición no pueda ser cumplida como consecuencia de ofertas desproporcionadas o anormales. Cuando se identifique una proposición que pueda ser considerada desproporcionada o anormal, se dará audiencia al contratista y se actuará conforme a lo previsto en el apartado 3 del artículo 136 de la LCSP.

La proposición económica se presentará en la forma especificada en el modelo que se adjunta a este pliego.

En la oferta presentada deberá indicarse, como partida independiente, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que deba ser repercutido.

En su caso, junto con la proposición económica se presentará, obligatoriamente, un anexo en el que figuren los precios individualizados de los artículos ofertados cuando la contratación se refiera a una pluralidad de los mismos.

En el caso de existencia de lotes, se presentará una proposición individual por cada lote al que se licita.

Cada licitador no podrá presentar más de una proposición, salvo que se haya previsto la admisión de variantes en el apartado J) del cuadro Anexo, conforme a los elementos y condiciones que se determinen en el mismo.

No podrá suscribirse ninguna propuesta en unión temporal con otros si lo ha hecho individualmente o figurar en más de una unión temporal. La infracción de estas normas dará lugar a la no admisión de todas las propuestas por él suscritas.

La presentación de distintas proposiciones por empresas vinculadas producirá los efectos que reglamentariamente se determinen en relación con la aplicación del régimen de ofertas con valores anormales o desproporcionados previstos en el artículo 136 de la LCSP.

Las empresas deberán hacer especial referencia a aquellos documentos que a juicio de los licitadores tienen carácter confidencial, tal como prevé el artículo 124.1 de la LCSP.

3.3. Apertura de los sobres y examen de las proposiciones. Finalizado el plazo de presentación de proposiciones, se constituirá la Mesa de Contratación que estará compuesta por:

Presidente de la Mesa de Contratación:

Director del CLPU

Vocales:

Representante de la Junta de Castilla y León

Representante del Ministerio de Ciencia e Innovación

Representante de la Universidad de Salamanca

Gerente del CLPU

Representante de la Abogacía del Estado

Un Interventor propuesto por la Comisión Financiera.

Secretario:

Secretario de la Comisión Ejecutiva del CLPU.

3.3.1. Apertura de la documentación administrativa:

La Mesa de Contratación calificará las documentaciones de carácter general acreditativas de la personalidad jurídica, capacidad de obrar, apoderamiento y solvencia económica financiera, técnica y profesional de los licitadores y demás requisitos a que se refiere el artículo 130.1 de la LCSP, así como la garantía provisional en los casos en que se haya exigido, comunicando a los interesados los defectos y comisiones subsanables que aprecie en la documentación. A tal fin se reunirá con la antelación suficiente, previa citación de todos sus miembros.

En orden a la calificación de la documentación presentada, la Mesa de Contratación aplicará los siguientes criterios:

- a) La falta absoluta de la documentación exigida en el Pliego de Cláusulas Administrativas no será subsanable.
- b) Si el documento exigido ha sido presentado pero con errores o defectos que no revelen una negligencia inexcusable del licitador serán subsanables.
- c) La falta o insuficiencia de la garantía provisional no será subsanable, en ningún caso.
- d) Quedarán excluidas aquellas empresas que incluyan en el sobre A de "Documentación Administrativa", cualquier tipo de documentación que deba estar incluida, obligatoriamente,

en los sobres B o C, por posible vulneración del carácter secreto que han de tener las proposiciones según lo dispuesto en el artículo 129.2 de la LCSP.

Asimismo, la Mesa de Contratación determinará los licitadores que deban ser excluidos del procedimiento por no acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el pliego de cláusulas administrativas particulares.

3.3.2. Apertura de la documentación relativa a los criterios de adjudicación ponderable en función de un juicio de valor (criterios subjetivos).

La apertura de tales documentaciones se llevará a cabo en un acto de carácter público cuya fecha se indicará en el anuncio de licitación y en el apartado H) del Cuadro Anexo.

En este acto sólo se abrirá el sobre correspondiente a los criterios no cuantificables automáticamente entregándose al órgano encargado de su valoración la documentación contenida en el mismo; asimismo, se dejará constancia documental de todo lo actuado.

En ningún caso, en el sobre B se incluirá documentación correspondiente al sobre C, ni referencia alguna a la oferta económica, siendo esto causa de exclusión.

Cuando la evaluación deba efectuarse por un comité formado por expertos o un organismo técnico especializado, la designación de los miembros será la indicada en el apartado H) del Cuadro Anexo y se hará pública en el perfil de contratante con carácter previo a la apertura de la documentación a que hace referencia este punto.

En virtud de lo dispuesto en el artículo 134.4 de la LCSP, y en orden a que los licitadores puedan continuar en el proceso selectivo, la puntuación mínima que deberán obtener las empresas licitadoras, de acuerdo con los criterios subjetivos de adjudicación, no podrá ser inferior a la especificada en el apartado H) del cuadro anexo.

3.3.3. Apertura de la documentación que integre la proposición conforme a los criterios cuantificables mediante la mera aplicación de fórmulas (criterios objetivos).

La ponderación asignada a los criterios dependientes de un juicio de valor (criterios subjetivos) se dará a conocer en el acto público de apertura de proposiciones económicas que se celebrará en el lugar, fecha y hora señalados en el apartado K) del cuadro Anexo y se notificará los admitidos o excluidos. Seguidamente, la Mesa de Contratación procederá a la apertura del sobre C) de las proposiciones admitidas dándose lectura a la proposición económica.

Una vez finalizada la lectura de las proposiciones se dará por concluido el acto público.

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 84 del RGLCAP, no se aceptarán aquellas proposiciones que:

- Excedan el presupuesto base de licitación.
- Varíen sustancialmente el modelo de proposición establecido que figura como Anexo a este Pliego.
- Comporten error manifiesto en el importe de la proposición.
- Aquéllas en las que existiese reconocimiento por parte del licitador de que adolece de error o inconsistencia que la hagan inviable.
- Tengan contradicciones, omisiones, errores o tachaduras que impidan conocer claramente lo que la Administración estime fundamental para considerar la oferta.

Por el contrario, el cambio u omisión de algunas palabras del modelo, con tal que lo uno o la otra no altere su sentido, no será causa bastante para el rechazo de la proposición.

En todo caso, corresponde al Órgano de Contratación del CLPU por razones de interés público debidamente justificadas renunciar a celebrar un contrato antes de la adjudicación. También podrá desistir de la adjudicación cuando se aprecie una infracción no subsanable de las normas de preparación del contrato o de las reguladoras del procedimiento de adjudicación.

En ambos casos, el órgano de contratación compensará a los candidatos o licitadores por los gastos en que hubiesen incurrido hasta un máximo de 1.000 € (mil euros).

3.3.4. Propuesta de adjudicación

La Mesa de Contratación evaluará las proposiciones mediante los criterios de valoración que se recogen en el cuadro Anexo del presente Pliego, y formulará la propuesta que estime pertinente al órgano de contratación. La Mesa de Contratación podrá solicitar, antes de formular su propuesta, los informes técnicos que considere necesario que tengan relación con el objeto del contrato.

El Órgano de Contratación clasificará las proposiciones presentadas, y que no hayan sido declaradas desproporcionadas o anónimas conforme a lo señalado en el artículo 136, por orden decreciente atendiendo a los criterios de adjudicación señalados en el pliego en el anuncio, pudiendo solicitar cuantos informes técnicos considere oportunos y tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el contrato a la proposición económicamente más ventajosa o declarar desierto el contrato siempre que no exista alguna oferta o proposición que sea admisible de acuerdo con los criterios que figuran en el presente pliego.

3.3.5. Adjudicación

El órgano de contratación requerirá al licitador que haya presentado la oferta económicamente más ventajosa para que, dentro del plazo de diez días hábiles, a contar desde el siguiente a aquél en el que hubiera recibido el requerimiento, presente la siguiente documentación:

1. Certificación POSITIVA de hallarse al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias y con la seguridad social. No será necesaria aportar esta documentación en aquellos casos en que el licitador que hay presentado la oferta económicamente más ventajosa, la hubiera incluido en el sobre A, siempre que dichas certificaciones se encuentren vigentes en el momento de la adjudicación.
2. Resguardo acreditativo de haber constituido la garantía definitiva, conforme a lo estipulado en la cláusula IV del pliego.
3. Documentación justificativa de disponer efectivamente de los medios que se hubiese comprometido a dedicar o a adscribir a la ejecución del contrato conforme al Artículo 53.2 de la LCSP.
4. Resguardo acreditativo de haber abonado, en su caso, los importes correspondientes a la publicación de los anuncios de licitación, por el importe que se indica en el apartado L) del Cuadro Anexo.
5. Cuando se dicte adjudicación del contrato a favor de uniones temporales de empresas, éstas deberán formalizar dicha unión en escritura pública debidamente inscrita en el Registro Oficial correspondiente.

De no cumplirse adecuadamente el requerimiento en el plazo señalado, se entenderá que el licitador ha retirado su oferta, procediéndose en ese caso a recabar la misma documentación al licitador siguiente por el orden en que hayan quedado clasificadas sus ofertas.

El Órgano de Contratación, deberá adjudicar el contrato dentro de los cinco días hábiles, siguientes a la recepción de los documentos, en los términos establecidos en el Art. 135.2 de la LCSP.

La adjudicación se acordará por el Órgano de Contratación en resolución motivada que deberá notificarse a los candidatos o licitadores y publicarse simultáneamente en el perfil de contratante del órgano de contratación, conforme a las condiciones expresadas en el artículo 135.4 de la LCSP, siendo así mismo de aplicación lo previsto en el artículo 137 de la LCSP en cuanto a la información que deba facilitarse a aquéllos.

En cualquier caso, la notificación deberá contener la información necesaria que permita al licitador excluido o candidato descartado, interponer recurso suficientemente fundado contra la decisión de adjudicación, conforme al artículo 310, si fuera de aplicación.

La adjudicación al licitador que presente la oferta económicamente más ventajosa no procederá cuando el Órgano de Contratación presuma fundadamente que la proposición no pueda ser cumplida como consecuencia de la inclusión en la misma de valores anormales o desproporcionados.

El Órgano de Contratación, previos los informes técnicos correspondientes, adjudicará el contrato en el plazo máximo de dos meses, a contar desde la apertura de las proposiciones.

Este plazo se ampliará en quince días hábiles cuando sea necesario seguir los trámites a que se refiere el Art. 136.3 según lo previsto en el Art 145.3. De no dictarse la adjudicación en dicho plazo el empresario tiene derecho a retirar su proposición y a que se le devuelva la garantía depositada.

Se respetará el carácter confidencial a que se refiere el artículo 124 de la LCSP respecto a la publicidad de la adjudicación y a la información que deba darse a los candidatos y a los licitadores.

En aplicación de lo previsto en la Disposición adicional sexta de la LCSP, si se dieran varias ofertas que iguallen en sus términos a las más ventajosas, tendrán preferencia para dicha adjudicación las empresas y entidades que se recogen en dicha disposición adicional sexta. Sin concurrir varias con la misma preferencia, la adjudicación se decidirá mediante sorteo entre ellas.

En todo caso, cuando sea de aplicación dicha Disposición, se solicitará la acreditación de las circunstancias declaradas.

Adjudicado el contrato y transcurridos los plazos para la interposición de recursos sin que se hayan interpuesto, la documentación administrativa que acompaña a las proposiciones quedará a disposición de los interesados.

4. Garantía definitiva

Una vez requerido por el órgano de contratación, el licitador que haya presentado la oferta económicamente más ventajosa, estará obligado a constituir una garantía definitiva. Su cuantía será igual 5 por 100 (5%), del importe de adjudicación del contrato, (IV A excluido), o en su caso, del presupuesto base de licitación.

La constitución de esta garantía deberá ser acreditada en el plazo de diez (10) días hábiles a contar desde el siguiente a que se hubiese recibido el requerimiento del órgano de contratación.

La garantía podrá constituirse en cualquiera de las formas establecidas en el artículo 84.1 de la LCSP, con los requisitos establecidos en el artículo 55 y ss. del RGLCAP y depositada en la Caja General de Depósitos de la Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Castilla y León. El contratista acreditará su constitución mediante la entrega del resguardo expedido por aquélla.

Alternativamente a las formas anteriores y si así se previese en el apartado M) del cuadro anexo podrá también constituirse mediante la retención en el precio, en cuyo caso el adjudicatario aportará un escrito en el que se haga constar su elección en este sentido.

La garantía definitiva responderá de los conceptos mencionados en el artículo 88 de la LCSP.

La devolución y cancelación de las garantías se efectuará de conformidad con lo dispuesto en los artículos 90 LCSP y 65.2 y 3 del RGLCAP.

5. Formalización del contrato

El contrato deberá formalizarse en documento administrativo que se ajuste con exactitud a las condiciones de la licitación, constituyendo dicho documento título suficiente para acceder a cualquier registro público. No obstante el contratista podrá solicitar que el contrato se eleve a escritura pública, corriendo de su cargo los correspondientes gastos. En ningún caso se podrán incluir en el documento en que se formalice el contrato cláusulas que impliquen alteración de los términos de la adjudicación.

La formalización del contrato deberá efectuarse no más tarde de los quince días hábiles siguientes a aquél en que se reciba la notificación de la adjudicación a los licitadores y candidatos en la forma prevista en el artículo 135 de la LCSP.

En caso de que el contrato fuera susceptible de recurso especial en materia de contratación conforme al artículo 310.1 de la LCSP, la formalización no podrá efectuarse antes de que transcurran quince días hábiles desde que se remita la notificación de la adjudicación a licitadores y candidatos.

El órgano de contratación requerirá al adjudicatario para que formalice el contrato en un plazo de no superior a cinco días a contar desde el siguiente a aquel en que hubiera recibido el requerimiento, una vez transcurrido el plazo previsto en el párrafo anterior sin que se hubiera interpuesto recurso que lleve aparejada la suspensión de formalización del contrato.

De igual forma procederá cuando el órgano competente para la resolución del recurso hubiera levantado la suspensión.

Cuando, por causas imputables al adjudicatario, no pudiese formalizarse el contrato dentro del plazo indicado, el CLPU podrá acordar la resolución del mismo, de acuerdo con el procedimiento establecido en el artículo 140.4 de la LCSP, procediendo a la incautación de la garantía provisional.

El contratista vendrá obligado a firmar, en el acto de formalización del contrato y en prueba de conformidad con los mismos el Pliego de Cláusulas Administrativas y el de Prescripciones Técnicas.

Corresponderá, en función de la cuantía del contrato, al Presidente del Consejo Rector o al Presidente de la Comisión Ejecutiva o al Director la firma del contrato en nombre del CLPU.

La formalización de los contratos cuya cuantía sea igualo superior a las cantidades indicadas en el artículo 122.3 se publicará en el perfil del contratante y en caso de que supere la cuantía de 100.000 euros deberá publicarse además en el Boletín Oficial del Estado. En caso de contratos sujetos a regulación armonizada además de lo expresado anteriormente se publicará en el Diario Oficial de la Unión Europea.

6. Ejecución y cumplimiento del contrato

La ejecución del contrato se realizará a riesgo y ventura del contratista, no pudiendo iniciarse la misma sin la formalización del contrato, excepto en los casos previstos en el artículo 97 de esta Ley.

La ejecución de los contratos se desarrollará, sin perjuicio de las obligaciones que correspondan al contratista, bajo la dirección, inspección y control del Órgano de Contratación, el cual podrá dictar las instrucciones oportunas para el fiel cumplimiento de lo convenido.

Todos los estudios y documentos elaborados en la ejecución del presente contrato serán propiedad del CLPU, que podrá reproducirlos, publicarlos o divulgarlos, parcialmente o en su totalidad, en la medida que tenga por conveniente, sin que pueda oponerse a ello el contratista alegando derechos de autor.

6.1. Plazo de ejecución y entrega del suministro

El contratista está obligado a cumplir el contrato dentro del plazo total fijado para la realización del mismo, así como de los plazos parciales señalados para su ejecución sucesiva.

El plazo de ejecución del contrato, incluidas las eventuales prórrogas, será el expresado en el apartado N) del cuadro anexo. El plazo será contado a partir del día siguiente a la formalización del contrato.

De acuerdo con el artículo 23.2 de la LCSP, la prórroga se acordará por el Órgano de Contratación y será obligatoria para el empresario, sin que pueda producirse por el consentimiento tácito de las partes. La no ejecución de la misma por parte del CLPU no dará lugar a indemnización a favor del adjudicatario.

El adjudicatario, asimismo, estará obligado a entregar los bienes objeto del presente contrato en tiempo y en el lugar indicado en el apartado N) del cuadro anexo.

Serán a su costa y riesgo el transporte, la entrega e instalación de los mismos en su destino, tanto si la entrega es única como si es fraccionada. El adjudicatario no tendrá derecho a indemnizaciones a causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en los bienes antes de su entrega al CLPU, salvo que éste hubiera incurrido en mora al recibirlos.

6.2. Obligaciones del contratista

El contratista estará obligado al cumplimiento de la normativa vigente en materia laboral, de Seguridad Social y de Seguridad y Salud en el Trabajo, respecto de los trabajos objeto del contrato, sin que, en caso de incumplimiento, se derive responsabilidad para el CLPU.

Los suministros objeto de este contrato, deberán ofrecerse por los adjudicatarios debidamente legalizados, respecto de los derechos de propiedad intelectual, industrial, comercial, patentes, marcas y cualesquiera otros de naturaleza análoga, siendo por cuenta de aquellos todos los gastos, indemnizaciones y derechos que conlleven, debiendo indemnizar al CLPU por todos los daños y perjuicios que para la misma puedan derivarse de las reclamaciones relativas a estos conceptos.

El contratista responderá de todos los daños y perjuicios causados al CLPU dentro del proceso contractual y que se causen a terceros como consecuencia de las operaciones que requiera la ejecución del contrato. La cantidad en que se concreten tales daños, será exigible por la vía de apremio administrativo.

El contratista deberá respetar el carácter confidencial de aquella información a la que tenga acceso con ocasión de la ejecución del contrato a la que se le hubiese dado el referido carácter en los pliegos o en el contrato, o que por su propia naturaleza deba ser tratada como tal. Este deber se mantendrá durante un plazo de cinco años desde el conocimiento de esa información, salvo que los pliegos o el contrato establezcan un plazo mayor. El CLPU no podrá divulgar, sin embargo, la información facilitada por los empresarios que éstos hayan

designado como confidencial; este carácter afecta, en particular, a los secretos técnicos o comerciales y a los aspectos confidenciales de las ofertas.

6.3. Abonos al contratista

El adjudicatario tendrá derecho al abono del precio de los suministros efectivamente entregados y formalmente recibidos, con arreglo a las condiciones establecidas en el contrato, en las bases del presente Pliego y en las condiciones que se señalan en el artículo 200 de la LCSP.

Cuando razones técnicas o económicas lo aconsejen, el pago del precio total de los bienes a suministrar podrá consistir parte en dinero y parte en la entrega de otros bienes de la misma clase, sin que, en ningún caso, el importe de éstos pueda superar el 50 por 100 del precio total.

En dicho supuesto el importe que del precio total del suministro corresponda a los bienes entregados por el CLPU será un elemento económico a valorar para la adjudicación del contrato y deberá consignarse expresamente por los empresarios en sus ofertas.

6.4. Cumplimiento del contrato y plazo de garantía

El contrato se entenderá cumplido por el contratista cuando éste haya realizado, de acuerdo con los términos del mismo y a satisfacción del CLPU, la totalidad de la prestación.

La constatación del cumplimiento del contrato exigirá por parte del CLPU un acto formal y positivo de recepción o conformidad de acuerdo con lo establecido en los artículos 205 y 273 de la LCSP.

Si los bienes no se hallan en estado de ser recibidos se hará constar así en el acta de recepción y se darán las instrucciones precisas al contratista para que subsane los defectos observados o proceda a un nuevo suministro de conformidad con lo pactado.

El incumplimiento de esta obligación dará lugar al sistema de penalizaciones previsto en el artículo 196 de la LCSP y, en su caso, el nuevo rechazo del material presentado, dará lugar a la resolución del contrato.

En los contratos se fijará un plazo mínimo de garantía que se indicará en el apartado O) del cuadro anexo, a contar de la fecha de recepción o conformidad, transcurrido el cual sin objeciones por parte del CLPU, quedará extinguida la responsabilidad del contratista.

Si durante el plazo de garantía se acreditase la existencia de vicios o defectos en los bienes suministrados, tendrá derecho el CLPU a reclamar al contratista la reposición de los que resulten inadecuados o la reparación de los mismos si fuese suficiente.

Si el CLPU estimase, durante el plazo de garantía, que los bienes suministrados no son aptos para el fin pretendido, como consecuencia de los vicios o defectos observados en ellos e imputables al contratista y exista la presunción de que la reposición o reparación de dichos bienes no serán bastantes para lograr aquél fin, podrá, antes de expirar dicho plazo, rechazar los bienes dejándolos a cuenta del contratista y quedando exento de la obligación de pago o teniendo derecho, en su caso, a la recuperación del precio satisfecho.

Terminado el plazo de garantía sin que el CLPU haya formalizado alguno de los reparos, el contratista quedará exento de responsabilidad por razón de los bienes suministrados y se procederá a la devolución de la garantía.

6.5. Penalidades administrativas y régimen sancionador

La empresa adjudicataria está obligada a cumplir las obligaciones contenidas en el presente Pliego de Cláusulas Administrativas. Si el contratista falta a lo estipulado en el mismo, además del derecho del CLPU a resolver el contrato, se podrán exigir las responsabilidades que correspondan y retener, si procede, la garantía constituida; todo ello, sin perjuicio de otras medidas mediante las cuales se haga cumplir al adjudicatario con sus obligaciones y a indemnizar los perjuicios ocasionados.

Habrá lugar a la ejecución subsidiaria cuando el contratista incumpla obligaciones que, por no tener carácter de personalísimas, puedan ser realizadas por otro sujeto distinto del mismo. En este caso, la Administración podrá realizar las obligaciones incumplidas por sí, o a través de las personas que determine, a costa del contratista.

Las penalidades se graduarán según el importe de la adjudicación de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 196 de la LCSP.

Se aplicarán las penalidades, conforme a lo prevenido en el artículo 196 de la LCSP para los casos de incumplimiento defectuoso de la prestación que afecten a características de la misma que se hayan tenido en cuenta para definir los criterios de adjudicación, a las que se le atribuye el carácter de obligación contractual esencial.

El adjudicatario queda obligado al cumplimiento del plazo de ejecución del contrato y de los plazos parciales fijados por el CLPU. Si llegado el término de cualquiera de los plazos citados, el contratista hubiera incurrido en mora por causas imputables al mismo, el CLPU podrá optar por la resolución del contrato o por la imposición de las penalidades económicas previstas en el artículo 196 de la LCSP. La pérdida de la garantía o los importes de las penalidades, no excluyen la indemnización por daños y perjuicios a que pueda tener derecho el CLPU, originados por la demora del contratista. En todo caso, la constitución en mora del contratista no precisará intimación previa por parte del CLPU.

Si el retraso fuera producido por motivos no imputables al contratista, y éste ofreciera cumplir sus compromisos dándole prórroga del tiempo que se le había señalado, se concederá por el CLPU un plazo que será, por lo menos, igual al tiempo perdido, a no ser que el contratista pidiese otro menor.

La petición de prórroga del plazo de ejecución por parte del contratista, en este caso, se ajustará a lo dispuesto en el artículo 100 del RGLCAP.

Tanto la petición de los interesados como la decisión sobre la ampliación deberán producirse, en todo caso, antes del vencimiento del plazo de que se trate, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 49.3 de la Ley 30/1992 de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común (B.O.E. de 27 de noviembre de 1992), modificada por la Ley 4/1999, de 13 de enero (B.O.E. n° 12 de 14 de enero de 1999).

7. Modificaciones contractuales, cesión del contrato y subcontratación

Las modificaciones que en su caso, sea necesario introducir en el contrato objeto de este pliego deberán ajustarse a las disposiciones contenidas en los artículos 202 y 272 de la LCSP.

Las modificaciones del contrato deberán formalizarse en documento administrativo y a este efecto le serán aplicables las disposiciones contenidas en el artículo 140 de la LCSP.

La cesión del contrato y subcontratación, en su caso, se regirán por lo dispuesto en los artículos 209, 210 Y 211 de la LCSP.

8. Resolución del contrato y efectos

Serán causas de resolución del contrato las señaladas en los artículos 206 y 275 de la LCSP, así como cualquiera de las expresamente establecidas en este Pliego.

Los efectos de la resolución se determinarán de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 208 y 276 de la LCSP y 109 a 113 del RGLCAP.

9. Prerrogativas de la administración y jurisdicción

Dentro de los límites y con sujeción a los requisitos y efectos señalados en el artículo 194 de la LCSP, el CLPU ostenta la prerrogativa de interpretar el contrato objeto del presente Pliego, resolver las dudas que ofrezca su cumplimiento, modificarlo por razones de interés público, acordar su resolución y determinar los efectos de ésta.

Los acuerdos correspondientes pondrán fin a la vía administrativa y serán inmediatamente ejecutivos.

En el correspondiente expediente se dará audiencia al contratista.

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 21 de la LCSP, el Orden Jurisdiccional Contencioso Administrativo será el competente para resolver las cuestiones litigiosas relativas a la preparación, adjudicación, efectos, cumplimiento y extinción, que surjan entre las partes en el presente contrato administrativo, sin perjuicio de que los interesados puedan interponer recurso potestativo de reposición previsto en los artículos 116 y 117 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre (BOE de 27 de noviembre de 1992), modificada por la ley 4/1999, de 13 de enero (BOE nº 12 de 14 de enero de 1999).

Igualmente corresponderá a este orden jurisdiccional el conocimiento de las cuestiones que se susciten en relación con la preparación y adjudicación de los contratos sujetos a regulación armonizada, que de acuerdo con el artículo 310 de la

LCSP, podrá ser objeto, con carácter potestativo, del recurso especial en materia de contratación con anterioridad a la interposición del recurso contencioso administrativo, sin que proceda la interposición de recursos administrativos ordinarios contra los mismos. A tal fin la interposición de dicho recurso se ajustará al procedimiento que se dispone en el Art 314 de la LCSP.

En los supuestos previstos en el Art 37 de la LCSP, se podrá plantear la interposición de la cuestión de nulidad contractual, en el plazo de 30 días hábiles, en los términos previstos en el Art 39 de la LCSP.

El presente Pliego y el de Prescripciones Técnicas tienen carácter de documento contractual y deberán ser firmados por el adjudicatario en prueba de conformidad, simultáneamente a la formalización del contrato.

Informado favorablemente por el Servicio Jurídico del CLPU con fecha: 7 de agosto de 2017.

MODELO DE PROPOSICIÓN ECONÓMICA (Sobre "C")

D..... , con D. N. 1. Nº
 domiciliado en C.
 P..... en su nombre o representación de la Empresa
 , C.I.F. nº con domicilio en
 C. P. teléfono Fax
 en relación con el contrato de:

.....
 .

DECLARO

I Que he quedado enterado del anuncio publicado y/o la invitación a licitar en
 de fecha del contrato de

.....
 .

II Que igualmente conozco el Pliego de Prescripciones Técnicas y el Pliego de Cláusulas Administrativas

Particulares y demás documentación que debe regir el presente contrato, que expresamente asumo y acato en su totalidad.

III Que la empresa a la que represento cumple con todos los requisitos y obligaciones exigidos por la normativa vigente para su apertura, instalación y funcionamiento.

IV Que, en relación con el contrato de referencia, formulo la siguiente oferta

IMPORTES DE LICITACIÓN¹

Base imponible EUROS (..... €)

..... % de IV A EUROS (..... €)

(Lugar, fecha y firma)

¹Se indicará el importe en cifra y letra.

En caso de que haya varios lotes se presentará una proposición por cada lote

CUADRO ANEXO

A) OBJETO DEL CONTRATO "SUMINISTRO, ENTREGA E INSTALACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE ALTO VACÍO DE LÁSER VEGA PERTENECIENTE AL CENTRO DE LÁSERES PULSADOS ULTRACORTOS ULTRAINTENSOS" CPV-2008: 38636100-3 Láseres	
B) PRESUPUESTO MAXIMO DE LICITACIÓN SESENTA Y DOS MIL QUINIENTOS NUEVE CON VEINTE EUROS. (62.509,20 Euros)	
Valor Máximo del Contrato:	
Base Imponible:	49.382,27 Euros. (Seiscientos cuarenta mil euros).
21% IVA:	13.126,94 Euros. (Ciento quince mil doscientos euros).
Total:	62.509,20 Euros (Setecientos cincuenta y cinco mil doscientos euros)
Distribución por anualidades:	

Ejercicio 2017: 62.509,20 Euros (SESENTA Y DOS MIL QUINIENTOS NUEVE CON VEINTE)

C) APLICACION PRESUPUESTARIA Y FINANCIACION DEL CONTRATO:

La aplicación presupuestaria será la del Capítulo de Inversiones del Presupuesto General del CLPU. La financiación del presente correrá a cargo del presupuesto ordinario del CLPU.

D) REVISIÓN DE PRECIOS:

No procede revisión de precios

E) DIRECCION ELECTRONICA DEL PERFIL DE CONTRATANTE:

<http://www.clpu.es>

F) DOCUMENTACION ACREDITATIVA DE LA SOLVENCIA ECONOMICA, FINANCIERA, TÉCNICA O PROFESIONAL Y HABILITACIÓN EMPRESARIAL

Solvencia económica y financiera: (por un importe acumulado al menos el doble al de la presente contratación)

- a) Declaraciones apropiadas de entidades financieras o, en su caso, justificante de la existencia de un seguro de indemnización por riesgos profesionales.
- b) Declaración sobre el volumen global de negocios y, en su caso, sobre el volumen de negocios en el ámbito de actividades correspondientes al objeto del contrato, referido como máximo a los tres últimos ejercicios disponibles.

Solvencia técnica o profesional:

- a) Relación de los principales suministros efectuados durante los tres últimos años, indicándose su importe, fechas y destino público o privado, a la que se incorporarán los correspondientes certificados expedidos o visados por el órgano competente, cuando el destinatario sea una entidad del sector público o cuando el destinatario sea un comprador privado, mediante un certificado expedido por éste o, a falta de este certificado, mediante una declaración del empresario, por importe de contrato mínimo igual al de la presente contratación.
- b) Indicación del personal técnico o unidades técnicas, integradas o no en la empresa, de los que se disponga para la ejecución del contrato, especialmente los encargados del control de calidad.
- c) Descripción de las instalaciones técnicas, de las medidas empleadas para garantizar la calidad y de los medios de estudio e investigación de la empresa.

G) GARANTIA PROVISIONAL:

No se exige

H) DOCUMENTACION A LA QUE SE APLICARAN LOS CRITERIOS DE ADJUDICACIÓN PONDERABLES EN FUNCIÓN DE UN JUICIO DE VALOR:

DOCUMENTACIÓN A INCLUIR EN EL SOBRE "B"

Se incluirá una Memoria Técnica en relación al suministro objeto de esta licitación, que deberá recoger todos los aspectos detallados en el pliego de prescripciones técnicas, que además incluya aspectos relacionados con la calidad, rentabilidad, el valor técnico y las características estéticas o funcionales del sistema ofertado. Valoración ponderada de esta Memoria será entre: 0 y 40 puntos de acuerdo con la siguiente distribución:

VALORACIÓN DOCUMENTACIÓN SOBRE B

H.1 Valoración Técnica de la propuesta

Se tendrá en cuenta la calidad y detalle del proyecto ofrecido, así como la tecnología presentada, no pudiendo estar discontinuada en el mercado o en situación de anuncio de discontinuidad en un futuro próximo. Se valorarán las características funcionales del sistema de láser objeto del suministro, vida útil y componentes. El diseño del sistema debe considerar especialmente la fiabilidad y el alejamiento de las condiciones de trabajo de riesgo extremo. Se valorará el grado de desarrollo del proyecto, así como la incorporación de un plan de trabajo ajustado y real, disponibilidad de repuestos y propuestas de mantenimiento de los equipos. Los medios humanos que participarán en el desarrollo del proyecto, también serán tenidos en cuenta.

Valoración ponderada entre 0 y 30 puntos.

H.2 Mejoras Técnicas

Mejoras técnicas descritas en el pliego de prescripciones técnicas en el apartado 5, así como en general, cualquier aportación que de un mayor valor añadido al suministro objeto de licitación.

Valoración ponderada entre: 0 y 10 puntos.

Umbral mínimo de puntuación para continuar en el proceso selectivo: 20 puntos.

Esta documentación podrá presentarse en inglés siempre y cuando conjuntamente se presente un resumen ejecutivo completo y traducido al castellano.

APERTURA PÚBLICA DE LAS OFERTAS:

Lugar: Salamanca nº 1 del Rectorado de la Universidad de Salamanca. Patio de Escuelas, 1. 37008 Salamanca.

Fecha: Se publicará en el perfil del contratante.

I) CRITERIOS OBJETIVOS DE VALORACION: Se especificará para cada contrato:

Valoración ponderada entre: 0 y 60 puntos de acuerdo con la siguiente distribución:

I.1 Oferta económica

Se puntuará de forma proporcional entre las diferentes ofertas presentadas según la siguiente fórmula, ajustándose su resultado a dos decimales:

$$P = P_m (1 - 3(I - O_b / O_v))$$

Siendo P_m , la puntuación máxima, O_b la oferta menor de las presentadas y O_v la oferta a valorar.

Valoración ponderada entre: 0 y 30 puntos.

OFERTAS CON VALORES ANORMALES O DESPROPORCIONADOS: Será de aplicación, con respecto a la oferta económica y al objeto de apreciar la baja con valores anormales o desproporcionados, lo dispuesto en los artículos 85 y 86 del Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (BOE na 257, de 26 de octubre de 2001)

I.2 Período de garantía gratuito para cubrir la existencia de vicios o defectos de los bienes suministrados

Se valorará la proposición que ofrezca períodos de garantía superiores al mínimo exigido en el apartado O) del cuadro anexo. Las proposiciones deben referirse a la totalidad de los elementos que componen el suministro objeto de licitación. Valoración ponderada entre: 0 y 15 puntos.

I.3 Oferta del Servicio de Mantenimiento a todo riesgo

Se valorarán las ofertas que ofrezcan de manera gratuita, y durante un periodo de tiempo el mantenimiento a todo riesgo durante y a la finalización del periodo de garantía, en el que estarán incluidos todos los gastos sin ninguna restricción, que se deriven del mantenimiento y/o reparación del sistema de láser incluyendo el mantenimiento preventivo, el técnico legal (si procede) y todos los materiales repuestos y fungibles, así como los gastos relacionados con el desplazamiento de los técnicos que sean necesarios o el envío de los equipos que configuran el sistema de láser.

Valoración ponderada entre: 0 y 15 puntos.

La valoración de las ofertas de los criterios antes señalados, con excepción de la oferta económica, se realizará de acuerdo con la siguiente procedimiento:

1. Todas las ofertas serán clasificadas por orden de mejor a peor respecto de cada uno de los criterios.
2. Obtenido El orden de prelación de todas las ofertas respecto de un criterio, se asignará a la mejor oferta el máximo de los puntos correspondientes a dicho criterio.

A las ofertas siguientes en el orden de prelación se le asignarán los puntos que proporcionalmente correspondan con su diferencia con la mejor oferta, de acuerdo con la siguiente fórmula: $P=(p_m*o)/O$, o bien $P=(p_m*O)/o$, según se trate, respectivamente, de proporción inversa o proporción directa con la mejor oferta. (Donde "P" es la puntuación de la oferta a valorar, "p_m" es la puntuación máxima, "o" es la mejor oferta y "O" es el valor cuantitativo de la oferta que se valora).

J) ADMISION DE VARIANTES:

No se admiten variantes.

K) APERTURA PUBLICA DE PROPOSICIONES:

Lugar: Sala nº 1 del Rectorado de la Universidad de Salamanca. Patio de Escuelas, 1. 37008 Salamanca.

Fecha: Se publicará a través del perfil del contratante

L) IMPORTE DE ANUNCIO DE LICITACION:

A Determinar; informándose de ello a través del perfil del contratante.

M) GARANTIA DEFINITIVA:

5 por 100 (5%) del Importe de adjudicación, IVA excluido: (Posibilidad de constitución mediante retención en el precio).

N) PLAZO DE EJECUCION y ENTREGA DEL SUMINISTRO. LUGAR DE ENTREGA:

El plazo de ejecución máximo será de OCHO SEMANAS (40 días laborables) contados a

partir de la formalización del contrato.

La entrega se realizará en las instalaciones del CLPU (Parque Científico de Villamayor de la Armuña (Salamanca), o lugar que determine el CLPU.

O) PLAZO DE GARANTIA MINIMO:

DOS AÑOS. El plazo será contado a partir de la recepción de conformidad del material objeto del contrato, y deberá cubrir todos los elementos o componentes del suministro objeto de licitación.

CONOCIDO Y ACEPTADO EN SU TOTALIDAD

EL CONTRATISTA

Salamanca, a 7 de agosto de 2017

Valeria Ospina Bohórquez

Ingeniera Industrial

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Automatización y diseño del cableado eléctrico de una instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU).



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

PLIEGO DE CLÁUSULAS TÉCNICAS

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALTO VACÍO DEL LÁSER VEGA

1. Información general

El CENTRO DE LÁSERES PULSADOS ULTRACORTOS ULTRAIINTENSOS (CLPU) es una nueva infraestructura científica creada bajo la forma de un Consorcio entre el Ministerio de Ciencia e Innovación, la Junta de Castilla y León y la Universidad de Salamanca. Es parte de la implementación del mapa de infraestructuras científico técnicas singulares de España. El consorcio CLPU está ubicado en Salamanca y fue creado el 14 de diciembre del 2007. El CLPU es evolución de un grupo especializado en láseres de Teravatio de la Universidad de Salamanca.

El Centro de Láseres Pulsados Ultracortos y Ultraintensos (CLPU) va a adquirir un sistema láser de 1 PW de potencia pico, denominado Fase III que se instalará durante el año 2014, en el edificio M5 del Parque Científico de la Universidad de Salamanca, situado en Villamayor. E stos láseres a partir de un punto deben ser conducidos en vacío con el fin de conservar las propiedades del láser, que se degradan rápidamente si su propagación es en aire. Adicionalmente las severas restricciones de vibraciones sobre la losa del edificio hacen desaconsejable la utilización de bombas de vacío locales para mantener éste en las cámaras de vacío.

A fin de poder cumplir con los requisitos de vacío y vibraciones del sistema laser se propone la adquisición e instalación de un sistema centralizado de vacío en el edificio M5 que dé servicio a los compresores y las líneas de distribución del láser.

2. Objeto y alcance del contrato

Este pliego de prescripciones técnicas tiene por objeto determinar las especificaciones por las que se regirá el contrato para el suministro, entrega e instalación la automatización del sistema de alto vacío del láser VEGA en el edificio M5 del Parque Científico de Villamayor (Salamanca).

El alcance incluirá así mismo todos los aspectos relacionados con la validación de la instalación y puesta en marcha de los equipos.

3. Presentación de ofertas y documentación técnica a valorar

Las empresas licitadoras deberán ofertar soluciones que cumplan las especificaciones técnicas establecidas. Se valorarán las mejoras técnicas indicadas en el presente pliego.

Además, deberán presentar la siguiente documentación, que constituirá un compromiso formal en el caso de resultar adjudicataria:

a) Memoria Técnica que describa al menos los aspectos relacionados con el cálculo de la potencia de las bombas primarias, cálculo del diámetro de las conducciones de vacío primario, modelo del grupo de bombeo, cálculo de la energía eléctrica media consumida, diseño del bastidor que contenga el grupo de bombeo, diseño de una tubería que conduzca el aire expulsado por los grupos de bombeo a la cubierta del edificio, diseño de las conducciones de vacío, plano esquemático del vacío incluyendo los elementos de control como válvulas y gauges de medida, descripción de los gauges utilizados, descripción de las válvulas utilizadas esquema del sistema eléctrico, necesidades de aire a presión, esquema del sistema eléctrico, esquema del cableado del sistema de control, descripción de los distintos elementos de control, esquema del cableado del sistema de seguridad, informe de seguridad, documento de use cases del sistema de control, esquema del programa de control y cualquier otra especificación necesaria para la correcta ejecución de la obra.

b) Detalle de los requerimientos técnicos necesarios previos a la instalación de los equipos.

c) Catálogos, datos técnicos adicionales, calidades y cualquier otra documentación que se estime adecuada al respecto.

d) Protocolo para la validación de la instalación

e) Relación de proyectos similares ejecutados por la empresa

Esta documentación podrá ser presentada en inglés, en cuyo caso deberá adjuntarse un resumen ejecutivo completo y traducido al español.

4. Obligaciones del adjudicatario

Las empresas que resulten adjudicatarias estarán obligadas a:

a) Obtener para el licitador todos los permisos y licencias, si fueran necesarios para la instalación del sistema de vacío centralizado que dé soporte a las bombas turbomoleculares de los compresores y los tubos de conducción en el edificio M5.

b) Entregar los esquemas definitivos de la instalación y equipos adicionales, dispositivos, elementos de interconexión y accesorios necesarios para un total y correcto funcionamiento.

c) Entregar, para los equipos que incluya esta licitación los certificados de marcado CE; manuales de instrucciones, de operación y de mantenimiento; esquemas electrónicos y

mecánicos y si procede lista de despieces con indicación de vida útil aproximada de cada pieza.

d)El adjudicatario ejecutará los trabajos con la diligencia oportuna en lo referente a la interacción con los sistemas generales del edificio, realizando las gestiones oportunas para no comprometer en ningún momento la pérdida de la garantía que éstos pudieran tener.

5. Especificaciones técnicas

La descripción de la automatización del sistema de alto vacío del láser VEGA, las que va a dar servicio, así como otros aspectos necesarios para el desarrollo de la memoria, se encuentran detallados en la Memoria de este Proyecto.

6. Mejoras técnicas

El licitador podrá proponer las mejoras del sistema que es time oportunas, indicando a modo de ejemplo algunas de ellas.

a) Grupos de bombeo adicionales.

b) Inclusión de más pantallas a nivel de supervisión dentro del sistema.

c) Cualquier otra sugerencia o mejora que permita un mejor funcionamiento del sistema.

7. Responsable del contrato

El CLPU podrá designar una persona como responsable del contrato, pudiendo además nombrar un coordinador para efectuar el seguimiento de la recepción e instalación del suministro.

8. Recepción del suministro

El licitador pondrá a disposición del CLPU toda la documentación necesaria, en relación a los equipos instalados antes del acto de Recepción, que en caso de ser favorable se firmará la correspondiente acta entre ambas partes.

Durante el proceso de recepción el CLPU podrá solicitar cuantas comprobaciones técnicas estime necesarias en relación a validación de la instalación.

9. Plazo de garantía

El plazo de garantía será como mínimo de dos años y alcanzará a todo el conjunto del sistema, es decir, equipamiento, sistema de control e instalaciones generales y complementarias para el perfecto funcionamiento de la automatización del sistema de alto vacío del láser VEGA. La garantía empezará a contar a partir de la fecha en que, una vez completada la instalación, realizada la prueba de aceptación y suministrada la formación básica a los usuarios tenga lugar la formalización de su recepción en el CLPU.

Las garantías incluirán mano de obra, desplazamientos y repuestos, así como los gastos necesarios de reposición o transporte de algún elementos fuera de las instalaciones.

10. Asistencia técnica

En las ofertas deberá incluirse un proyecto de las condiciones en que el ofertante se comprometería a llevar a cabo e l mantenimiento del sistema de vacío centralizado, especificando el mismo, antes y a partir del momento de la finalización de la garantía ofertada, condiciones que serán valoradas conjuntamente con e l resto de la oferta.

Si el mantenimiento debiera ser asumido por terceros, se incorporará a la oferta un compromiso formal de los mismos, con las especificaciones de las condiciones en que tal compromiso se produce.

Se deberá especificar, para las diferentes opciones de mantenimiento, el precio anual tota l expresado en porcentaje sobre el precio unitario del aparato a suministrar (IVA incluido).

Las opciones a considerar serán, como mínimo, las siguientes:

Tipo A: mantenimiento a todo riesgo, en la que estarán incluidos todos los gastos, sin ninguna restricción, que se deriven de la reparación del aparato averiado, incluyendo el mantenimiento preventivo, el correctivo, el técnico legal (si procede) y todos los materiales, repuestos y fungibles.

Tipo B: mantenimiento preventivo, limitado a las labores de mantenimiento preventivo y en las condiciones que el suministrador especifique.

Tipo C: Sin contrato de mantenimiento: El licitador deberá indicarlos costes hora / técnico y los de desplazamiento (en ambos caso IVA incluido), que repercutirá al CLPU en el supuesto de que sea reclamado para reparar un aparato y no figure formalizado contrato de mantenimiento al efecto. Deberá igualmente indicar cuál es el plazo de respuesta efectivo en estos supuestos.

En cualquiera de los casos deberá especificarse los tiempos de respuesta para actuaciones de mantenimiento, tanto si requiere asistencia presencial o no.

11. Equipamiento y repuestos

Se deberá definir el principal equipamiento del sistema, indicando si es propio o de terceros.

Las empresas licitantes indicarán el material fungible necesario y/o aconsejable para obtener del objeto de adquisición las máximas prestaciones. En este sentido, relacionarán dicho material de forma pormenorizada, indicando expresamente su denominación, referencia, proveedor/es, cometido específico, periodo aproximado de duración y su precio actual de venta impuestos incluidos.

Se deberá especificar claramente la procedencia de los materiales y la garantía de su disponibilidad a lo largo del tiempo.

12. Programas formativos para técnicos y usuarios

Si se estimara conveniente para el manejo de las instalaciones. Se deberá incluir un programa formativo, sin coste adicional, para los primeros técnicos de los usuarios con detalle del alcance, contenido, documentación y duración. Se considerará aceptable formación en inglés. Dichos programas se podrán ejecutar en una única fase o en fase sucesivas, y principalmente durante y con posterioridad a la recepción de la obra.

Se deberá aportar información técnica no trivial sobre el funcionamiento de la automatización del sistema de alto vacío del láser VEGA que ayude a la comprensión técnica de los componentes más críticos del mismo. Igualmente, se considerará aceptable información técnica en inglés.

13. Plazo de ejecución

El plazo máximo de ejecución de la obra será de ocho semanas a contar desde el día siguiente a la formalización del correspondiente contrato.

14. Presupuesto máximo

Importe máximo de la obra:

62.509,20 Euros (Setecientos cincuenta y cinco mil doscientos euros) I.V.A. incluido.

Este importe incluye todos los gastos asociados al suministro y su instalación.

15. Lugar de ejecución

El lugar exacto de entrega de la instalación será el edificio M5 del Parque Científico de Villamayor de la Armuña.

16. Información técnica y contratos

Para cualquier aclaración de contenido técnico pueden contactar con:

Valeria Ospina Bohórquez

vospinaclpu.es

17. Estudio de requerimientos técnicos

Se requiere la automatización completa del sistema de alto vacío del láser VEGA, específicamente de sus líneas VEGA-2 (200 TW de potencia pico) y VEGA-3 (1 PW de potencia pico). La automatización debe de contener el diseño del cableado eléctrico, el programa del controlador y de las pantallas, la comunicación mediante protocolo

Profibus con los elementos pertinentes y el esquema Hardware a implementar.

A) Requisitos generales del sistema introducción y datos de partida

Los requisitos generales son:

- El sistema debe ser robusto y debe prevenir los fallos más comunes.
- El sistema debe ser modular y debe poder ser incrementado si las necesidades futuras así lo requieren, especialmente en lo que afecta al bastidor y grupo de bombeo a la hora de posibilitar la ampliación del sistema existente.
- El sistema debe ser redundante permitiendo siempre la entrada automática de sistemas de apoyo.
- El sistema debe ser eficiente energéticamente.
- El sistema debe ser flexible especialmente en lo que afecta a las conducciones, para que éstas puedan ser modificadas posteriormente de una manera sencilla.
- Es obligatorio que todos los elementos susceptibles de serlo sean capaces de comunicarse a través de protocolo Profibus.

- Se deberá procurar cablear lo mínimo posible.

B) Requisitos específicos del sistema

-Se debe diseñar un sistema con tres modos de funcionamiento: manual, automático y semiautomático. Estos modos de funcionamiento corresponderán con los niveles de interacción del sistema con el usuario que se desea establecer.

-Todas las bombas turbomoleculares y los medidores de presión se conectarán al sistema automático mediante comunicación a través de protocolo Profibus.

-Se establecerá una jerarquía de usuarios en el sistema de control y supervisión que constará de tres niveles: usuario normal, usuario avanzado y administrador.

-El sistema de control y supervisión se dividirá en control de cámaras, configuración del sistema y alarmas de proceso.

-La lógica de programación a seguir se describe en el Anexo I. Graficets de Programación del presente Proyecto.

-El cableado eléctrico debe contener: alimentación de control, alimentación de fuerza y conexiones al controlador (entradas y salidas digitales).

C) Contenido de la memoria técnica

C.1. Marco teórico que detalle las bases de la generación de alto vacío y la base teórica de la teoría de láseres. Lo anterior deberá de proporcionar el contexto teórico necesario para que el Proyecto se desarrolle de la mejor manera.

C.2. Toma de requerimientos dividida en requerimientos del automatismo y requerimientos del cableado eléctrico.

C.3. Explicación técnica detallada de la propuesta de diseño de cableado eléctrico y automatismo que se pretende realizar.

C.4. Descripción técnica de todos los elementos que compongan el diseño hardware final del automatismo incluyendo:

- Fuentes de alimentación

- Módulos de periferia

- Módulos de comunicación

C.5. Código de programación del controlador y del software de control y supervisión con explicaciones técnicas mínimas.

C.6. Planos: plano esquemático del sistema de vacío en el que se observen todos los elementos que lo componen correctamente identificados. se deberán realizar con el software AutoCAD.

C.7. Esquema eléctricos: se deberán realizar con el software EPLAN.

D) Alcance del suministro e instalación

El alcance del suministro debe referirse al menos a las siguientes tareas.

D.1. Adquisición e instalación

A partir de proyecto de obra la empresa adjudicataria debe realizar las siguientes tareas:

- Adquisición de los elementos del automatismo y del cableado eléctrico
- Transporte y descarga del material hasta el edificio M5
- Instalación de todo el sistema automático

D.2. Instalación eléctrica

La empresa adjudicataria deberá especificar los prerequisites necesarios para montar los cuadros. El CLPU será el encargado de la acometida de la línea eléctrica desde el cuadro general del edificio hasta la entrada de los cuadros. La compañía adjudicataria deberá garantizar el correcto funcionamiento del sistema automático. Para ello la empresa deberá:

-Instalar cuadros eléctricos dimensionados para incluir todos los elementos que se detallan en el Capítulo III. Diseño del automatismo y del sistema eléctrico del presente Proyecto con una reserva de espacio del 20% para futuras ampliaciones.

- Adquisición, transporte e instalación de los cuadros eléctricos.

D.3. Instalación de automatización

La compañía adjudicataria deberá instalar todos los sistemas de control del vacío primario. Para ello la empresa adjudicataria deberá:

- Dimensionar el rack necesario
- Adquirir la electrónica necesaria

- Realizar todo el cableado tanto de control como a alimentación o fuerza
- Programar el sistema de control

D.4. Revisión y certificación de la instalación

La empresa adjudicataria deberá finalmente:

- 1.Revisar y certificar que la instalación funcione según lo especificado en este documento
- 2.Entregar toda la documentación de todos los sistemas comprados. Se debe incluir todo el software y todos los manuales del sistema.
- 3.Entregar todas las certificaciones de todas las pruebas realizadas al sistema
4. Formar al personal del CLPU en el uso de todos los sistemas.

E) Normativas de referencia

ISO 3529 - 1: 1981 Vacuum technology -- Vocabulary -- Part 1: General terms

ISO 3529 - 2: 1981 Vacuum technology -- Vocabulary -- Part 2: Vacuum pumps and related terms

ISO/NP 3529 - 2 Vacuum technology -- Vocabulary -- Part 2: Vacuum pumps and related terms

ISO 3529-3: 1981 Vacuum technology -- Vocabulary - - Part 3: Vacuum gauges

ISO/DIS 3529 - 3 Vacuum technology -- Vocabulary -- Part 3: Vacuum gauges

ISO 21360 - 1:2012 Vacuum technology -- Standard methods for measuring vacuum - pump performance -- Part 1: General description

ISO 21360-2:2012 Vacuum technology -- Standard methods for measuring vacuum-pump performance - - Part 2: Positive displacement vacuum pumps

F) Información adicional

Además de la información contenida en este documento y a solicitud del licitador se podrá proporcionar:

- Planos arquitectónicos

- Planos del sistema eléctrico del edificio
- Plano del sistema de climatización y refrigeración del edificio

Así como cualquier otro que la empresa licitadora pueda necesitar para la elaboración del Proyecto.

Sería aconsejable que las empresas licitadoras visitaran previamente el edificio donde se instalará el sistema de automatización, pudiendo concertar una cita en el siguiente contacto:

Valeria Ospina Bohórquez

vospina@clpu.es

CONOCIDO Y ACEPTADO EN SU TOTALIDAD

EL CONTRATISTA

Salamanca, a 7 de agosto de 2017

Valeria Ospina Bohórquez

Ingeniera Industrial

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

**Automatización y diseño del cableado eléctrico de una
instalación de alto vacío para el Centro de Láseres Pulsados
Ultracortos Ultraintensos (CLPU).**



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

E. T. S. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALTO VACÍO DEL LÁSER VEGA

1. Justificación

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Comprobación de supuestos:

a) El Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.) es inferior a 450.759,08 €.

$$P.E.C. = (P.E.M. + G.G. + B.I.) \cdot \%I.V.A.$$

$$P.E.C. = (14.959,80 + 2.543,17 + 897,59) \cdot 1,21 = 22.264,67€ < 450.759,08€$$

b) La duración estimada de la obra no es superior a 30 días laborables o no se emplea en ningún momento más de 20 trabajadores simultáneamente.

La duración estimada de la obra es de 40 días laborables. Se emplearán como máximo tres trabajadores simultáneamente.

c) El volumen de mano de obra es inferior a 500 trabajadores-día (suma de los días trabajados del total de los trabajadores de la obra).

$$N^{\circ} \text{ de trabajadores} - \text{día} = 3 \cdot 40 = 120 < 500$$

d) No es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

No es el caso.

Como se cumple el supuesto b) se redacta a continuación el presente Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto no pudiéndose conformar con un Estudio Básico.

2. Objeto del estudio

El Estudio de Seguridad y Salud es un documento obligatorio que ni constituye ni sustituye la evaluación de riesgos del contratista. Las actividades de todos los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos que participarán en el proyecto, *deben estar planificadas antes del inicio de los trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse* de forma simultánea o sucesiva. No se aceptará la llegada de una nueva empresa sin previo aviso al coordinador de seguridad y salud de la fase de ejecución de la obra, y el conocimiento de la descripción de la metodología de trabajo. El plazo para enviar al coordinador de seguridad y salud de la fase de ejecución del proyecto, los documentos obligatorios será de 15 días, antes del comienzo de la actividad.

Dicho Estudio es un documento escrito que define el conjunto de medidas tomadas para prevenir los riesgos derivados de la totalidad de actividades de los diferentes intervinientes en el proyecto, o de la sucesión de sus actividades, ó cuando una intervención deja subsistir tras su actividad algunos riesgos para el resto de contratistas.

3. Informe para todos los intervinientes

- El ESS concierne al conjunto de todos los intervinientes.
- Los elementos contenidos en el presente documento tienen carácter obligatorio. Los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos deberán tenerlo en cuenta para la elaboración de sus Planes de Seguridad y Salud.
- La intervención del Coordinador de seguridad y salud de la fase de ejecución de la obra, no modifica la naturaleza ni las responsabilidades que incumben a cada uno de los participantes de las actividades de la obra, de acuerdo con el apartado 3 del Art. 11 del RD 1627/1997 de 24 de octubre.

Se recuerda el Art. 15 de la Ley de Prevención de 31/1995 de 8 de noviembre:

Art. 15. Principios de la acción preventiva.

1) El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el artículo anterior, con arreglo a los siguientes principios generales:

- a) Evitar los riesgos.
- b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar

- c) Combatir los riesgos en su origen
 - d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
 - e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
 - f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
 - g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
 - h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual
 - i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- 2) El empresario tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y de salud en el momento de encomendarles las tareas.
- 3) El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- 4) La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, las cuales sólo podrán adoptarse cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.
- 5) Podrán concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal.

Art. 10 del RD 1627/1997 de 24 de octubre:

“Principios generales aplicable durante la ejecución de la obra”

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra y, en particular, en las siguientes tareas o actividades:

- a) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- b) La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- c) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- d) El mantenimiento, el control previo, a la puesta en servicio del control periódicode las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución e la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- e) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- f) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- g) El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- h) La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- i) La cooperación entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- j) Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

4. Características de la obra

4.1. Situación

El proyecto se llevará a cabo en el edificio M5 del Parque Científico de la Universidad de Salamanca en Villamayor de la Armuña, Salamanca.

4.2. Configuración arquitectónica

Sala de experimentación:

Espacio destinado a albergar el láser de Petavatio con unas características específicas definidas en una sala de dimensiones de 20 m x 10 m y una altura comprendida entre 5m y 6 m. Este espacio necesita un estricto control de temperatura, radioactividad, humedad y estabilidad geológica.

Sala láser:

Espacio destinado a albergar la zona de disparo del láser de Petavatio con unas características específicas definidas en una sala de dimensiones de 40 m x 10 m y una altura comprendida entre 5m y 6 m. Este espacio necesita un estricto control de temperatura, radioactividad, humedad y estabilidad geológica.

4.3. Presupuesto

El Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) asciende a *CATORCEMIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE CON OCHENTA EUROS* (14.959,80 Euros).

El presupuesto de Ejecución del Estudio de Seguridad y Salud asciende a la cantidad de *OCHOCIENTOS UN MIL CON CINCUENTA Y CUATRO EUROS* (801,54 Euros).

4.4. Plazo de ejecución

Será de OCHO SEMANAS (40 días laborables).

4.5. Personal

Considerando el plazo de ejecución de las obras así como su presupuesto previsto, se ha estimado el personal necesario para la ejecución de los trabajos.

Hipótesis de cálculo

- Coste de la mano de obra entre un 30 y 40% sobre el presupuesto previsto de ejecución.
- Salario medio por operario y mes: 1.803,00 €.

Obteniéndose los siguientes datos:

El personal previsto para la realización del proyecto será de 3 trabajadores.

Todas estas personas recibirán información de los trabajos a realizar y los riesgos que conllevan, así como formación para la correcta adopción de medidas de seguridad para

anularlos y o neutralizarlos mediante la implantación de protecciones colectivas, en primer lugar y utilización de equipos de protección individual, en segundo lugar.

4.6. Interferencias y climatología

El solar se encuentra ubicado en el Parque Científico de Villamayor de la Armuña en

Salamanca. Dicha construcción no tiene edificios colindantes ni medianeros que puedan ser afectados en las inmediaciones de la planta edificable.

El Contratista deberá tener en cuenta en el Plan de Seguridad y Salud las interferencias posibles de maquinaria y camiones con las construcciones cercanas, debiendo señalizarse correctamente la entrada y salida de vehículos a la obra o cualquier otra maniobra que pueda ocasionar una situación de tráfico lento u obstrucción de la calzada siendo necesaria para estas maniobras la intervención de un operario que cumpla con la tarea de señalar.

Se deberán tener en cuenta los servicios públicos existentes, tales como alumbrado, red eléctrica aérea (alta tensión), poste transformador, acometidas de agua, red telefónica, red de alcantarillado, etc., para que en ningún momento se vean afectados por las obras derivadas del proyecto.

4.7. Instalación eléctrica

La instalación será objeto de estudio pormenorizado de acuerdo con los correspondientes documentos básicos exigidos en el CTE y se aportarán en el desarrollo del Proyecto de Ejecución.

4.8. Medios auxiliares a utilizar

Andamios y plataformas

- Redes verticales en huecos de borde de forjado
- Barandillas de seguridad
- Marquesina de protección
- Andamios tubulares de tipo europeo.
- Castilletes de hormigonado

Material general

- Pistola fija – clavos
- Taladro portátil
- Rozadora eléctrica

- Sierra de disco manual
- Destornillador
- Corta chapa

5. Actuaciones previas a la ejecución de la obra

5.1. Actuaciones previas a los trabajos

Los trabajos preliminares que se exponen a continuación deberán realizarse por el Contratista principal previamente a la ejecución de los trabajos y antes de cualquier intervención de los demás intervinientes:

- Sectorización de la zona de trabajo con el objetivo de no afectar otras actuaciones que se están realizando en paralelo.
- Establecer las zonas de acceso a los puntos de trabajo.

5.2. Recepción y formación de los asalariados en materia de seguridad y salud

El personal de las diferentes empresas contratistas ha de recibir el día de su llegada a la obra una formación práctica y apropiada en materia de seguridad por el jefe del

Contratista principal o de su representante jerárquico designado en su Plan de Seguridad y Salud (PSS). El control del buen procedimiento de dicha recepción se realizará por el Coordinador de Seguridad y Salud de la fase de ejecución de la obra.

Todo tipo de subcontratación debe ser comunicado al Coordinador de Seguridad y Salud y respetará los procedimientos reglamentarios previstos en el RD 1627/1997 de 24 de octubre antes de todo tipo de trabajos previstos. En caso contrario el coordinador podrá parar el trabajo correspondiente para exigir los procedimientos reglamentarios.

5.3. Calendario general provisional de ejecución

El Contratista principal mandará al Coordinador de Seguridad y Salud la planificación general de ejecución de la obra desglosada en unidades, antes del inicio de la misma, y le transmitirá todo cambio, modificación o ajuste que se realice a lo largo del desarrollo de los trabajos.

Un calendario detallado será entregado al Coordinador de Seguridad y Salud con todo los tiempos y fechas de intervención mencionados en el Plan de Seguridad y Salud de cada contratista.

Se indicará el número de operarios que interviene en cada una de las actividades y el tiempo de realización de dichos trabajos, las fechas de acopios, colocación y sustitución de los elementos de seguridad requeridos para cada una de las distintas etapas y de forma específica las fechas de los trabajos más singulares por su riesgo, complejidad o interferencia con otras actividades.

En caso de desfase entre trabajos y planificación, se celebrará una reunión (entre los intervinientes concernientes) para tomar todas las disposiciones necesarias relativas a los nuevos riesgos que se deriven de las recientes condiciones de trabajo (co-actividad, trabajos nocturnos, etc).

6. Análisis de riesgos posibles y medios de prevención

La lista que se expone a continuación no es exhaustiva ni exime ni obliga a los diferentes contratistas a ejecutar las disposiciones complementarias a las condiciones de seguridad indispensables de una obra.

Cada contratista deberá detallar de forma precisa en su Plan de Seguridad y Salud las protecciones colectivas y los medios que pondrán a disposición de su personal.

Grupos de unidades de obra agrupados por riesgos similares:

- Instalaciones eléctricas
- Productos peligrosos.

6.1. Instalación eléctrica

6.1.1. Identificación de riesgos

- Caída al mismo nivel
- Caída a distinto nivel
- Caída de objetos
- Sobreesfuerzos
- Quemaduras
- Cortes y golpes
- Electrocutación
- Explosiones
- Incendio.

6.1.2. Normas y medidas preventivas

- Durante la apertura de rozas se cuidará el orden y limpieza del tajo, evitando tropezones y caídas.
- Se trabajará desde plataformas adecuadas y se utilizarán los medios auxiliares adecuados y correctamente utilizados.
- Los trabajos se realizarán por persona cualificada, evitando los riesgos por montaje incorrecto.
- La iluminación en los tajos no será inferior a los 100 lux.
- La iluminación mediante portátiles se hará mediante portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.
- Los trabajos a realizar junto a huecos de escalera no se realizarán hasta que se pueda ejecutar con las debidas protecciones de hueco.
- El último cableado en ejecutarse será el de conexión a la red de la Compañía suministradora y el cuadro general.

- Será preciso informar previamente a todos los intervinientes en la obra antes de realizar las pruebas de funcionamiento.
- De acuerdo con el R.E.B.T. se revisarán los mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos e indirectos.

6.1.3. Equipos de protección colectiva

- Se trabajará desde los medios auxiliares adecuados.
- Mantenimiento y reposición de las protecciones instaladas en anteriores trabajos. Perfecto estado de seguridad, en posesión de la marca CE, de las máquinas herramientas.
- Iluminación de los tajos.
- Junto a los tajos de riesgo se encontrará el correspondiente extintor de incendios.
- Se protegerá los laterales de las plataformas cuando la distancia al borde del forjado, o a cualquier hueco, sea menor o igual a 1m.

6.1.4. Equipos de protección individuales

- Ropa de trabajo
- Botas aislantes de seguridad
- Guantes aislantes

- Casco de polietileno.
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes
- Banqueta de maniobras
- Alfombra aislante

6.2. Productos peligrosos

6.2.1. Identificación de riesgos

- Toxicidad
- Inflamabilidad
- Explosión

6.2.2. Normas y medidas preventivas

- Se entregará por parte de los suministradores las fichas de seguridad de los productos, en las que queden definidos claramente los riesgos y protecciones adecuadas a dicho producto.
- Se informará a todos los subcontratistas por medio de reuniones previas, de la utilización de productos peligrosos, indicándose fecha y lugar, de forma que exista una buena organización; con esto se pretende que no existan interacciones que supongan riesgos entre los trabajos con productos peligrosos y otros trabajos.
- Se delimitarán zonas de acopio particulares para estos productos
- Todos los locales cerrados deberán cumplir todas las disposiciones concernientes a la ventilación y los medios de protección de las zonas de acopio.
- El acopio de dichos materiales se realizará en zonas independizadas de herramientas y máquinas.

6.2.3. Equipos de protección colectiva

- Señalización fija obligatoria de las zonas de acopio según normas en vigor y mantenimiento de la misma durante la ejecución de la obra.
- Señalización de las zonas de trabajo, advirtiendo de la existencia de estos productos así como de la prohibición de fumar o realizar trabajos cercanos con fuentes de calor.

6.2.4. Equipos de protección individuales

- Guantes de seguridad adecuados al producto
- Botas de seguridad
- Ropa de trabajo
- Casco de polietileno
- Mascarilla de protección acorde al producto a emplear
- Gafas de protección acorde al producto a emplear

7. Medios generales de prevención de riesgos

7.1. Vías o zonas de desplazamiento de circulación horizontal o vertical

7.1.1. Plano de circulación

Durante la fase de preparación de la obra el contratista principal elaborará un plano de circulación y de señalización que permitirá orientar el tráfico a los accesos adecuados. El plano de circulación comprenderá:

a) Localización de las vallas de las entradas principales:

- Entrada de camiones
- Entrada de peatones
- Accesos a los transportes verticales.

b) Los caminos y los aparcamientos autorizados o prohibidos

- Camino de acopio
- Camino peatonal, protección de pasos en el tránsito exterior de obra.
- Compartimiento de descarga
- Aparcamiento de vehículos particulares
- Aparcamiento de vehículos de emergencia

c) Toda la señalización para informar y orientar

d) Señalización en las calles y vías perimetrales afectadas por el Proyecto.

Nota:

El plano de circulación y sus eventuales modificaciones conllevará informes escritos (notas y planos) y serán difundidos a todos los contratistas. Todos los contratistas tendrán la responsabilidad de informar a los subcontratistas, transportistas, etc...

Así mismo la Empresa Contratista deberá reflejar en el Plan de Seguridad y Salud los pasos de emergencia y huida en las tabiquerías interiores hasta la construcción de las escaleras definitivas y el libre acceso a las mismas, así como la salida y el recorrido para los vehículos de emergencia.

7.1.2. Circulaciones dentro del perímetro de trabajo

Los contratistas deberán respetar las condiciones que les serán impuestas, especialmente en lo que se refiere a:

- a) Las vallas, barandillas deberán estar mantenidas en perfecto estado bajo la responsabilidad del contratista principal.
- b) La señalización será conforme a la normativa en vigor.
- c) El Coordinador podrá pedir las disposiciones suplementarias que juzgue necesarias.
- d) Los accesos reservados al personal, a los vehículos y a las máquinas de obra, estarán acondicionados y mantenidas por el contratista principal.
- e) El mantenimiento de las comunicaciones y las cañerías de agua.

7.1.3. Circulaciones fuera del perímetro de trabajo

Respecto a la circulación fuera del perímetro de trabajo, tanto para la desviación del tránsito peatonal, como para eventuales cortes de circulación para carga/ descarga de material, se seguirán las instrucciones de la Policía Municipal de Tráfico de la localidad.

7.1.4. Obligaciones de la zona

Las entradas y salidas de vehículos se realizarán bajo la protección de un jefe de maniobra cualificado.

Los peatones tendrán prioridad alrededor de los accesos de la obra

7.1.5. Organización del tráfico exterior

Los contratistas deberán organizar el tráfico de los camiones, bajo el control de jefe de obra para:

- Aprovechamiento de material.
- Hacer respetar el estacionamiento sobre las zonas de descarga previstas para ello.
- Controlar los acopios.

7.1.6. Áreas de carga y descarga

Deberán figurar sobre el plano de instalaciones del proyecto y podrán ser desplazadas en función del desarrollo del mismo.

Se indicarán las zonas de contenedores de escombros que tendrán vías de acceso delimitadas y mantenidas en buen estado durante toda la duración del Proyecto.

7.1.7. Gestión de acopio de los materiales

Durante el periodo de preparación las empresas establecerán una previsión global de los aprovisionamientos para poner en evidencia:

- El peso de las cargas a transportar por los vehículos utilizados.
- De los medios de manutención de descarga.
- El gálibo del material transportado.
- La frecuencia de aprovisionamiento.
- Estas diferentes informaciones serán transmitidas al Jefe de Obra y al Coordinador.

7.1.8. Interferencias de las máquinas de elevación

La empresa que utilice las máquinas elevadoras (grúas), deberá organizar sus trabajos de forma que eviten las interferencias con los trabajos que se estén realizando en las proximidades.

Está estrictamente prohibido introducir máquinas elevadoras sin estudio de las interferencias que puedan producirse en la zona.

Estas disposiciones deberán aparecer en el Plan de Seguridad de la empresa.

El desmontaje de la grúa deberá ser advertido a todas las subcontratas, con la antelación suficiente, para que se puedan realizar sus aprovisionamientos. Queda prohibido el montaje de cualquier mecanismo de izado de material o medio auxiliar que no esté recogido en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud y, si fuese preciso, deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud en un anejo al Plan e inspeccionado el montaje, previo aviso al Jefe de Obra.

7.1.9. Condiciones de los productos peligrosos

Los contratistas indicarán en los Planes de Seguridad si los trabajos se realizarán con sustancias y productos peligrosos que puedan provocar intoxicaciones, incendios o explosiones, adjuntando los informes de Seguridad obtenidos de los suministradores e los productos para tener acopiado en obra las protecciones individuales y colectivas apropiadas para estos, recogiéndose estos medios dentro del Plan de Seguridad.

En este caso las zonas de acopio particulares se propondrán al Coordinador de Seguridad para su aprobación.

Todos los locales cerrados deberán comportar todas las disposiciones concernientes a la ventilación y los medios de protección de las zonas de acopio.

7.1.10. Condiciones de acopio y evacuación de los escombros

Cada contratista debe mantener en perfecto estado de limpieza sus zonas de trabajo y dejarlos limpios al final de la jornada y al finalizar estos.

El medio de desescombro quedará recogido en el Plan de Seguridad y Salud y en cualquier caso quedará prohibida la retirada por vanos de fachada o huecos de forjado de forma descontrolada.

Los contenedores estarán puestos a disposición de todos los contratistas por el contratista principal.

La sustitución de estos contenedores deberá efectuarse cada vez que sea necesario.

8. Decisiones en materia de interacción dentro de la obra

8.1. Organización de la seguridad colectiva

Tres grandes principios son obligatorios para la organización de la Seguridad en la Obra.

- Cada contratista es responsable de la seguridad de sus asalariados.
- La coordinación indispensable de las intervenciones de los diferentes contratistas, obliga al contratista principal de encargarse del acopio de la implantación y mantenimiento de las protecciones colectivas.
- Se dará prioridad a las instalaciones de protección definitivas en comparación a las instalaciones provisionales.

El material destinado a las protecciones colectivas se adaptará y se identificará y será exclusivamente reservado a este uso.

Las modificaciones deberán ser sometidas a la aprobación del Coordinador y se adjuntarán al Plan de Seguridad.

8.2. Armonización de los dispositivos de seguridad

Para evitar anticipadamente la desaparición de las protecciones colectivas, el contratista principal deberá instalar diferentes dispositivos de seguridad teniendo en

cuenta los métodos de trabajo y emplazamiento realizadas por otros contratistas. En cualquier caso no podrá retirarse una protección colectiva hasta que no esté colocada aquella que la sustituye.

8.3. Obras superpuestas

Siempre que sea posible, los trabajos superpuestos se evitarán en el calendario de trabajo.

En el caso de imposibilidad, el contratista que trabaje en la obra de mayor envergadura tomará las disposiciones necesarias para instalar y mantener los dispositivos destinados a asegurar la protección del personal situado por debajo.

Cada caso será examinado por el Coordinador de Seguridad.

8.4. Utilización común de los materiales y máquinas de obra

Cada contratista ha de asegurar la protección de su personal y poner a disposición del mismo el material correspondiente a la tipología de las obras a realizar. Esto se efectuará durante todo el desarrollo de sus trabajos.

Cuando un contratista ponga material a disposición de otro contratista, este material deberá estar en buen estado de uso.

La puesta a disposición de material será objeto de un previo acuerdo firmado entre los contratistas concernientes. Una copia del acuerdo firmado será remitida al Coordinador de Seguridad.

8.5. Utilización de productos peligrosos

Las empresas que utilizan productos que puedan presentar riesgos para la seguridad o la salud del personal de la obra deberán aislar las zonas de trabajo y prohibir el acceso a los otros contratistas.

Entre otros se definirán los siguientes trabajos:

- Actividades que requieran el manejo o acopio de materiales inflamables como combustibles.
- Trabajos con sustancias tóxicas por inhalación, como pegamentos, barnices, pinturas y líquidos desencofrantes.
- Trabajos con betunes.
- El corte de materiales que puedan producir partículas peligrosas como PVC, se hará por medios manuales, quedando prohibido el corte con sierra de disco.

9. Descripción de los medios de protección colectiva a implantar en la obra

Descritos los riesgos detectados a surgir en el transcurso de la obra, se prevé su eliminación mediante protecciones colectivas en aquellos casos en los que es factible según la siguiente descripción:

- Desviación y señalización de las circulaciones externas afectadas por los trabajos.
- Vallado de protección en altura.
- Señales normalizadas de tráfico.
- Señales normalizadas de peligro, advertencia y prohibición.
- Cinta de balizamiento.
- Extintor de sustentación manual, códigos A, B y para fuegos eléctricos, con capacidad extintora 8A, 34B, según la norma UNE 23.110.
- Transformadores de corriente a 24 V.
- Red de general de seguridad de toma de tierra.

10. Descripción de los equipos de protección individual (EPI)

Los riesgos que no han podido evitar mediante la instalación de la protección colectiva descrita, se eliminarán mediante el uso de los Equipos de Protección Individual (EPI):

- Casco de seguridad con barbuquejo
- Pantalla de soldadura de sustentación manual y sus filtros
- Gafas de seguridad para soldadura oxicorte
- Gafas antipolvo
- Gafas anti impacto
- Mascarilla contra polvo con filtro recambiable
- Casco de protección auditiva
- Arnés de seguridad
- Ropa de trabajo
- Guantes de goma o de P.V.C.
- Guantes de loneta y cuero
- Guantes aislantes de la electricidad para B.T
- Manguitos para soldado
- Mandil de cuero
- Par de botas de goma con plantilla de acero y puntera reforzada
- Par de botas de lona con plantilla de acero y puntera reforzada

- Par de botas aislantes de la electricidad para B.T
- Pantalla de seguridad antirradiaciones de soldadura eléctrica, oxiacetilénica y oxicorte de sustentación manual.
- Trajes de trabajo a base de chaquetilla y pantalón en algodón

11. Descripción de las instalaciones provisionales para los trabajadores

Se dispondrá de vestuarios, servicios higiénicos y comedor debidamente dotados.

El vestuario dispondrá de taquillas individuales, con llave, asientos y calefacción.

El comedor dispondrá de mesas y asientos con respaldo, microondas, calefacción y un recipiente para desperdicios.

Para la limpieza y conservación de estos locales se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria.

12. Normas para la obra

Serán de obligado cumplimiento las siguientes normas:

- El uso del casco dentro del recinto de trabajo será de uso obligatorio para todas las personas que entren en él, ya sean técnicos, mandos intermedios, trabajadores, de cualquier subcontrata, visitas, etc.
- Cuando hubiese zonas con obstáculos o con dificultades de paso, por las que tengan que circular trabajadores, se establecerán zonas de paso, limpias de obstáculos y claramente visibles (señalizadas si es preciso).
- En los trabajos con riesgo de altura sin protección, será obligatorio el uso del cinturón de seguridad, amarrado a elementos fijos y resistentes, de modo que la caída libre no exceda de 1 metro.
- En los tajos donde se desarrolle un trabajo en distintos niveles y superpuestos, se protegerá a los trabajadores de niveles inferiores con pantallas, redes, viseras y otros elementos que protejan de la caída de objetos.
- No se inutilizarán nunca los dispositivos de seguridad e higiene.
- Las reparaciones mecánicas y/o eléctricas, las realizarán siempre personas especializadas.
- Las máquinas serán manejadas siempre por personas especializadas.
- Los elementos de protección colectivos e individuales, deberán estar disponibles en la obra con antelación suficiente al momento en que sea

necesario su uso. La planificación de obra servirá para conocer el momento de inicio de los diferentes trabajos y la protección necesaria a utilizar en cada uno de ellos.

- Los elementos de protección se colocarán siempre antes de que exista riesgo. Si es necesario retirar la protección para realizar alguna tarea específica, se repondrá en su sitio, una vez terminada la misma, inmediatamente.
- Todos los elementos de protección se servirán periódicamente, de manera que estén siempre en condiciones de cumplir su función. Aquellos elementos que en las revisiones se vean dañados de tal forma que no puedan cumplir su cometido serán:
 - a) Inutilizados para su servicio, si no tienen arreglo, y reemplazados por otros en perfecto estado.
 - b) Si tienen arreglo, se repararán siempre por personas competentes, de forma que se garantice que cumplen con su cometido.
- Los puestos de trabajo que requieran especiales condiciones físicas, psíquicas o profesionales se cubrirán solamente por aquellos trabajadores que las reúnan. Se procurará tener en cuenta las circunstancias personales del momento para la ejecución de trabajos con riesgos graves.
- Se recordará a los operarios los riesgos de su trabajo, así como la finalidad y el manejo de los elementos de protección que han de utilizar.
- Ante la existencia de cualquier incidente, accidente blanco, accidente leve o grave, se comunicará por escrito en el mínimo plazo al Coordinador de Seguridad y Salud para que realice las gestiones que fuesen precisas.
- Se confeccionará la estadística de los accidentes de obra. Esta estadística tiene por objeto estudiar las causas, para a través de las circunstancias que intervienen en cada uno de ellos, llegar a unas conclusiones que nos permita, una vez puestas en práctica, mitigar en gran medida los diferentes tipos de accidentes. Servirá de ayuda a la mentalización de todos, de que es imprescindible la utilización de los medios de protección a nuestro alcance y aplicar fielmente las normas impuestas en todo lo que concierne a Seguridad e Higiene.
- Los partes de accidentes se harán llegar a los Organismos Oficiales pertinentes. Independientemente se mandarían al Comité Central de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Empresa.
- Si se produjera un accidente grave o mortal, se acompañará al informe un croquis detallado del lugar, posición del trabajador, etc.
- Se exigirá con la mayor firmeza y rigor el cumplimiento de Normas, imponiendo (si fuera necesario) sanciones de todo tipo a aquellos trabajadores (sin

distinción de grado ni categoría) que en cualquier momento incumplan las normas dictadas por los responsables de la obra.

- Como complemento de este Proyecto, se tendrá siempre a la vista la Ley 31/95 y el Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo, y Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y otras disposiciones de carácter oficial que se puedan dictar durante la realización de las obras, así mismo se cumplirán las disposiciones del Real Decreto 1627/97.
- Se entregarán a los distintos componentes de la Comisión de Seguridad y Salud de la Obra unas normas de comportamiento; esto es, especificaciones de lo que se debe realizar, en lo concerniente a Seguridad e Higiene, desde el encargado al último peón, para que se cumpla estrictamente.
- La empresa constructora dispondrá de asesoramiento técnico en Seguridad e Higiene.
- La empresa constructora dispondrá de un Servicio Médico de Empresa propio o mancomunado.
- Los botiquines se revisarán mensualmente y se repondrá inmediatamente lo consumido.

13. Instalaciones de higiene y bienestar

De acuerdo con el RD 1627/1997 de 24 de octubre, y teniendo en cuenta que el personal previsto en el mes de máxima afluencia será de 3 trabajadores, se ha de señalar:

13.1. Aseos

Se deberá habilitar una superficie de 0,75 m²/trabajador, con las condiciones que a continuación se marcan, y las calidades mínimas establecidas en el Art. 39 de la O.G.S.H.T.

Las dotaciones mínimas para las casetas de aseo son las siguientes:

- Inodoros (1 inodoro por cada 25 trabajadores)
- Duchas con agua fría y caliente (1 ducha por cada 10 trabajadores)
- Lavabos con agua fría y caliente (1 lavabo por cada 10 trabajadores)
- Espejos de 40 x 50 cms (1 espejo por cada 25 trabajadores)
- Jaboneras, portarrollos y toalleros (según número de lavabos)
- Secadores automáticos (1 secador por cada 10 trabajadores)

13.2. Vestuarios

Se deberá habilitar una superficie de 1,25 m²/trabajador, con las condiciones que a continuación se marcan, y las calidades mínimas establecidas en el Art. 39 de la O.G.S.H.T.

Las dotaciones mínimas para las casetas de vestuario son las siguientes:

- Taquillas guardarropa (1 taquilla por cada trabajador)
- Perchas para colgar la ropa (1 percha por taquilla)
- Bancos o sillas (1 plaza por trabajador)
- Botiquín.

13.3. Comedor

Se deberá de habilitar una superficie de 1,20 m²/trabajador, con las condiciones que a continuación se marcan.

Las dotaciones mínimas del comedor son las siguientes:

- Microondas (1 microondas por cada 15 trabajadores)
- Grifos en la pileta (1 grifo por cada 10 trabajadores)
- Bancos o sillas (1 plaza por trabajador)
- Mesas (1 plaza por trabajador)
- Menaje de comedor (platos, cubiertos, vasos) en número suficiente para todos los trabajadores.
- Cubos de basura.

Las instalaciones de higiene y bienestar (aseos, vestuarios y comedores) incluyen los siguientes puntos:

- Los trabajos de instalaciones eléctricas (enchufes, cuadros de maniobra,...), con sus correspondientes acometidas.
- El transporte e instalación y retirada posterior de elementos de la zona de trabajo.
- Deberán ser locales calefactados.

13.4. Locales comunes

13.4.1. Locales de higiene y bienestar (aseos, vestuarios y comedores)

Estos locales han sido descritos anteriormente.

13.4.2. Despachos de obra, sala de reuniones

Los despachos de obra / salas de reuniones comprenderán principalmente:

Claridad, ventilación, calefacción

- Mesa grande y sillas suficientes.
- Panel de información.
- Línea de teléfono accesible a todos los trabajadores de la obra para llamadas de socorro durante las horas de trabajo (libre acceso hasta la finalización de los trabajos).
- Cascos en cantidad suficiente puestos a disposición de la Propiedad, Dirección
- Facultativa y Coordinador. Es obligatorio que los cascos estén en perfecto estado de limpieza y serán reemplazados si es necesario.

13.5. Oficinas talleres y almacenes

Estas instalaciones podrán estar situadas dentro del ámbito mismo de la obra con el acuerdo de la Dirección Facultativa y del Coordinador de Seguridad y Salud. Estará prohibido el uso de estos locales como vestuarios o comedores

Asimismo, el estado de las instalaciones deberá responder al conjunto de normas en vigor.

Cada contratista realizará el trabajo de sus propias instalaciones (para ellos mismos y sus subcontratistas).

13.6. Oficinas talleres y almacenes

Los contratistas, subcontratista y trabajadores autónomos, estarán obligados a utilizar estas instalaciones (estará prohibido cambiarse y comer en la zona de trabajo).

Cada contratista precisará en su Plan Particular de Seguridad y Salud esta regla en sus instalaciones de la obra.

Todos los locales figurarán en un Plan de Instalaciones adjuntado al PSS del Capítulo principal.

14. Planos de instalación de la zona de trabajo

Antes de la ejecución de los trabajos, el contratista principal someterá al acuerdo de la Dirección Facultativa y del Coordinador de Seguridad, los planos de instalación de la

zona de trabajo que deberán precisar para cada una de las fases de trabajo la localización de:

- Cercos, barreras y pórticos, con indicación de las medidas mínimas de seguridad, incluyendo los dispositivos de seguridad.
- Vías de acceso para vehículos y peatones, diferenciadas mediante señales y protecciones.
- Eventuales entablados, marquesinas, implantados para permitir el acceso de los peatones o de los vehículos.
- Zonas de acopio.
- Aparatos elevadores (grúas, ascensores, montacargas,).
- Emplazamientos destinados a oficinas, talleres, tiendas,...
- Zonas situadas en el interior de la superficie de la zona de trabajo, sobre las que no se realizará ningún almacenamiento, y que deberán permitir en todo momento el acceso a los vehículos de socorro, incluyendo horarios nocturnos.
- Los planos de instalaciones de la zona de trabajo serán firmados por todos los contratistas presentes en la obra.

15. Instalación eléctrica

El cuadro general de mando y protección se dotará de seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar y protección contra descargas a tierra, sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores magnetotérmicos y diferencial de 30 mA.

El cuadro estará construido de forma que impida el contacto con los elementos bajo tensión. De este cuadro saldrán circuitos secundarios de alimentación a los cuadros secundarios dotados de interruptor omnipolar e interruptor general magnetotérmico, estando las salidas protegidas con interruptor magnetotérmico y diferencial de 30 mA mínimo.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito de alimentación para los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles en los diferentes trabajos.

Todos los conductores empleados en la instalación estarán aislados para una tensión de 1000 V.

15.1. Normas básicas de seguridad

- Cualquier parte de la instalación, se considerará bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados al efecto.

- Los conductores, si van por el suelo, no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos; al atravesar zonas de paso estarán protegidos adecuadamente.
- La distribución general desde el cuadro general a los cuadros secundarios (o de planta), se efectuará mediante manguera antihumedad.
- Los empalmes entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas.
- Los cuadros eléctricos permanecerán cerrados, y las llaves estarán en poder exclusivamente de los encargados, o las personas que el jefe de obra designe.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra y poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de "peligro, electricidad".
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas (protegidas contra contactos directos) y siempre que sea posible, con enclavamiento.
- Los cuadros eléctricos si es necesario que sean móviles deberán ser autoportantes.
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta, por tanto no se aceptara elementos que faciliten la conexión de más clavijas, quedando prohibidos los interruptores múltiples realizados en obra.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra
- La resistencia óhmica de puesta a tierra del cuadro principal será de 2 ohmios
- máximo.
- El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores
- amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.
- La toma de tierra de las máquinas-herramienta que no estén dotadas de doble
- aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.
- Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.
- Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el
- momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará "fuera de servicio" mediante desconexión eléctrica y el cuelgue del rótulo correspondiente en el cuadro de gobierno.

- Mientras se realicen las revisiones o reparaciones y se realice la desconexión de corriente, permanecerá un trabajador a pie de cuadro eléctrico para evitar conexiones no controladas.
- La maquinaria eléctrica, será revisada por personal especialista en cada tipo de máquina.
- Los cuadros eléctricos, en servicio, permanecerán cerrados con la cerradura de seguridad e higiene de triángulos (o de llave) en servicio.
- Se conectarán a tierra las carcasas de los motores o máquinas (si no están dotados de doble aislamiento), o aislantes por propio material constitutivo.
- Los aparatos portátiles que sea necesario emplear, serán estancos al agua y estarán convenientemente aislados.
- Existirán una señalización sencilla y clara a la vez, prohibiendo la entrada a personas no autorizadas a los locales donde se esté instalando el equipo eléctrico, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.
- Igualmente se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.
- Las zonas de paso de la zona de trabajo estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.
- Las mangueras eléctricas, en su camino ascendente a través de la escalera (o patinillo o patio) estarán agrupadas y ancladas a elementos firmes en la vertical.

15.2. Normas de actuación para la supervisión y control de la instalación eléctrica

Se hará entrega al Vigilante de Seguridad de la siguiente normativa para que sea seguida durante sus revisiones de la instalación eléctrica de la obra:

- Compruebe diariamente el buen estado de los disyuntores diferenciales, al inicio de la jornada y tras la pausa dedicada para la comida, accionando el botón de test.
- Tenga siempre en el almacén un interruptor de repuesto (media o alta sensibilidad) con el que sustituir rápidamente el averiado.
- Tenga siempre en el almacén interruptores automáticos (magnetotérmicos) con los que sustituir inmediatamente los averiados.
- No permita el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas.
- No permita la anulación del hilo de tierra de las mangueras eléctricas.
- Vigile el buen estado del extintor de polvo químico seco instalado.

- Mantenga las señales normalizadas de "peligro electricidad" sobre todas las puertas de acceso a estancias que contengan el transformador o el cuadro eléctrico general.

15.3. Normas complementarias de actuación para la supervisión y control de la instalación eléctrica

La puesta a tierra de las masas de cada instalación eléctrica interior está asegurada simultáneamente por:

- El conductor de protección, obligatoriamente incluido en el cable de alimentación (cable 3F + N + T), la conexión en la toma de tierra general de la instalación eléctrica provisional, o en la red de tomas de tierra interconectadas. Este conductor asegura la interconexión general de las masas.
- La conexión del borne de tierra del armario de la planta baja con la toma de tierra definitiva de la construcción (anillo en el fondo de la excavación). Esta conexión está constituida por un conductor de cobre de sección 35 mm². como mínimo.
- La resistencia eléctrica de la toma de tierra debe ser lo más pequeña posible y, en todo caso, en relación con el umbral de funcionamiento de los disyuntores diferenciales con el fin de evitar una subida del potencial de las masas superior a 24 voltios.

Toma de corriente y sus correspondientes clavijas:

- Las clavijas para la toma de corriente del conjunto de las instalaciones provisionales interiores deben ser las mismas en el conjunto de la obra. La elección debe ser efectuada en el comienzo de la obra **y** puesta en conocimiento de todas las empresas a las cuales se les debe prohibir introducir en la obra clavijas de otro estándar no compatibles.

Montante eléctrico:

- La alimentación eléctrica de las máquinas debe ser escogida muy cuidadosamente con el fin de limitar al máximo toda necesidad de cableado durante los trabajos de instalación o de acabado.

- A este efecto y de acuerdo con las empresas contratadas, puede usarse en parte la canalización de telecomunicaciones, pudiendo constituir una solución interesante.

Este montante eléctrico debe ser protegido por:

- a) Un dispositivo de protección personal contra contacto directo, escogido de manera que pueda asegurarse una selectividad para interrumpir el circuito eléctrico con estos disyuntores diferenciales de alta sensibilidad (<30mA).
- b) Un dispositivo de protección contra sobreintensidades de corte omnipolar de un calibre o de un reglaje en relación con la sección del cable utilizado (ejemplo: 40 amperios por 6 mm². Cu.). Para facilitar toda intervención ulterior, es también aconsejable que este dispositivo se pueda bloquear en posición de apertura

Equipamiento de los armarios:

- Cada armario comprende un dispositivo de protección diferencial de alta sensibilidad (interruptor) de intensidad asignada al menos igual a 16 amperios, desempeñando igualmente la función de corte de emergencia.
- Una toma de corriente 230 V CA.
- De todas maneras los armarios de zona dispondrán de un dispositivo de protección diferencial de alta sensibilidad de intensidad nominal al menos igual a 32 amperios, y además de las 4 tomas 2 x 10/16 A+ T, una toma de corriente 3 x 20 A + T. Los armarios de zona, e incluso los zócalos de la correspondiente toma de corriente que los equipan, presentarán los grados de protección mínima IP44 (protegido contra la caída vertical de gotas de agua) y resistentes a energías de choque de al menos 6 J.
- Solamente las tomas de corriente, el órgano de mando de corte de urgencia y, eventualmente, los botones de rearme de pequeños disyuntores magnetotérmicos y diferenciales, deben permanecer accesibles después del cierre del armario.

Alumbrado de circulación

- La instalación interior comprende igualmente un alumbrado de circulación puesto a medida del avance de los trabajos.
- Esta instalación es independiente de otros circuitos de uso (tomas de corriente) y debe asegurar un alumbrado mínimo de 100 lux en todos los puntos de las zonas de circulación definidas.
- La instalación de alumbrado provisional debe ser realizada:

- En muy baja tensión de seguridad limitada a 24 voltios en los recintos conductores y los emplazamientos inundables o en otros lugares en caso de usarse guirnaldas luminosas.
- Ya sea en baja tensión de 230 V protegida por uno o varios disyuntores diferenciales de alta sensibilidad, según la importancia de las instalaciones, con cables 10 P acrílico de 1.000 S/UNE 21.1 60 de aislamiento apropiado y luminarias clase 11 que posean los grados de protección mínima IP44 y resistentes a los choques.

Alumbrado de emergencia.

En las zonas particularmente oscuras, como el núcleo central de un edificio elevado o los niveles bajo el suelo, se admite para la instalación de un alumbrado de emergencia.

Mantenimiento

Toda instalación debe ser mantenida en buen estado de funcionamiento por la empresa que la ha instalado. Solamente esta empresa queda cualificada para efectuar la revisión de la instalación.

Los trabajos de extensión o de modificación de la instalación eléctrica, así como las intervenciones de reparación y conservación de piezas no aisladas habitualmente bajo tensión, deben ser realizados por electricistas autorizados.

Verificación reglamentaria.

La instalación eléctrica interior debe ser verificada a partir de su realización.

Si esta instalación constituye, de hecho, una parte de la instalación eléctrica general de la obra (en caso de un contador único), la verificación, que es entonces una verificación por modificación debida a la dinámica de la obra, debe tener en cuenta las características establecidas a consecuencia de esta modificación.

16. Descripción de la asistencia sanitaria y accidentes, índices de control y organigrama de seguridad

La empresa realizará reconocimientos médicos a sus trabajadores al comienzo de la obra y será repetido una vez al año.

El reconocimiento comprenderá un estudio médico detenido, incluyendo investigaciones de componentes anormales y de sedimento de la orina, recuento de

hematíes y leucocitos, fórmula leucocitaria y velocidad de eritro-sedimentación, así como examen médico psicotécnico elemental.

Para las curas de urgencia se dispondrá de botiquines de tipo portátil, por ser estos modelos de mayor operatividad y completo contenido.

El centro asistencial más cercano es el siguiente:

CENTROS ASISTENCIALES:

HOSPITAL VIRGEN DE LA VEGA

C/ Paseo de San Vicente, 58

Salamanca

Teléfono: 923 291 100

CENTRO DE SALUD GARRIDO NORTE

Paseo del Romero, s/n

Salamanca

Teléfono: 923 240 051

17. Índices de control

- **Índice de incidencia**

Definición: Número de siniestro con baja acaecidos por cada cien trabajadores

$$\text{Cálculo I.I.} = \frac{\text{n}^\circ \text{ accidentes con baja}}{\text{n}^\circ \text{ trabajadores}} \times 10^2$$

- **Índice de frecuencia**

Definición: Número de siniestro con baja acaecidos por cada millón de horas trabajadas.

$$\text{Cálculo I.F.} = \frac{\text{n}^\circ \text{ accidentes con baja}}{\text{n}^\circ \text{ horas trabajadas}} \times 10^6$$

- **Índice de gravedad**

Definición: Número de jornadas perdidas por cada mil horas trabajadas.

$$\text{Cálculo I.G.} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de jornadas perdidas por accidente con baja}}{\text{n}^\circ \text{ de horas trabajadas}} \times 10^3$$

- **Duración media de incapacidad**

Definición: Número de jornadas perdidas por cada accidente con baja.

$$\text{Cálculo D.M.I.} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de jornadas perdidas por accidente con baja}}{\text{n}^\circ \text{ de accidentes con baja}}$$

18. Presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud

P.I. Señalización

Código	Descripción	Presupuesto parcial (€)
1.01	Cinta de balizamiento bicolor rojo/ blanco de material plástico	20,00 €
1.02	Cartel PVC 220x300 mm. Cartel serigrafiado sobre planchas de PVC blanco de 0,6 mm de espesor nominal. Tamaño 220x330 mm.	5,25 €
1.03	Cartel señalización extintor. Cartel serigrafiado sobre planchas de PVC blanco de 0,6 mm de espesor para señales contra incendio	8,90 €
1.04	Panel completo serigrafiado sobre planchas de PVC blanco de 0,6 mm de espesor nominal. Tamaño 700x1000 mm. Válido para incluir hasta 15 señales.	19,65 €
1.05	Placa señalización riesgo en PVC serigrafiado de 50 x 30 cm	22,89 €
TOTAL		76,69 €

ESyS. Tabla. 1 P.I. Señalización

P.II. Barandillas e indumentaria de alta visibilidad

Código	Descripción	Presupuesto parcial (€)
2.01	Chaleco de obras con banda reflectante	15,00 €
2.02	Barandilla guarda cuerpos y tubos	62,00 €
2.03	Barandilla andamios con tubos	63,00 €
TOTAL		140,00 €

ESyS. Tabla. 2 Barandillas e indumentaria de alta visibilidad

P.III. Protección contra incendios

Código	Descripción	Presupuesto parcial (€)
3.01	Extintor polvo ABC 6 kg polivalente.	34,00 €
3.02	Extintor CO2 2 kg ACERO	60,78 €
TOTAL		94,78 €

ESyS. Tabla. 3 Protección contra incendios

P.IV. Equipos de protección individual (E.P.I.)

Código	Descripción	Presupuesto parcial (€)
4.01	Casco de seguridad dieléctrico X3	17,80 €
4.02	Gafas para soldadura X3	5,50 €
4.03	Pantalla contra partículas	2,21 €
4.04	Máscara antipolvo X3	45,89 €
4.05	Gafas contra impactos X3	9,54 €
4.06	Cinturón para herramientas X3	17,07 €
4.07	Par de guantes de látex anticorte X3	4,05 €
4.08	Part de botas de seguridad X3	71,42 €
4.09	Arnés dorsal hombros	21,85 €
4.10	Línea horizontal de seguridad	21,85 €
TOTAL		217,18 €

ESyS. Tabla. 4 Equipos de protección individual (E.P.I.)

P.V. Mano de obra de seguridad

Código	Descripción	Presupuesto parcial (€)
5.01	Coste mensual limpieza y desinfección	125,89 €
5.02	Coste formación seguridad e higiene industrial, una hora a la semana	74,79 €
5.03	Reconocimiento médico básico anual por trabajador compuesto por control de visión, audiometría y analítica de sangre y orina.	72,21 €
TOTAL		272,89 €

ESyS. Tabla. 5 Mano de obra de seguridad

Presupuesto Estudio de Seguridad y Salud

Nº	Capítulo	Presupuesto parcial (€)
I	Señalización	76,69 €
II	Barandillas e indumentaria de alta visibilidad	140,00 €
III	Protección contra incendios	94,78 €
IV	Equipos de protección individual (EPI)	217,18 €
V	Mano de obra de seguridad	272,89 €
TOTAL		801,54 €

ESyS. Tabla. 6 Presupuesto Estudio de Seguridad y Salud

El Presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud asciende a **OCHOCIENTOS UN MIL CON CINCUENTA Y CUATRO EUROS.**

Salamanca, a 7 de agosto de 2017

Valeria Ospina Bohórquez

Ingeniera Industrial