



Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos

TIAGO JOÃO INÁCIO SILVA

julho de 2021

SISTEMA SINCRONIZADO DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS

Tiago João Inácio Silva

1161044

2020/2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

SISTEMA SINCRONIZADO DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS

Tiago João Inácio Silva

1161044

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor António José de Sousa Ferreira da Silva, do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2020/2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutor Raul Duarte Campilho

Professor Adjunto, ISEP

Orientador

Doutor António Ferreira da Silva

Professor Adjunto, ISEP

Co-orientador

Mestre Pedro Jorge Frutuoso

Administrador, HCEN

Arguente

Doutor Manuel Romano Barbosa

Professor Auxiliar, FEUP

AGRADECIMENTOS

Ao longo deste percurso académico, foram vários os obstáculos ultrapassados e os desafios alcançados. Neste trilho que me orgulho de ter percorrido, várias pessoas permitiram-me concluir este caminho, às quais quero agradecer em especial:

Antes de mais à minha família, principalmente aos meus pais e ao meu irmão por todo o apoio incondicional, pela pessoa que me tornei, por todos os sacrifícios feitos.

Ao Eng.º Ferreira da Silva pela sua disponibilidade e suporte para a realização deste projeto.

Ao Eng.º Pedro Frutuoso por me ter acolhido e dado a oportunidade de realizar este projeto, por todo o seu apoio, conhecimentos transmitidos e assuntos estudados.

À equipa da Hcen, pelo ótimo ambiente de trabalho, e em particular, ao Eng.º Álvaro Torres e ao «Eng.º» Rui Silva pela ajuda e intervenções feitas neste projeto.

Aos meus colegas, por me terem acompanhado neste percurso cujo apoio não esquecerei.

Aos meus amigos, por estarem sempre presentes quando mais precisei e por todos os momentos de «espairecimento» bem passados.

Muito obrigado por tornarem esta jornada possível.

PALAVRAS CHAVE

Sistema de elevação; Sincronização de cilindros; Óleo-hidráulica; Automação; Controle de posição.

RESUMO

Com o desenvolvimento da óleo-hidráulica e dos sistemas automatizados, a aplicação de equipamentos convencionais de elevação como guindastes ou alavancas hidráulicas tornam-se cada vez menos práticos. O seu uso acarreta um grande consumo de recursos, tanto para a instalação como para o transporte. No levantamento de obras de grande relevo, tais como pontes, vias, fundações de edifícios, entre outros, estes mecanismos não oferecem as condições adequadas de monitorização e/ou de precisão de movimento para o efeito.

Desta necessidade, nasceu o projeto de desenvolvimento de um Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos. Este consiste numa unidade hidráulica que aciona até oito cilindros com capacidade de carga de alta tonelagem. Este dispositivo permite a subida, descida e paragem dos atuadores, com escolha entre movimento individual ou sincronizado. O seu sistema de controlo, efetua a monitorização em tempo real da pressão e do curso de cada cilindro, realizando correções de posição de forma automática, compensando eventuais quedas de pressão e variações de caudal.

Esta dissertação apresenta uma proposta de construção do equipamento, com a seleção dos seus respetivos constituintes e desenho de componentes personalizados para este propósito, sendo estes o depósito e o bloco hidráulico. Adicionalmente, foi também elaborada a programação do PLC e da interface HMI, em conjunto com o seu manual de funcionamento. A solução desenvolvida possibilita movimentos síncronos com toleranciamento até 0,5 mm, estando apta para operar oito cilindros com 300 mm de curso e 200 ton de capacidade, nas condições nominais. O custo estimado para a construção deste sistema é de 70000 €.

KEYWORDS

Lifting system; Cylinder synchronization; Oil hydraulics; Automation, Position Control.

ABSTRACT

With the development of oil hydraulics and automated systems, application of conventional lifting equipment's as cranes or hydraulic levers become less and less practical. Its use carries a big consumption of resources, as much for installation as transportation. In lifting constructions of great matter, such as bridges, highways, house foundations, among others, these mechanisms do not offer the required conditions for monitorization and movement precision for the task.

Out of this necessity, was born the development project of a Synchronized Lifting System of Eight Points. This consists of a hydraulic unit that drives up to eight cylinders with high tonnage capacity. This device allows the raise, descent, and stoppage of the actuators, with choice between individual or synchronized movement. Its control system performs a real time monitorization of pressure and stroke of each cylinder, making automatic position corrections, compensating the eventual pressure drops and flow oscillations.

This thesis presents an equipment construction proposition, with the selection of its respective elements and design of personalized components for this matter, namely the tank and the monoblock. In addition, it was also elaborated the programming of the PLC and the HMI interface, in conjunction with its operating manual. The developed solution allows synchronized movements with tolerances up to 0,5 mm, being able to operate eight cylinders with 300 mm of stroke and 200 tons of capacity, on nominal conditions. The estimated cost for the construction of this system is 70000 €.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CETOP	Comité Européen de Transmissão Óleo-hidráulica
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
GRAFCET	<i>Graphe Fonctionnel de Commande, Étapes Transitions</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
IEC	<i>Internation Electrotechnical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IV	Índice de viscosidade
I/O	<i>Inputs e Outputs</i>
LVDT	<i>Linear Variable Differential Transformer</i>
NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente fechado
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
SM	<i>Signal Module</i>
UH	Unidade hidráulica

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
α	Coeficiente de transferência de calor
β_x	Rácio de filtração
ν	Viscosidade cinemática
η	Rendimento
η_f	Eficiência de filtração
η_m	Rendimento mecânico
η_v	Rendimento volumétrico
ρ	Massa volúmica
A	Área
c	Calor específico
D	Diâmetro
F	Força
f	Coeficiente de Darcy
h	Altura
g	Aceleração da gravidade
J_f	Perda de carga
k	Fator de pulsação
L	Comprimento
n	Velocidade de rotação
n_{in}	Número de partículas antes da filtração

n_{out}	Número de partículas após filtragem
P	Potência de acionamento
P_k	Potência dissipada
p	Pressão nominal
p_{est}	Pressão estática
p_{tot}	Pressão total
Q	Caudal
Re	Número de Reynolds
T	Temperatura
t	Tempo
ton	Tonelada
V	Volume
V_g	Cilindrada
v	Velocidade

Lista de Unidades

"	Polegadas
μm	Micrómetro
$^{\circ}C$	Graus Celsius
A	Ampere
cm^2	Centímetro quadrado
cm^3	Centímetro cúbico
cSt	Centistokes
l	Litro
l/min	Litros por minuto
kg	Quilograma
kg/m^3	Quilograma por metro cúbico
kPa	Quilopascal
kW	Quilowatt
m	Metro
m^2/s	Metro ao quadrado por segundo
mA	Miliampere
mm	Milímetro
mm/s	Milímetro por segundo
mm^2/s	Milímetro quadrado por segundo
nm	Nanómetro
Pa	Pascal
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
V	Volt
VDC	Volts corrente contínua

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Autômato	Equipamento eletrônico utilizado em sistemas de automação programável ou flexível.
Input	Entrada de dados ou recursos.
Layout	Modo de distribuição e arranjo dos elementos gráficos num determinado espaço ou superfície.
Manifold	Tubo ou espaço fechado num elemento que possui vários orifícios, permitindo a entrada e saída de gases ou líquidos
Output	Saída de dados ou recursos.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ELEVAÇÃO DE UMA PLATAFORMA PETROLÍFERA [1].....	1
FIGURA 2 - TRANSMISSÃO DE FORÇA PELA LEI DE PASCAL [3]	6
FIGURA 3 - CONSERVAÇÃO DO CAUDAL AO LONGO DE UMA CONDUTA [5].....	6
FIGURA 4 - VISCOSIDADE CINEMÁTICA VS TEMPERATURA DO ÓLEO (ADAPTADO DE [8]).....	7
FIGURA 5 - PRINCIPAIS TIPOS DE BOMBAS HIDRÁULICAS (ADAPTADO DE [11])	9
FIGURA 6 – CONVERSÃO DE ENERGIA NUM SISTEMA HIDRÁULICO (ADAPTADO DE [12]).....	10
FIGURA 7 - PERDAS TÍPICAS DE UM SISTEMA HIDRÁULICO (ADAPTADO DE [12])	10
FIGURA 8 - CONSTITUIÇÃO DE UM CILINDRO DE DUPLO EFEITO (ADAPTADO DE [13])	11
FIGURA 9 - SIMBOLOGIA DIN ISO 1219 DOS PRINCIPAIS TIPOS DE CILINDROS.....	12
FIGURA 10 - VÁLVULAS FLUXOMÉTRICAS – ESTRANGULADORES (ESQUERDA) E REGULADORAS DE CAUDAL (DIREITA) [15]	12
FIGURA 11 - ESTRANGULADOR UNIDIRECIONAL E SIMBOLOGIA [16].....	13
FIGURA 12 - SINCRONISMO DE CILINDROS COM DIVISORA DE CAUDAL (ADAPTADO DE[17])	14
FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DE UMA VÁLVULA DIRECIONAL 4/3	14
FIGURA 14 - TIPOS DE CENTROS DE VÁLVULAS 4/3 [18]	15
FIGURA 15 - ESQUEMA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESSÃO (ADAPTADO DE [21])	16
FIGURA 16 - MONTAGEM <i>SANDWICH</i> (ADAPTADO DE[18])	16
FIGURA 17 - FILTRO DE PRESSÃO [24]	17
FIGURA 18 - FILTRO DE RETORNO [24].....	17
FIGURA 19 - FILTRO DE ASPIRAÇÃO [24]	17
FIGURA 20 - FILTRO DE AR [24]	17
FIGURA 21 - CONSTITUIÇÃO DO DEPÓSITO (ADAPTADO DE [12])	18
FIGURA 22 - CONJUNTO MOTOR-BOMBA.....	19
FIGURA 23 - ARQUITETURA BASE DE UM PROCESSO AUTOMATIZADO (ADAPTADO DE [31])	20
FIGURA 24 – PLC OMRON [33]	21
FIGURA 25 - GRAFCET DE ESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO [35].....	21
FIGURA 26 - HMI SIEMENS [37].....	22
FIGURA 27 - CÓDIGO IP IEC 60529 (ADAPTADO DE [42])	23
FIGURA 28 - SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR CAMPO MAGNÉTICO [46].....	25

FIGURA 29 - UTILIZAÇÃO DE TRANSDUTORES LASER [48].....	25
FIGURA 30 - INSTALAÇÃO DE UM POTENCIÓMETRO DE CABO COM POLIAS [48]	26
FIGURA 31 - ESTRUTURA DE UM LVDT (ADAPTADO DE [51]).....	26
FIGURA 32 - PERFORMANCE TÍPICA DOS TRANSDUTORES DE POSIÇÃO (ADAPTADO DE [44])	27
FIGURA 33 - SISTEMA DE ELEVAÇÃO SÍNCRONO [52]	27
FIGURA 34 - SISTEMA SÍNCRONO DE ELEVAÇÃO - ENERPAC [53]	28
FIGURA 35 - BOMBA DE PISTÃO RADIAL COM MÚLTIPLAS SAÍDAS [55]	29
FIGURA 36 - ESQUEMA INICIAL SISTEMA DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS	34
FIGURA 37 - CILINDRO CLP - ENERPAC [63].....	35
FIGURA 38 - BOMBA MRK 701 E MRK 702 – BIERI [64].....	35
FIGURA 39 - MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO - UNIVERSAL MOTORS [65].....	36
FIGURA 40 - ESQUEMA VÁLVULA WV700 G-2ERV – BIERI [67]	37
FIGURA 41 - VÁLVULAS DVM-4E (ESQUERDA) E VMDC20 (DIREITA) [68, 69]	37
FIGURA 42 - VÁLVULA SDRV700 – BIERI [70].....	38
FIGURA 43 - QUEDA DE PRESSÃO VS CAUDAL DA ENTRADA (ESQUERDA) E DO ELEMENTO FILTRANTE (DIREITA) NO FILTRO FRH [71]	39
FIGURA 44 - TRANSDUTOR DE PRESSÃO P-30 – WIKA [73]	39
FIGURA 45 - TRANSDUTOR DE POSIÇÃO WS10 – ASM [74]	40
FIGURA 46 - GRÁFICO VISCOSIDADE CINEMÁTICA VS TEMPERATURA DE ÓLEOS ISO VG 32	41
FIGURA 47 - MANGUEIRA HIDRÁULICA AP-AR [77].....	43
FIGURA 48 - FURAÇÃO NG6 DIN 24340 A06 [78]	44
FIGURA 49 - BLOCO HIDRÁULICO	46
FIGURA 50 - EVOLUÇÃO DO DEPÓSITO	47
FIGURA 51 - DEPÓSITO NG160	47
FIGURA 52 - SISTEMA SINCRONIZADO DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS	48
FIGURA 53 - ESQUEMA DO SISTEMA DE CONTROLO (ADAPTADO DE [82])	51
FIGURA 54 – INVERSOR DE FREQUÊNCIA CFW300 – WEG [83].....	53
FIGURA 55 - CONTROLADOR BÁSICO SIMATIC S7-1200 [84].....	54
FIGURA 56 - HMI KTP700 MOBILE – SIEMENS [88]	54
FIGURA 57 - GRAFCET PRINCIPAL	58
FIGURA 58 - GRAFCET SECUNDÁRIO	59
FIGURA 59 - ECRÃ INICIAL	60

FIGURA 60 – CONFIGURAÇÕES.....	61
FIGURA 61 – REGISTOS	62
FIGURA 62 - MODO AUTOMÁTICO.....	63
FIGURA 63 - MODO MANUAL E MODO DE EMERGÊNCIA	64
FIGURA 64 – ECRÃ TESTE	65

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS MINERAIS SEGUNDO A NORMA DIN 51524 [2];[9]	8
TABELA 2 - DESIGNAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE CILINDROS.....	12
TABELA 3 - TIPOS DE FILTROS HIDRÁULICOS [23]	17
TABELA 4 - DENOMINAÇÃO SEGUNDO A NORMA ISO 4406	17
TABELA 5 - PROPRIEDADES DE MEDIÇÃO DOS TRANSDUTORES [39]	22
TABELA 6 TRANSDUTORES CAPACITIVOS VS INDUTIVOS [44]	24
TABELA 7 - MÉTODOS DE SINCRONIZAÇÃO DE ATUADORES	28
TABELA 8 - APLICAÇÃO DE TRANSDUTORES DE POSIÇÃO	30
TABELA 9 – LEGENDA DO ESQUEMA INICIAL SISTEMA DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS	34
TABELA 10 – ELEMENTOS DA UNIÃO DE VEIOS - KTR	36
TABELA 11 - ÓLEOS HLP GRAU ISO VG 32	41
TABELA 12 - PERDA DE CARGA EM TUBAGENS DE VARIADAS DIMENSÕES	42
TABELA 13 – CONSTITUINTES ASSOCIADOS AO OPERADOR LÓGICO	52
TABELA 14 - SINAIS DE ENTRADA E SAÍDA DO AUTÓMATO	53
TABELA 15 - ORÇAMENTO - SISTEMA SINCRONIZADO DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS	55

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS DO PROJETO	1
1.2	DESCRIÇÃO DA EMPRESA – HCEN	2
1.3	ESTRUTURA DA TESE	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	ÓLEO-HIDRÁULICA	5
2.1.1	PRINCÍPIOS BÁSICOS.....	5
2.1.2	FLUIDO HIDRÁULICO	7
2.1.3	BOMBA HIDRÁULICA	8
2.1.4	TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA	9
2.1.5	ATUADORES LINEARES	11
2.1.6	VÁLVULAS FLUXOMÉTRICAS.....	12
2.1.7	VÁLVULAS DIRECIONAIS	14
2.1.8	VÁLVULAS LIMITADORAS DE PRESSÃO	15
2.1.9	FILTRAGEM HIDRÁULICA	16
2.1.10	DEPÓSITO E ACESSÓRIOS.....	18
2.2	AUTOMAÇÃO	20
2.2.1	TRANSDUTORES DE POSIÇÃO	24
2.3	ESTADO DA ARTE	27
3	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO	33
3.1	SELEÇÃO DOS CONSTITUINTES DO SISTEMA HIDRÁULICO	33
3.1.1	CILINDROS (ATUADORES)	35
3.1.2	CONJUNTO MOTOR-BOMBA	35
3.1.3	VÁLVULAS.....	37
3.1.4	FILTROS.....	38
3.1.5	TRANSDUTORES	39

3.2	DIMENSIONAMENTO DA TUBAGEM	40
3.3	CONSTRUÇÃO DO BLOCO HIDRÁULICO	44
3.4	CONSTRUÇÃO DO DEPÓSITO	46
4	ESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO.....	51
4.1	ELEMENTOS DO SISTEMA AUTOMATIZADO	51
4.2	ORÇAMENTAÇÃO	55
4.3	MANUAL DE FUNCIONAMENTO	57
5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	69
5.1	CONCLUSÕES.....	69
5.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	70
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	73
7	ANEXOS.....	81

INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS DO PROJETO

1.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA – HCEN

1.3 ESTRUTURA DA TESE

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS DO PROJETO

A Construção Civil, sendo uma área que lida com o carregamento de cargas de alta tonelagem, é um dos principais focos de aplicação de sistemas óleo-hidráulicos. Em operações onde é necessário movimentar obras de grande dimensão, como por exemplo na construção de barragens, renovação de pontes e levantamento de fundações, é necessário recorrer a maquinaria pesada como guias e alavancas, obrigando a uma larga e dispendiosa mobilização de recursos (Figura 1).



Figura 1 - Elevação de uma plataforma petrolífera [1]

Com a evolução da tecnologia de sensorização e dos acionamentos hidráulicos, torna-se cada vez mais viável o uso de sistemas hidráulicos automatizados com elevada potência e sensibilidade para o efeito. Neste contexto, a Hcen decidiu desenvolver uma solução que possibilite um manuseamento simples, regulável e altamente preciso de estruturas de grande porte, mas também que fosse facilmente transportável e adaptável para diferentes casos de aplicação.

Como tal, delimitou-se como objetivo do projeto a elaboração de um Sistema Hidráulico que irá efetuar o acionamento de oito cilindros de simples efeito, com a definição da sua arquitetura e seleção dos respetivos componentes. O dispositivo deve permitir a subida, descida ou paragem dos atuadores, com escolha entre movimento individual ou sincronizado. Deve ser incorporado com um sistema de controlo, integrado com PLC (*Programmable Logic Controller*), HMI (*Human Machine Interface*), transdutores de deslocamento e pressão, garantindo uma boa classe de exatidão associado a uma utilização amigável por parte do operador.

Os resultados esperados durante o desenvolvimento deste sistema são os seguintes:

- Modelação da UH e definição dos seus constituintes;
- Alimentação de oito cilindros com 100 ton de capacidade e 50 mm de curso;
- Desvio máximo entre pontos no movimento síncrono de 0,5 mm;
- Elaboração do esquema hidráulico e elétrico;
- Programação do autómato e respetiva HMI;
- Execução de manual de operação do sistema;
- Criação de um protocolo de ensaios da solução implementada;
- Análise dos dados experimentais gerados durante os ensaios.

1.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA – HCEN

A Hcen Engenharia SA, é uma empresa do grupo Arcen, sediada em Vilar do Paraíso no concelho de Gaia, com cinco anos de existência e tem no seu quadro colaboradores com mais de vinte anos de experiência no setor de desenvolvimento de soluções de acionamento hidráulico. Com os seus parceiros e clientes nos âmbitos mais diversos da engenharia, a Hcen produz soluções automatizadas e otimizadas para variados campos de aplicação. Composta por uma equipa multifacetada de quatro engenheiros e nove colaboradores, a Hcen pretende ser o nome de referência na elaboração de projetos de acionamentos, com qualidade internacional.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

A estrutura desta dissertação está subdividida em cinco capítulos. No capítulo 2 é feito um enquadramento sobre o trabalho realizado, analisando os ramos da óleo-hidráulica e automação, bem como o estado da arte do tema proposto. No terceiro capítulo é abordado o desenvolvimento da unidade hidráulica, com a respetiva seleção e elaboração dos seus constituintes. No capítulo 4 é apresentada a estruturação do sistema de controlo, bem como a programação do PLC e da interface HMI que integra a automatização do equipamento. Neste é também realizada a orçamentação do projeto. Por último, são debatidas as conclusões finais e os trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÓLEO-HIDRÁULICA

2.2 AUTOMAÇÃO

2.3 ESTADO DA ARTE

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÓLEO-HIDRÁULICA

Entende-se por Hidráulica como um método de transmissão de energia através do transporte de um fluido sob pressão. Nos sistemas hidráulicos, pretende-se transformar energia mecânica em energia hidráulica, para que deste modo possa ser regulada e novamente reposta como energia mecânica, sob a forma de movimento, rotação e /ou linear [2].

A óleo-hidráulica caracteriza-se principalmente pela obtenção de elevadas potências, forças e binários, através de estruturas relativamente simples e com componentes de dimensões reduzidas. Dado que o projeto em discussão se engloba neste campo de aplicação, apenas será desenvolvido esta vertente da hidráulica na presente tese.

2.1.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

Um fluido em movimentação é essencialmente composto por dois tipos de energia: hidrodinâmica e hidrostática. A primeira surge do estado de translação do mesmo, ou seja, da pressão dinâmica do fluido, enquanto a segunda corresponde à pressão estática do fluido proveniente da sua compressão. Estas duas grandezas podem ser descritas segundo a equação de Bernoulli:

$$p_{tot} = p_{est} + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

Onde:

p_{tot} = Pressão total, [Pa];

p_{est} = Pressão estática, [Pa];

ρ = Massa volúmica, [kg/m³];

g = Aceleração da gravidade, [m/s²];

h = Altura desde o ponto de referência, [m];

v = Velocidade, [m/s].

As relações hidrostáticas e hidrodinâmicas aplicam-se apenas para fluidos com comportamento ideal, ou seja, sem massa, sem fricção e incompressível. Assumindo estas condições, torna-se possível deduzir o comportamento de circuitos hidráulicos sem quedas de pressão.

O princípio básico da hidrostática é a lei de Pascal. A força, F , aplicada através de uma área, A , de um fluido em repouso no interior de um espaço fechado, origina uma pressão, p , equivalente em todos os pontos do fluido [3]. Quando o mesmo fluido

suporta dois pistões de áreas diferentes, pode-se relacionar os seus cursos, L (na Figura 2 representado como s), com as forças aplicadas.

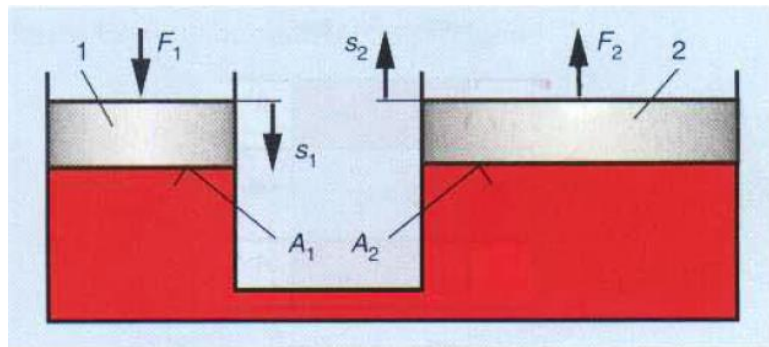


Figura 2 - Transmissão de Força pela Lei de Pascal [3]

$$p = \frac{F}{A} \rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{L_2}{L_1} \quad (2)$$

O mesmo princípio é aplicável para multiplicadores de pressão, como por exemplo pistões com haste partilhada. O fator de multiplicação é obtido pela seguinte equação:

$$p_2 = p_1 \times \frac{A_1}{A_2} \quad (3)$$

A hidrodinâmica descreve como um fluido escoar ao longo de uma conduta. Considerando um caudal, Q , constante que atravessa uma tubagem, a quantidade de fluido que entra num determinado volume de controlo tem de ser igual à de saída [4]. Deste modo, pode-se caracterizar a velocidade, v , de um dado fluido ao longo de uma tubagem de secção variável, A (Figura 3).

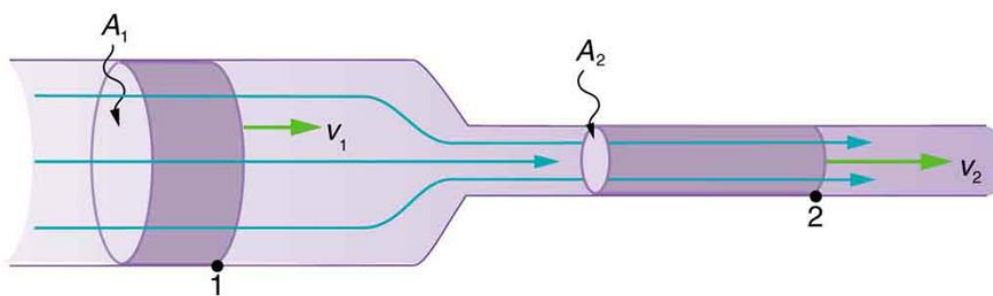


Figura 3 - Conservação do caudal ao longo de uma conduta [5]

$$Q_1 = Q_2 \Leftrightarrow v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad (4)$$

A equação de Bernoulli admite que existe conservação de energia durante o escoamento de um fluido. Porém, ao longo de uma conduta, ocorrem perdas de energia por fricção, transformando-se em calor e resultando numa queda de pressão.

A perda de carga num fluido originada por fricção depende dos seguintes fatores [3]:

- Comprimento, secção transversal e rugosidade do tubo;
- Forma dos estrangulamentos;
- Velocidade e viscosidade do fluido;
- Regime do escoamento (laminar ou turbulento).

2.1.2 FLUIDO HIDRÁULICO

O fluido hidráulico é responsável essencialmente pela transmissão de força e condução de energia, mas a sua escolha remete para outro conjunto de características, dependendo do seu campo de aplicação. O fluido mais comum é o óleo de base mineral. Este também desempenha funções como a lubrificação dos componentes, proteção contra a corrosão, remoção de agentes contaminantes e remoção do calor gerado por atrito [6].

Além das suas capacidades anti-desgaste, o óleo é selecionado conforme as viscosidades máximas e mínimas permitidas pelos componentes da UH (Unidade Hidráulica). Esta propriedade indica a resistência que o fluido oferece ao deslocamento de uma placa fina sobre este e uma superfície imóvel. Em circuitos hidráulicos, uma viscosidade demasiado baixa leva a fugas excessivas e baixo rendimento volumétrico, enquanto que elevada viscosidade conduz a elevadas perdas por atrito [2].

A categorização dos óleos é definida pelo regulamento ISO 3448 (*International Organization for Standardization*) através do grau ISO VG. Este parâmetro indica a viscosidade cinemática do fluido à temperatura de 40°C [7]. Os graus mais comuns na óleo-hidráulica são os ISO VG 22; 32; 46 e 68. Em complemento, é crucial definir a variação da viscosidade do óleo com a temperatura. Esta característica designa-se por Índice de viscosidade (IV). Quanto maior este valor, menor a alteração da viscosidade com a temperatura (Figura 4). Esta propriedade é determinada pela norma ISO 2909.

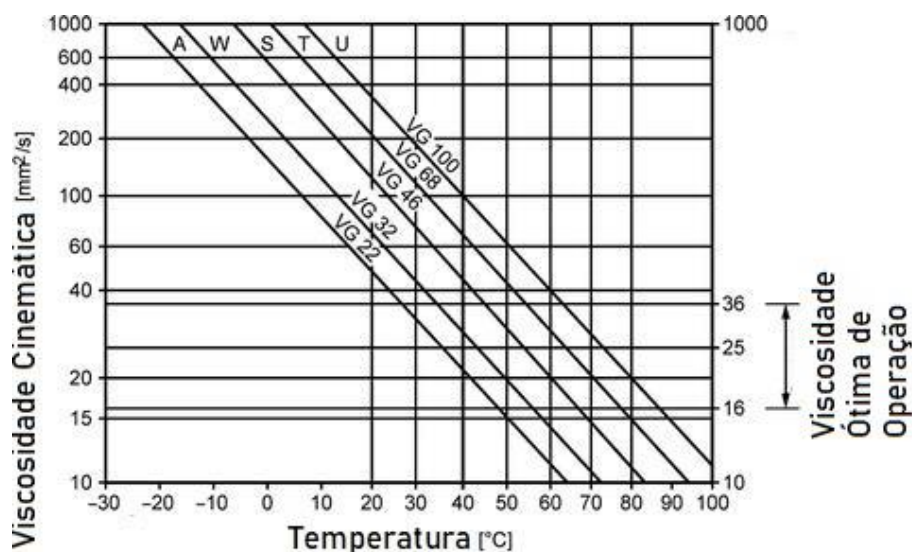


Figura 4 - Viscosidade cinemática vs Temperatura do óleo (adaptado de [8])

O regulamento DIN 51524 (*Deutsches Institut für Normung*) classifica os óleos minerais de acordo com os seus atributos e requisitos de aplicação, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos óleos minerais segundo a norma DIN 51524 [2];[9]

Classificação	Características	Aplicação
HL	Óleos hidráulicos com aditivos para melhoria da proteção contra a corrosão e resistência à oxidação	Sistemas hidráulicos que não têm nenhum requerimento para o desgaste. Bom comportamento para pressões até os 200 bar
HLP	Óleos com aditivos para altas pressões que garantam proteção à corrosão, oxidação e anti-desgaste.	Instalações para variadas aplicações, onde são conhecidos os limites de temperatura e viscosidade de cada componente. Pressões de serviço superiores a 200 bar.
HVLP	Semelhante ao óleo HLP com um IV superior.	Fluido hidráulico usado para gamas de temperatura variadas.
HLPD	Idêntico ao anterior com aditivos detergentes e /ou dispersantes.	Sistemas onde é necessário um controlo de contaminação bastante rigoroso.

Existem também óleos anti-inflamáveis, biodegradáveis e compatíveis com a indústria de alimentação para aplicações específicas, cuja categorização é efetuada pela CETOP (Comité Europeu de Transmissão Óleo-hidráulica).

2.1.3 BOMBA HIDRÁULICA

A função de uma bomba hidráulica é transformar energia mecânica em energia hidráulica. Conforme o modo como esta conversão é feita, as bombas dividem-se em dois grupos: máquinas de fluxo e de deslocamento positivo.

Nas máquinas de fluxo, como as bombas centrífugas e as turbinas, o fluido é introduzido no interior do equipamento por meio de força centrífuga, sendo depois expulso para o exterior por meio de um impulsor de atuação rápida [10]. Estas bombas proporcionam grandes caudais, mesmo em regimes contínuos, mas pressões muito limitadas, sendo principalmente utilizadas para condutas de água.

Nas máquinas de deslocamento positivo, uma quantidade fixa de fluido é confinado no interior da bomba e sujeita a variações de volume dentro do recipiente que o contém [2]. Estas alterações provocam um aumento da pressão hidrostática do fluido. Geralmente neste tipo de bombas, as gamas de pressões são bastante elevadas e como o caudal de saída é independente da pressão nominal (o fluxo é dado pelo número de ciclos imposto), tornam-se a escolha ideal para sistemas onde pretende-se efetuar transmissão de potência, sendo as mais aplicadas na óleo-hidráulica [10].

Os parâmetros que caracterizam a seleção de uma bomba hidráulica são os seguintes:

- Pressão admissível em regime permanente ou intermitente;
- Caudal e/ou cilindrada;
- Intervalo de temperaturas e viscosidades de funcionamento;
- Eficiência volumétrica;
- Rendimento global;
- Número de saídas;
- Tempo de vida esperado;
- Custo.

Existem várias configurações construtivas de bombas hidráulicas, de acordo com o tipo de aplicação que se pretende. Não existe um critério bem definido para a seleção da utilização de um tipo bomba, dado que as suas características variam de acordo com o seu fabricante. No entanto, pode-se afirmar que para pressões baixas (inferiores a 200 bar) e caudais constantes, as bombas de palhetas e engrenagens são as mais adequadas. Para pressões médias/altas aplicam-se bombas de pistões. Na Figura 5, estão apresentados os principais tipos de bombas hidráulicas:

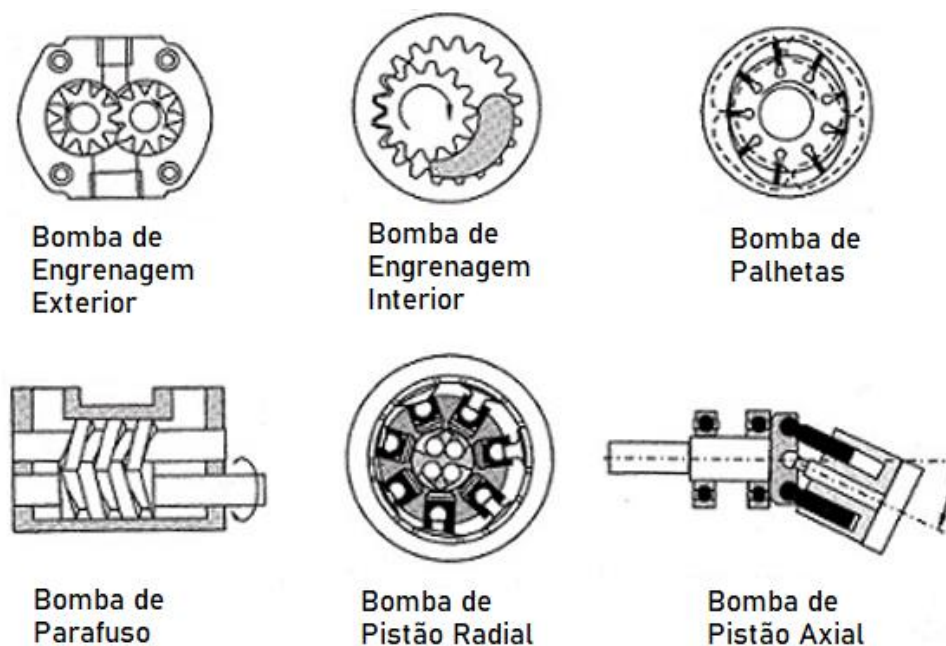


Figura 5 - Principais tipos de bombas hidráulicas (adaptado de [11])

2.1.4 TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA

Como anteriormente mencionado, a energia fornecida a um sistema hidráulico sofre várias transformações até ser reposta em energia mecânica. A Figura 6 apresenta as conversões de energia típicas originadas num circuito hidráulico para o acionamento de um atuador linear.

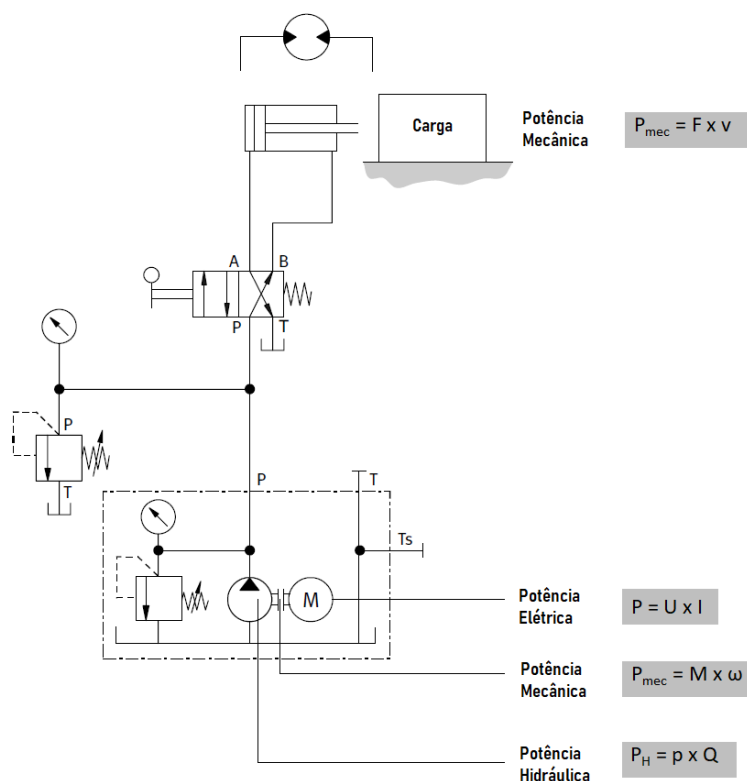


Figura 6 – Conversão de energia num sistema hidráulico (adaptado de [12])

A potência de entrada, geralmente, é originada por um motor de indução trifásico, no qual se fornece potência elétrica e este gera potência mecânica, por transmissão de rotação no veio de acionamento da bomba hidráulica. Por sua vez, a bomba alimenta o fluido no circuito com um determinado caudal, cuja pressão é imposta pela carga nos atuadores, onde o seu produto indica a potência hidráulica gerada. A potência de saída resulta da movimentação de uma carga a uma dada velocidade, através de um atuador linear ou rotativo [12].

Ao longo do ciclo de conversão de energia, existem perdas que se traduzem em libertação de calor para o óleo. Tais ocorrem durante as quedas de pressão por fricção nas tubagens, estrangulamentos e atuação das válvulas, mas também pelos próprios rendimentos dos processos de transformação de potência (Figura 7).

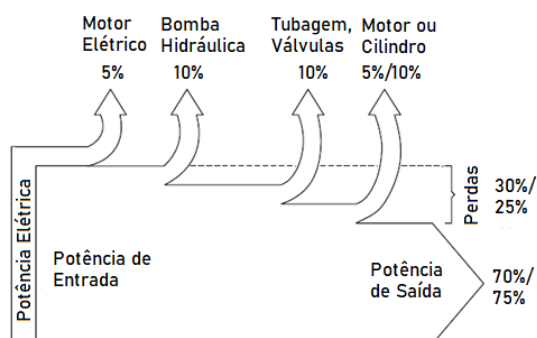


Figura 7 - Perdas típicas de um sistema hidráulico (adaptado de [12])

O rendimento volumétrico, η_v , de um circuito hidráulico contabiliza as perdas de caudal causadas por fugas internas e externas existentes na bomba e pela compressibilidade do óleo. Este rendimento diminui à medida que se eleva a pressão de trabalho, dado que o calor libertado para o óleo é maior, facilitando o seu escoamento. O rendimento mecânico, η_m , caracteriza as perdas de potência por atrito durante as transmissões de movimento da bomba e dos cilindros [3]. O rendimento global, η , indica a fração entre potência útil e potência de acionamento do sistema, e é dado pelo produto do rendimento volumétrico com o rendimento mecânico:

$$\eta = \eta_v \cdot \eta_m \quad (5)$$

2.1.5 ATUADORES LINEARES

Os atuadores lineares, mais conhecidos como cilindros, transformam a potência hidráulica em potência mecânica, sobre a forma de trabalho, com o objetivo de aplicar uma força a um objeto ou movimentá-lo. A força máxima do cilindro e a sua velocidade de translação são caracterizadas pela Lei de Pascal (2) e a Lei da continuidade (4) respetivamente. Como a pressão imposta pelo circuito e o caudal fornecido são regulados pela UH, é possível controlar a velocidade e a carga aplicada ao longo de todo o curso do cilindro [13]. A Figura 8 representa os principais constituintes de um cilindro de duplo efeito.

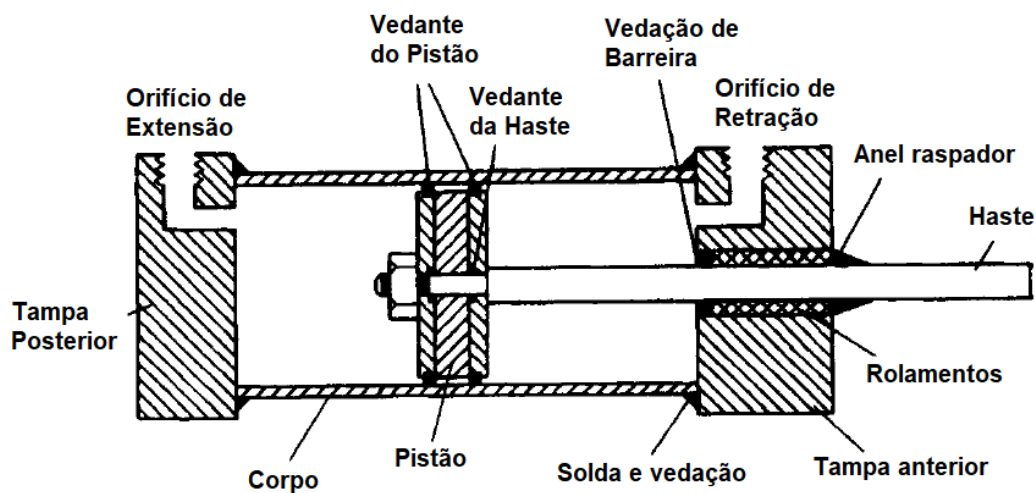


Figura 8 - Constituição de um cilindro de duplo efeito (adaptado de [13])

Graças à sua construção compacta, os atuadores lineares tornam-se o elemento de referência para operações onde são necessárias cargas elevadas com o melhor atravancamento possível. O seu funcionamento simples e o facto de este poder ser instalado à distancia da UH, permite uma grande flexibilidade de montagem [2]. De acordo com o seu método de operação e características, apresentadas na Tabela 2, os cilindros possuem as seguintes designações (Figura 9):

Tabela 2 - Designação e características dos principais tipos de cilindros

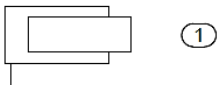
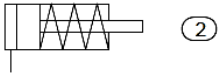
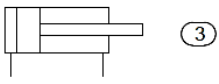
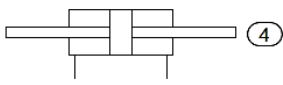
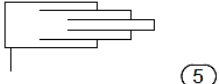
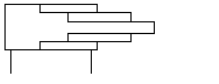
Cilindro Simples Efeito	Nº	Características
Haste Mergulhante 	1	Cilindros que exercem força num só sentido, com apenas um orifício de ligação. O seu recuo é feito pelo próprio peso e/ou com auxílio de uma carga externa.
Haste Com Retorno Por Mola 	2	Cilindros que exercem força num só sentido, com apenas um orifício de ligação. O seu recuo é feito pelo auxílio de uma mola.
Cilindro Duplo Efeito Haste Simples 	3	Cilindros com dois sentidos de aplicação de força. Possuem orifício de extensão e retração. O recuo do cilindro é mais rápido que o seu avanço devido à diferença de áreas entre o pistão e a haste.
Haste Dupla 	4	Cilindros com dois sentidos de aplicação de força. Possuem orifício de extensão e retração. O pistão está ligado rigidamente a duas hastes, permitindo a mesma força e velocidade de trabalho para ambos os sentidos.
Cilindro Telescópico Simples Efeito 	5	Cilindros que podem ser de simples ou de duplo efeito. O curso do mesmo está dividido em múltiplos estágios, onde as diferentes hastes deslizam entre as mesmas. Este tipo construtivo possibilita, para o mesmo atravancamento que os restantes, cursos mais longos.
Duplo Efeito 		

Figura 9 - Simbologia DIN ISO 1219 dos principais tipos de cilindros

2.1.6 VÁLVULAS FLUXOMÉTRICAS

As válvulas fluxométricas permitem regular o caudal de entrada e/ou de saída do atuador hidráulico, através da variação da secção de um ponto de estrangulamento. A categorização destas válvulas é feita pela sua capacidade, ou inabilidade, de manter o caudal de funcionamento constante, independentemente de eventuais variações de carga [14]. De acordo com esta divisão, as válvulas fluxométricas designam-se por reguladoras de caudal ou estranguladores (Figura 10), respetivamente.



Figura 10 - Válvulas fluxométricas – Estranguladores (Esquerda) e Reguladoras de caudal (Direita) [15]

O estrangulador trata-se de um elemento de construção simples, pois a restrição ao escoamento do fluido hidráulico é efetuada através de uma diminuição da secção de passagem. Conforme o tipo de controlo de velocidade que se pretende, podem-se utilizar estranguladores fixos ou variáveis. Os estranguladores variáveis são munidos de um manípulo que permite ajustar a área de passagem para o fluxo. Esta solução é principalmente vantajosa em aplicações com cargas oscilantes, onde é necessário ajustar a restrição da secção para cada situação [14].

Existem ainda estranguladores unidireccionais que permitem regular o caudal apenas num só sentido (Figura 11). Este elemento é constituído por um estrangulador (fixo ou variável) e uma válvula de retenção montada em paralelo. A aplicação da válvula de retenção força o fluido a atravessar o estrangulamento num dos sentidos, sendo que no sentido contrário, concede passagem livre sem restrições [2].

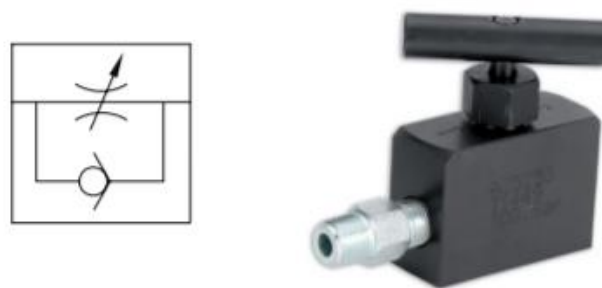


Figura 11 - Estrangulador unidirecional e simbologia [16]

De acordo com a zona de aplicação do estrangulador no circuito hidráulico, pode-se obter três formas de controlo distintas da atuação do cilindro:

- Controlo na entrada – Velocidade de avanço do cilindro;
- Controlo na saída – Velocidade de recuo do cilindro;
- Controlo em desvio – Regulação da velocidade de atuação, com a mesma pressão no cilindro e na bomba.

Nas válvulas reguladoras de caudal, para que se mantenha um caudal uniforme, a queda de pressão tem de permanecer constante mesmo com cargas variáveis. Para tal, a um estrangulamento de medição é adicionado um estrangulamento variável que atua como um compensador de pressão, através da força gerada por uma mola [3]. Caso o estrangulador variável esteja instalado em série ou em paralelo, a válvula denomina-se reguladora de caudal de dois orifícios ou de três orifícios.

Dentro do conjunto de válvulas reguladoras de caudal de três orifícios, existe uma válvula capaz de efetuar o sincronismo do movimento de dois cilindros (Figura 12), sendo esta designada de válvula divisora de caudal. A função desta é repartir o fluxo de entrada por duas saídas em quantidades iguais.

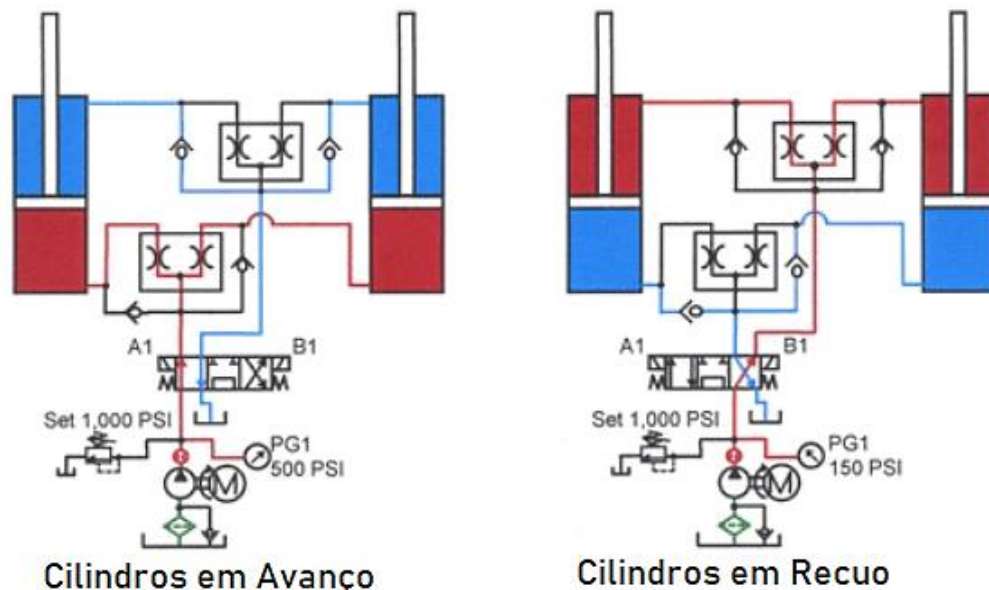


Figura 12 - Sincronismo de cilindros com divisora de caudal (adaptado de[17])

2.1.7 VÁLVULAS DIRECIONAIS

Como o nome refere, a válvula direcional tem a função de estabelecer o percurso interno do óleo pretendido. É este dispositivo que faz a comutação entre a bomba, os atuadores, e o tanque. As características que definem a identificação do tipo de válvula direcional são as seguintes:

- Número de posições;
- Número de vias;
- Posição de repouso;
- Tipo de acionamento e retorno.

De acordo com o seu número de posições, a válvula direcional assume diferentes configurações de escoamento do óleo, representadas por quadrados justapostos. O número de vias indica os orifícios de ligação que a válvula dispõe. Estas conexões são nomeadas por letras com os seus respectivos significados: P- linha de pressão; T- linha de tanque; A e B- junção a outros componentes (normalmente atuadores). Os percursos entre as vias são exibidos através de setas e bloqueios [18]. A nomenclatura de uma válvula direcional é feita conforme apresentado na Figura 13.

Nº de vias 4/3 Nº de posições

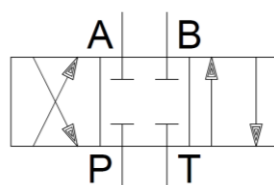


Figura 13 – Representação de uma válvula direcional 4/3

A zona onde as posições dos orifícios são representadas, correspondem à posição de repouso da válvula. Usualmente, esta é mantida por força de uma mola e traduz o percurso do óleo quando esta não está acionada.

O acionamento da válvula direcional pode ser efetuado por comando manual, mecânico, pneumático, hidráulico e elétrico. Em circuitos de elevada complexidade, em que se pretende rapidez do sinal de comutação, deve-se utilizar válvulas acionadas por solenóide (atuação elétrica). Este consiste numa bobina que ao ser atravessada por corrente elétrica, gera um campo magnético e provoca o movimento linear de um corpo induzido. Este corpo estabelece o deslocamento da gaveta da válvula, colocando-a noutra posição de funcionamento [19].

Consoante o número de posições, duas ou três, também podemos designar a válvula direcional pelo seu tipo de posição de repouso. Para duas posições até três vias, existe a configuração normalmente fechada (NF) e normalmente aberta (NA). No caso de três posições, os tipos de centro mais comuns estão representados na Figura 14.

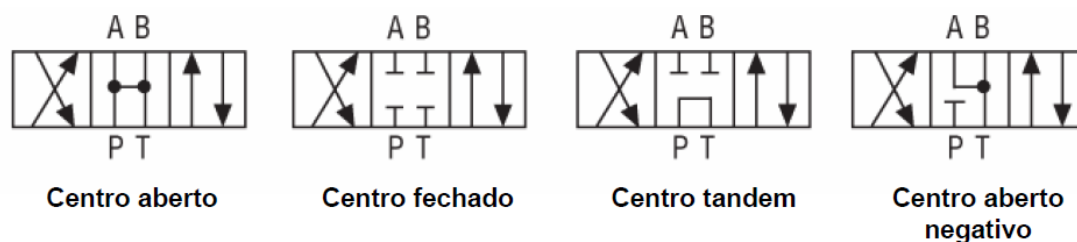


Figura 14 - Tipos de centros de válvulas 4/3 [18]

Quando se pretende que o atuador não fique bloqueado na posição neutra, seleciona-se centro aberto. Neste caso, os cilindros podem ser movimentados livremente e é feita a descarga do óleo para o depósito. Em centro fechado ou tandem, o recetor mantém a sua posição. Em todos os tipos de centro, o bloqueio da linha P dá a informação que a descarga é feita pela válvula limitadora de pressão (discutida no próximo tópico), e não da bomba para o tanque [18].

2.1.8 VÁLVULAS LIMITADORAS DE PRESSÃO

A segurança de um circuito hidráulico é garantida pela válvula limitadora de pressão (Figura 15). Esta tem a função de impedir que o sistema ultrapasse o valor máximo de pressão estabelecido, de modo a proteger os restantes componentes de eventuais sobrecargas. Sempre que ocorre um pico de pressão, a carga exercida pelo fluido hidráulico no êmbolo de entrada da válvula é superior à força da mola que o sustêm, resultando na abertura da válvula. Deste modo, o excesso de caudal é enviado de volta para o tanque. Caso a resistência da mola seja superior à carga gerada pelo óleo, a válvula permanece fechada [20].

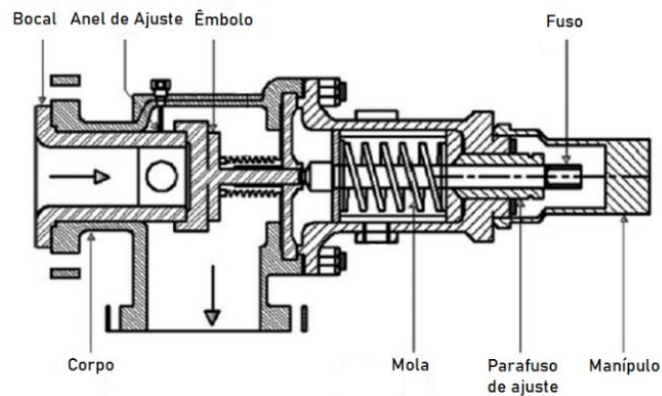


Figura 15 - Esquema válvula limitadora de pressão (adaptado de [21])

Construtivamente, as válvulas podem ser de assento axial ou de gaveta. Apesar de as válvulas de assento apresentarem menor tempo de comutação, estanquidade absoluta e menor custo, as válvulas de gaveta são ideais para serem comandadas à distância, devido à sua baixa força de comutação. Muitas vezes, as válvulas de assento podem ser instaladas topo a topo entre elas, designando-se de válvulas *sandwich* [22]. Esta configuração permite a montagem integrada com as restantes válvulas, partilhando os seus canais de fluxo, associados a um bloco hidráulico (Figura 16).

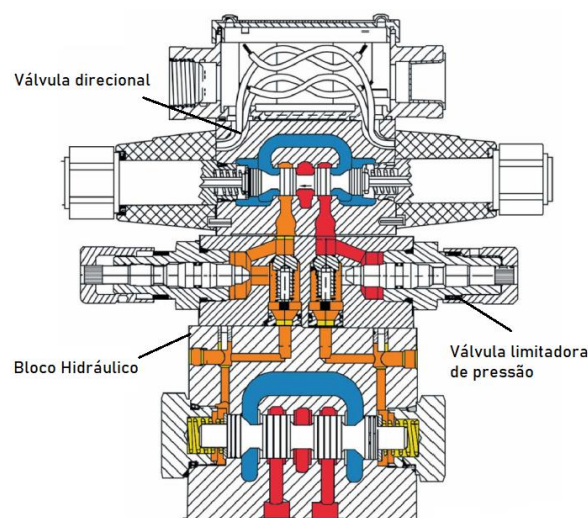


Figura 16 - Montagem *sandwich* (adaptado de [18])

2.1.9 FILTRAGEM HIDRÁULICA

Grande parte das falhas que ocorrem em instalações hidráulicas têm origem numa filtragem inadequada do fluido hidráulico. O filtro deve ter a capacidade de reter partículas contaminantes com alta eficácia, de modo a promover níveis apropriados de contaminação e concentração de partículas. A elevada presença de partículas conduz à erosão dos vários componentes, resultando na sua progressiva deterioração. O grau de filtragem a ser implementado numa UH deve ser em função do componente com o nível de filtragem mais refinado, de acordo com a recomendação do fabricante.

Conforme a sua localização no circuito e o fluido alvo, os modelos de filtros utilizados são o filtro de pressão (Figura 17), filtro de retorno (Figura 18), filtro de aspiração (Figura 19) e filtro de ar (Figura 20), cujas particularidades estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Tipos de filtros hidráulicos [23]

Tipo de filtro	Características
 Figura 17 - Filtro de pressão [24]	Assegura o correto funcionamento dos componentes a jusante. Estes filtros devem ser utilizados para proteger equipamentos suscetíveis a poeiras (servo-válvulas e válvulas proporcionais) cuja reparação envolve grandes custos. O elemento filtrante deve suportar elevados diferenciais de pressão.
 Figura 18 - Filtro de retorno [24]	Localizado no fim da linha de retorno, próximo do depósito. Possibilita a filtragem de grande parte das partículas introduzidas na instalação, visto que é atravessado por todo fluxo de óleo. Fácil manutenção e substituição da malha filtrante. Diferenciais de pressão baixos devido ao seu posicionamento no circuito.
 Figura 19 - Filtro de aspiração [24]	Inserido na linha de aspiração, abaixo do nível do óleo. Tem a função de proteger a bomba de eventuais contaminações. Devido às pressões baixas, é necessário efetuar o controlo do elemento filtrante, de maneira a evitar a cavitação.
 Figura 20 - Filtro de ar [24]	Instalado no tampo do depósito. Evitam a contaminação do óleo do tanque, filtrando o ar proveniente de equipamentos de ventilação e do depósito.

O nível de contaminação num fluido é medido determinando a quantidade de partículas dentro de três gamas de tamanho. Segundo a norma ISO 4406, a classe de contaminação é simbolizada por três algarismos, indicando o número de partículas de dimensões superior ou igual a 4, 6 e 14 μm , respetivamente, em 100 ml de fluido [25]. Na Tabela 4, é apresentado um exemplo da codificação segundo este regulamento.

Tabela 4 - Denominação segundo a norma ISO 4406

Exemplo: Código ISO 4406 - 18 / 16 / 13

Algarismo representativo	Tamanho das partículas	Intervalo de Contagem
18	$\geq 4 \mu\text{m}$	130000-250000
16	$\geq 6 \mu\text{m}$	32000-64000
13	$\geq 14 \mu\text{m}$	4000-8000

A eficiência de filtragem, η_f , descreve a percentagem de contaminantes de uma dada dimensão, retidos pelo elemento filtrante. O seu valor é quantificado a partir do coeficiente β_x que indica o rácio entre o número de partículas presentes antes da passagem pela malha filtrante, n_{in} , e o número de partículas após filtragem, n_{out} . O ensaio de medição de partículas deve ser feito de acordo com a norma ISO 16889 [26].

$$\eta_f = 100 - (100 / \beta_x) \quad (6)$$

$$\beta_x = n_{in} / n_{out} \quad (7)$$

Além da eficiência do elemento filtrante, é importante considerar o ambiente externo, o caudal que atravessa o filtro e a viscosidade do óleo. A seleção de um filtro é feita de modo que o diferencial de pressão originado pela passagem do óleo seja inferior ao valor recomendado pelo fabricante. Como tal, deve-se definir o elemento filtrante e a sua secção de entrada para que a queda de pressão limite não seja ultrapassada. Caso contrário, o filtro ficará danificado, levando à contaminação do sistema [27].

2.1.10 DEPÓSITO E ACESSÓRIOS

Ao contrário do que aparenta, o reservatório hidráulico desempenha várias funções cruciais para além do armazenamento do óleo, das quais se distinguem:

- Remoção dos contaminantes sólidos e do ar do óleo;
- Suporte dos componentes e tubagem;
- Inspeção e manutenção do óleo;
- Arrefecimento do fluido hidráulico.

A geometria do próprio reservatório permite a decantação de partículas que não tenham sido retidas pelo filtro de retorno ou formadas pelo envelhecimento do óleo. Vários depósitos possuem um fundo inclinado onde ocorre a deposição destes detritos, sendo posteriormente removidos [2]. A manutenção do depósito realiza-se através da tampa de visita. Estes também são munidos de uma parede defletora que impede que óleo de retorno vá diretamente para a aspiração (Figura 12).

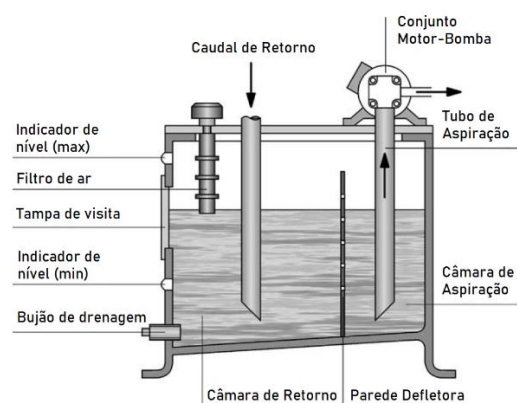


Figura 21 - Constituição do depósito (adaptado de [12])

Tanto a tubagem de retorno como a de aspiração devem estar abaixo do nível do óleo para evitar problemas de cavitação nos componentes da UH. A verificação da altura do óleo é feita pelo indicador de nível, podendo este ter também um termómetro integrado. Caso o nível de fluido seja insuficiente, deve-se parar o sistema e repor a quantidade de óleo a partir do bujão de enchimento.

A transmissão de binário entre o motor de indução e a bomba é feita através de acopladores que fazem a união entre os veios. Estes são constituídos por cubos, fixos aos veios por pernos roscados, e uma estrela, responsável por absorver as vibrações geradas e parte dos esforços externos. A ligação do conjunto motor-bomba (Figura 22) ao reservatório é feita pela luneta que envolve os elementos acopladores e os protege de contaminantes externos.

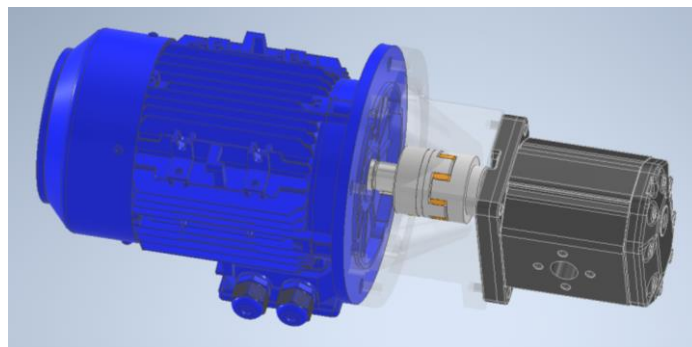


Figura 22 - Conjunto Motor-Bomba

As perdas geradas ao longo da UH são absorvidas pelo fluido, sobre a forma de calor, P_k . Este aumenta a sua temperatura inicial, T_2 , até atingir estabilidade térmica, T_1 , que é mantida a partir do calor absorvido pela área de contacto, A , das paredes do depósito e o seu coeficiente de transferência de calor, α .

$$P_k = (T_1 - T_2) \cdot \alpha \cdot A \quad (8)$$

De maneira a determinar o tempo, t , que leva o óleo a atingir a estabilidade térmica, é necessário considerar o volume de óleo no tanque, V , a massa volúmica do óleo, ρ , e o seu calor específico, c .

$$P_k = \frac{(T_1 - T_2) \cdot V \cdot c \cdot \rho}{t} \quad (9)$$

É importante mencionar que estes cálculos consideram as piores condições de trabalho (máxima pressão e caudal), sendo uma estimativa conservadora para verificar se o calor absorvido pelo reservatório é suficiente para satisfazer os requisitos mínimos de temperatura dos equipamentos. Caso contrário, deve-se ter em conta a implementação de um refrigerador de óleo ou permutador de calor [3].

2.2 AUTOMAÇÃO

A parametrização de um projeto de elevada complexidade, como é o caso do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos, torna-se possível através da sua automatização. O fluxo constante de informação entre o operador e toda a arquitetura da estrutura, concede-lhe controlo total sobre o processo em causa. Associando a partilha de dados ao comando automático dos acionamentos do sistema, obtêm-se grande flexibilidade e perfeita conjugação entre homem e máquina. A introdução de um autómato, para além de garantir o movimento e/ou sincronismo dos atuadores, assegura a segurança do sistema, avisando o operador de qualquer anomalia que possa ocorrer durante o seu funcionamento [28].

Apesar de não ter uma definição concisa, não há questões sobre o impacto da automatização na indústria. Neste sentido, pode-se afirmar que a automação é o controlo de um sistema ou processo, com recurso a um elemento lógico, bem como aparelhos eletrónicos e mecânicos, sem intervenção humana. Deste modo consegue-se melhor otimização de recursos, com melhor eficiência e menor esforço [29].

A arquitetura genérica de um sistema industrial automatizado é constituída por elemento lógico, interface homem/máquina, aquisição de dados e atuadores [30], conforme apresentado na Figura 23.

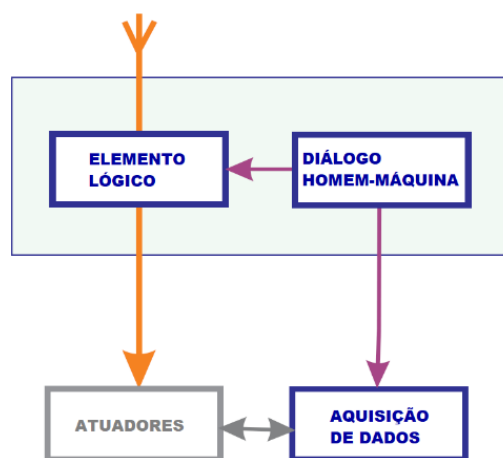


Figura 23 - Arquitetura base de um processo automatizado (adaptado de [31])

A maior parte dos sistemas de controlo funcionam em malha fechada. O sinal de saída detetado por um sensor é comparado com um sinal de entrada, sendo normalmente um comando do operador, e em função do seu «erro», o elemento lógico forma a ação mais apropriada e dá a ordem ao atuador para executá-la. Este ciclo ocorre repetidamente ao longo de todo o processo [31].

O elemento lógico considerado industrialmente para os mais variados ramos de aplicação é o PLC (Figura 24). O seu formato compacto e económico permitiu a substituição dos sistemas lógicos em relê. Para operações que envolvam um número reduzido de I/O (*Inputs* e *Outputs*), estes são os controladores por excelência. A sua

programação é feita em *Ladder*, possibilitando tempos de resposta muito baixos e pouco consumo de memória, dado que a sua unidade de base é o *bit*. Dependendo do modelo, a sua quantidade de I/O pode ser aumentado [32].



Figura 24 – PLC Omron [33]

A programação do PLC deve ser acompanhada com o respetivo GRAFCET (*Graphe Fonctionnel de Commande, Étapes Transitions*). O GRAFCET é uma esquematização gráfica da sequência de funcionamento de eventos discretos que irá ser implementada no sistema. Este descreve, hierarquicamente, o controlo do sistema a partir de etapas, GRAFCET parciais e sinais de comutação, apresentando os I/O de cada etapa [34]. A Figura 25 representa um GRAFCET de uma estação de distribuição.

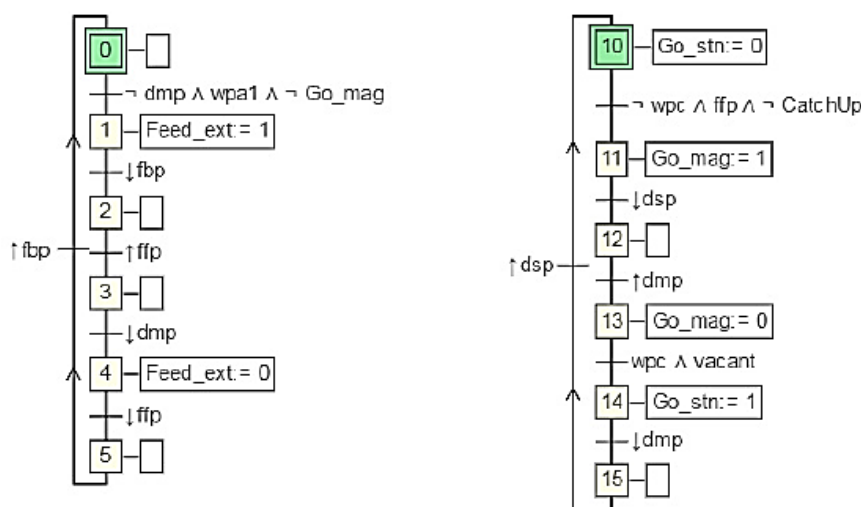


Figura 25 - GRAFCET de estação de distribuição [35]

O diálogo homem-máquina é usualmente realizado através de uma HMI. Nos sistemas de automação modernos, a interação com o operador é feita por interfaces gráficas, do estilo ecrã táteis, com menus comandáveis (Figura 26). O desenvolvimento desta tecnologia, permite a representação esquemática do sistema em causa, fornecendo ao operador informação em tempo real de todo o processo [36]. A aplicação de diversas configurações como a simulação de dispositivos analógicos, mensagens de alerta automáticas e criação de layouts de segurança, tornam a regulação de uma sequência lógica mais dinâmica e de emprego simples.



Figura 26 - HMI Siemens [37]

A aquisição de dados de um atuador é conseguida pelo uso de sensores que fazem a transformação de um fenómeno físico para um sinal elétrico. O sinal pode ser do tipo digital ou analógico, de acordo com a variável que se pretende medir. Um sinal digital apenas possui dois estados, 0 e 1. Um sensor analógico, designado de transdutor, devolve o valor medido numa escala de corrente ou tensão, normalmente entre 0 e 10 Volts ou 4 a 20 mA [38]. Algumas das propriedades mais importantes que caracterizam a performance de medição dos transdutores são descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Propriedades de medição dos transdutores [39]

Intervalo de medição	Os limites de medição pela qual o sinal físico pode ser convertido num sinal elétrico, sem comprometer a sua incerteza de medição.
Erro de medição	O maior erro esperado entre o valor real e o medido.
Repetibilidade	Variabilidade do valor obtido para a medição do mesmo valor real.
Sensibilidade	Variação da tensão fornecida em Volts, por cada acréscimo de unidade de medição.
Linearidade da curva de calibração	A máxima incerteza possível da função linear entre o sinal físico medido e o sinal elétrico fornecido.
Resolução	A menor variação de sinal detetada pelo transdutor. Este dado pode ser fornecido como a menor unidade da escala ou o número de bits pelo qual a escala é dividida.

O desempenho do funcionamento de um transdutor resulta da combinação dos parâmetros acima mencionados, não podendo ser descrito individualmente por nenhum destes. Os catálogos de transdutores, usualmente, apresentam a linearidade, servindo esta como indicador da exatidão possível de obter. Porém o erro de medição depende de vários fatores como a curva de calibração aplicada, o intervalo de medição considerado, a sensibilidade, entre outros [40].

Para além do sinal de saída de um sensor, também é importante conhecer o seu grau de proteção contra agentes externos. Como tal, a norma IEC 60529 (*International Electrotechnical Commission*) estabelece um código IP caracterizado por dois dígitos que deve ser fornecido pelo fabricante indicando a proteção do respetivo dispositivo contra a penetração de poeiras e de água [41]. Na Figura 27 é apresentada a descrição dos respetivos indicadores de segurança.

Código de Proteção IP IEC 60529	
Sólidos	Água
1 Protegido contra objetos sólidos de diâmetro igual ou superior a 50 mm 	1 Protegido contra a queda vertical de gotas de água 
2 Protegido contra objetos sólidos de diâmetro igual ou superior a 12,5 mm 	2 Protegido contra a queda vertical de gotas de água, com um desvio do aparelho em relação à vertical até 15 graus 
3 Protegido contra objetos sólidos de diâmetro igual ou superior a 2,5 mm 	3 Protegido contra sprays de água, sem efeitos prejudiciais até ângulos de 60 graus em relação à vertical 
4 Protegido contra objetos sólidos de diâmetro igual ou superior a 1,0 mm 	4 Protegido contra salpicos de água provenientes de qualquer direção 
5 Ingressão parcial de poeira em quantidades satisfatórias para o correto funcionamento do aparelho 	5 Protegido contra jatos de água 
6 Sem penetração de poeiras 	6 Protegido contra jatos de água de alta cadência 
IP 6 5 Proteção contra sólidos Proteção contra a água	
	7 A imersão do aparelho a profundidades entre 15 cm e 1 m durante até 30 minutos não provoca efeitos prejudiciais 
	8 Protegido contra a imersão contínua em água 
	9 Protegido contra jatos de elevada temperatura e pressão 

Figura 27 - Código IP IEC 60529 (adaptado de [42])

Dado que um dos objetivos do trabalho é assegurar o correto posicionamento de cada cilindro, irão apenas ser discutidos em destaque os transdutores de posição. Uma característica intrínseca desta aplicação, é que o transdutor não pode estar em contacto com o objeto em movimento, tratando-se de cargas de massa elevada, sendo que os dispositivos deste tipo também não foram considerados.

2.2.1 TRANSDUTORES DE POSIÇÃO

Muitas vezes os transdutores de posição são confundidos com sensores de posição. Os sensores detetam a presença de um objeto, enquanto os transdutores quantificam a distância entre o corpo alvo e um ponto de referência. Existem diversos tipos de transdutores de posição que empregam diferentes tecnologias para medir o deslocamento de um objeto, sendo estes os seguintes:

- Indutivos/Capacitivos;
- Encoder (Codificador óticomagnético);
- Laser;
- Ultrassônicos;
- Potenciômetros de cabo;
- Magnéticos;
- LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*).

Os transdutores indutivos e capacitivos, apesar de terem princípios semelhantes, têm as suas particularidades. Estes são compostos por uma sonda e um *driver* que converte o *input* num sinal analógico. Os seus funcionamentos baseiam-se na criação de um campo elétrico que varia conforme a distância do corpo alvo, um pela variação do campo por corrente induzida e o outro pela variação da capacitância no material. A diferença entre estes é que o transdutor de indução apenas permite a medição de objetos condutores, enquanto o capacitivo abrange uma maior gama de materiais [43].

Apesar destes transdutores apresentarem exatidões muito elevadas, a sua amplitude de medição é relativamente baixa e a sua calibração é morosa. A Tabela 6 apresenta as características típicas dos transdutores capacitivos e indutivos.

Tabela 6 Transdutores capacitivos vs indutivos [44]

Parâmetro	Transdutor Capacitivo	Transdutor Indutivo
<i>Intervalo de medição</i>	0,01-10 mm	0,1-15 mm
<i>Resolução</i>	2 nm	2 nm
<i>Área de Medição Requerida</i>	130% do diâmetro da sonda	300% do diâmetro da sonda
<i>Comprimento da Sonda</i>	800% do intervalo	300% do intervalo
<i>Material do mensurado</i>	Todos	Condutores
<i>Custo</i>	Médio	Baixo

Semelhante aos transdutores indutivos, os magneto-resistivos quantificam a distância, através da variação da resistência de um campo magnético, originado por um magneto afixado no corpo alvo (Figura 28). Dado que o deslocamento é medido a partir do magneto, o material do objeto não necessita de ser condutor e a calibração do transdutor é simplificada. As vantagens destes dispositivos são a sua insensibilidade ao coeficiente térmico do magneto, aos choques e vibrações, mas também a capacidade de suportar grandes variações entre o transdutor e o magneto [45].



Figura 28 - Sistema de posicionamento por campo magnético [46]

Outros tipos de transdutores utilizados são os laser e ultrassônicos. Neste tipo de dispositivo, uma onda eletromagnética ou acústica é enviada para o corpo alvo, sendo posteriormente projetada de volta para um recetor. Através do tempo de percurso da onda e da sua velocidade de transmissão, o transdutor consegue estimar a sua distância percorrida e converte o valor medido para um sinal analógico [47].

O uso de transdutores laser e ultrassônicos é frequente em zonas confinadas de difícil acesso e em ambientes agressivos, onde é comum o aparecimento de poeiras. Também possibilita a medição de peças em rotação sem grandes flutuações. Ambos os tipos de transdutores permitem elevados intervalos de medição, sendo os ultrassônicos na ordem dos dez metros e os laser na ordem dos cem metros. Porém o transdutor laser garante classes de exatidão de micrones enquanto os ultrassônicos apenas de milímetros, mas em contrapartida, possuem um maior custo (Figura 29).



Figura 29 - Utilização de transdutores laser [48]

Para medições flexíveis, onde se pretende mensurar grandes deslocamentos a um custo relativamente baixo, os potenciômetros de cabo são uma ótima solução. O seu funcionamento tem por base um cabo flexível que estende e retrai de acordo com o deslocamento do objeto. Este movimento provoca a rotação de um tambor onde tem incluído um *encoder* rotativo que quantifica o movimento linear originado pela rotação, transformando-o posteriormente num sinal analógico [49].

O formato compacto destes potenciômetros e o seu baixo peso, permite uma instalação simples, adaptável para a maior parte das aplicações (Figura 30). Estes dispositivos são utilizados em ambientes exigentes, como na indústria aeronáutica e o seu princípio de operação providencia resoluções quase infinitas. A sua amplitude de medição pode atingir os cinquenta metros, com incertezas de 0,1% do seu intervalo.

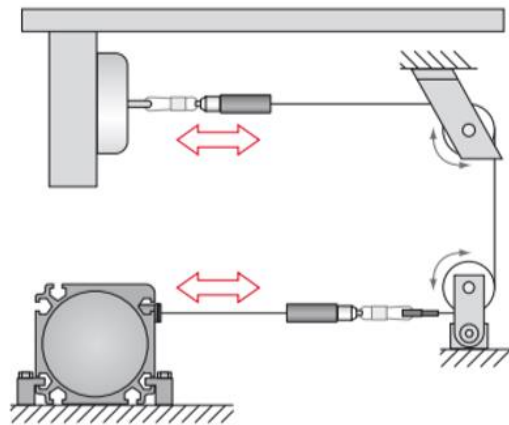


Figura 30 - Instalação de um potenciômetro de cabo com polias [48]

Para medições onde o custo é um fator secundário, pode-se recorrer a *encoders* lineares. Estes são sensores que geram sinais digitais como resposta ao movimento. Para a determinação do deslocamento, são utilizados *encoders* absolutos que associam uma dada posição, a um número de *bits* registados em *bytes* [50]. Estes dispositivos são essencialmente magnéticos ou potenciômetros, o que lhes permite assimilar as propriedades dos transdutores deste tipo, com resoluções que atingem um micrón.

Em alguns cilindros de haste simples com guias empregam-se transdutores LVDT's, transformador diferencial variável linear, especialmente na área da pneumática. Este dispositivo é instalado no corpo do cilindro e desloca-se juntamente com a haste do mesmo. O LVDT trata-se de um núcleo magnético que se move ao longo de um conjunto de bobinas que formam o transformador e induz corrente elétrica de acordo com o desvio do núcleo (Figura 31). Este transdutor é ideal quando se pretende realizar medições precisas e não são exigidas grandes restrições à sua instalação [43].

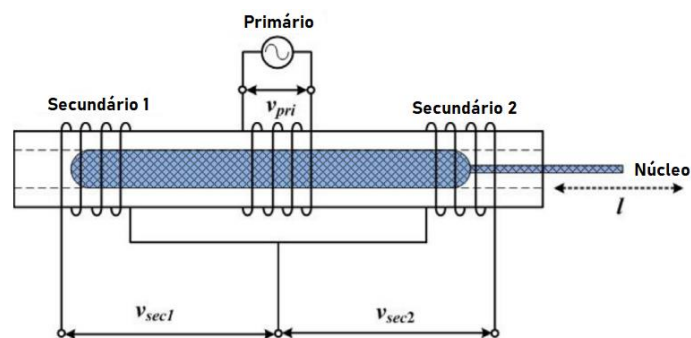


Figura 31 - Estrutura de um LVDT (adaptado de [51])

É importante referir que neste capítulo apenas foi feita uma revisão breve e geral dos transdutores existentes que não envolvem contacto com o objeto, para a medição de deslocamento, de modo a conhecer as tecnologias utilizadas neste ramo. As características de cada dispositivo em concreto são fornecidas pelos seus fabricantes, podendo variar ligeiramente dos acima mencionados. A Figura 32, apresenta as propriedades em geral, dos variados transdutores de posição.

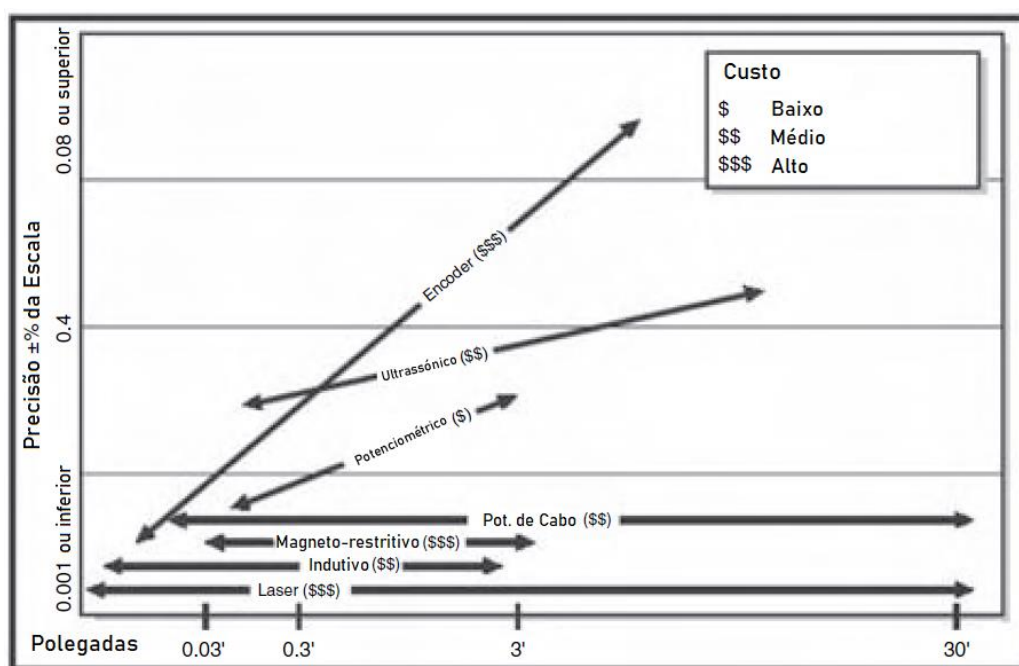


Figura 32 - Performance típica dos transdutores de posição (adaptado de [44])

2.3 ESTADO DA ARTE

Um Sistema Síncrono de Elevação é composto por cilindros hidráulicos alimentados através uma UH. Este equipamento permite o levantamento de cargas de elevada tonelagem, com alta classe de exatidão e controlo, através de comando remoto hidráulico dos cilindros (Figura 33). Estes sistemas visam a substituir a utilização de guias, alavancas e maquinaria pesada, cujo uso implica custos dispendiosos e não oferecem as mesmas condições de controlo que um sistema automatizado.

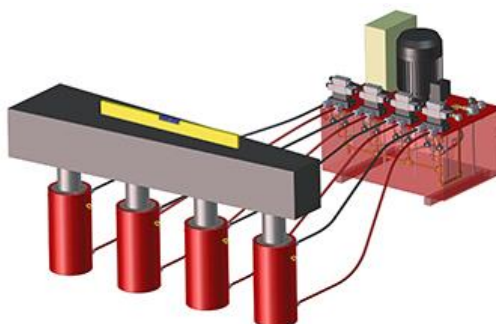


Figura 33 - Sistema de Elevação Síncrono [52]

A Enerpac, empresa líder global em soluções hidráulicas de alta pressão com 110 anos de existência, desenvolveu soluções para colmatar esta necessidade. Os seus sistemas de elevação *EVO-Series* (Figura 34), possibilitam a operação de doze pontos com capacidades de alimentação de até 4,8 l/min à pressão de operação de 700 bar e depósitos de 250 l. A integração de dispositivos de automação no sistema como o PLC, HMI e potenciômetros de cabo, permitem o movimento síncrono dos cilindros, com garantia de segurança e controlo, com um toleranciamento inferior a um milímetro.



Figura 34 - Sistema Síncrono de Elevação - Enerpac [53]

O grande desafio para o desenvolvimento de um projeto desta envergadura é garantir que a distribuição do óleo pelos atuadores é feita do modo mais uniforme possível e que os transdutores de posição instalados tenham exatidão suficiente, de modo a efetuar o controlo rigoroso do movimento dos cilindros. Estas duas condições devem ser cumpridas na estruturação de um sistema de elevação síncrono.

Existem várias técnicas para assegurar o movimento síncrono de cilindros através de uma distribuição uniforme de óleo, cada uma com as suas implicações. Na Tabela 7 é apresentado um resumo sobre um estudo realizado por Brandon Casey e Marian Tumarkin, engenheiros na área de fluidos hidráulicos, em relação às diferentes técnicas utilizadas para este efeito [54].

Tabela 7 - Métodos de sincronização de atuadores

Descrição da solução	Comentários	Precisão Velocidade
Implementação de uma válvula divisora de caudal.	Solução simples e barata.	10%
Instalação de estranguladores em cada linha de pressão.	Solução simples, velocidade ajustável, calibração manual.	5%
Alimentação do circuito por bombas equivalentes.	Custo elevado, pouca flexibilidade.	5%

Utilização de cilindros de dupla haste em série.	Ato rendimento volumétrico, uso extra de espaço, a pressão de operação duplica por cada cilindro.	1%
Aplicação de cilindros de duplo efeito em série, com relação de área anular do cilindro anterior igual à área do pistão do cilindro posterior.	Implicação de construção de cilindros com geometrias peculiares para o caso em questão, solução impraticável para um elevado número de cilindros.	2%
Introdução de um cilindro «mestre» que alimenta os restantes cilindros.	Construção de um cilindro extra, com geometria complexa, custo médio.	1%
Motores hidráulicos com veio de transmissão partilhado nas linhas de pressão.	Perdas de potência reduzidas, baixo rendimento volumétrico. Custo superior por cada número de cilindro utilizado.	10%
Inserção de servo-válvulas com transdutores de deslocamento.	Ótimos resultados, estrutura complexa e custos muito elevados.	< 1%

Uma outra solução incluída na alimentação do circuito por bombas equivalentes é a utilização de bombas de pistão radial com múltiplas saídas (Figura 35). Estes equipamentos têm a capacidade de alimentar diferentes circuitos em simultâneo, todos com o mesmo caudal e pressões individuais. O uso destas bombas para o movimento síncrono de cilindros, permitem obter precisões de velocidade de 2%, num sistema compacto e de baixo custo.



Figura 35 -Bomba de pistão radial com múltiplas saídas [55]

Por último, estudou-se a aplicação de diferentes tipos de transdutores de posição, com o intuito de determinar quais as amplitudes e incertezas de medição obtidas por cada um deles, permitindo uma melhor avaliação na escolha do mesmo. Na Tabela 8 são apresentados alguns exemplos de diversos autores da utilização de transdutores de diferentes classes.

Tabela 8 - Aplicação de transdutores de posição

Transdutor	Descrição do caso
Indutivo	Um sistema de rolamento magnético ativo (AMB) consiste num sistema de atuadores conduzidos por uma unidade de controlo, utilizados para levitar um alvo ferromagnético (por exemplo um rotor). Utilizou-se um transdutor de posição indutivo para garantir uma levitação estável, precisa e regulável. O dispositivo apresentou uma sensibilidade de 1,2 V/mm, com um intervalo de 1,2 mm com resolução de 0,1% e incertezas inferiores a 0,07% [56].
Capacitivo	Os autores propuseram o desenvolvimento de um sistema de medição de deslocamento absoluto capacitivo de grade, com alta classe de exatidão e larga amplitude. Os resultados conseguidos foram os seguintes: resolução 1,7 nm para um intervalo de 2,8 mm; incerteza de 50 nm para um intervalo de 7 mm [57].
Laser	Neste artigo, investigou-se o comportamento da corrosão intergranular da chapa Hastelloy C-276, soldada por feixe de eletrões, utilizando um transdutor de laser. Este tem uma resolução de 30 nm numa amplitude de 2 mm, com uma incerteza de 600 nm. Determinou-se uma corrosão média de $6,47 \pm 0,2$ mm [58].
Ultrassónico	Para a medição do deslocamento de água e de corpos flutuantes numa superfície, considerou-se um transdutor ultrassónico. Conseguiu-se determinar deslocamentos de 68 mm, com erros inferiores a 1% para medições superiores a 3 mm [59].
Magneto-Restritivo	O uso de transdutores de posição magneto-resistivos permitiu detetar em amostras de solda por fricção, defeitos com profundidades de 400 μ m, em segmentos de 10 mm do cordão. Detetaram-se também defeitos sintéticos com 0,15 mm de largura e 0,2 mm de profundidade [60].
Potenciómetro de cabo	Na monitorização da convergência de um túnel em construção, utilizou-se um sistema baseado na aplicação de potenciómetros de cabo e inclinómetros. Analisaram-se secções do túnel de 6 metros, cuja medição de deformação atingiu uma incerteza de 0,01 mm [61].
LVDT	Os autores efetuaram o desenvolvimento de LVDT fracionário de modo a obter uma maior linearidade em intervalos de medição mais reduzidos. Foi considerado um LVDT de base com um intervalo de medição de 6,35 mm, sensibilidade de 81,25 mV/V/mm e linearidade da curva de calibração de 0,25% da escala [62].

DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO

3.1 SELEÇÃO DOS CONSTITUINTES DO SISTEMA HIDRÁULICO

3.2 DIMENSIONAMENTO DA TUBAGEM

3.3 CONSTRUÇÃO DO BLOCO HIDRÁULICO

3.4 CONSTRUÇÃO DO DEPÓSITO

3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO

Cada UH tem uma configuração própria e única dependendo do tipo de função que irá executar. Os parâmetros que caracterizam a sua estruturação são intrínsecos ao acionamento pretendido, nomeadamente o modo de translação, a velocidade e a gama de pressões obtidas.

Este projeto, tendo como objetivo a elevação de cargas de alta tonelagem, pertence à categoria de sistemas de alta pressão, acima dos 500 bar, cujas velocidades de operação são de baixa grandeza. Para cilindros com capacidade de cem toneladas ou superior (como o estipulado nos objetivos), a sua pressão nominal é de 700 bar.

Sendo este um equipamento de alta sensibilidade que terá de comandar oito cilindros de forma sincronizada, incluindo também o grau de responsabilidade implicado na elevação de construções de grande porte, a velocidade dos atuadores hidráulicos terá de ser baixa. Deste modo, assegura-se um tempo de resposta eficaz para a comutação das válvulas e a segurança de todo o processo. A velocidade limite estabelecida para o curso de cada cilindro foi de 0,3 mm/s.

Uma das premissas do desenvolvimento do Sistema de Elevação de Oito Pontos prevê a alimentação de cilindros de simples efeito com 50 mm de curso e 100 ton de capacidade. Porém, visto que existe uma maior variedade de atuadores com cursos e cargas superiores, seria bastante dispendioso construir um equipamento para cada caso específico. Portanto estipulou-se que a UH também deveria ser capaz de operar cilindros de duplo efeito com até 300 mm de curso e 200 ton de capacidade.

Estando os parâmetros iniciais estabelecidos, procedeu-se ao desenvolvimento da UH e à determinação dos equipamentos necessários para o seu funcionamento.

3.1 SELEÇÃO DOS CONSTITUINTES DO SISTEMA HIDRÁULICO

O funcionamento de um mecanismo hidráulico é facilmente perceptível através de uma representação esquemática do seu circuito. Como tal, efetuou-se um esboço do circuito hidráulico do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos (Figura 36) com o intuito de definir os seus principais constituintes, apresentados na Tabela 9. A apresentação dos respetivos subcapítulos corresponde à sequência utilizada para a seleção dos componentes do sistema.

É importante referir que esta é apenas uma versão inicial do esquema, pelo que a representação de alguns componentes poderá não estar de acordo com os posteriormente definidos, servindo apenas para efetuar o levantamento dos mesmos. O esquema do circuito hidráulico final do sistema pode ser visualizado no ANEXO 9.

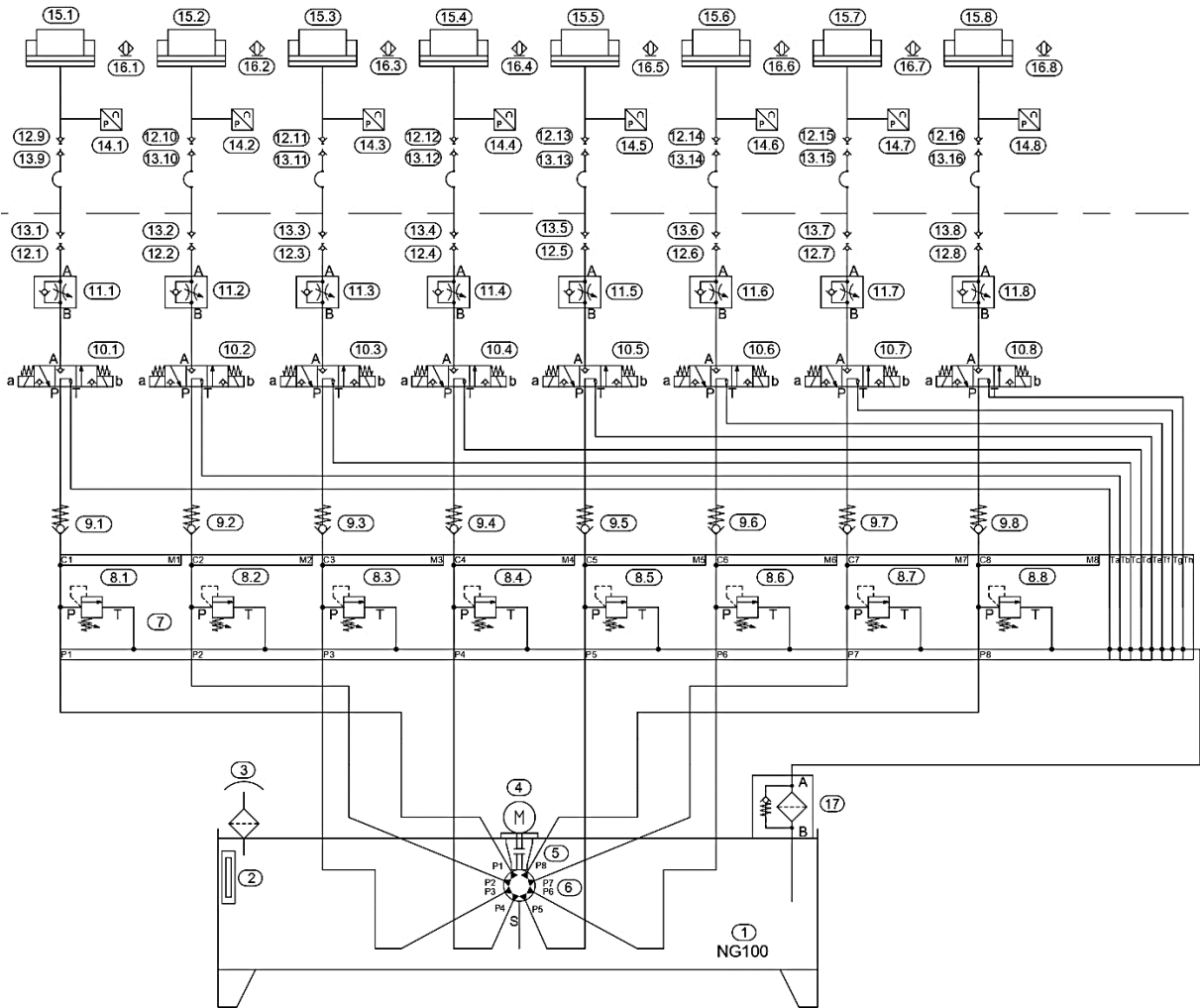


Figura 36 - Esquema inicial Sistema de Elevação de Oito Pontos

Tabela 9 – Legenda do esquema inicial Sistema de Elevação de Oito Pontos

Nº	Designação
1	Depósito
2	Indicador de nível
3	Filtro de ar
4	Motor elétrico
5	Luneta
6	Bomba hidráulica
7	Bloco hidráulico
8	Válvula limitadora de pressão
9	Válvula de retenção
10	Válvula direcional
11	Válvula estranguladora unidirecional
12	Acoplamento rápido fêmea
13	Acoplamento rápido macho
14	Transdutor de pressão
15	Cilindro de simples efeito
16	Transdutor de posição
17	Filtro de retorno

3.1.1 CILINDROS (ATUADORES)

Como já referido anteriormente, os cilindros utilizados têm de ser de simples efeito, com capacidade de 100 ton e curso de 50 mm. Porém, estes devem possuir também características mecânicas que confirmam segurança durante a sua operação.

Desta forma, foi selecionado o modelo CLP-1002 da Enerpac (Figura 37), munido com apoio inclinável, permitindo irregularidades da superfície até cinco graus, e porca de segurança, podendo o cilindro ser trancado mecanicamente e removida a alimentação. No ANEXO 1 estão descritas as propriedades deste atuador.



Figura 37 - Cilindro CLP - Enerpac [63]

3.1.2 CONJUNTO MOTOR-BOMBA

Para que a haste do atuador se mova à velocidade estipulada, a bomba hidráulica tem de garantir um caudal de alimentação suficiente. Dado que o grupo hidráulico deve ser dimensionado para alimentar cilindros de 300 mm de curso e 200 ton, teve-se em conta o modelo da Enerpac HCR 20012 [63] com uma área efetiva de 283,5 cm². O caudal necessário para a secção em causa e a velocidade estipulada, é de 0,51 l/min.

Quando se operam vários cilindros em simultâneo, essencialmente em movimento síncrono, o caudal de entrada deve ser o mais semelhante possível. Como tal, após a apreciação efetuada no CAPÍTULO 2, decidiu-se utilizar uma bomba de pistão radial de oito saídas, da série MRK 702 da Bieri (Figura 38). Esta bomba possui um limite de 2000 rpm, pelo que se considerou como velocidade nominal de operação 1500 rpm. De modo a cumprir o caudal mínimo exigido, selecionou-se o modelo com 0,4 cm³ de cilindrada por êmbolo, correspondendo a um caudal de alimentação de 0,6 l/min à velocidade estabelecida. Os requisitos do equipamento estão disponíveis no ANEXO 2.



Figura 38 - Bomba MRK 701 e MRK 702 – Bieri [64]

A potência de acionamento da bomba, P , é descrita pelo fabricante e depende da sua velocidade de rotação, n , da pressão de trabalho, p , da cilindrada, V_g , do fator de pulsação, k , e do rendimento global do sistema.

$$P = \frac{p \cdot V_g \cdot n \cdot k}{\eta \cdot 600 \cdot 10^3} \quad (10)$$

O motor elétrico tem de ter potência suficiente para garantir os requisitos energéticos do sistema para as condições limite de operação (700 bar e 1500 rpm) de modo a assegurar o seu correto funcionamento. Para cada saída, a potência necessária é de 0,92 kW, pelo que o motor tem de fornecer no mínimo uma potência de 7,36 kW.

A fonte energética selecionada foi o motor elétrico trifásico HE30 132 M1 4 IE2 da Universal Motors (Figura 39). Este fornece uma potência de 7,5 kW a uma velocidade nominal de 1450 rpm. Para a montagem, decidiu-se utilizar a configuração com flange e sem pés, pois possibilita a instalação vertical, trazendo benefícios a nível de atravancamento do conjunto e da aspiração de óleo por parte da bomba. A ficha técnica deste motor pode ser consultada no ANEXO 3.



Figura 39 - Motor elétrico trifásico - Universal Motors [65]

Estando definidos a bomba e o motor, procedeu-se ao respetivo dimensionamento da união de veios (cubos e estrela). As geometrias dos cubos variam de acordo com o tipo de veios aos quais estes vão ser fixos, podendo ser retos ou cónicos e terem diferentes diâmetros. Cada cubo é próprio para cada género de veio. Também a luneta é única, tanto para a flange da bomba como a do motor. Para a seleção dos componentes referidos, recorreu-se a um programa do fabricante KTR que indica os vários componentes necessários de acordo com as características geométricas da bomba e do motor [66]. Os elementos obtidos estão apresentados na Tabela 10, cuja montagem pode ser visualizado no ANEXO 4.

Tabela 10 – Elementos da união de veios - KTR

Designação	Referência
Cubo motor	Hub 1.0 Ø38H7 key DIN 6885/1-JS9
Cubo bomba	Hub 1.0 Ø30H7 key DIN 6885/1-JS9
Estrela	Spider 92 Sh-A =T-PUR®= orange
Luneta	PK 300/4/13

3.1.3 VÁLVULAS

A válvula direcional é o que estabelece o percurso do óleo e como a descarga deste é efetuada. O produto final, como terá de ter a opção de operar cilindros de duplo efeito, a válvula a ser empregue terá de ser do tipo 4/3. Estas também podem ser utilizadas em cilindros de simples efeito, tamponando uma das saídas da válvula.

Nesta aplicação, pretende-se que os cilindros mantenham a sua posição quando a válvula se encontra em repouso. Sendo que o conjunto motor-bomba vai operar em regime contínuo, o centro da válvula direcional terá de ser do estilo tandem para que a descarga de óleo se realize diretamente da bomba ao tanque.

Tendo em conta estes dados, decidiu-se utilizar a válvula direcional de assento WV700-6-4/3-G-2ERV-24-V da Bieri (Figura 40). Este mecanismo permite uma pressão limite de 700 bar nas suas saídas exceto na linha T onde este valor é de 350 bar. A sua comutação é feita através de solenoide a uma tensão de 24 VDC, possibilitando o seu acionamento elétrico à distância. Esta válvula também tem a opção de montagem *sandwich*, conduzindo a uma instalação mais simples e compacta. As características deste componente estão descritas no ANEXO 5.

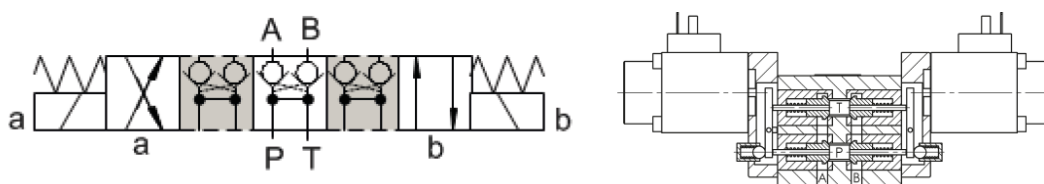


Figura 40 - Esquema válvula WV700 G-2ERV – Bieri [67]

Para que não seja ultrapassada a pressão máxima suportada pelo sistema, recorreu-se à instalação de válvulas limitadoras de pressão. Como tal, utilizaram-se duas válvulas deste tipo, uma na linha P com calibração para 700 bar, assegurando a segurança da alimentação do sistema, e outra na linha B definida para 350 bar para evitar picos de pressão na descarga dos cilindros. Dado que se vai implementar uma montagem em *sandwich*, optou-se por usar válvulas limitadoras em formato cartucho, pois assim evita-se o custo extra do respetivo *manifold*, sendo estas inseridas no bloco hidráulico.

Os modelos selecionados foram as válvulas DVM-4E-X-700-V-A da Bieri e a VMDC20D1 da Hydronit, apresentadas na Figura 41. Os detalhes destas válvulas, bem como das suas cavidades podem ser consultados nos ANEXOS 6 e 7, respetivamente.



Figura 41 - Válvulas DVM-4E (esquerda) e VMDC20 (direita) [68, 69]

Em aplicações que envolvam a movimentação de corpos com massa elevada, é necessário garantir que a descida ocorre de forma controlada, ou seja o fluxo de óleo não deve ser influenciado pelo peso. Portanto, adicionaram-se ao sistema válvulas estranguladoras unidirecionais, da série SDRV700-6-AA-Z-V-A da Bieri (Figura 42). Esta permite controlar o caudal na linha A quando se efetuar o recuo do atuador. As suas características estão indicadas no ANEXO 8.



Figura 42 - Válvula SDRV700 – Bieri [70]

3.1.4 FILTROS

Como já referido anteriormente, a filtragem adequada de um sistema hidráulico deve ser feita de acordo com o componente mais sensível a partículas contaminantes. Averiguando os vários elementos escolhidos, verifica-se que o nível de contaminação máximo admissível é de 17/15/12, de acordo com a norma ISO 4406. Conforme a UFI Filters, segundo o documento [27], para o grau de partículas referido deve-se considerar um elemento filtrante de coeficiente $\beta_{7(c)} > 1000$.

Nos circuitos hidráulicos, o agente filtrante mais prominente é o filtro de retorno, visto que é na linha de retorno onde ocorre a passagem de todo o óleo e este é de simples manutenção. Como tal, escolheu-se utilizar o filtro FRH33 da UFI Filters [71], com comprimento suficiente para a sua descarga ser efetuada diretamente no óleo.

Para que o filtro esteja corretamente dimensionado, a queda de pressão originada não pode ser superior a 50 kPa, caso contrário, podem ser causados danos na sua malha. Portanto, deve-se selecionar uma entrada com diâmetro suficientemente largo e um elemento filtrante, de maneira que a soma da queda de pressão em ambos seja inferior ao valor estipulado.

O caudal que atravessa o filtro de retorno tem de ser equivalente ao caudal de alimentação dos oito acionadores. Dado que o sistema também poderá operar cilindros de duplo efeito, tem de se considerar os dois canais de alimentação por cada cilindro, pelo que o caudal máximo atravessado no filtro será de 9,6 l/min. Observando a Figura 43, sabendo que para um rácio de filtragem $\beta_{7(c)} > 1000$, uma malha em fibra de vidro de sete micrómetros cumpre este requisito (na figura representado como FB), conclui-se que a entrada de 3/4" é suficiente para assegurar o limite de queda de pressão admitido.

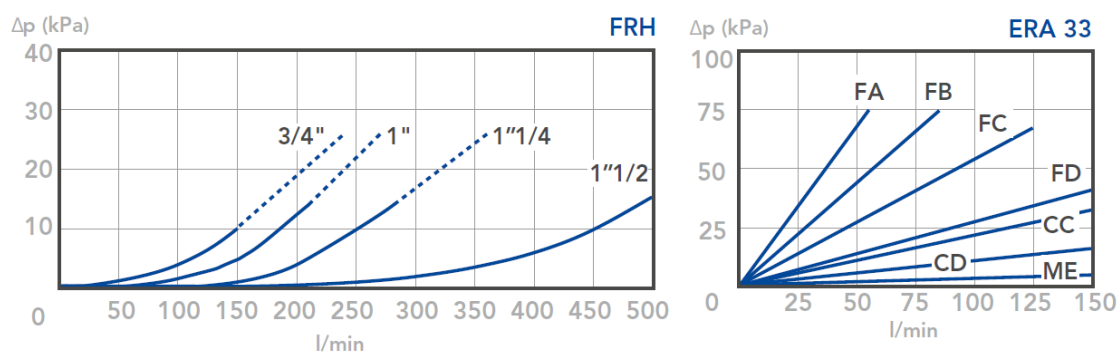


Figura 43 - Queda de pressão vs caudal da entrada (esquerda) e do elemento filtrante (direita) no filtro FRH [71]

Adicionalmente, insere-se um filtro de ar em conjunto com o filtro de retorno de modo a efetuar a retenção das partículas mais grosseiras, com o intuito de evitar o rápido desgaste do filtro de retorno e custos de manutenção. Desta forma, implementou-se um filtro de ar com uma malha de dez micrómetros, da série CBB da UFI Filters [72].

3.1.5 TRANSDUTORES

Para que o Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos funcione de acordo com o toleranciamento desejado, tem de se assegurar que a respetiva instrumentação possui as propriedades apropriadas para proporcionar o menor erro de medição possível.

Neste seguimento, definiu-se que o sinal de saída dos transdutores fosse do tipo corrente com uma escala entre 4 e 20 mA. Este tipo de sinal, em relação ao de tensão, tem uma menor sensibilidade ao ruído, sendo mais adequado quando se trata de medições rigorosas. Os conectores elétricos empregues são fichas M12 de três pinos, pois estes têm maior resistência a ambientes extremos, vibrações e ao impacto.

A determinação da pressão num mecanismo hidráulico é de grande importância pois permite identificar a carga sob a qual os atuadores estão sujeitos, bem como verificar a integridade do sistema (existência de fugas ou picos de pressão). No caso do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos, também pode ser utilizado para conhecer o peso aplicado no cilindro, convertendo a pressão para força através da área do mesmo.

Neste contexto, decidiu-se aplicar um transdutor de pressão, com um intervalo de medição 0 a 1000 bar e um erro de medição de 0,1%. Deste modo consegue-se obter valores com desvios de um bar, aproximadamente equivalente a 150 kg de carga. O modelo selecionado foi o P-30 da WIKA (Figura 44), com classe IP 67.



Figura 44 - Transdutor de pressão P-30 – WIKA [73]

O elemento-chave que concede ao sistema o toleranciamento desejado para o deslocamento dos acionadores são os respetivos transdutores de posição. Este, em conjunto com o autómato, tem a função de corrigir os desvios de posição gerados pelo diferencial de caudal de alimentação da bomba e pela queda de pressão no circuito. Como tal, o transdutor deve ter uma classe de exatidão suficiente de maneira a garantir o objetivo estipulado de 0,5 mm de toleranciamento.

Os sistemas hidráulicos de movimento síncrono são desenvolvidos para movimentar plataformas de grande massa, como pontes, vias, fundações de edifícios, entre outros. Um dos grandes desafios destes sistemas, é definir um transdutor que possuí as propriedades requeridas e simultaneamente seja possível a sua instalação no cilindro.

Neste contexto, conclui-se que a aplicação de sensorização de contacto é inapropriada. Sendo também este um produto que irá ser aplicado em zonas de construção, estará sujeito a poeiras e a chuva, pelo que o transdutor precisa de ter uma classe IP elevada. O facto de o cilindro possuir um comprimento total baixo, limita ainda mais o tipo de dispositivo de medição a utilizar, pois este terá de ser compacto.

A solução encontrada foi o uso de potenciómetros de cabo. Apesar de estes serem desenhados para medir valores na ordem de metros, existem modelos com intervalos de medição menores e o seu formato compacto é ideal para uma instalação simples, podendo mesmo ser fixado no corpo do cilindro. O equipamento escolhido foi o transdutor WS10, formato potenciómetro, do fabricante ASM (Figura 45), com intervalo de medição de 100 mm, classe de proteção IP 65 e linearidade da curva de calibração de 0,05%. Deste modo, asseguram-se condições propícias para desenvolver um sistema com calibração para medições de 0,05 mm.



Figura 45 - Transdutor de posição WS10 – ASM [74]

3.2 DIMENSIONAMENTO DA TUBAGEM

A escolha da tubagem para os canais de alimentação, desde a bomba até ao bloco hidráulico, deve ser feita em função da pressão que se pretende suportar, neste caso 700 bar, e da perda de carga originada, sendo que em todo o circuito não se deve obter quedas de pressão próximas ou superiores a cinco bar.

Antes do dimensionamento da tubagem, é necessário definir o tipo de óleo que se vai utilizar. Este tem de cumprir os limites de temperatura e viscosidade estabelecidos para os diversos componentes. O componente mais suscetível selecionado é a bomba, com limites de -20 a 80°C e 5 a 220 mm²/s (unidade equivalente a cSt) respetivamente. Tratando-se de um sistema hidráulico para alta pressão, sem grandes restrições, optou-se por aplicar um óleo de classe HLP com grau ISO VG 32.

Com o intuito de implementar o fluido hidráulico mais adequado, averiguaram-se óleos de vários fabricantes, com diferentes IV, apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Óleos HLP grau ISO VG 32

Designação	Índice Viscosidade	Visc.cim 40°C	Visc. cim 100°C
Nuto H Series	98	31,4 cSt	5,3 cSt
PTT HLP 32	104	32,0 cSt	5,5 cSt
HLP-M32	114	31,4 cSt	5,6 cSt
Hykrol HLP 32	122	32,4 cSt	5,8 cSt
Hykrol VHLP 32	155	31,6 cSt	6,3 cSt

Para verificar o comportamento dos óleos à variação da temperatura, recorreu-se ao regulamento ASTM D341 (*American Society for Testing and Materials*) que permite estimar a curva da relação entre viscosidade cinemática, ν , e a temperatura do óleo [75]. Conhecendo dois pontos dessa mesma curva (indicados na Tabela 11), é possível representar a sua função através da seguinte expressão. Os resultados obtidos para os diferentes óleos estão apresentados na Figura 46.

$$\text{LogLog}(\nu + 0,7) = n - m \cdot \text{Log}(T) \quad (11)$$

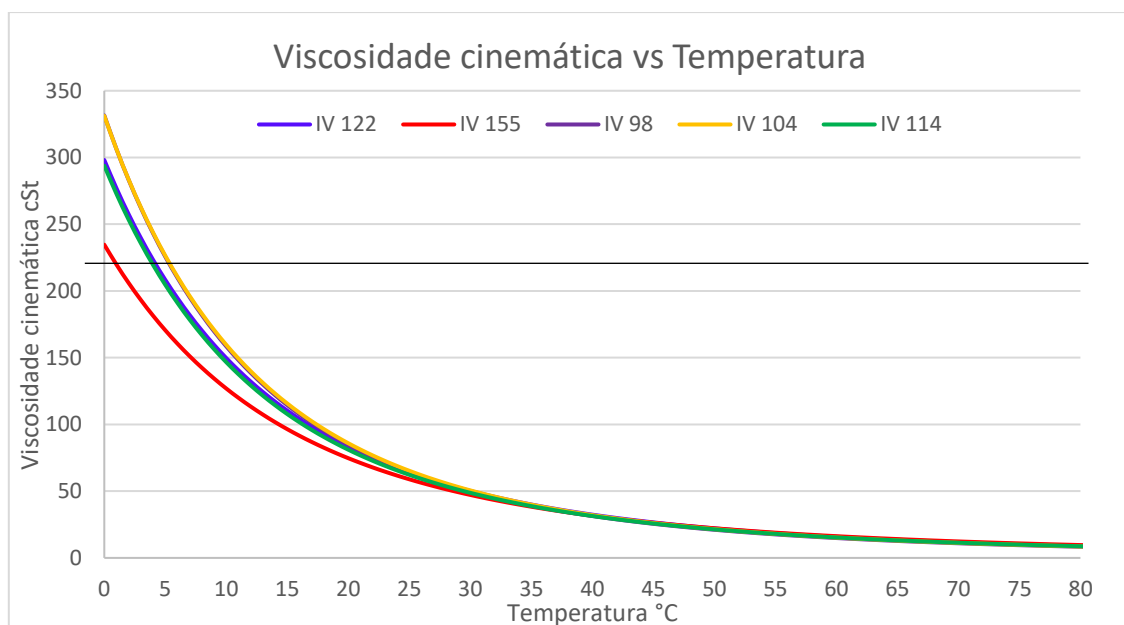


Figura 46 - Gráfico Viscosidade cinemática vs Temperatura de óleos ISO VG 32

Analisando o gráfico, conclui-se que o limite inferior de viscosidade a 80°C é cumprido por qualquer óleo, pois nenhum apresenta um valor inferior a 5 cSt. Porém para o limite inferior o mesmo não acontece. Assumindo que o produto final irá operar em Portugal, será incomum o seu uso a temperaturas ambiente inferiores a cinco graus, definindo-se esta como a temperatura limite do sistema. O óleo com menor IV que respeita o máximo de viscosidade 220 mm²/s é o HLP-M32, pelo que foi o selecionado.

Posteriormente, procedeu-se ao dimensionamento da tubagem. O cálculo da queda de pressão no circuito foi feito através da equação de Darcy-Weisbach, onde a perda de carga em Pa, J_f , é obtida em função do coeficiente de Darcy, f , o comprimento da tubagem, o seu diâmetro, D , o caudal que o atravessa e a massa volúmica do óleo.

$$J_f = f \cdot \frac{8L}{\pi^2 \cdot D^5} \cdot Q^2 \cdot \rho \quad (12)$$

Dependendo do regime de escoamento fluido, o coeficiente de Darcy traduz-se de diferentes formas, variando de acordo com o número de Reynolds, R_e . Este valor para secções circulares é descrito da seguinte forma:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (13)$$

Tratando-se de um caudal muito baixo, 0,6 l/min, pode-se assumir que o regime em causa é do tipo laminar, sendo o coeficiente de Darcy dado por:

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (14)$$

Para além da perda de carga gerada, é importante ter em atenção a pressão suportada pela tubagem. Como referência, utilizaram-se tubos da Eaton Walterscheid [76] para efetuar o cálculo da perda de carga. Apesar destes não possuírem a resistência mínima necessária (700 bar), os mesmos são construídos com um coeficiente de segurança 1,5, sendo mesmo indicados pelo fabricante. Para o cálculo, considerou-se o óleo como estando numa temperatura média de 40°C ($\nu = 31,4$ mm²/s). Mesmo este não sendo o caso crítico, é o mais coerente com a realidade pois nos mecanismos hidráulicos o fluido aquece rapidamente. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Perda de carga em tubagens de variadas dimensões

D ext.	Esp.	Pressão	v	R_e	J_f
8 mm	2,0 mm	576 bar	0,80 m/s	101,4	0,43 bar
10 mm	2,0 mm	478 bar	0,35 m/s	67,6	0,08 bar
10 mm	2,5 mm	576 bar	0,51 m/s	81,1	0,17 bar
10 mm	3,0 mm	666 bar	0,80 m/s	101,4	0,43 bar
12 mm	3,0 mm	576 bar	0,35 m/s	67,6	0,08 bar
12 mm	3,5 mm	651 bar	0,51 m/s	81,1	0,17 bar

Na determinação da queda de pressão, como ainda é desconhecido o comprimento total da tubagem, assumiu-se um valor em excesso de um metro. Também se desprezaram as perdas localizadas pois o caudal de alimentação é muito baixo. Analisando os dados, verifica-se que a perda de carga nunca ultrapassa 0,5 bar, sendo este um valor aceitável. Portanto, a escolha da tubagem foi feita de acordo com o que possuísse maior resistência, sendo este o de 10 mm de diâmetro e 3 mm de espessura.

Os respetivos acessórios de conexão utilizados para a tubagem no interior do tanque são da série 10S, da Eaton Walterscheid [76], com uma pressão de trabalho de 800 bar. Os acessórios considerados estão designados no desenho de conjunto da UH que irá ser apresentado posteriormente ao longo da tese. Juntamente com a tubagem, também se aplicaram válvulas de retenção RS10S [76] do mesmo fabricante em cada linha de alimentação, de modo a evitar retorno de fluido através da linha de pressão da bomba.

O Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos para que possa operar em segurança, os atuadores devem estar distanciados da UH. Como tal, a ligação entre os cilindros e o bloco será feita através de mangueiras hidráulicas AP2100 da Larzep (Figura 47). Estas têm um comprimento de dez metros, pressão nominal de 700 bar e um diâmetro interno de 6,4 mm. A sua instalação será feita através de acoplamentos com roscas de 3/8" NPT. A queda de pressão estimada neste percurso é de 0,66 bar, pelo que se encontra dentro dos níveis estabelecidos.



Figura 47 - Mangueira hidráulica AP-AR [77]

Com todos os principais componentes do sistema definidos, procedeu-se à elaboração do esquema hidráulico do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos. As respetivas representações e legendas do bloco, do depósito e do indicador de nível serão justificados nos tópicos seguintes. O esquema do circuito hidráulico, em conjunto com a sua legenda, encontra-se no ANEXO 9. Neste encontram-se as referências completas (ao invés das genéricas) dos componentes selecionados.

Como representado no esquema hidráulico, a linha de tanque do bloco deve ser comum a todos os conjuntos de válvulas e deve ainda possuir canais de comunicação com as respectivas limitadoras de pressão. Deste modo, assegura-se a passagem de todo o óleo do sistema por este circuito, resultando numa boa eficácia de filtração por aplicação do filtro de retorno.

Um bloco bem estruturado, tem de respeitar certos critérios de resistência. Estando sujeito a uma pressão de 700 bar, um mau dimensionamento dos furos e/ou do distanciamento entre estes pode provocar consequências graves na integridade do mesmo. Como tal, definiram-se velocidades máximas de 6 m/s para as linhas de pressão e 2 m/s para as linhas de retorno, bem como uma distância mínima entre cavidades de 5 mm. O dimensionamento dos canais de ligação foram efetuados de acordo com a expressão apresentada [79], cujas unidades das variáveis são as seguintes: D – mm; Q – l/min; v – m/s.

$$D = \sqrt{\frac{400}{6\pi} \cdot \frac{Q}{v}} \quad (15)$$

As furações roscadas aplicadas para a inserção dos acessórios das tubagens e/ou dos componentes podem ser consultadas no ANEXO 10 [76]. Para realizar as ligações entre os diferentes canais do bloco, foi ainda necessário realizar furações auxiliares, sendo estes depois vedados por tacos de quebrar, evitando fugas de óleo. Em síntese, as furações aplicadas no bloco hidráulico foram as seguintes:

- NG6 DIN 24340 A06 para a colocação das válvulas *sandwich*;
- Cavidades para as válvulas limitadoras de pressão DVM-4E e VMDC20, com as medidas indicadas nos ANEXOS 6 e 7 respetivamente;
- Fêmeas 3/8" NPT para os acoplamentos rápidos das mangueiras AP2100;
- Fêmeas G 1/4" para a instalação dos transdutores de pressão P-30;
- Furação G 3/8" para as tubagens internas do depósito (tubo 10S);
- Furação G 1/2" para a linha de retorno;
- Furos de 6 mm de diâmetro para ligação entre os diferentes canais, com fêmeas G 1/4" para a colocação de tacos de quebrar onde necessário;
- Furos M8 para a fixação do bloco ao tampo do depósito.

A disposição da furação no bloco teve de ser realizada de forma que, após a sua montagem no depósito, os vários canais fossem facilmente acessíveis pelos respetivos componentes. Como tal, na base do bloco colocaram-se as fêmeas para a instalação da tubagem interna, efetuando-se assim ligação direta entre o bloco e a bomba. Na face frontal e traseira, implementaram-se as cavidades para os equipamentos de acesso recorrente, sendo estes as mangueiras, os transdutores de pressão e as válvulas limitadoras de pressão. Dado que a linha de retorno tem de percorrer todo o bloco, este foi efetuado ao longo do seu comprimento, à altura do filtro de retorno. No topo, por definição, é efetuada a furação para as válvulas *sandwich*. A Figura 49 representa o bloco hidráulico desenvolvido, cujo desenho técnico pode ser analisado no ANEXO 11.

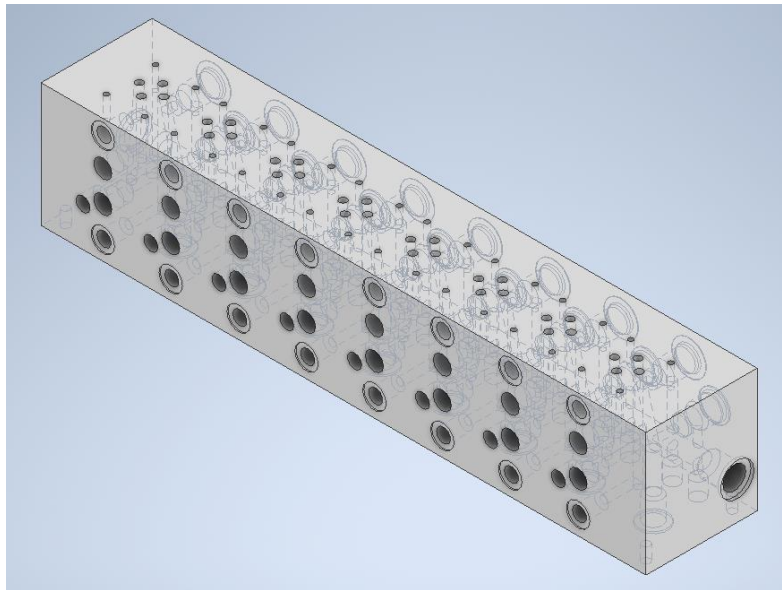


Figura 49 - Bloco hidráulico

3.4 CONSTRUÇÃO DO DEPÓSITO

Como indicado no início deste capítulo, a UH deve ser capaz de alimentar atuadores com 300 mm de curso e 200 ton de carga. Para este efeito, o modelo de referência considerado foi o cilindro HCR 20012 da Enerpac, com 8,5 l de óleo de capacidade, resultando num volume total de 68 l. Para se evitar problemas de cavitação na bomba devido a insuficiência de óleo na aspiração, deve-se sobredimensionar o tanque para o dobro do volume requerido (mínimo de 136 l).

De modo a desenvolver um depósito que estivesse de acordo com as normas em vigor, teve-se em conta as dimensões do depósito da série BNK 160NG A/E (160 l de capacidade) do fabricante KTR [66], aprovado pelo regulamento DIN 24339, cuja cotagem pode ser consultada no ANEXO 12.

Conhecendo o atravancamento do depósito, efetuou-se a sua verificação quanto à dissipação de calor. De acordo com a pesquisa bibliográfica efetuada, as perdas num sistema hidráulico podem atingir os 30%. Para uma superfície de contacto de 2 m², com uma potência dissipada de 2,2 kW, a uma temperatura inicial de 40°C, o óleo estabiliza nos 128,3°C. Pode-se constatar que esta temperatura é muito superior ao limite definido, portanto tem de se averiguar quanto tempo leva o óleo a atingir o limite de 80°C. Para um tanque com 160 l de volume, a temperatura máxima é alcançada em uma hora e dez minutos de operação.

Apesar de estas não parecerem as condições ideais, é importante relembrar que este cálculo é efetuado para um funcionamento contínuo, à potência máxima do sistema com 30% de perdas e a uma temperatura inicial de 40°C. Na realidade, esta é uma situação extrema, dificilmente atingida, pelo que não se necessita implementar um permutador de calor. Porém, para condições próximas, deve-se definir um tempo limite de operação.

O *design* do depósito sofreu várias alterações até se chegar à solução mais prática (Figura 50). A estrutura do reservatório deve permitir fácil manutenção e acesso das tubagens e dos equipamentos no seu interior, bem como promover um transporte simples. Tratando-se de oito linhas de alimentação, haverá um grande aglomerado de tubulações internas, tornando a estruturação do tanque mais desafiante.

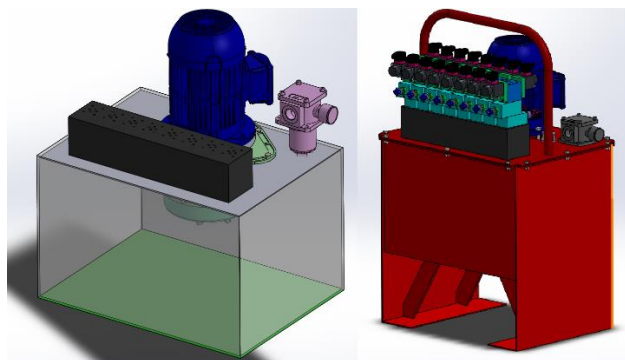


Figura 50 - Evolução do depósito

Como primeira alternativa, considerou-se um depósito comum, com a utilização de uma flange de remoção instalada na tampa que permite retirar o conjunto motor-bomba. Porém esta solução verificou-se limitada pois seria necessário desmontar a tubagem da bomba e do bloco, pelo que foi descartada.

Posteriormente, decidiu-se tornar a própria tampa do reservatório desmontável. Desta forma, todos os componentes podiam ser retirados facilmente do depósito, tanto os internos como os externos. Inseriu-se também um braço soldado com o propósito de efetuar o seu transporte através de um guindaste. No entanto esta opção não era mecanicamente apelativa e obrigava ao consumo de espaço desnecessário.

A configuração final do reservatório (Figura 51) apresenta um aro interno para a fixação da tampa, otimizando o espaço existente. Nas faces laterais, foram efetuadas furações para a instalação de quatro argolas de elevação, sendo assim possível mover o depósito sem grandes alterações mecânicas. O desenho técnico da base e da tampa do reservatório podem ser consultados nos ANEXOS 13 e 14, respetivamente.

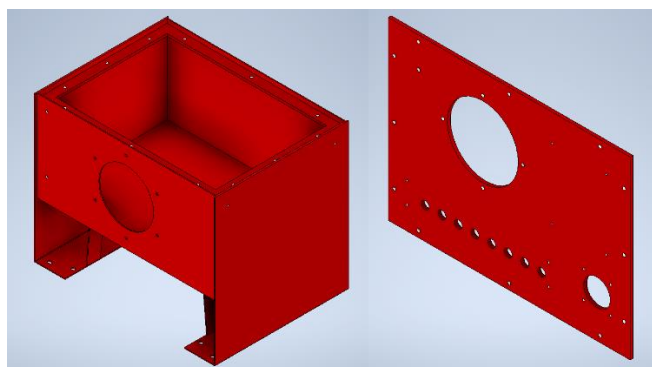


Figura 51 - Depósito NG160

As furações efetuadas na lateral do depósito são destinadas para o indicador de nível, as argolas de elevação e a tampa de visita. A seleção do indicador de nível foi efetuada de acordo com o comprimento da respetiva furação indicada no ANEXO 15, tendo este sido o modelo CLA13M12NT da UFI Filters [80]. Este também possui termómetro integrado, permitindo monitorizar a temperatura do óleo de modo a garantir que este não ultrapassa os limites estabelecidos.

Para as argolas de elevação foi selecionado um modelo que fosse de fixação simples e suportasse cargas multidirecionais, sendo este o RS-M8 do fabricante RUD® [81]. Com a capacidade para suportar massas de até duzentos quilos, a UH pode ser desenhada para um máximo de oitocentos quilos.

Na tampa do depósito realizaram-se furações destinadas à colocação da luneta, do filtro de retorno, do filtro de ar e do bloco hidráulico, sendo que o restante espaço será para a instalação do quadro elétrico do sistema.

Com todos os principais componentes do sistema definidos, sucedeu-se a montagem dos equipamentos do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos (Figura 52). No ANEXO 16 pode ser visualizado o desenho de conjunto deste projeto, onde estão definidos todos os acessórios utilizados, bem como a distribuição das tubagens.

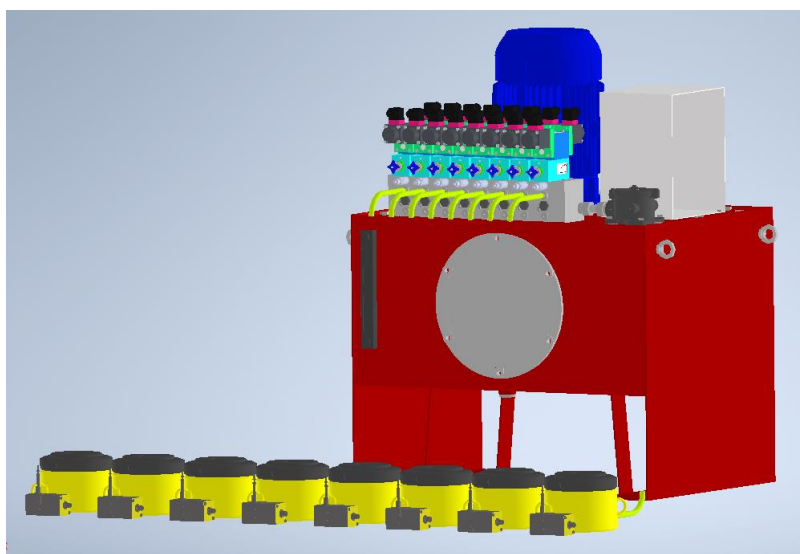


Figura 52 - Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos

O maior comprimento de tubagem obtido foi de 500 mm, sendo inferior ao estipulado inicialmente para a determinação da perda de carga, pelo que não é necessário efetuar qualquer redimensionamento. O peso total estimado para este conjunto é de 350 kg, pelo que está em conformidade com a premissa do projeto de ser de fácil transporte.

Após a conclusão da estruturação do mecanismo hidráulico do projeto, procedeu-se à automatização deste sistema, cujo tema que será debatido no capítulo seguinte.

ESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA

CONTROLO

4.1 ELEMENTOS DO SISTEMA AUTOMATIZADO

4.2 ORÇAMENTAÇÃO

4.3 MANUAL DE FUNCIONAMENTO

Na realidade, o componente que executa o avanço e recuo hidráulico dos cilindros são as válvulas direcionais que estão ligados diretamente ao PLC pelos solenoides. Para além destes, o PLC recebe *inputs* do transdutor de posição, transdutor de pressão, interruptor de nível, interruptor de colmatagem e de um inversor de frequência.

A introdução deste último, permite regular a frequência da tensão fornecida ao motor elétrico, variando consequentemente a velocidade de rotação da bomba. Desta forma, consegue-se adaptar o caudal fornecido para o grau de toleranciamento pretendido, bem como para cilindros de diferentes áreas e cursos.

Como ferramentas de segurança, decidiu-se implementar um botão de emergência e um alarme ao sistema. Os constituintes associados ao operador lógico, bem como as suas respetivas funções encontram-se apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Constituintes associados ao operador lógico

Componente	Função
Conjunto Motor-Bomba	Alimentação dos cilindros hidráulicos. Funcionamento em contínuo ao longo de toda a operação.
Inversor de Frequência	Variação da velocidade de rotação da bomba. Regulação manual.
Interruptor de colmatagem	Integrado no filtro de retorno. Verifica a integridade da malha filtrante e garante a sua eficiência.
Interruptor de nível	Integrado no indicador de nível. Envia um sinal quando o óleo mínimo é atingido.
Alarme	Envia um sinal sonoro na ocorrência de alguma irregularidade no sistema.
Botão de Emergência	Interrompe o deslocamento automático dos cilindros e inibe a utilização de comandos de movimento.
Válvula direcional	Aciona o avanço ou recuo do respetivo cilindro.
Transdutor de pressão	Determina a pressão aplicada no respetivo ponto de elevação. Pode ser convertida em massa suportada.
Transdutor de deslocamento	Determinar a posição do curso do respetivo cilindro

No interior do quadro elétrico, devem estar englobadas todas as ligações elétricas respetivas às entradas e saídas do sistema. Neste também estarão contidos o PLC, a HMI, o inversor de frequência, o alarme e o botão de emergência. Todos os elementos digitais terão uma tensão de acionamento de 24 VDC.

O inversor de frequência deve ser escolhido de acordo com a potência, tensão e corrente nominal do motor elétrico ao qual vai ser empregue. Portanto, o modelo selecionado foi o CFW300C15P0T4NB20 da WEG (Figura 54), com 15 A de corrente nominal, aplicável a motores com potência máxima de 7,5 kW. Este equipamento possui uma saída a relé programável, que pode ser utilizada como um sinal de entrada analógica, possibilitando a leitura da velocidade de rotação do motor pelo PLC.



Figura 54 – Inversor de frequência CFW300 – WEG [83]

A aplicação de um PLC adequado depende principalmente da quantidade e do tipo de entradas e saídas que este suporta. Para se ter uma visão mais clara, efetuou-se uma lista dos sinais existentes do sistema de controlo, apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 - Sinais de entrada e saída do autómato

Qtd	Designação	Sinal	Endereço	Símbolo
Entradas				
8	Transdutor de posição	Analógico	AI0...AI7	TPS0...TPS7
8	Transdutor de pressão	Analógico	AI8...AI15	TPR0...TPR7
1	Inversor de frequência	Analógico	AI16	RPM
1	Botão de emergência	Digital	IO.0	EM
1	Interruptor de colmatagem	Digital	IO.1	FR
1	Interruptor de nível	Digital	IO.2	IN
Saídas				
8	Válvula direcional - Avanço	Digital	Q0.0...Q0.7	A1...A8
8	Válvula direcional - Recuo	Digital	Q1.0...Q1.7	R1...R8
1	Conjunto Motor-Bomba	Digital	Q2.0	MB
1	Alarme	Digital	Q2.1	ALM

Como se pode constatar, o PLC deve ser composto por dezassete entradas analógicas, três entradas digitais e dezoito saídas digitais, sendo que os sinais analógicos têm uma escala de 4 a 20 mA e os sinais digitais uma tensão de 24 VDC. Tratando-se de um número peculiar de I/O, decidiu-se implementar um PLC que tivesse a possibilidade de instalar módulos de expansão, de maneira a ampliar as entradas e as saídas.

Dado que a programação do autómato será realizada no TIA PORTAL® em linguagem STEP 7, selecionou-se um PLC da série SIMATIC S7-1200 da SIEMENS (Figura 55), com uma tensão de alimentação de 230 VAC. Este operador lógico será composto por uma CPU 1214C (*Central Processing Unit*), capaz de suportar catorze entradas digitais, dez saídas digitais em relé e duas entradas analógicas, bem como por três *Signal Modules*, nomeadamente dois SM 1231 com oito entradas analógicas e um SM 1222 com dez saídas digitais. As características da CPU podem ser consultadas no ANEXO 16.



Figura 55 - Controlador básico SIMATIC S7-1200 [84]

As referências dos constituintes do PLC acima referidos são as seguintes:

- CPU 1214C → 6ES7214-1BG40-0XB0 [85];
- SM 1231 → 6ES7231-4HF32-0XB0 [86];
- SM 1222 → 6ES7222-1HF32-0XB0 [87].

Para que a leitura do sinal analógico corresponda ao valor atual que está a ser medido pelo transdutor, o PLC tem de possuir uma resolução adequada. Esta propriedade é fornecida em *bits* e indica o número de patamares pelo qual o intervalo de medição é dividido. O divisor é obtido pelo cálculo de dois elevado ao número de *bits*. Como se pretende atingir um toleranciamento 0,5 mm, a resolução do equipamento deve ser inferior a um décimo deste valor, de modo a ter-se um erro de medição adequado.

No caso do PLC selecionado, este possui entradas analógicas de dez *bits*, enquanto os seus SM têm uma resolução de treze *bits*. Sendo que a eficácia do mecanismo hidráulico e do sincronismo dos cilindros é dependente da precisão do sinal dos transdutores de pressão e de posição, as entradas do SM serão destinadas para estes instrumentos. Verifica-se que treze *bits*, para um intervalo de medição de 100 mm, obtêm-se uma resolução de aproximadamente 0,01 mm, sendo bastante inferior a um décimo do valor desejado, pelo que é adequado para esta função.

O comando do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos será efetuado pelo operador através de uma HMI. Para este efeito, selecionou-se o dispositivo da série SIMATIC HMI KTP700 Mobile do fabricante Siemens (Figura 56). Este é munido de um ecrã tátil de sete polegadas, com interfaces para cabo PROFINET, Ethernet e USB, bem como cartão de memória SD. O seu formato móvel em conjunto com a sua classe IP 65, tornam este o sistema ideal para a monitorização em ambientes industriais.



Figura 56 - HMI KTP700 Mobile – Siemens [88]

O Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos está concebido de modo que todas as informações do equipamento estejam disponíveis na palma da mão do operador. Sendo os cilindros alimentados por mangueiras de dez metros, o utilizador não necessita de estar próximo do corpo em elevação, garantindo a sua segurança. Adicionando a mobilidade da HMI, o acesso a um botão de emergência é sempre garantido, seja este físico no quadro elétrico ou digital na interface tátil.

4.2 ORÇAMENTAÇÃO

Com todos os constituintes definidos, tanto os hidráulicos como os eletrónicos, pode-se finalmente efetuar a orçamentação do projeto. A Tabela 15 apresenta o custo dos principais constituintes, dos acessórios e de mão-de-obra necessária para a execução deste projeto. Os valores assinalados correspondem a preços estimados, pelo que podem existir algumas oscilações com os valores reais. O custo do quadro elétrico engloba todos os componentes do sistema de controlo, bem como os seus acessórios.

Tabela 15 - Orçamento - Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos

Descrição	Qtd.	Preço/Unidade	Total
Bomba MRK702-8 saídas <i>Bieri</i>	1	2649,14 €	2649,14 €
Motor 7,5 kW 1500 rpm <i>Universal Motors</i>	1	344,56 €	344,56 €
Luneta PK 300/4/13 <i>KTR</i>	1	144,00 €	144,00 €
Cubo Hub 1.0 Ø38H7 <i>KTR</i>	1	37,40 €	37,40 €
Cubo Hub 1.0 Ø30H7 <i>KTR</i>	1	37,40 €	37,40 €
Cilindro CLP1002 <i>Enerpac</i>	8	3555,56 €	28444,44 €
Depósito NG160 <i>Hcen</i>	1	642,86 €	642,86 €
Válvula reg. fluxo SDRV700 <i>Bieri</i>	8	394,29 €	3154,29 €
Válvula direcional WV700-4/3 <i>Bieri</i>	8	914,29 €	7354,32 €
Válvula lim. pressão DVM700 <i>Bieri</i>	8	56,64 €	453,11 €
Válvula lim. pressão VDMC 20 <i>Hydronit</i>	8	28,57 €	228,57 €
Bloco hidráulico <i>Hcen</i>	1	2150,00 €	2150,00 €
Válvula retenção RS 10S <i>Eaton</i>	8	6,66 €	53,26 €
Mangueira AP2100 <i>Larzep</i>	16	170,00 €	2720,00 €
Filtro de retorno FRH33 <i>UFI</i>	1	121,43 €	121,43 €
Filtro de ar CBB11 <i>UFI</i>	1	10,00 €	10,00 €
Indicador de nível CLA13 <i>UFI</i>	1	23,54 €	23,54 €
Transdutor de pressão P-30 <i>Wika</i>	8	250,00 €	2000,00 €
Transdutor de posição WS10 <i>ASM</i>	8	450,00 €	3600,00 €
Quadro elétrico	1	7500,00 €	7500,00 €
Acessórios e tubagens			231,81 €
Mão-de-obra <i>Engenharia</i>			3500,00 €
<i>Oficina</i>			2000,00 €
<i>Ensaio</i>			2500,00 €
Total			69861,92 €

A construção do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos está avaliada em aproximadamente 70000 €. Pode-se constatar logo à partida que, tendo em conta os restantes mecanismos de elevação existentes no mercado, este apresenta um custo de aquisição superior. Este fato é facilmente compensado pelas condições de operação que este oferece, nomeadamente movimentos de pontos em simultâneo com toleranciamento superior à sua competição e monitorização do curso e da carga aplicada nos cilindros durante todo o processo.

Sendo este também um equipamento de fácil transporte e instalação, não é necessário recorrer a serviços externos para efetuar a sua mobilização, evitando-se custos acrescidos usualmente inerentes a engenhos da área da Construção Civil. Este equipamento revela também outras vantagens em relação aos restantes, tais como:

- Com a aquisição de um produto próprio, não existe a necessidade de recorrer a aluguer de equipamentos e/ou serviços de outras empresas;
- Solução com uma grande variedade de aplicações, sendo possível efetuar elevações de cargas com 800 ton até 50 mm de curso;
- Moderniza a imagem da organização, tornando-a apta a lidar com desafios futuros e cria novas oportunidades de mercado.

A grande contrapartida deste sistema é a de necessitar de mão de obra especializada. Para uma utilização adequada, o seu operador deve possuir várias qualificações específicas de modo a lidar com este tipo de engenho. Este deve estar familiarizado com operações de elevação de corpos de grande massa para que esta decorra como o previsto e em segurança, bem como realizar a calibração dos instrumentos de medição (transdutores) e a manutenção dos diversos componentes hidráulicos.

O uso do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos segue uma cadeia de comandos restrita, de maneira que todos os parâmetros do processo estejam definidos antes de efetuar qualquer movimento. Como tal, no subcapítulo seguinte, é apresentado o manual de funcionamento do sistema.

4.3 MANUAL DE FUNCIONAMENTO

A automatização do mecanismo hidráulico tem de conceder ao seu utilizador controlo total sobre o manuseamento dos cilindros, de forma precisa e simples. O seu funcionamento deve ser de tal forma que possibilite diversos tipos de movimento. O utilizador tem de ser capaz de optar entre movimento individual ou coletivo, livre ou com toleranciamento. Como tal, desenvolveram-se dois modos de operação distintos, Modo Automático e Modo Manual.

O Modo Automático é o responsável por executar deslocamentos mais precisos. Neste modo vai ser possível realizar dois tipos de movimento, por pressão de encosto e por toleranciamento. O primeiro tem como função efetuar o contacto entre os cilindros e o objeto, assegurando o seu correto posicionamento. Para tal, o operador define a pressão inicial pretendida e os cilindros elevam-se até atingirem esse mesmo valor.

No movimento por toleranciamento, o utilizador seleciona a posição final e o desvio máximo pretendido, resultando no deslocamento síncrono dos cilindros. Sendo o curso regulado pela posição, é importante frisar que para o movimento síncrono dos cilindros, as suas posições relativas em relação à cota desejada deve ser a mesma, caso contrário, ocorre subida e descida simultânea dos mesmos.

O Modo Manual também possibilita deslocamento por posição, porém não existem restrições de desvio. Além disso, pode-se efetuar o avanço ou recuo livre, sem necessidade de introdução de uma posição.

No que diz respeito ao movimento, ainda deve haver um terceiro estado de funcionamento, o Modo de Emergência. Esta etapa apenas é atingida quando ocorre alguma situação irregular ao longo da carga e/ou deslocamento dos cilindros. Nesta situação, todos os movimentos são interrompidos, sendo que apenas na janela respetiva podem ser efetuados comandos. O acesso ao Modo de Emergência é restrita através de uma palavra-passe.

O alarme é acionado quando se verifica alguma ocorrência no nível do óleo, no filtro, no posicionamento dos cilindros e/ou na sua carga. Para os atuadores, existem dois patamares de segurança, referentes à sua carga e distanciamento. No primeiro nível, apenas é acionado o alarme a informar da existência do problema, não afetando o sistema. No segundo patamar, a máquina transita para o Modo de Emergência até que o responsável com acesso restrito o torne novamente operacional.

Com o funcionamento geral do projeto descrito, iniciou-se a programação do PLC. Este foi realizado com recurso a um GRAFCET principal e um GRAFCET secundário, apresentados na Figura 57 e Figura 58, respetivamente. Este foi elaborado com recurso ao *software* GRAFCET-Studio®, de acordo com a norma DIN 60848. Dada a complexidade do mesmo, a representação do GRAFCET nas figuras foi efetuada para apenas dois cilindros, de modo a tornar a sua leitura e compreensão, mais clara.

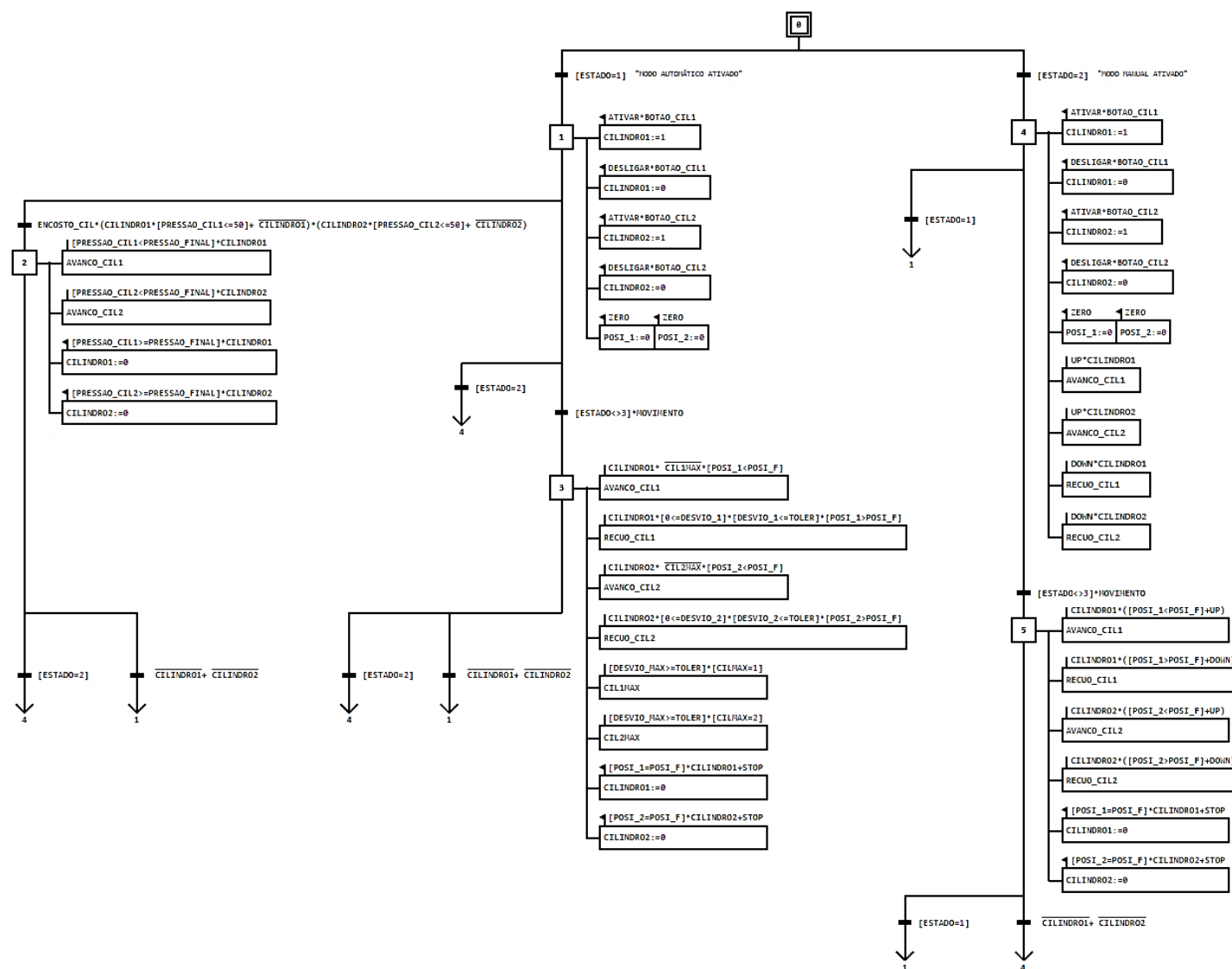


Figura 57 - GRAFCET principal

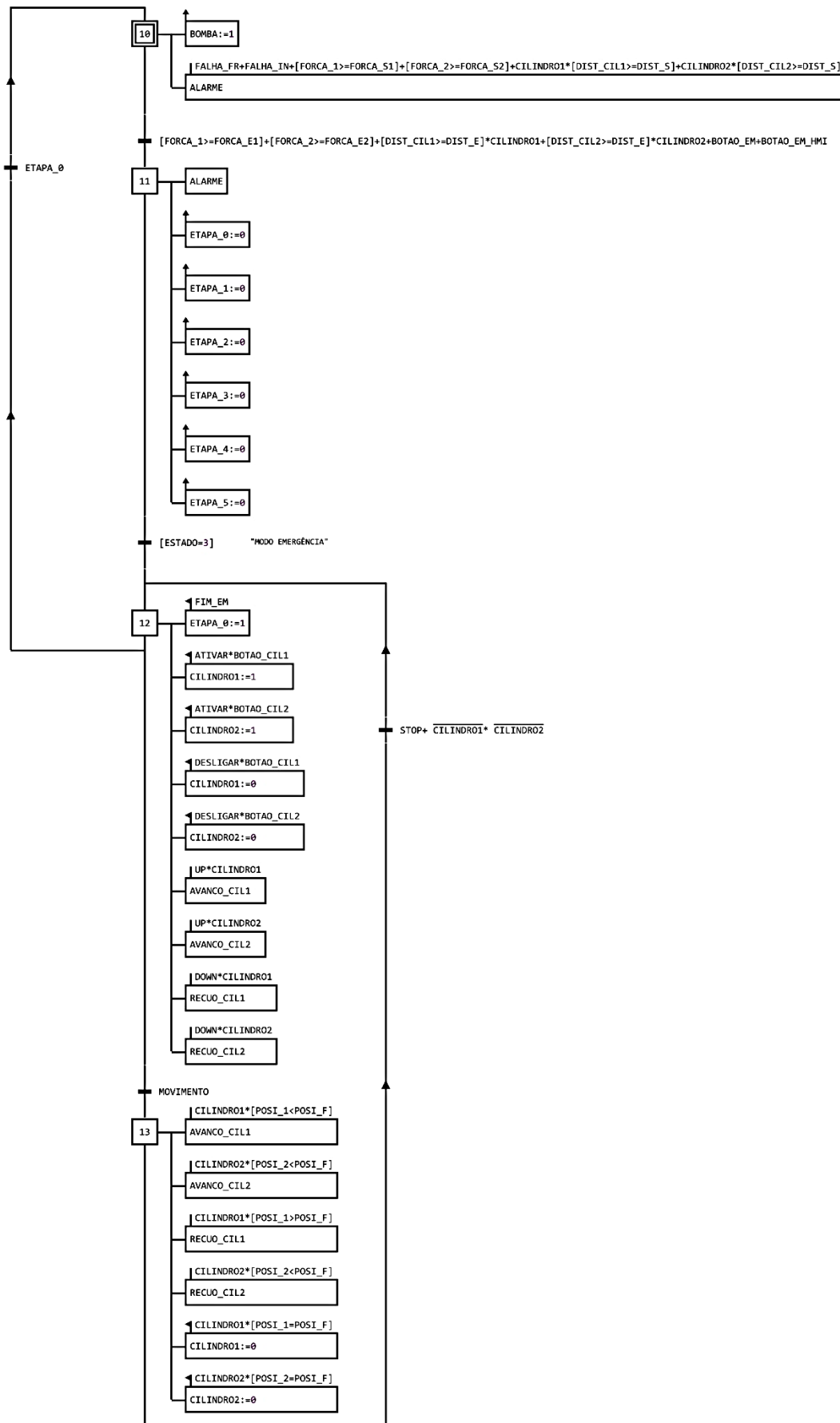


Figura 58 - GRAFCET secundário

O GRAFCET está estruturado de modo a que haja uma etapa dedicada à seleção dos cilindros e dos parâmetros do movimento, enquanto os seus precedentes encarregam-se de realizar a translação. As etapas 1, 4 e 12 são responsáveis pela primeira fase, nos Modos Automático, Manual e Emergência, respetivamente. A etapa 1 apresenta dois ramos para os dois tipos de movimento do Modo Automático, nomeadamente.

A ativação dos diferentes estados, é realizada alternando entre as respetivas interfaces da HMI. Qualquer movimento que esteja a ser efetuado nesse instante é automaticamente interrompido. O retorno às etapas de seleção ocorre quando é terminado o último comando ou no acionamento do botão STOP.

No GRAFCET secundário, enquanto as etapas 12 e 13 se destinam à realização de deslocamentos no Modo de Emergência, as etapas 10 e 11 determinam a presença de irregularidades no sistema. A etapa 10 atua o alarme quando algum dos casos descritos anteriormente ocorre e a etapa 11, desativa o GRAFCET principal na presença de uma ocorrência crítica. A sua reativação apenas pode ser feita a partir do Modo de Emergência pressionando o botão respetivo.

As restantes funcionalidades esquematizadas no GRAFCET serão descritas em conjunto com a interface HMI. A programação do PLC e a configuração da HMI foram feitas através do *software* TIA PORTAL®, cujo código e variáveis podem ser consultadas no ANEXO 17. Partindo para a utilização do sistema propriamente dita, encontra-se representado na Figura 59 o esquema do Ecrã inicial.

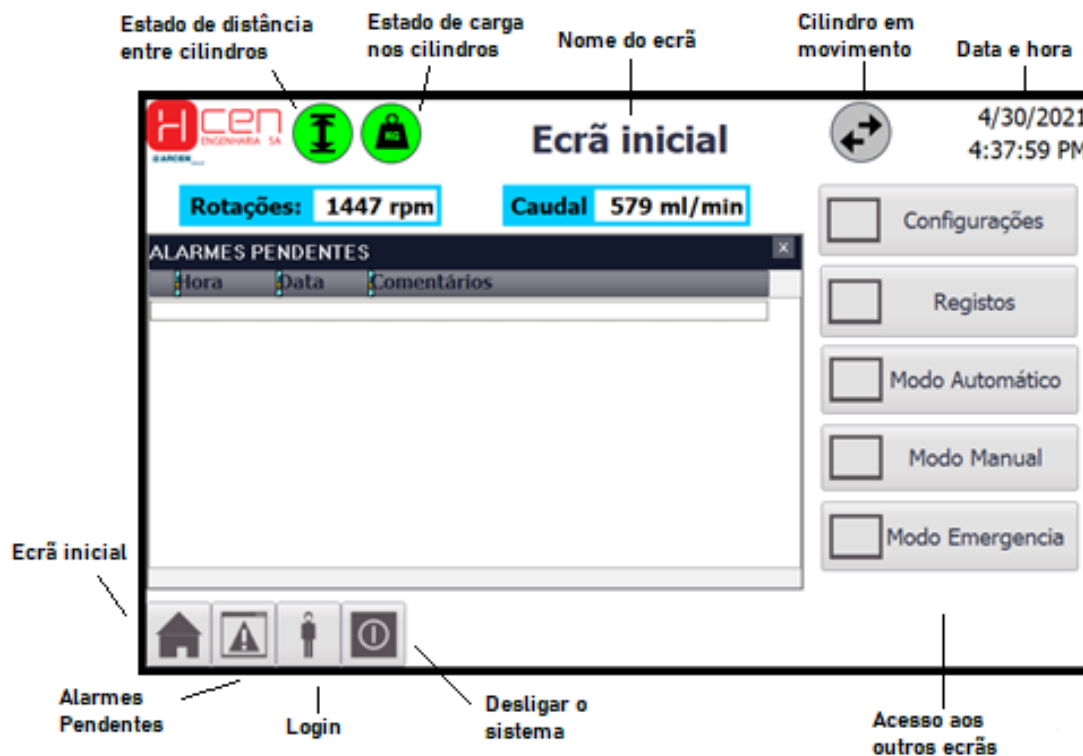


Figura 59 - Ecrã inicial

Analisando a figura, observa-se que este ecrã oferece bastantes dados sobre o estado do sistema. Neste é indicado a velocidade de rotação da bomba e o seu caudal debitado por saída. Também, a partir deste, é efetuado o ingresso nos outros ecrãs.

No topo do painel (cuja estrutura é equivalente entre os restantes), é dada a informação sobre o estado de carga e distanciamento entre cilindros, sendo que a cor da luz pode variar entre verde, amarelo e vermelho, indicando em qual patamar de segurança os acionadores se encontram. Nesta zona também pode-se visualizar o nome do ecrã, a data e se existe algum movimento a ser executado.

No canto inferior esquerdo, também comum a todos os painéis, é possível aceder diretamente ao ecrã inicial, aos alarmes pendentes, ao login do sistema e ao seu encerramento. No quadro de alarmes, em conformidade com as situações irregulares anteriormente descritas, é referida a data da ocorrência, bem como qual a respetiva incidência e, sendo esse o caso, em que cilindro.

Prosseguindo para a parametrização do sistema e definição das características dos cilindros que se vão operar, esta é realizada no ecrã Configurações (Figura 60). Este deve ser acedido e customizado antes de efetuar qualquer comando dos acionadores.

	Força Segurança	Força Emergência
Cilindro 1	100 ton	100 ton
Cilindro 2	100 ton	100 ton
Cilindro 3	100 ton	100 ton
Cilindro 4	100 ton	100 ton
Cilindro 5	100 ton	100 ton
Cilindro 6	100 ton	100 ton
Cilindro 7	100 ton	100 ton
Cilindro 8	100 ton	100 ton

Dist. Segurança: 50.0 mm Dist. Emergência: 50.0 mm

Área cilindro: 146.8 cm²

Curso max: 50 mm

Figura 60 – Configurações

Da mesma forma que a UH do projeto está desenhada para alimentar cilindros de vários cursos e capacidades, o programa também está adaptado para a inclusão de cilindros de diferentes características. No presente ecrã, é possível inserir o curso e a área de cada cilindro que se irá refletir na escala da posição do mostrador e na carga em toneladas aplicada em cada um.

Neste painel é onde se define os valores de força e distância de transição entre os patamares de segurança para cada atuador. O parâmetro de segurança (a amarelo) estabelece quando é que o alarme é acionado, enquanto o nível de emergência (a vermelho) bloqueia futuros comandos e interrompe movimentos em curso.

O utilizador tem a possibilidade de estabelecer diferentes limites de carga para cada cilindro, que atuam ao longo de toda a sua atividade do equipamento. Porém, no patamar de distanciamento entre atuadores, este limita-se apenas aos que se encontram em translação. Apesar de este parâmetro à primeira vista não parecer necessário por se tratar de movimentos síncronos, como o movimento dos cilindros será feito através de um zero relativo, existe a possibilidade de haver desvios elevados entre os atuadores escolhidos, sendo desta forma evitados.

A consulta dos tempos de operação e paragem do mecanismo pode ser efetuada na janela Registos (Figura 61). Neste é possível consultar um conjunto de informações relativas à incidência da Emergência, bem como da manutenção do sistema. Sempre que se atinge o Modo de Emergência ou um dos interruptores é acionado, indicando alguma falha presente, a data e hora da mesma fica registada.

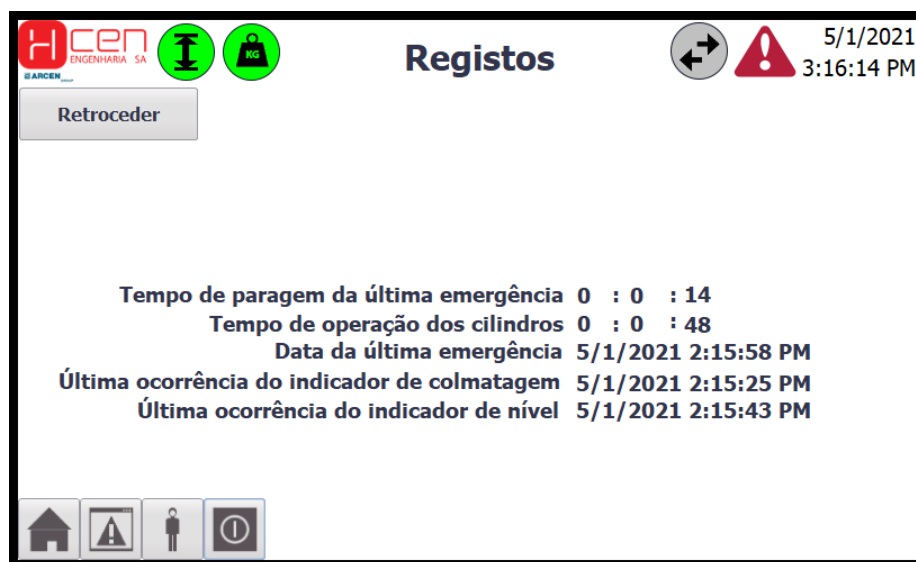


Figura 61 – Registos

Nesta figura, também é possível observar a presença de um símbolo de perigo no canto superior direito. Este indica que o sistema de momento se encontra trancado, ou seja, não é possível iniciar novas tarefas. Para efetuar a movimentação dos cilindros e/ou retornar o sistema ao seu estado natural, tem de se aceder ao ecrã Modo de Emergência, sendo apenas possível com a inserção de uma palavra-passe.

Transitando para os comandos de acionamento dos cilindros, onde são definidos os movimentos que exigem maior precisão, sendo por isso este o ecrã principal do sistema, apresenta-se na Figura 62 o *layout* do Modo Automático.

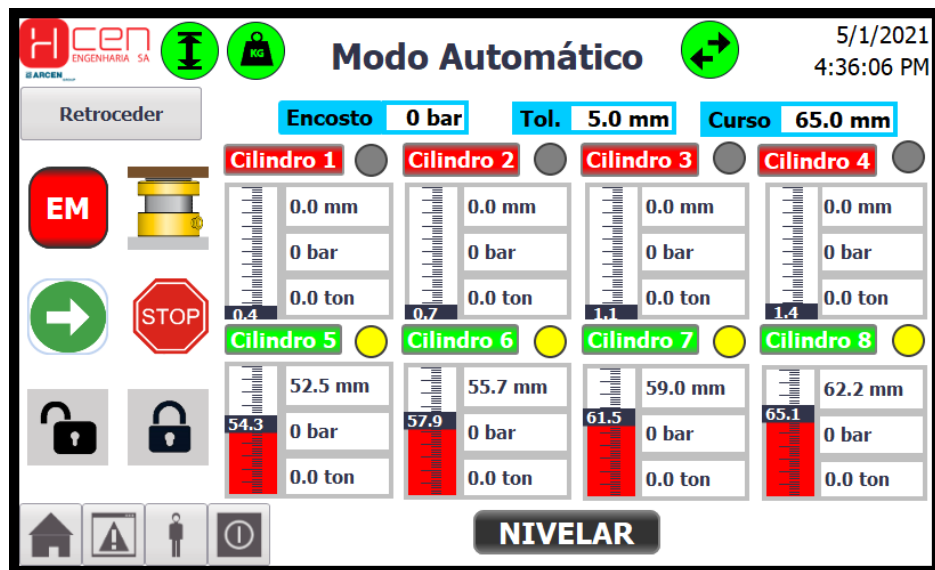


Figura 62 - Modo Automático

Para cada cilindro é possível monitorizar a sua posição, pressão e carga aplicada. No mostrador gráfico está indicado o curso real do atuador, enquanto no mostrador numérico a sua posição relativa. O estabelecimento desta é feita através do botão «NIVELAR» que define a posição corrente de cada cilindro como zero. Através da posição relativa, torna-se relativamente simples a monitorização do deslocamento síncrono dos cilindros, bem como a calibração dos transdutores na existência de desníveis e/ou superfícies de contacto não uniformes.

A seleção de um cilindro para movimentação é feita através do interruptor com a designação correspondente e os botões com o símbolo de alicate. Através dos interruptores, seleciona-se o conjunto de atuadores que se pretende deslocar ou remover da seleção e pressiona-se o botão do alicate trancado para ativar ou o alicate aberto para os retirar. Após esta preparação, os cilindros cujo sinalizador se encontra aceso estão prontos a ser utilizados.

Este mecanismo de «ativação» de cilindros assegura que o movimento em curso não é interrompido, mesmo que o operador atue os interruptores, evitando acidentes. Por outro lado, permite a atuação do mecanismo de segurança do sistema, sendo este a desativação dos cilindros quando ocorre o Modo de Emergência, transita-se de modo de utilização e o curso máximo ou mínimo do cilindro estão a ser forçados (por exemplo avanço nos 50 mm de curso ou recuo nos 0 mm de curso).

Como já referido, no Modo Automático é possível realizar o movimento por pressão de encosto ou por deslocamento com toleranciamento. No primeiro, após estabelecer os atuadores a movimentar, define-se a pressão de encosto pretendida e pressiona-se o botão com o cilindro amarelo. Após este processo, os atuadores elevam-se até se afixarem no objeto e atingirem a pressão estipulada. Este comando não pode ser utilizado se os cilindros estiverem sobre uma pressão superior a 50 bar.

Do mesmo modo que o comando anterior, no movimento por toleranciamento insere-se a cota final desejada e o desvio máximo admissível e prime-se o botão com a seta verde. O movimento dos cilindros decorre de forma que sempre que um dos cilindros atinja o desvio máximo, o cilindro mais avançado ou recuado, dependendo se se trata de subida ou descida, é imobilizado até retornar aos limites estabelecidos.

O desvio de cada cilindro é determinado pela diferença entre o cilindro que ocupa a posição máxima e a posição do mesmo. Deste modo, consegue-se garantir que todos os atuadores em questão cumprem os limites definidos para o movimento síncrono. É importante notar que o cálculo deste desvio apenas ocorre nos cilindros em deslocamento, não tendo os restantes qualquer influência.

Todas as operações mencionadas podem ser interrompidas através do botão STOP, que termina o movimento e desativa todos os cilindros. O botão de emergência (EM) tem o mesmo efeito que o botão anterior e implica a transição do sistema para o Modo de Emergência, com as implicações já anteriormente referidas.

Por fim, restam as interfaces do Modo Manual e Emergência, cujas configurações são semelhantes, representadas na Figura 63.

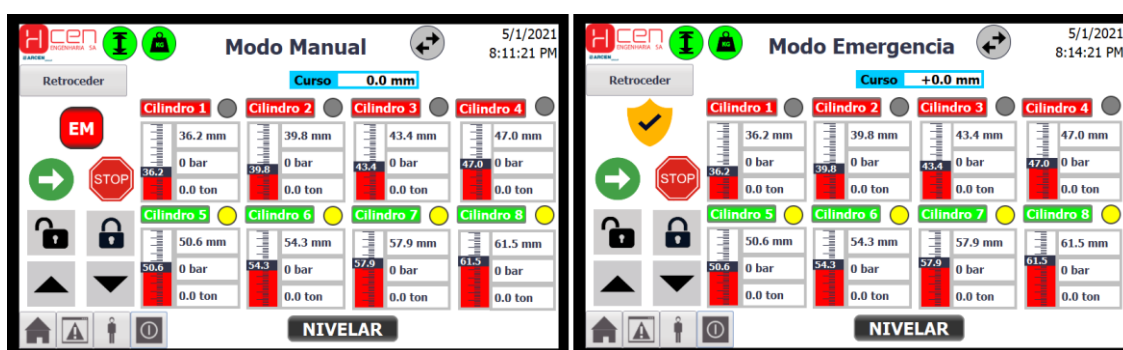


Figura 63 - Modo Manual e Modo de Emergência

O seu movimento por posição procede-se da mesma forma que o Modo Automático, porém sem restrições de toleranciamento. Ainda existe a opção de subida e descida livre dos cilindros através dos botões com setas nas direções respetivas. O que distingue o ecrã destes dois estados é que o Modo Manual possui um botão de emergência, enquanto no Modo de Emergência existe um botão de confirmação de segurança (botão a amarelo). Este é o que retoma o sistema ao seu estado normal, podendo os restantes comandos ser novamente utilizados.

A existência do Modo de Emergência serve como medida de contenção para evitar situações catastróficas. Sendo o objetivo deste equipamento elevar obras de grande responsabilidade, como vias, barragens e pontes, a sua queda levaria a grandes prejuízos estruturais e/ou humanos, pelo que esta ocorrência deve ser completamente evitada. Por esta razão, quando uma situação de perigo é atingida, apenas uma pessoa qualificada para lidar com a situação deve poder ter acesso, sendo este o motivo pela qual o acesso ao Modo de Emergência é restringido por palavra-chave.

Adicionalmente, também foi criada uma versão de teste do mesmo programa, ligado a saídas virtuais, com o intuito de observar o comportamento da posição com a atuação dos sinais de avanço e recuo. Desta forma, conseguiu-se validar o funcionamento correto do programa, de acordo com a descrição efetuada, e observar a atuação do sistema de toleranciamento. A simulação foi realizada no software S7-PLCSIM®. O ecrã de Teste desenvolvido encontra-se apresentado na Figura 64.

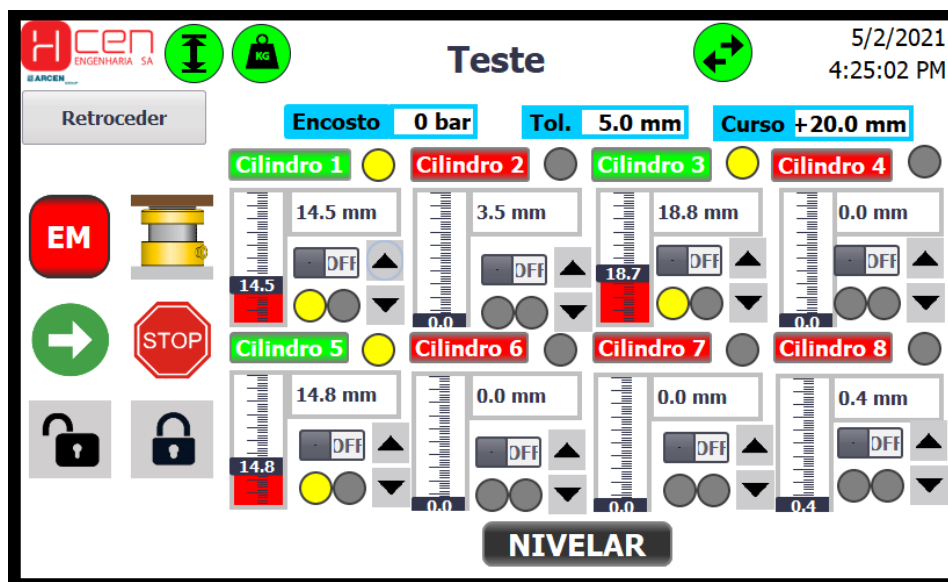


Figura 64 – Ecrã Teste

Nesta versão, os mostradores de pressão e força foram substituídos por sinalizadores de avanço e recuo para cada cilindro, interruptores de movimento e reguladores de velocidade de deslocamento. Desta forma, foi possível efetuar a monitorização do programa, bem como simular casos reais e analisar a resposta do mesmo, otimizando o programa de acordo com os seus resultados.

CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

A elaboração desta dissertação teve como objetivo desenvolver uma solução moderna para um problema recorrente na área da Construção Civil, a elevação de cargas de grande tonelagem, com um alto grau de exatidão. Neste sentido, originou-se o projeto de um Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos.

A definição da arquitetura da UH e da determinação dos seus constituintes foi realizada de forma sustentada, de modo a cumprir os requisitos necessários para desenvolver um mecanismo hidráulico automatizado que possibilitasse o movimento individual ou simultâneo dos cilindros. Para uma melhor compreensão do seu funcionamento, efetuou-se um esquema hidráulico do seu circuito de maneira a conduzir a um resultado final mais acertado.

Em seguida, indicaram-se os componentes hidráulicos adequados para o seu funcionamento bem como os elementos integrantes do sistema de controlo. Foram também elaborados os desenhos técnicos do depósito e do bloco hidráulico, construtivamente adaptados para o projeto em questão. Por fim, apresentou-se o desenho de conjunto do sistema, exibindo o *layout* de montagem dos seus equipamentos, acessórios e disposição da tubagem. Desta forma, alcançou-se, de forma satisfatória, um dos principais objetivos deste trabalho, a estruturação do mecanismo final. O orçamento estimado para a sua construção foi de 70000 €.

Inicialmente, estipulou-se que a UH seria aplicada para a alimentação de cilindros com 100 ton de capacidade e 50 mm de curso. Porém, este foi desenvolvido para suportar o mesmo número de atuadores com até 200 ton de carga e 300 mm de curso, ampliando o leque de cilindros que podem ser empregues a este sistema, indo além do objetivo pretendido.

Além da vertente construtiva, elaborou-se a programação do respetivo PLC do sistema, acompanhado pela sua interface HMI. Esta foi feita com auxílio a um esquema GRAFCET e executada através do *software* TIA PORTAL®. A programação do autómato foi desenvolvida de forma a proporcionar ao utilizador diversos modos de utilização, de acordo com o tipo de movimento pretendido. Esta configuração associada à definição de um zero relativo da posição dos cilindros, oferece ao utilizador uma ferramenta eficaz e adaptável a várias situações.

Adicionalmente, integraram-se mecanismos de segurança que informam o operador de alguma irregularidade e bloqueiam o sistema caso os limites de emergência sejam ultrapassados. Deste modo, assegura-se a segurança tanto do utilizador, como da massa em movimento, evitando situações catastróficas.

Para a HMI, procurou-se estruturar uma interface onde, em tempo real, se pudesse visualizar o curso e a carga aplicada em cada cilindro e oferecesse uma cadeia de comandos de utilização amigável e intuitiva, informando através de sinalizadores, quais os cilindros ativos. Em conjunto, elaborou-se também um manual de funcionamento onde é descrito detalhadamente o funcionamento do sistema.

A validação do programa desenvolvido, tanto do PLC como da HMI, foi efetuada através de uma simulação com dados virtuais, garantindo assim o seu funcionamento de acordo com a visão pretendida, podendo ser posteriormente implementado num sistema real. Com base nos resultados conseguidos, pode-se afirmar que esta tarefa foi cumprida com sucesso.

Dada à impossibilidade da aquisição dos elementos definidos para a construção do Sistema Sincronizado de Elevação de Oito Pontos, não foram efetuados ensaios para a análise da capacidade de resposta do sistema. Apesar dos transdutores de posição selecionados possuírem uma linearidade que confere um erro máximo de 0,5 mm, seria necessário testar o seu comportamento após calibração, de modo a confirmar a classe de exatidão definida nos objetivos. Este trabalho terá de ser realizado futuramente, em conjunto com a elaboração do esquema elétrico do sistema.

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Pode-se concluir que o desenvolvimento deste trabalho obteve um balanço de resultados positivos. Porém, são ainda sugeridas as tarefas futuras seguintes que visam a melhorar e complementar o projeto elaborado nesta dissertação:

- Elaboração do esquema elétrico com as respetivas ligações e inclusão dos constituintes do quadro elétrico no desenho de conjunto;
- Desenvolvimento de um protocolo de ensaio da solução implementada que permita testar o seu funcionamento mecânico e validar o toleranciamento do movimento síncrono estabelecido;
- Implementação de modos de funcionamento adicionais no sistema de controlo, oferecendo maior variedade de comandos, como a distribuição automática de carga pelos vários pontos através de um comando da HMI.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Enerpac. (2014). *Synchronous Lift System Launches 43,000 ton Offshore Oil Platform*. Retirado de: <https://www.enerpac.com/en-gb/oil-and-gas/synchronous-lift-system-launches-43000-ton-offshore-oil-platform> (Acedido a 2 de Janeiro de 2021)
- [2] A. Ferreira da Silva and A. Santos, Publindústria, Ed. *Automação Óleo-Hidráulica: Princípios de Funcionamento*. Praça da Corujeira nº38 4300-144 Porto: Engbook, 2016, p. 202.
- [3] H. Exner *et al.*, M. R. AG, Ed. *Basic principles and components of fluid technology* (The Hydraulic Trainer). Rexroth Hydraulics, 1991, p. 343.
- [4] F. White, I. The McGraw-Hill Companies, Ed. *Fluid Mechanics*, Sétima ed. (Mechanical Engineering). 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020: McGraw Hill, 2011, p. 885.
- [5] Lumen. (2013). *Flow rate and its relation to velocity*. Retirado de: <https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/12-1-flow-rate-and-its-relation-to-velocity/> (Acedido a 23 de Novembro de 2020)
- [6] S. Rizvi, *A Comprehensive Review of Lubricant Chemistry, Technology, Selection, and Design*. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2009, p. 600.
- [7] R. M. Mortier, S. T. Orszulik, and M. F. Fox, *Chemistry and technology of lubricants*, Terceira ed. Springer, 2010, p. 561.
- [8] W. Bock, "Hydraulic Fluids," in *Encyclopedia of Lubricants and Lubrication*, T. Mang, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- [9] *DIN-51524-1 - Pressure fluids - Hydraulic oils - Part 1: HL hydraulic oils, Minimum requirements*, 2017.
- [10] Eaton Corporation, *Industrial Hydraulics Manual: Your Comprehensive Guide to Industrial Hydraulics*. Eaton Hydraulics, 2015, p. 292.
- [11] Q. Khan, *Design and Manufacturing of Hydraulic Presses* (Study of Hydraulic Valves and Pumps and Accumulators). Tanveer Publications, 2018.
- [12] D. Merkle, M. Thomes, and B. Schrader, *Hydraulics: Basic level* (Festo, no. 73770 Denkendorf/Germany 2003). 73770 Denkendorf/Germany 2003: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2003, p. 236.
- [13] A. Parr, B. Heinmann, Ed. *Hydraulics and pneumatics: a technician's and engineer's guide*. 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2011, p. 255.
- [14] R. Aheimer, C. Loffer, D. Merkle, K. Rupp, D. Scholz, and B. Schrader, *Electro-hydraulics: Basic level* (Festo). 73770 Denkendorf, Germany, 2013: Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2013, p. 232.
- [15] BoschRexroth. (2014). *Flow Control Valves*. Retirado de: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/industrial-hydraulics/on-off-valves/flow-control-valves> (Acedido a 26 de dezembro de 2020)
- [16] Larzep Hydraulic, "High Pressure Hydraulic Equipment Catalogue," in *Flow Control Valves*, ed. 48269 Mallabia, Spain: Larzep, S.A., 2018, pp. 116-117.

- [17] B. Trinkel. (2007, 24 de Março) Flow Controls and Flow dividers. *Hydraulics&Pneumatics*. Retirado de: <https://www.hydraulicspneumatics.com/technologies/other-technologies/article/21883442/chapter-13-flow-controls-and-flow-dividers> (Acedido a 26 de Dezembro de 2020)
- [18] Parker Hannifin, "Tecnologia Hidráulica Industrial," *Apostila M2001-1BR - Parker Hannifin Corporation*, 2001.
- [19] J. Zhao, M. Wang, Z. Wang, L. Grekhov, T. Qiu, and X. Ma, "Different boost voltage effects on the dynamic response and energy losses of high-speed solenoid valves," *Applied Thermal Engineering*, vol. 123, pp. 1494 - 1503, 2017.
- [20] M. Burhani and C. Hós, "Estimating the opening time of a direct spring operated pressure relief valve in the case of multiphase flow of fixed mass fraction in the absence of piping," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 66, pp. 104-169, 2020.
- [21] A. Jawwad, M. Mahdi, and N. Alshabatat, "The role of service-induced residual stresses in initiating and propagating stress corrosion cracking (SCC) in a 316 stainless steel pressure-relief-valve nozzle set," *Engineering Failure Analysis*, vol. 105, pp. 1229 - 1251, 2019.
- [22] Eaton Corporation, "Sandwich valves," in *Hydraulic Screw-in Cartridge Valves*, ed: Eaton Hydraulics, 2018, p. 72.
- [23] BoschRexroth, "Industrial Hydraulics," *Project Manual*, 2004, Art. no. RE 00845/04.07.
- [24] UFI Filters Hydraulic Division, "UFI Filters Hydraulic Division Catalogue," ed. Via S. Chierico, 24 - Bolgare (BG) - Italy, 2018, p. 304.
- [25] *ISO-4406 - Hydraulic Fluid Power - Fluids - Method for coding the level of contamination by solid particles*, 2017.
- [26] Parker Hannifin, "The Handbook of Hydraulic Filtration," *Parker Hannifin Corporation, Hydraulic Filter Division, Metamora, OH*, p. 40, 2006.
- [27] UFI Filters Hydraulic Division, "Filtration In Brief," ed, 2018.
- [28] H. M. V. Leira, "Projecto e execução de um sistema hidráulico para uma grua tipo luffing," Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2017.
- [29] N. Villani *et al.*, S. Y. Nof, Ed. *Springer handbook of automation*. 315 N. Grant Street West Lafayette IN 47907, USA: Springer Science & Business Media, 2009, p. 1812.
- [30] J. M. T. Tavares, "Automação industrial. Uma perspetiva de terreno!," *Neutro à Terra*, no. 11, pp. 65-71, 2013.
- [31] E. Schneider, *Automation solution guide : practical aspects of industrial control technology*. France: Schneider Electric, 2007, p. 297.
- [32] T. R. Kurfess, *Robotics and automation handbook*. 2000 N.W. Corporate Blvd., Boca Raton, Florida 33431.: CRC press, 2018, p. 579.
- [33] E. R. Alphonsus and M. O. Abdullah, "A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 60, pp. 1185-1205, 2016/07/01/ 2016.
- [34] R. Julius, M. Schürenberg, F. Schumacher, and A. Fay, "Transformation of GRAFCET to PLC code including hierarchical structures," *Control Engineering Practice*, vol. 64, pp. 173-194, 2017/07/01/ 2017.
- [35] Y. Qamsane, M. El Hamlaoui, A. Tajer, and A. Philippot, "A Tool Support to Distributed Control Synthesis and Grafcet Implementation for Discrete Event

- Manufacturing Systems," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 5806-5811, 2017/07/01/ 2017.
- [36] F. Li and R. Hu, "Metamaterial-Enabled Sensing for Human-Machine Interface," *Sensors*, p. 21, 2020.
- [37] Siemens, "Machine-based visualization with SIMATIC HMI," ed. Digital Factory 90475 Nuremberg Germany: Siemens AG, 2018, p. 24.
- [38] M. P. Groover, *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Pearson Education India, 2016, p. 867.
- [39] I. IPQ, "Vocabulário Internacional de Metrologia—Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados," *IPQ, 1ª Edição Luso-Brasileira*, p. 93, 2012.
- [40] J. P. Holman, *Experimental Methods for Engineers*, Eighth ed. (Mechanical Engineering). 1221 Avenue of the Americas, New York: McGraw-Hill, 2011, p. 761.
- [41] *IEC 60529 - Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*, 2001.
- [42] I. E. Commision. (2013). *IP Ratings*. Retirado de: <https://www.iec.ch/ip-ratings> (Acedido a 3 de Abril de 2021)
- [43] D. S. Nyce, *Linear position sensors* (Theory and application). 111 River Street, Hoboken, NJ 07030: John Wiley and Sons, 2004, p. 182.
- [44] J. S. Wilson, Newnes, Ed. *Sensor technology handbook*. 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2004, p. 691.
- [45] F. Ebel and S. Nestel, "Sensors for handling and processing technology," *Proximity Sensors, Festo Didactic KG, Denkendorf*, 2003.
- [46] Balluff. (2020). *Magnetic Field Positioning System*. Retirado de: <https://www.balluff.com/en/de/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0105/product/F01508/variant/PV5486461> (Acedido a 31 de dezembro de 2020)
- [47] Panasonic, "Displacement Sensors," in *Sensors - Technical Guide*, ed, 2015, pp. 1489-1493.
- [48] Micro-Epsilon, "Product Guide," in *Sensors and systems for displacement, position, color and temperature*, ed, 2018, p. 36.
- [49] SpaceAge_Control_Inc, "String Potentiometer and String Encoder Engineering Guide," 2003.
- [50] Dynapar, "Encoder Communications Handbook," *A reference guide for understanding the basics of encoder communications*, p. 16, 2007.
- [51] R. Apinai, L. Amata, P. Wandee, and R. Vanchai, "Position signal detector for linear variable differential transformer," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 603-607, 2020.
- [52] Hi-Force Hydraulic Tools. (2016). *What is a synchronised lifting system and how does it differ to a split flow pump?* Retirado de: <https://www.hi-force.com/en-uk/blog-details/1/what-is-a-synchronised-lifting-system-and-how-does-it-differ-to-a-split-flow-pump> (Acedido a 26 de Abril de 2021)
- [53] Enerpac, "Industrial tools," in *EVO Synchronous Lifting Systems*, ed, 2013, pp. 242-245.
- [54] B. Casey and M. Tumarkin, "How to Synchronize Hydraulic Cylinders," *HydraulicSupermarket.com, Australia*, p. 8, 2006.
- [55] Hawe Hydraulic SE, "Radial piston pump type R and RG," in *Product documentation*, ed, 2020.

- [56] A. Bonfitto, R. Gabai, A. Tonoli, L. M. Castellanos, and N. Amati, "Resonant inductive displacement sensor for active magnetic bearings," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 287, pp. 84-92, 2019/03/01/ 2019.
- [57] D. Zhang, S. Zhao, Q. Zheng, and L. Lin, "Absolute capacitive grating displacement measuring system with both high-precision and long-range," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 295, pp. 11-22, 2019/08/15/ 2019.
- [58] K. S. Bal, J. Dutta Majumdar, and A. Roy Choudhury, "Investigation into the intergranular corrosion behaviour of electron beam welded Hastelloy C-276 sheet using laser displacement sensor," *Measurement*, vol. 144, pp. 345-365, 2019/10/01/ 2019.
- [59] M. Tavangari Barzi and M. J. Khanjani, "An ultrasonic device to measure surface displacements of water and floating bodies," *Ocean Engineering*, vol. 38, no. 2, pp. 419-425, 2011/02/01/ 2011.
- [60] L. S. Rosado, F. A. Cardoso, S. Cardoso, P. M. Ramos, P. P. Freitas, and M. Piedade, "Eddy currents testing probe with magneto-resistive sensors and differential measurement," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 212, pp. 58-67, 2014/06/01/ 2014.
- [61] Y.-h. Li, S.-d. Xu, and J.-p. Liu, "A new convergence monitoring system for tunnel or drift based on draw-wire displacement sensors," *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 49, pp. 92-97, 2015/06/01/ 2015.
- [62] V. Parthasarathi, G. Uma, and M. Umapathy, "Fractional Order Linear Variable Differential Transformer: Design and analysis," *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 79, pp. 141-150, 2017.
- [63] Enerpac, "Single-Acting, Pancake Lock Nut Cylinders," in *Industrial Tools*, ed, 2019, p. 332.
- [64] Bieri Hydraulik AG, "Type MRK701/702," in *Multi-outlet radial piston pumps*, ed. Könizstrasse 274 CH-3097 Liebefeld, 2015, p. 6.
- [65] Universal Motors, "Motores trifásicos em carcaça de ferro," in *Catálogo de Produtos*, ed. Rua de São Brás, 745 4480-782 Vila do Conde, 2016, p. 80.
- [66] KTR, "Hydraulic Components - Bellhousing, Damping Elements, Cooling Systems, Oil Tanks," ed. Carl-Zeiss-Straße 25 D-48432 Rheine - Germany, 2020, p. 116.
- [67] Bieri Hydraulik AG, "Type WV700," in *Seated Valves*, ed. Könizstrasse 274 CH-3097 Liebefeld, 2015, p. 14.
- [68] Bieri Hydraulik AG, "Type DVM," in *Pressure relief valve*, ed. Könizstrasse 274 CH-3097 Liebefeld, 2015, p. 4.
- [69] Hydronit, "VMDC20 - Valvole di massima pressione guidate 3/4-16UNF," in *Sezione D*, ed. Via Pastrengo, 62 20814 Varedo-Italy, 2017, p. 1.
- [70] Bieri Hydraulik AG, "Type SD700/SDRV700," in *Throttle check valve*, ed. Könizstrasse 274 CH-3097 Liebefeld, 2015, p. 6.
- [71] UFI Filters Hydraulic Division, "FRH," in *Return Filters*, ed. Via S. Chierico, 24 - Bolgare (BG) - Italy, 2018, p. 8.
- [72] UFI Filters Hydraulic Division, "CBB-FA," in *Air Filters*, ed. Via S. Chierico, 24 - Bolgare (BG) - Italy, 2018, p. 2.
- [73] WIKA, "Model P-30, P-31," in *Pressure sensor for precision measurements*, ed. Alexander-Wiegand-Straße 30 63911 Klingenberg/Germany, 2020, p. 9.
- [74] ASM, "Posiwire WS10," in *Cable extension position sensors*, ed. Messtechnik GmbH Am Bleichbach 18-24 85452 Moosinning / Germany, 2019, p. 36.

- [75] ASTM D341 - *Standard Practice for Viscosity-Temperature Charts for Liquid Petroleum Products.*, 2009.
- [76] Eaton Walterscheid, "Complete Overview," in *Tube fitting systems*, ed. Dr.-Reckeweg-Str. 1 D-76532 Baden-Baden, Germany, 2005, p. 362.
- [77] Larzep Hydraulic, "High Pressure Hydraulic Equipment Catalogue," in *Hydraulic Hoses*, ed. 48269 Mallabia, Spain: Larzep, S.A., 2018, pp. 112-113.
- [78] Weber-hydraulik, "Port patterns," ed. WEBER-HYDRAULIK ValveTech GmbH Felix-Wankel-Str. 4, 78467 Konstanz: ValveTech, 2018, p. 5.
- [79] H. Hatami, "Coletânea de fórmulas hidráulicas," in *Centro de aplicação Metalurgia*, ed: Bosch Rexroth, 2013, p. 43.
- [80] UFI Filters Hydraulic Division, "CLA-LS," in *Acessories*, ed. Via S. Chierico, 24 - Bolgare (BG) - Italy, 2018, p. 2.
- [81] RUD, "Eye Bolt RS-M8," in *Metric Thread*, ed. RUD Ketten Rieger & Dietz GmbH u. Co. KG Friedensinsel 1 73432 Aalen, 2021, p. 2.
- [82] Kaiente_Hydraulic. (2018). *Hydraulic weighing synchronous lifting system*. Retirado de: <http://www.kaientehydraulic.com/hydraulic-weighing-synchronous-lifting-system.html> (Acedido a 26 de Abril de 2021)
- [83] WEG, "CFW 300," in *Inversor de Frequência*, ed. Grupo WEG - Unidade Automação Jaraguá do Sul - SC - Brasil, 2019, p. 16.
- [84] Siemens, "Product Overview for SIMATIC S7-1200," in *TIA Selection Tool Web*, ed. Digital Industries Factory Automation P.O. box 4848 90026 Nuremberg Germany: Siemens AG, 2021, p. 10.
- [85] Siemens, "6ES7214-1BG40-0XB0," in *Data Sheet*, ed. Digital Industries Factory Automation P.O. box 4848 90026 Nuremberg Germany: Siemens AG, 2017, p. 9.
- [86] Siemens, "6ES7231-4HF32-0XB0," in *Data Sheet*, ed. Digital Industries Factory Automation P.O. box 4848 90026 Nuremberg Germany: Siemens AG, 2020, p. 3.
- [87] Siemens, "6ES7222-1HF32-0XB0," in *Data Sheet*, ed. Digital Industries Factory Automation P.O. box 4848 90026 Nuremberg Germany: Siemens AG, 2020, p. 4.
- [88] Siemens, "6AV2125-2GB03-0AX0," in *Data Sheet*, ed. Digital Industries Factory Automation P.O. box 4848 90026 Nuremberg Germany: Siemens AG, 2021, p. 4.

ANEXOS

7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1 – CILINDRO CLP - ENERPAC

CLP-Series, Pancake Lock Nut Cylinders



ENERPAC
POWERFUL SOLUTIONS. GLOBAL FORCE.

▼ Shown from left to right: CLP-2002, CLP-5002



The Shortest Power Lifter

- Extremely low height for use in confined areas
- Lock nut for positive and safe mechanical load holding over a long period of time
- Single-acting, load return
- Optional special synthetic coating for improved corrosion resistance and lower friction for smoother operation
- Overflow port functions as a stroke limiter
- CR-400 coupler and dust cap included on all models.

▼ Only the extreme low height CLP-cylinder fits in this confined area to lift the construction. The V-82 needle valve is used to control cylinder speed during lifting and lowering.





Tilt Saddles
All CLP-Series cylinders include integral tilt saddles with maximum tilt angles up to 5°.



Gauges
Minimize the risk of overloading and ensure long, dependable service from your equipment. Refer to the System Components Section for a full range of gauges.

Page: 118



Hoses
Enerpac offers a complete line of high quality hydraulic hoses. To ensure the integrity of your system, specify only Enerpac hydraulic hoses.

Page: 120

Cylinder Capacity	Stroke	Model Number*	Cylinder Effective Area	Oil Capacity
ton (kN)	(mm)		(cm ²)	(cm ³)
60 (606)	50	CLP-602	86,6	432
100 (1027)	50	CLP-1002	146,8	734
160 (1619)	45	CLP-1602	231,3	1040
200 (1999)	45	CLP-2002	285,6	1285
260 (2567)	45	CLP-2502	366,8	1650
400 (3916)	45	CLP-4002	559,5	2517
520 (5114)	45	CLP-5002	730,6	3287

* Please contact Enerpac for ordering information for CLP-cylinders with special synthetic coating.

Single-Acting, Pancake Lock Nut Cylinders



Speed Chart

See the Enerpac Cylinder Speed Chart in our 'Yellow Pages' to determine your approximate cylinder speed.

Page: 249



Longer Stroke Lock Nut Cylinders

For longer stroke lock nut applications CLL-Series cylinders are the perfect choice.

Page: 48

CLP Series



Capacity:

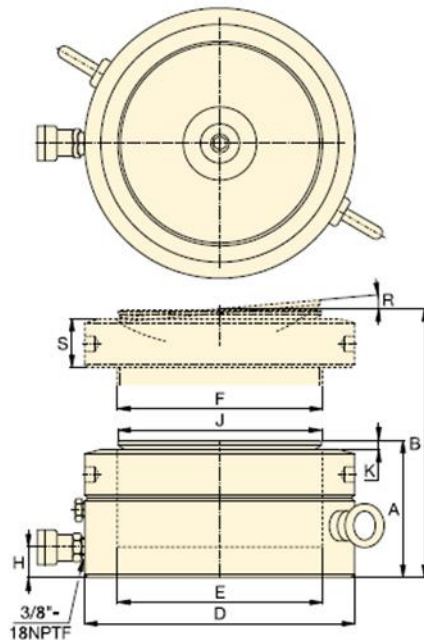
60 - 520 ton

Stroke:

45 - 50 mm

Maximum Operating Pressure:

700 bar



ALL CLP-SERIES CYLINDERS REQUIRE A SOLID LIFTING SURFACE FOR CORRECT SUPPORT.

USE OF PANCAKE CYLINDERS ON SURFACES SUCH AS SAND, MUD OR DIRT, MAY RESULT IN CYLINDER DAMAGE!

WRONG!



Rough soil

RIGHT!



Flat lifting surface

For more safety instructions see our 'Yellow Pages'.

Page: 240

Collapsed Height A (mm)	Extended Height B (mm)	Outside Diameter D (mm)	Cylinder Bore Diameter E (mm)	Plunger Diameter F (mm)	Base to Advance Port H (mm)	Saddle Diameter J (mm)	Saddle Protrusion from Plgr. K (mm)	Saddle Max. Tilt Angle R	Lock Nut Height S (mm)	(kg)	Model Number*
125	175	140	105,0	Tr 104 x 4	19	96	6	5°	28	15	CLP-602
137	187	175	136,7	Tr 136 x 6	21	126	8	5°	31	26	CLP-1002
148	193	220	171,6	Tr 171 x 6	27	160	9	5°	40	44	CLP-1602
155	200	245	190,7	Tr 190 x 6	30	180	10	5°	43	57	CLP-2002
159	204	275	216,1	Tr 216 x 6	32	200	11	5°	44	74	CLP-2502
178	223	350	266,9	Tr 266 x 6	39	250	11	4°	55	134	CLP-4002
192	237	400	305,0	Tr 305 x 6	48	290	10	3°	62	189	CLP-5002

7.2 ANEXO 2 – BOMBA MRK701/702 - BIERI

Multi-outlet radial piston pumps

Type MRK701/702

700 bar

0,16 to 3,62 cm³/rev
per circuit

Features

- High volumetric efficiency
- Self venting and self-priming
- Outlets with different displacements in the same pump possible on request
- Combination with gear pump on request
- Pulsations are minimized

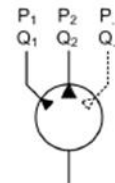


Applications

- Multiple hydraulic outlets are needed in one pump
- Power units
- Test stands
- Synchronised moving and lifting systems (bridge building, ship building, railway yards, etc.)

Design

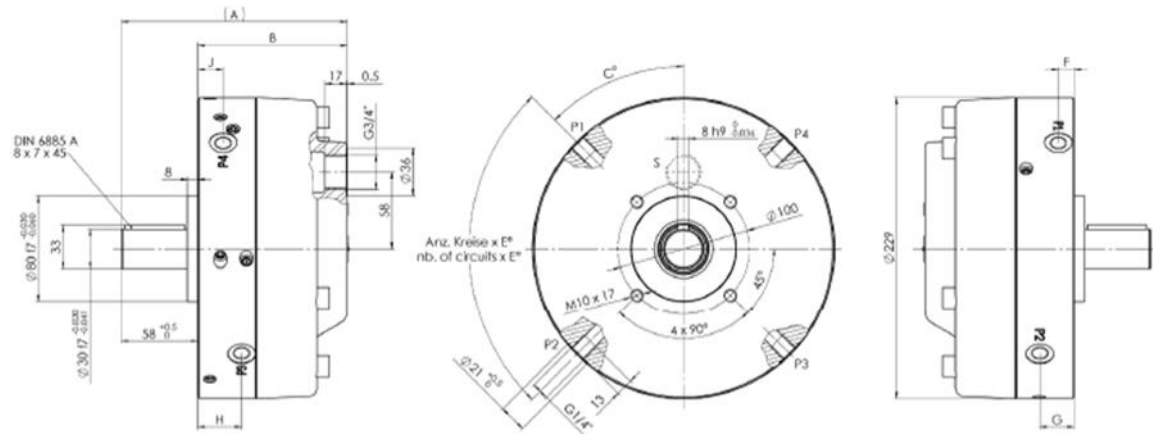
- With multiple pumping elements which are led into two or more pressure ports
- Radial piston pump of modular design



Technical Data

Hydraulic fluid	mineral oil according to DIN 51524 (other fluids on request)
Fluid temperature range	-20 up to 80 °C
Ambient temperature range	-30 to to 50 °C
Viscosity range	5 to 220 mm ² /s
Max. operating pressure	700 bar continuous pressure (S1)
Suction pressure	-0,2 bar to 0,5 bar relative
Filtration recommendation	according to NAS 1638 class 6 resp. ISO/DIN 4406 17/15/12
Displacement	from 0.16 to 3.62 cm ³ /rev
Weight	see product information
Installation position	any
Axial force onto driving shaft	not allowed
Radial force onto driving shaft	on request
Max. speed range	2000 rpm
Direction of rotation	any
Suction height	max. 500 mm
Material	pressure flange: steel driving shaft: steel cover: diecast aluminium

Size MRk702



Note: Illustration of a pump with 4 circuits! Further drawings on request.

Dimensions

number of circuits	number of pumping elements per circuits	dim. a [mm]	dim. b [mm]	dim. c [°]	dim. d [mm]	dim. e [°]	dim. f [mm]	dim. g [mm]	dim. h [mm]	dim. j [mm]
2	4	155,0	97,0	90	2,0	180	12,0	12,0		
3	3	171,0	113,0	60	3,0	120	20,5	15,0	20,5	
4	2	171,0	113,0	45	4,0	90	12,0	26,0	33,0	19,0
8	1	155,0	97,0	12,5	8,0	45	14,0	14,0	14,0	14,0
9	1	155,0	97,0	20	9,0	40	14,0	14,0	14,0	14,0

7.3 ANEXO 3 – MOTOR TRIFÁSICO H30 132 M1 4 IE2-B5 – UNIVERSAL MOTORS



FICHA TÉCNICA

Motor Elétrico Trifásico em Ferro Fundido
HE30 132 M1 4 IE2
7.5 kW / 10 Cv
1450 RPM

Tipo do motor:

HE30 132 M1 4 IE2

Potência:

7.5 kW / 10 CV

Velocidade (min^{-1}):

1450 RPM

Tensão:

400 V

Frequência:

50 Hz

Corrente:

14.7 A

Fator de Potência (Cos Ø): 0.83

0.83

Polos:

4

Classe de Isolamento:

7

Classe de Aquecimento:

B

Rendimento 50%:

88.5 %

Rendimento 75%:

89.4 %

Torque:

49 N.m

Tarranque/Tnominal:

2.2

larranque/lnominal:

7.8

T_{máximo}/T_{nominal}:

2.3

Ruído:

60 Db(A)

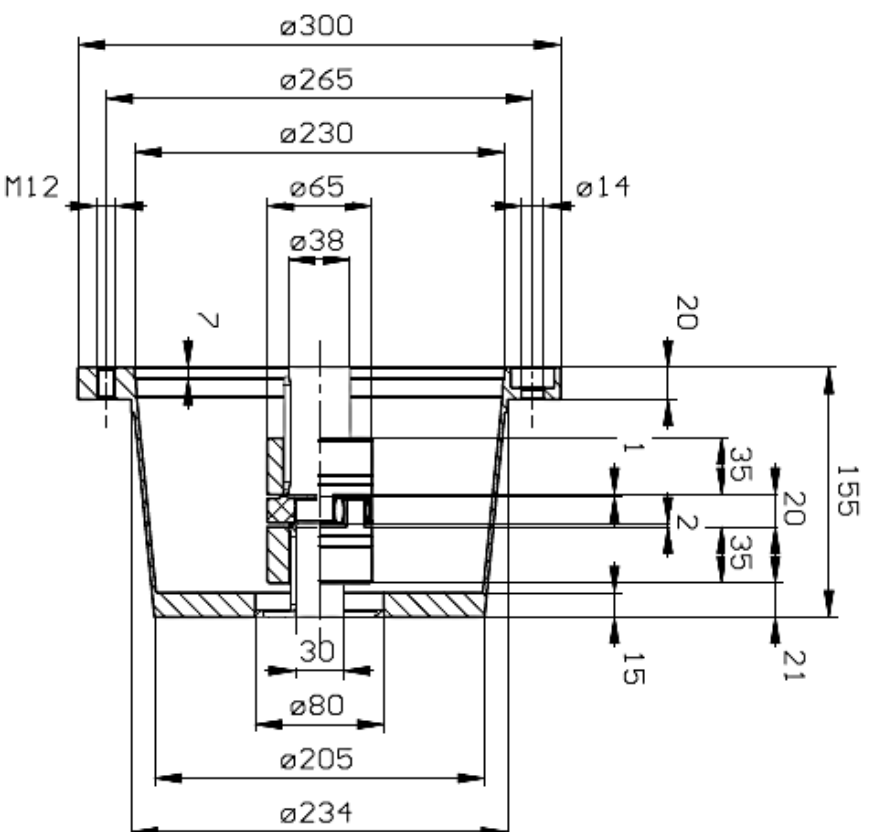
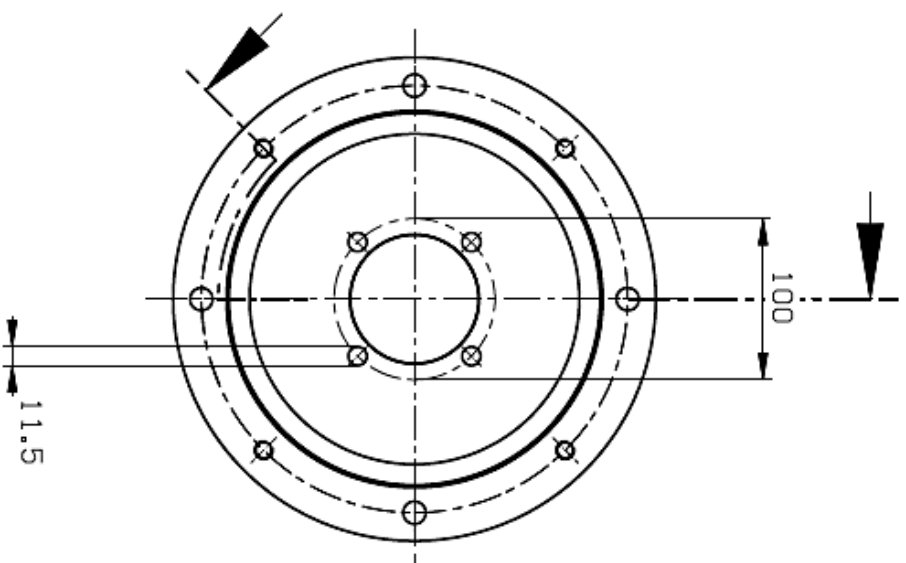
Peso:

128

Rolamento DE:

6308 2Z C3

7.4 ANEXO 4 – MONTAGEM DOS ACOPLAMENTOS MOTOR-BOMBA



E-Motor size: 132M 7.50 kW (IEC standardized motor, flange diameter: 300 mm, B5/V1, IP 54, 50 Hz 1500 1/min)
 pump manufacturer : BIERI pump type : MRK702
 (If the weight is changed by assemblies or additional pumps, please consult with KTR Rheine)

Order details

5	1	ROTEX 28 ST	Hub 1.0 Ø30H7 key DIN 6885/1-JS9 >	020285103000
4	1	ROTEX 28 ST	Hub 1.0 Ø38H7 key DIN 6885/1-JS9 >	020285103800
3	1	ROTEX 28	Spider 92 Sh-A = T-PUR® = orange	020281000045
2	1	COUPLING	R28.38-30 (Pos 3 - 5)	
1	1	BELLHOUSING	PK 300/04/13-00	103026041300
Pos. No		Description		Part Number

Mass- und Konstruktionsänderungen behalten wir uns vor.
 We reserve the right to make dimensional and design changes.
 Allgemeintoleranz nach DIN ISO 2768-mH
 General tolerances acc. to DIN ISO 2768-mH

Schutzvermerk nach DIN 34 beachten
 Note protection mark acc. to DIN 34
 Maßstab 1:3.33
 Format DIN A3

bellhousing
 PK 300/04/13-00

KTR Systems
 GmbH
 D-46407 Rheine



Name
 WEBHydraulik

Datum
 2021.03.30

Lfd.-Nr.
 10202103301829163

7.5 ANEXO 5 – VÁLVULA DIRECIONAL WV700 - BIERI

Seated valves

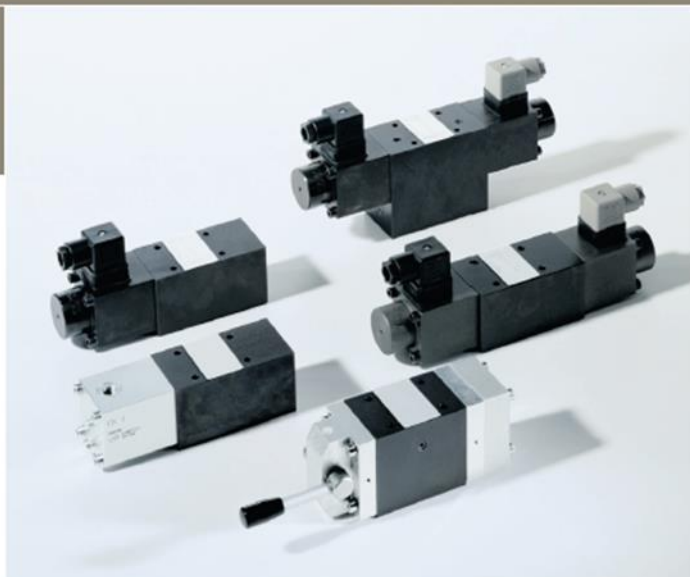
Type WV700

NG 6 ISO

up to 25 l/min, up to 700 bar

Features

- Direct operated
- Leakage free (double tight)
- High operational safety and reliable switching
- High duty cycles and long lifetime

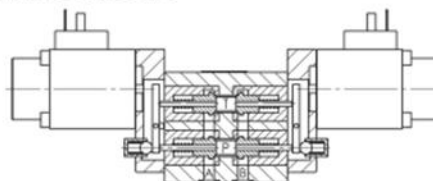


Applications

- Control of cylinders and motors as superior and space-saving alternatives to spool valves which require additional leakage free shutoff valves
- machine tools
- Lifting and screwing technology
- test rigs
- Aggregate construction
- bridge building

Design

- 1 up to 4 valve cartridges depending on valve type
- Valve cones of cartridges are either pushed on the seats by springs or lifted off the seats by actuation tappets
- Hidden manual override
- Available as 2/2-, 3/2-, 4/2-, 3/3- or 4/3-seated valves with solenoid or manual actuation
- Pressure balanced valve cones

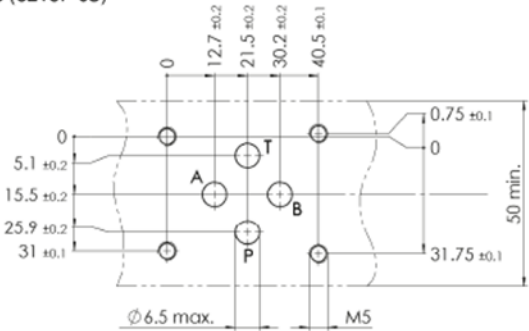


Technical data

Hydraulic fluid	Mineral oil according to DIN 51524 (other fluids on request)
Fluid temperature range	- 20 to 80 °C
Ambient temperature range	- 30 to 50 °C
Viscosity range	5 to 400 mm ² /s
Porting	NG 6 according to DIN 24340 / ISO 4401 / CETOP RP 121 H
Max. operating pressure connection P, A, B	700 bar
Max. operating pressure connection T	350 bar
Max. flow rate	25 l/min
Filtration (recommendation)	according to NAS 1638, class 6 resp. ISO/DIN 4406 Klasse 17/15/12
Duty cycle ED	100 %
Solenoid voltage (nominal power)	24 VDC (31 W), 107 VDC (37 W), 196 VDC (40 W)
Power tolerance	+/- 10%
Switching time	40 - 120 ms
Degree of protection	IP 54 according to EN 60529 / DIN 40050 (on request IP 65)
Material/Surface finish	Body: Steel galvanized, black chromated Solenoid: Steel browned, aluminium

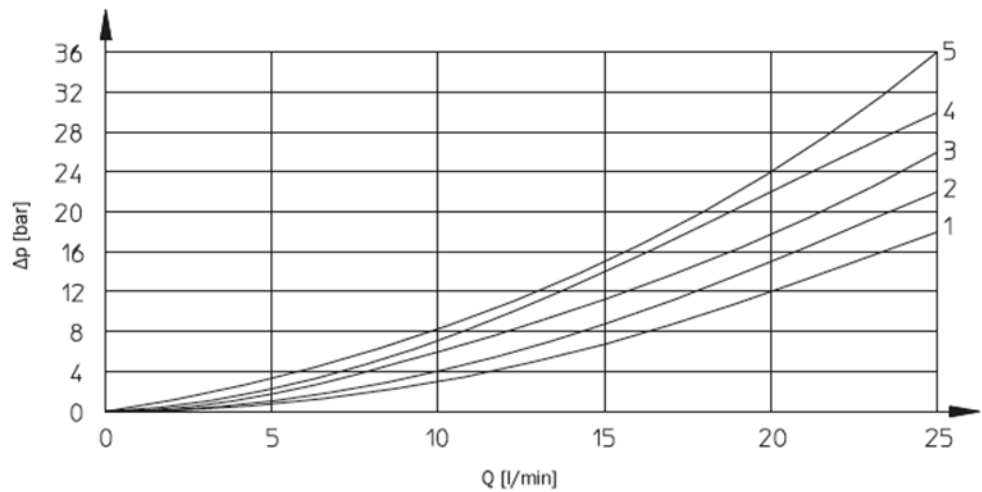
Drilling pattern

acc. DIN 24340-A6/ISO 4401-03 (CETOP 03)



Pressure drop

($v = 32 \text{ mm}^2/\text{s}$)



		Solenoid actuated, oil and air actuated					Manual actuated				
Valve type	Switching function	P - A	P - B	A - T	B - T	P - T	P - A	P - B	A - T	B - T	P - T
2/2	E4					2					2
2/2	BE4					2					2
2/2	E2, BE2	2					2				
3/2	X, C	2		3			2		3		
4/2	X	3	3	2	2		2	3	2	1	
4/2	C	3	1	1	2		1	2	1	1	
3/3	H	3		3		2	3		3		2
3/3	E	2		3			2		2		
3/3	G	2		2		3	1		1		2
3/3	G3		3		3	4		2		2	3
4/3	H	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
4/3	E	3	2	2	3		1	1	2	1	
4/3	J, M	3	2	2	3		3	2	2	3	
4/3	P, PP	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3
4/3	P3, PP3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3
4/3	G-2ERV	5	5	4	4	3	5	5	4	4	3

7.6 ANEXO 6 – VÁLVULA LIMITADORA DE PRESSÃO DVM – BIERI

Pressure relief valve

Type DVM

NG 4 Bieri

up to 30 l/min, up to 700 bar

Features

- Outstanding stability over the entire flow range
- Low hysteresis and exact pressure control
- Low pressure loss through CFD optimised geometry
- Adjustable over the whole pressure range

Design

- Seated valve
- Directly operated
- Cartridge alone or in manifold
- External surface zinc-coated
- Minimum wear and long service life through hardened and ground valve parts

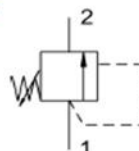


Applications

The pressure relief valve is a directly operated spring loaded seated valve. It regulates the system pressure at port 1 on a certain value. The spring acts with a defined force on the closing cone to press on the valve seat. The valve opens by exceeding the spring force.

In this way the valve lets pass a flow from port 1 to port 2. The pressure at connection 1 is now limited independent to the valve flow.

Attention: The pressure at port 2 increases the limiting pressure! The valve function is out of order by interchanging the ports or pressure setting above the maximum operating pressure.

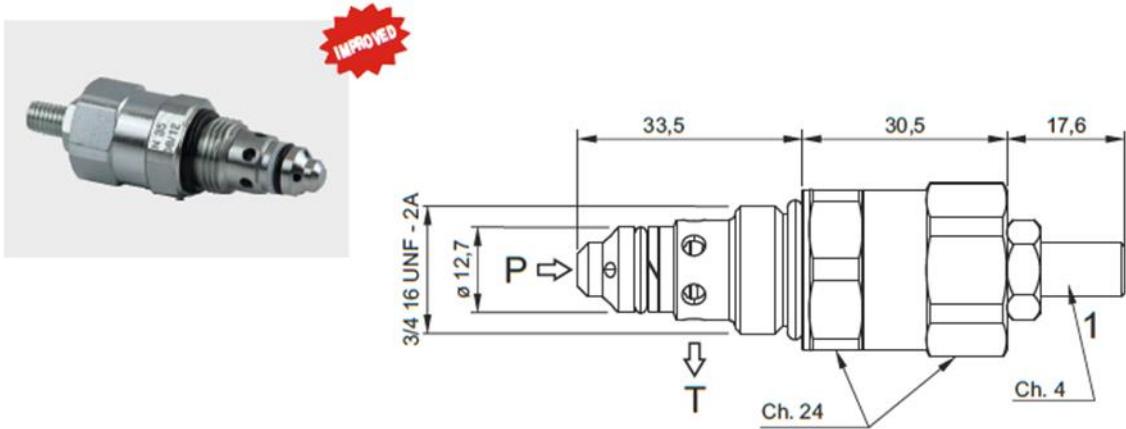


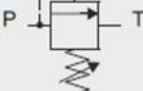
Technical data

Hydraulic fluid	mineral oil according to DIN 51524 (other fluids on request)	
Fluid temperature range	-20 to 120 °C	
Ambient temperature range	-20 to 120 °C	
Viscosity range	7.4 to 420 mm ² /s	
Porting	NG 4 according to Bieri	
Max. operating pressure port 1	700 bar	
Max. operating pressure port 2	100 bar	
Pressure setting range port 1	70 to 700 bar	
Max. flow rate	30 l/min	
Filtration (recommendation)	according to NAS 1638, ISO/DIN 4406 class 21/19/16	
Weight	See standard design	
Material/surface treatment	Cartridge body:	high tensile steel
	Cone:	hardened steel
	Supporting ring:	PTFE

7.7 ANEXO 7 – VÁLVULA LIMITADORA DE PRESSÃO VMDC20 – HYDRONIT

VMDC20 - VALVOLE DI MASSIMA PRESSIONE GUIDATE 3/4-16UNF





Caratteristiche principali

Pressione massima	350 bar
Portata massima	20 l/min
Peso	0,14 kg

Coppia di serraggio raccomandata: 40 Nm
Grado di filtrazione raccomandato: 25 + 50 µ
Temperatura olio: -30 + + 80 °C

Codice componente

- VMDC** — Valvola di massima pressione guidata
- 20** — Dimensione nominale: 20 = 20 l/min
- B** — Pressione di lavoro:
B = 20 + 120 bar
C = 30 + 250 bar
D = 70 + 350 bar
- 1** — Opzione:
1 = vite (std)
V = volantino

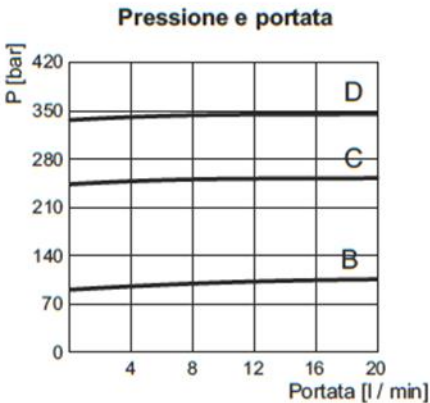
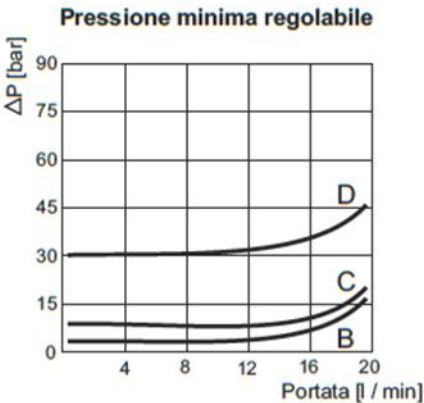
Codice parlante

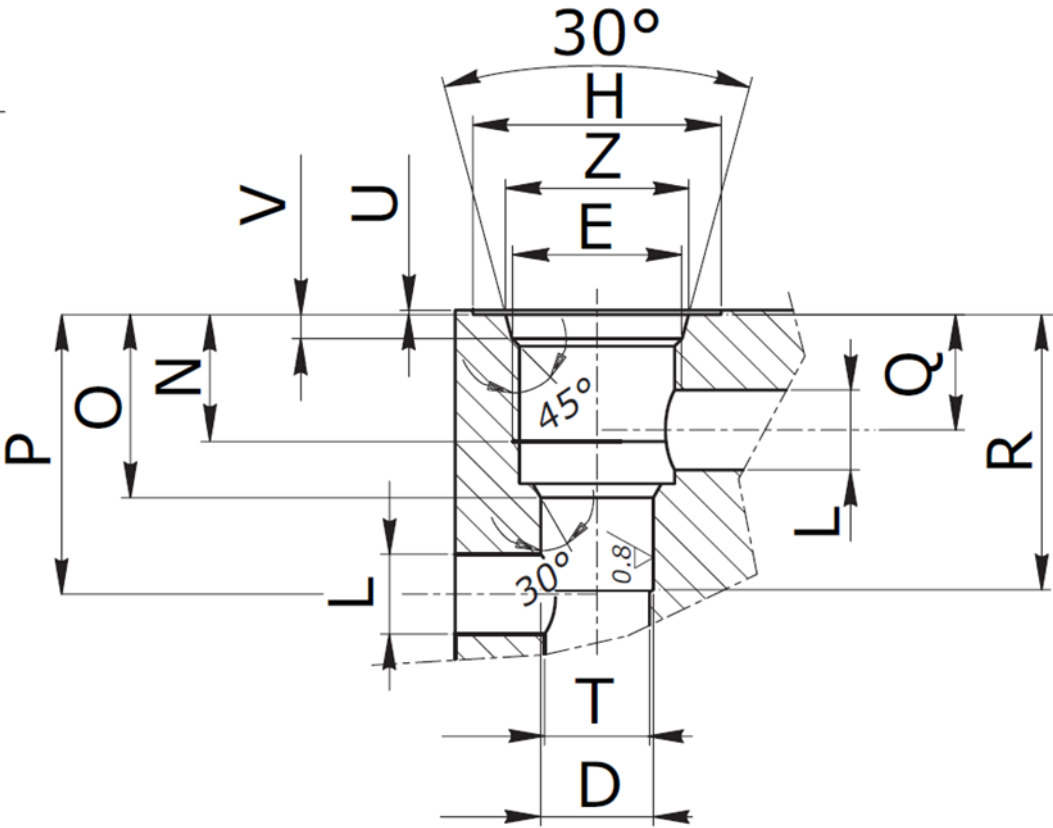

dove *** è la massima pressione regolabile [bar], Es. V250
dove * è l'opzione

Cavità di montaggio

0	1
2	3 4
5	6 7 8

Nota: le cavità 3, 4 e 6 sono presenti solo sul corpo centrale UB.





Wymiary Dimensions	A max	B	C	D H7	E	H	L max	N	O	P	Q	R	T max	U	V	Z	Waga Weight (kg)
20	73.5	27.5	46	12.7	3/4-16 UNF	28	9	15	20.6	32	13	31	11	0.5	2.7	20.7	0.12

7.8 ANEXO 8 – VÁLVULA ESTRANGULADORA UNIDIRECIONAL SDRV700 – BIERI

Throttle check valve

Type SD700/SDRV700

NG 6 ISO

up to 25 l/min, up to 700 bar

Features

- Adjustable while under pressure
- High-precision control
- Bi-directional flow



Applications

- Moving speed of the customer can be influenced with the valves
- Throttle valves for inlet and outlet throttling
- Throttle check valves as screw-in cartridge or intermediate plate valve (for applications where the flow shall be throttled in one direction and be unthrottled in the other direction)
- Check valves as screw-in cartridge or intermediate plate valve

Design

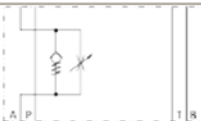
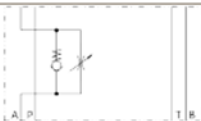
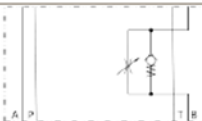
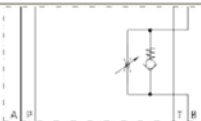
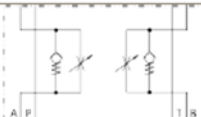
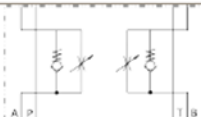
- Cartridge alone or in manifolds
- The valve setting can be locked by a counter nut



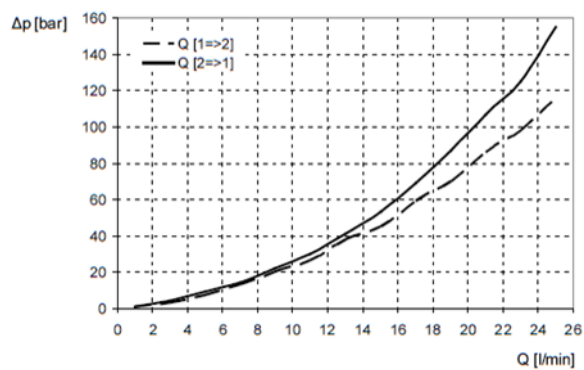
Technical data

Hydraulic fluid	Mineral oil according to DIN 51524 (other fluids on request)	
Fluid temperature range	-20 to 80 °C	
Ambient temperature range	-30 to 50 °C	
Viscosity range	5 to 400 mm ² /s	
Porting	NG 6 according to DIN 24340 / ISO 4401 / CETOP RP 121 H	
Max. operating pressure connection P, A, B	700 bar	
Max. operating pressure connection T	350 bar	
Max. flow rate	25 l/min	
Filtration (recommendation)	According to NAS 1638 class 6 resp. ISO/DIN 4406 17/15/12	
Weight	See standard design	
Material	Steel parts:	galvanized, black chromated
	Cartridge:	steel
	Supporting ring:	cast iron

Standard design

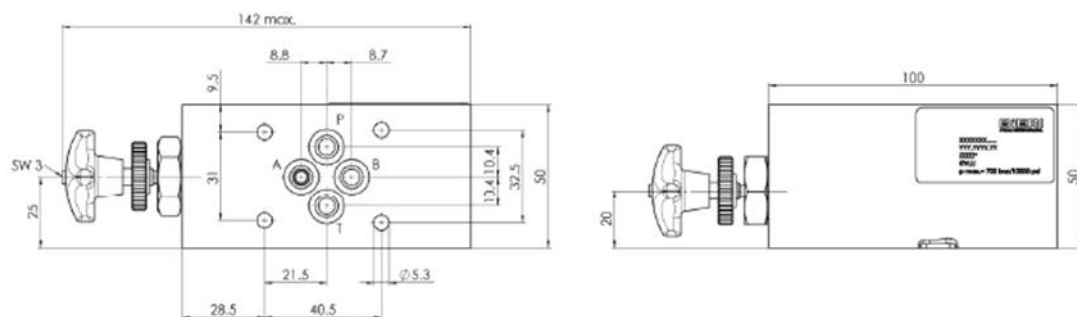
Valve type	SD			
Design	E	PP	AA	BB
Type code	SD700-6-E-X-V-A*00	SD700-6-PP-X-V-A*00	SD700-6-AA-X-V-A*00	SD700-6-BB-X-V-A*00
Part No.	3677847	3677849	3677843	3677845
Symbol				
Weight	0,12 kg	1,9 kg	1,9 kg	1,9 kg
Valve type	SDRV			
Design	AA		BB	
Direction of throttling	A	Z	A	Z
Type code	SDRV700-6-AA-A-V-A*00	SDRV700-6-AA-Z-V-A*00	SDRV700-6-BB-A-V-A*00	SDRV700-6-BB-Z-V-A*00
Part No.	3677850	4457370	3677853	4003009
Symbol				
Weight	1,9 kg	1,9 kg	1,9 kg	1,9 kg
Valve type	SDRV			
Design	AABB			
Direction of throttling	A	Z		
Type code	SDRV700-6-AABB-A-V-A*00	SDRV700-6-AABB-Z-V-A*00		
Part No.	4003013	3823668		
Symbol				
Weight	1,9 kg	1,9 kg		

Pressure drop



SDRV700

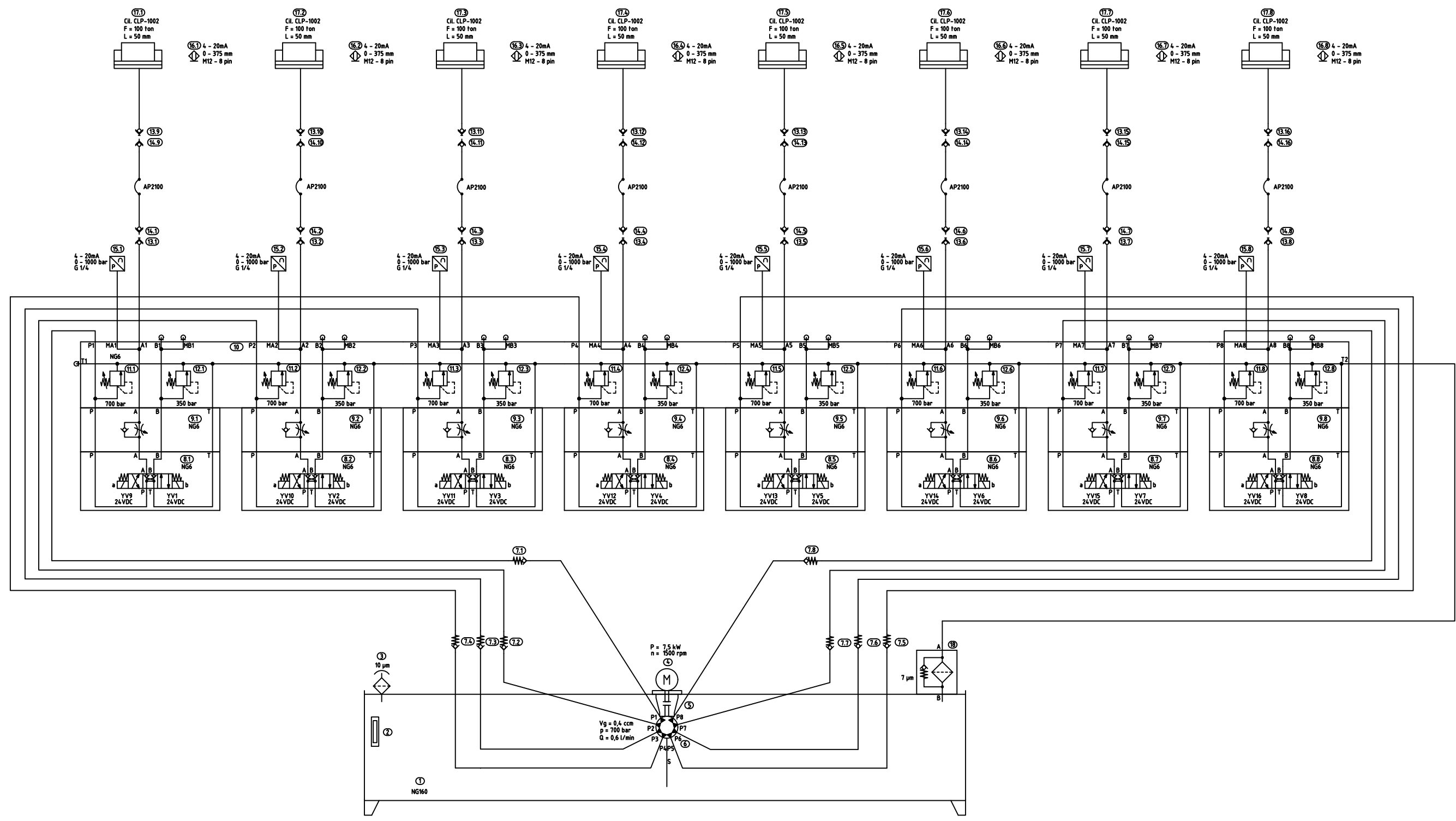
AA



7.9 ANEXO 9 – ESQUEMA HIDRÁULICO -SISTEMA SINCRONIZADO DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS

Pos.	Designação	Referência	Fabricante	Qtd.
1	Depósito 160L	810x590x400 mm	Hcen	1
2	Indicador de nível	CLA13M12NT	UFI Filters	1
3	Filtro de ar	CBB11B03CD	UFI Filters	1
4	Motor elétrico trifásico	7,5kW 1500RPM 400V 50HZB5(IE2)	Universal Motors	1
5	Luneta	PK 300/05/54-00 (Ø300 7,5kW)	KTR	1
6	Bomba hidráulica	MRK702-8-0,4-700-V*00 (3830593)	Bieri	1
7	Válvula de retenção	RS10S (067402)	Eaton Walterscheid	8
8	Válvula direcional	WV700-6-4/3-G-2ERV-24-V-C*00 (3679920)	Bieri	8
9	Válvula estranguladora unidirec.	SDRV700-6-AA-Z-V-A*00 (4457370)	Bieri	8
10	Bloco hidráulico	(-)	Hcen	1
11	Válvula limitadora de pressão	DVM-4E-X-700-V-A*00 (3830674)	Bieri	8
12	Válvula limitadora de pressão	VMDC20D1 (067402)	Hydronit	8
13	Acoplamento rápido macho	3/8 NPT-700BAR (AP2100)	Larzep	16
14	Acoplamento rápido fêmea	3/8 NPT-700BAR (Bloco)	Hcen	16
15	Transdutor de pressão	P-30/0-1000bar/4-20mA/Std./ G1/4 /M12	WIKA	8
16	Transdutor de posição	WS10-375-420T-L10-M4-M12	ASM	8
17	Cilindro	CLP-1002	Enerpac	8
18	Filtro de retorno	FRH33B06BNFB05WX	UFI Filters	1

Este documento e os seus direitos de autor são propriedade exclusiva da ARCEN ENGENHARIA S.A. não podendo ser copiados ou distribuídos a terceiros, salvo autorização expressa desta.
Serão punidos os casos de incumprimento dos direitos de autor de acordo com a lei em vigor. COPYRIGHT RESERVED.
This document and its copyrights are property of ARCEN ENGENHARIA S.A. and may not be copied or passed on to a third person, except with the author's express permission.
Cases of breach of copyright according to the applicable law will be punished. COPYRIGHT RESERVED.



Cliente/customer: HCEN				Este ESQUEMA HIDRÁULICO foi concebido de acordo com os dados técnicos disponibilizados. Este esquema não implica uma responsabilidade do Autor pelo funcionamento global do sistema.		
Cliente nº/customer no.:				This hydraulic circuit was conceived from technical data made available to ourselves. The Author does not accept any responsibility for the global system function with this circuit.		
Projecto/Project no.:						
Ordem Serviço nº/Service order no.:						
Departamento	Documento: HS		Circuito hidraulico para Sistema Sincronizado de Elevação de 8 Pontos			Pág/sheet: 01
Técnica	Data/date	Nome/name				de/of: 01
Criado/created	2021/03/24	T.Silva				
Verif./checked			Industrial Hydraulics Mobile Hydraulics	Escala/ scale 1 : 1,5	Formato/ size A3	Desenho nº/drawing no. Index
Trab./worked						
Aprov./approv.						
Sim.draw.:	Sector/Field: HCEN	Subst./replaces:			Nota alteração/change note: Plot date:2021/03/24	

7.10 ANEXO 10 – FURAÇÕES ROSCADAS PARA ACESSÓRIOS

Metric ISO thread (parallel) DIN 13
BSP thread (parallel) DIN-ISO 228 (up to now DIN 259)

Metrisches ISO-Gewinde (zylindrisch) DIN 13
Whitworth-Rohrgewinde (zylindrisch) DIN-ISO 228 (bisher DIN 259)

Filetage métrique ISO (cylindrique) DIN 13

Filetage Whitworth (cylindrique) DIN-ISO 228 (jusqu'ici DIN 259)

Stud form B

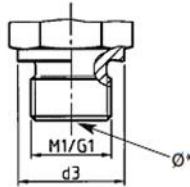
DIN 3852-1 / ISO 9974-3 (metric)
 DIN 3852-2 / ISO/DIS 1179-4 (BSP thread)
 metal-to-metal seal

Einschraubzapfen Form B

DIN 3852-1 / ISO 9974-3 (metrisch)
 DIN 3852-2 / ISO/DIS 1179-4 (Rohrgewinde)
 Abdichtung durch Dichtkante

Implantation forme B

DIN 3852-1 / ISO 9974-3 (métrique)
 DIN 3852-2 / ISO/DIS 1179-4 (filetage Whitworth)
 étanchéité par arête métal



Port form X,Y

DIN 3852-1 / ISO 9974-1 (metric)
 DIN 3852-2 / ISO/DIS 1179-1 (BSP thread)
 (for parallel stud threads)

Einschraubloch Form X,Y

DIN 3852-1 / ISO 9974-1 (metrisch)
 DIN 3852-2 / ISO/DIS 1179-1 (Rohrgewinde)
 (für zylindrische Einschraubgewinde)

Trou taraudé, forme X,Y

DIN 3852-1 / ISO 9974-1 (métrique)
 DIN 3852-2 / ISO/DIS 1179-1 (filetage Whitworth)
 (pour filetages mâles cylindriques)

Stud form E

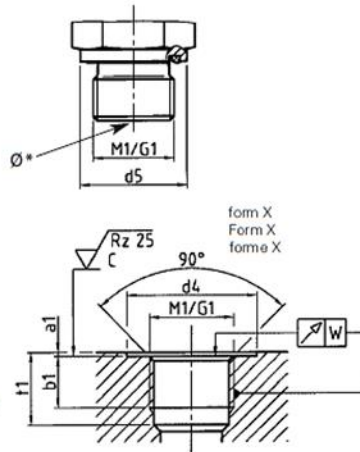
DIN 3852-11 / ISO 9974-2 (metric)
 DIN 3852-11 / ISO/DIS 1179-2 (BSP thread)
 with captive seal (WD)

Einschraubzapfen Form E

DIN 3852-11 / ISO 9974-2 (metrisch)
 DIN 3852-11 / ISO/DIS 1179-2 (Rohrgewinde)
 Abdichtung durch Weichdichtung (WD)

Implantation forme E

DIN 3852-11 / ISO 9974-2 (métrique)
 DIN 3852-11 / ISO/DIS 1179-2 (filetage Whitworth)
 étanchéité par joint mou (WD)



M1	d3	d4 ^{0,4}	d5	a1 max	b1 min	t1 min	Ø* LL	Ø* L	Ø* S	W
M 8 x 1	12	13	12	1	8	13,5	3,5	-	-	0,1
M 10 x 1	14	15	13,9	1	8	13,5	5	4	-	0,1
M 12 x 1,5	17	18	16,9	1,5	12	18,5	-	6	4	0,1
M 14 x 1,5	19	20	18,9	1,5	12	18,5	-	7	5	0,1
M 16 x 1,5	21	22	21,9	1,5	12	18,5	-	9	7	0,1
M 18 x 1,5	23	24	23,9	2	12	18,5	-	11	8	0,1
M 20 x 1,5	25	26	25,9	2	14	20,5	-	-	10	0,1
M 22 x 1,5	27	28	26,9	2,5	14	20,5	-	14	12	0,1
M 26 x 1,5	31	32	31,9	2,5	16	22,5	-	18	-	0,2
M 27 x 2	32	33	31,9	2,5	16	24	-	-	16	0,2
M 33 x 2	39	40	39,9	2,5	18	26	-	23	20	0,2
M 42 x 2	49	50	49,9	2,5	20	28	-	30	25	0,2
M 48 x 2	55	56	54,9	2,5	22	30	-	36	32	0,2

G1	d3	d4 ^{0,4}	d5	a1 max	b1 min	t1 min	Ø* LL	Ø* L	Ø* S	W
G 1/8A**	14	15	13,9	1	8	13	5	4	-	0,1
G 1/4A**	18	19	18,9	1,5	12	18,5	-	7	5	0,1
G 3/8A**	22	23	21,9	2	12	18,5	-	9	8	0,1
G 1/2A**	26	27	26,9	2,5	14	22	-	14	12	0,1
G 3/4A**	32	33	31,9	2,5	16	24	-	18	16	0,2
G 1 A**	39	40	39,9	2,5	18	27	-	23	20	0,2
G 1 1/4A**	49	50	49,9	2,5	20	29	-	30	25	0,2
G 1 1/2A**	55	56	54,9	2,5	22	31	-	36	32	0,2

Metric taper thread to DIN 158
BSP thread (taper) DIN 3858

Metrisches kegeliges Außengewinde DIN 158
Whitworth-Rohrgewinde (kegelig) DIN 3858

Filetage métrique (conique) DIN 158

Filetage Whitworth (conique) DIN 3858

Stud form C

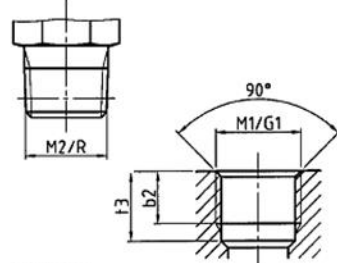
DIN 3852-1 (metric)
 DIN 3852-2 (BSP thread)
 taper thread

Einschraubzapfen Form C

DIN 3852-1 (metrisch)
 DIN 3852-2 (Rohrgewinde)
 Abdichtung durch Kegelform

Implantation forme C

DIN 3852-1 (métrique)
 DIN 3852-2 (filetage Whitworth)
 étanchéité par filetage conique



Port form Z

DIN 3852-1 (metric)
 DIN 3852-2 (BSP thread)
 (for taper stud threads only)***

Einschraubloch Form Z

DIN 3852-1 (metrisch)
 DIN 3852-2 (Rohrgewinde)
 (nur für kegelige Einschraubgewinde)***

Trou taraudé, forme Z

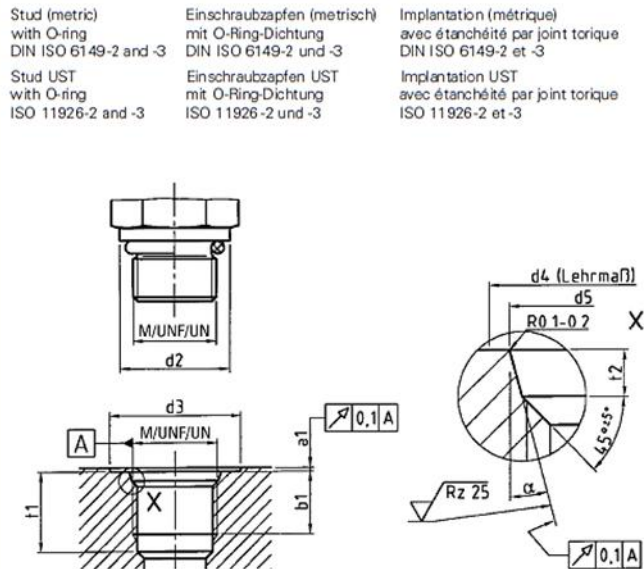
DIN 3852-1 (métrique)
 DIN 3852-2 (filetage Whitworth)
 (exclusivement pour filetages mâles coniques)***

M2	b2 min	t3 min
M 8 x 1 keg	5,5	10
M 10 x 1 keg	5,5	10
M 12 x 1,5 keg	8,5	13,5
M 14 x 1,5 keg	8,5	13,5
M 16 x 1,5 keg	8,5	13,5
M 18 x 1,5 keg	8,5	13,5
M 20 x 1,5 keg	10,5	15,5
M 22 x 1,5 keg	10,5	15,5

R	b2 min	t3 min
R 1/8 keg	5,5	9,5
R 1/4 keg	8,5	13,5
R 3/8 keg	8,5	13,5
R 1/2 keg	10,5	16,5

Metric ISO thread (parallel) DIN 13
UNF/UN thread ISO 725 / ANSI B1.1-1974
Metrisches ISO-Gewinde (zylindrisch) DIN 13
UNF/UN-Gewinde ISO 725 / ANSI B1.1-1974
Filetage métrique ISO (cylindrique) DIN 13
Filetage UNF/UN ISO 725 / ANSI B1.1-1974

NPT thread = ANSI/ASME B1.20.1 - 1983
NPT-Gewinde = ANSI/ASME B1.20.1 - 1983
Filetage NPT = ANSI/ASME B1.20.1 - 1983



Port form (metric)
for O-ring
DIN ISO 6149-1
ISO 11926-1 (UST)

Einschraubloch (metrisch)
für O-Ring-Dichtung
DIN ISO 6149-1
ISO 11926-1 (UST)

Taraudage (métrique)
pour étanchéité par joint torique
DIN ISO 6149-1
ISO 11926-1 (UST)

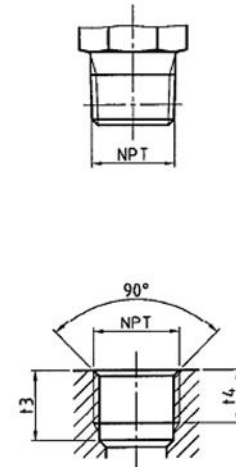
M	d ₂	d ₃ min.	d ₄	d ₅ +0,1	a ₁ max.	t ₂	t ₁ min.	b ₁ min.	α ±1°
M 8 x 1	10,9	17	11	9,1	1	1,6	11,5	10	12°
M 10 x 1	12,9	20	13	11,1	1	1,6	11,5	10	12°
M 12 x 1,5	16,9	22	16	13,8	1,5	2,4	14	11,5	15°
M 14 x 1,5	18,9	25	18	15,8	1,5	2,4	14	11,5	15°
M 16 x 1,5	20,9	27	20	17,8	1,5	2,4	15,5	13	15°
M 18 x 1,5	22,9	29	22	19,8	2	2,4	16,5	14,5	15°
M 20 x 1,5	24,9	32	24	21,8	2	2,4	16,5	14	15°
M 22 x 1,5	26,9	34	26	23,8	2	2,4	18	15,5	15°
M 26 x 1,5	30,9	37	31	29,05	2	3,1	18,5	16	15°
M 27 x 2	31,9	40	32	29,4	2	3,1	22	19	15°
M 33 x 2	37,9	46	38	35,4	2,5	3,1	22	19	15°
M 42 x 2	47,9	56	47	44,4	2,5	3,1	22,5	19,5	15°
M 48 x 2	54,9	64	53	50,4	2,5	3,1	25	22	15°

UNF/UN	d ₂	d ₃ min.	d ₄	d ₅ +0,1	a ₁ max.	t ₂	t ₁ min.	b ₁ min.	α ±1°
7/16 - 20 UNF	14,4	21	15	12,4	1,6	2,4	14	11,5	12°
9/16 - 18 UNF	17,6	25	18	15,6	1,6	2,5	15,5	12,7	12°
3/4 - 16 UNF	22,3	30	23	20,6	2,4	2,5	17,5	14,3	15°
7/8 - 14 UNF	25,5	34	26	23,9	2,4	2,5	20	16,7	15°
1 1/16 - 12 UN	31,9	41	32	29,2	2,4	3,3	23	19	15°
1 5/16 - 12 UN	38,2	49	39	35,5	3,2	3,3	23	19	15°
1 7/8 - 12 UN	47,7	58	48	43,5	3,2	3,3	23	19	15°

Stud
NPT
ANSI/ASME
B1.20.1-1983

Einschraubzapfen
NPT
ANSI/ASME
B1.20.1-1983

Implantation
NPT
ANSI/ASME
B1.20.1-1983



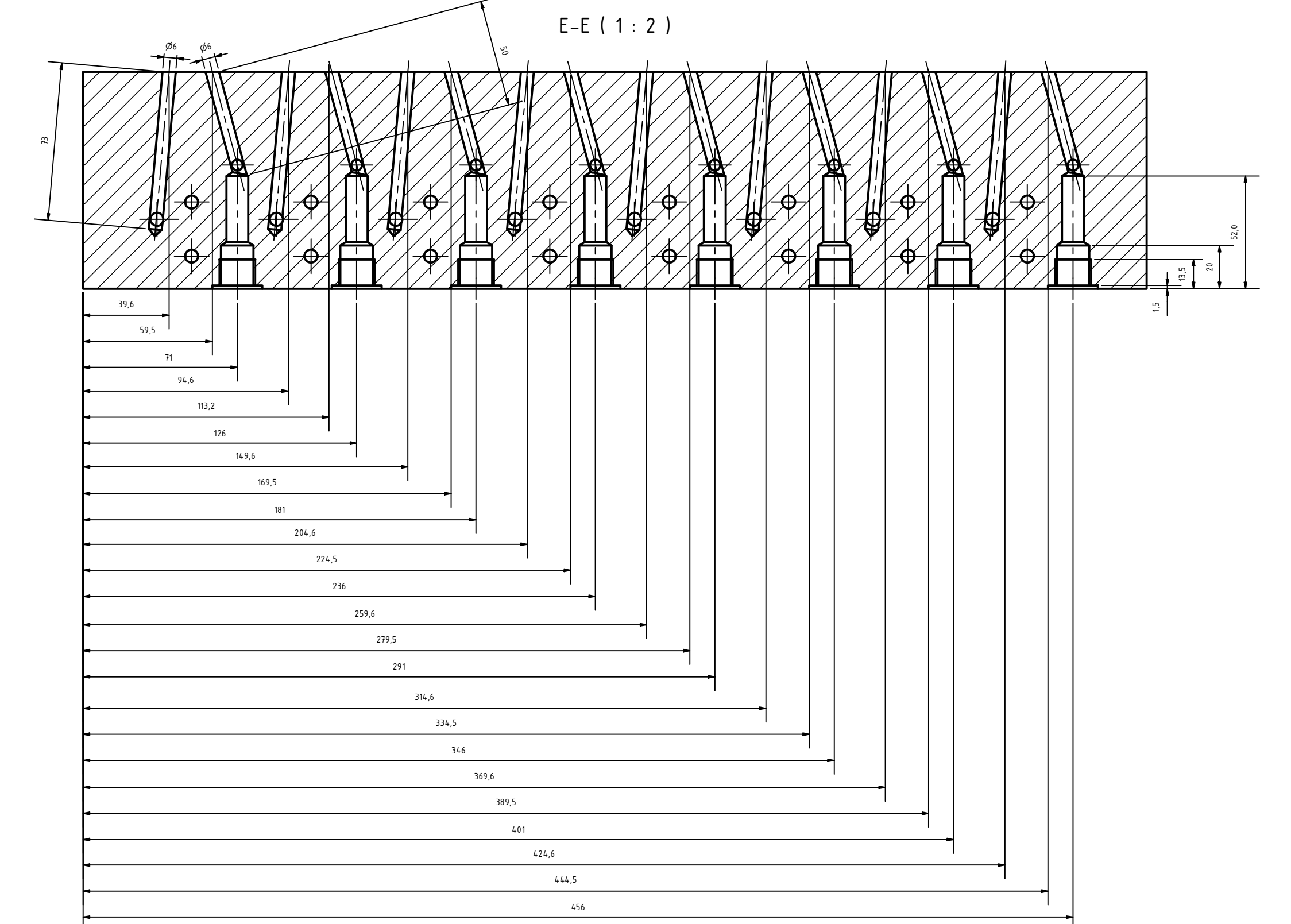
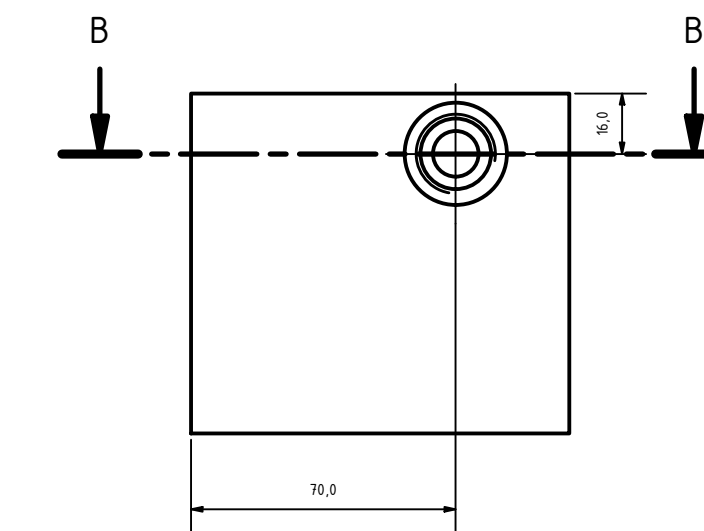
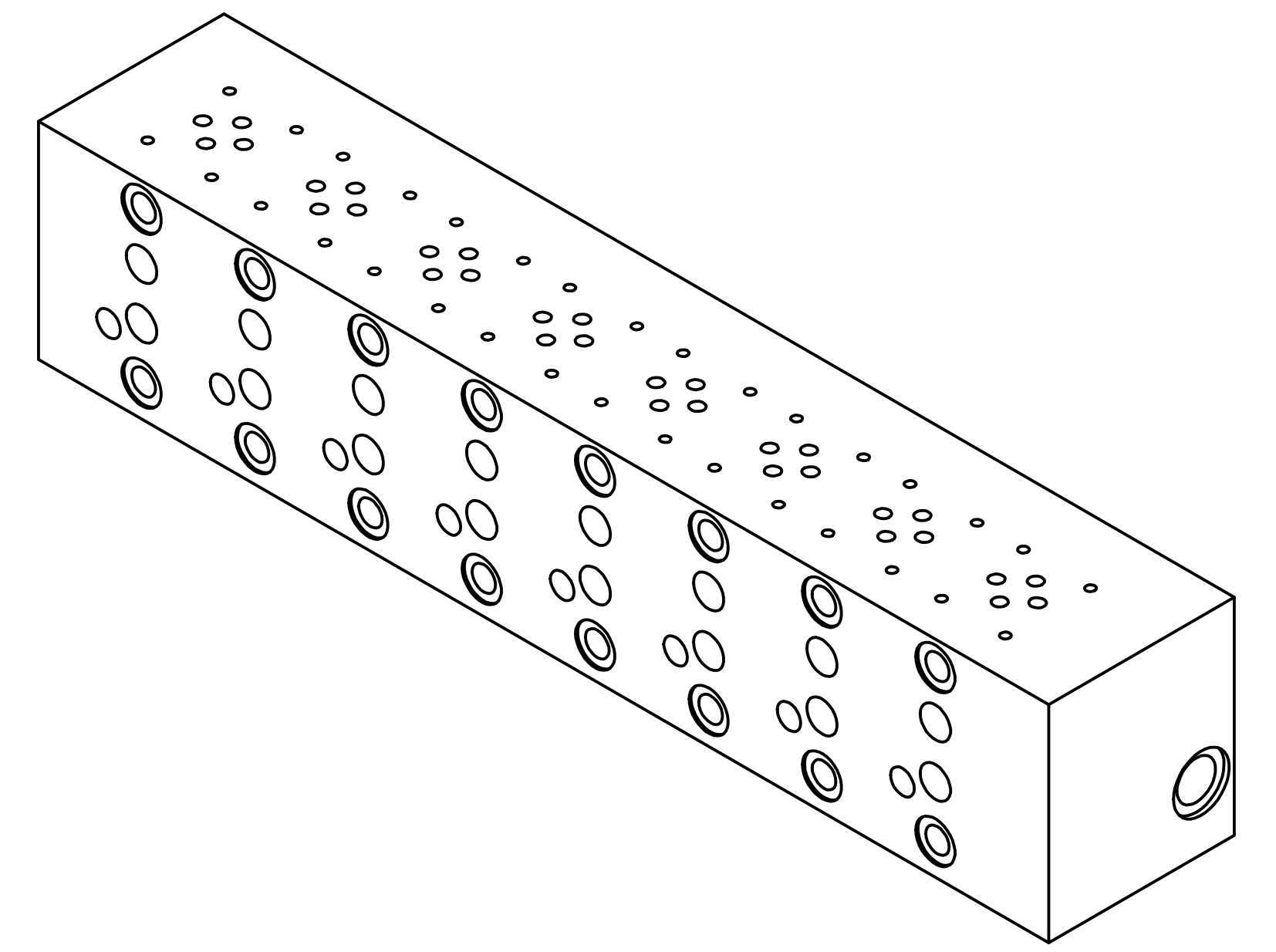
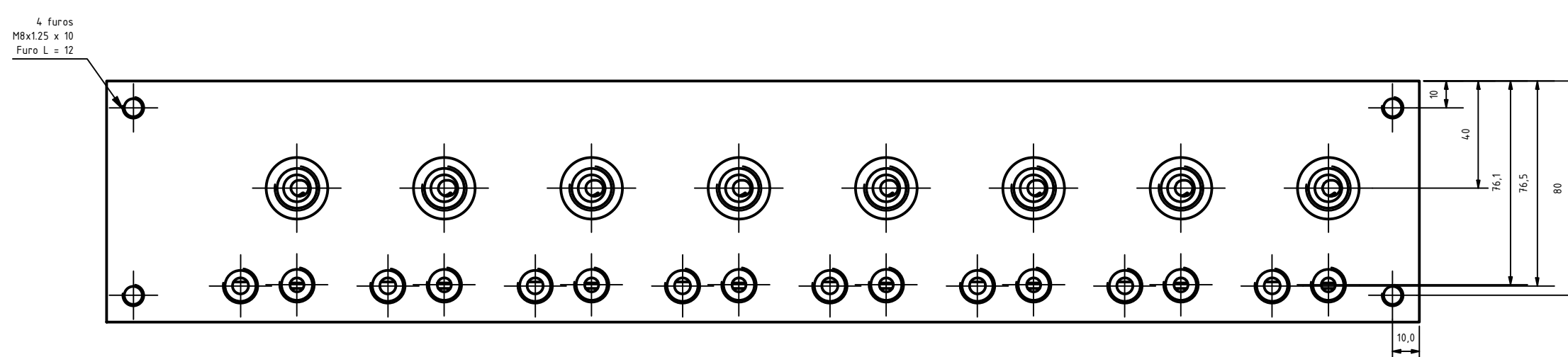
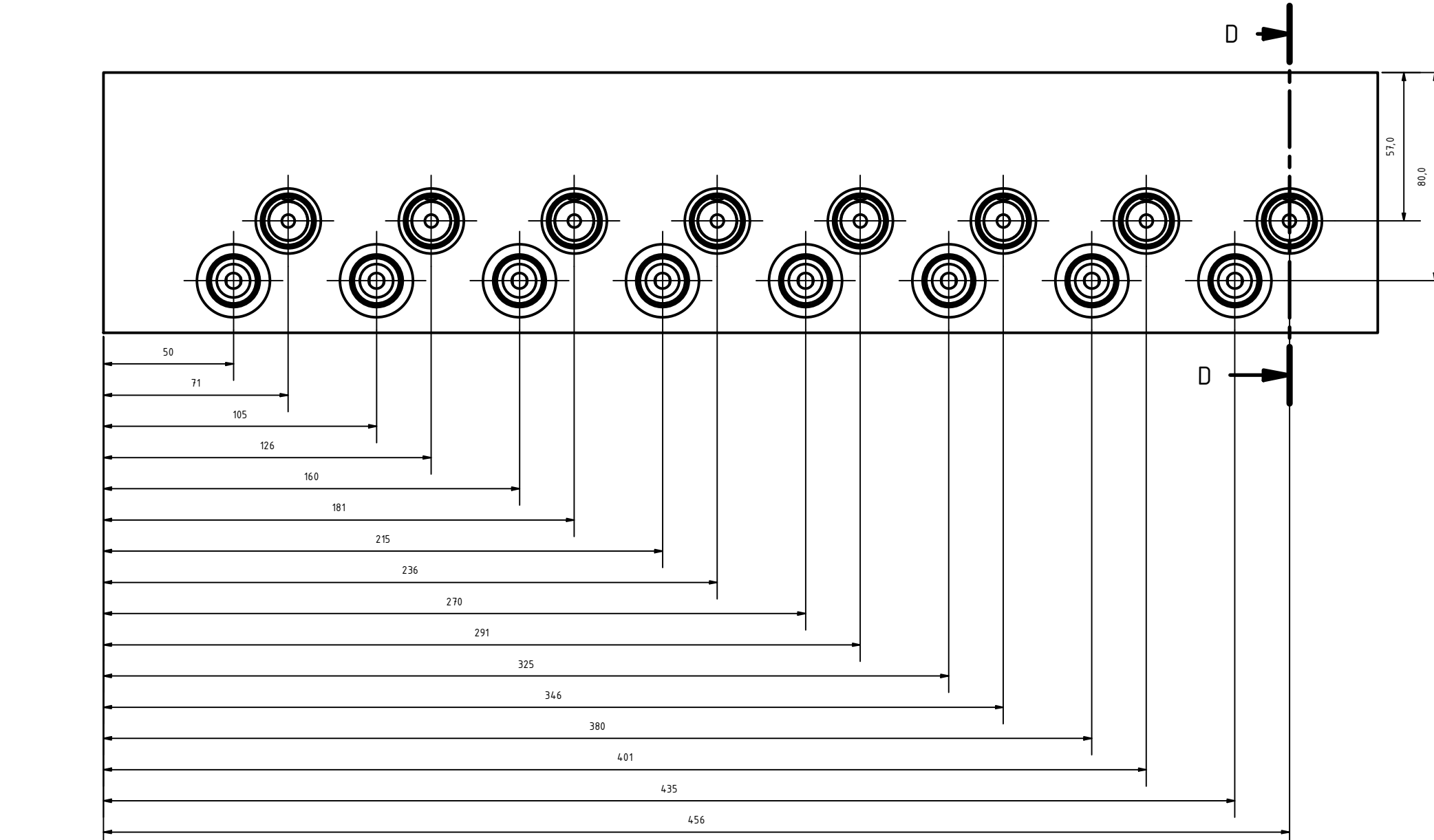
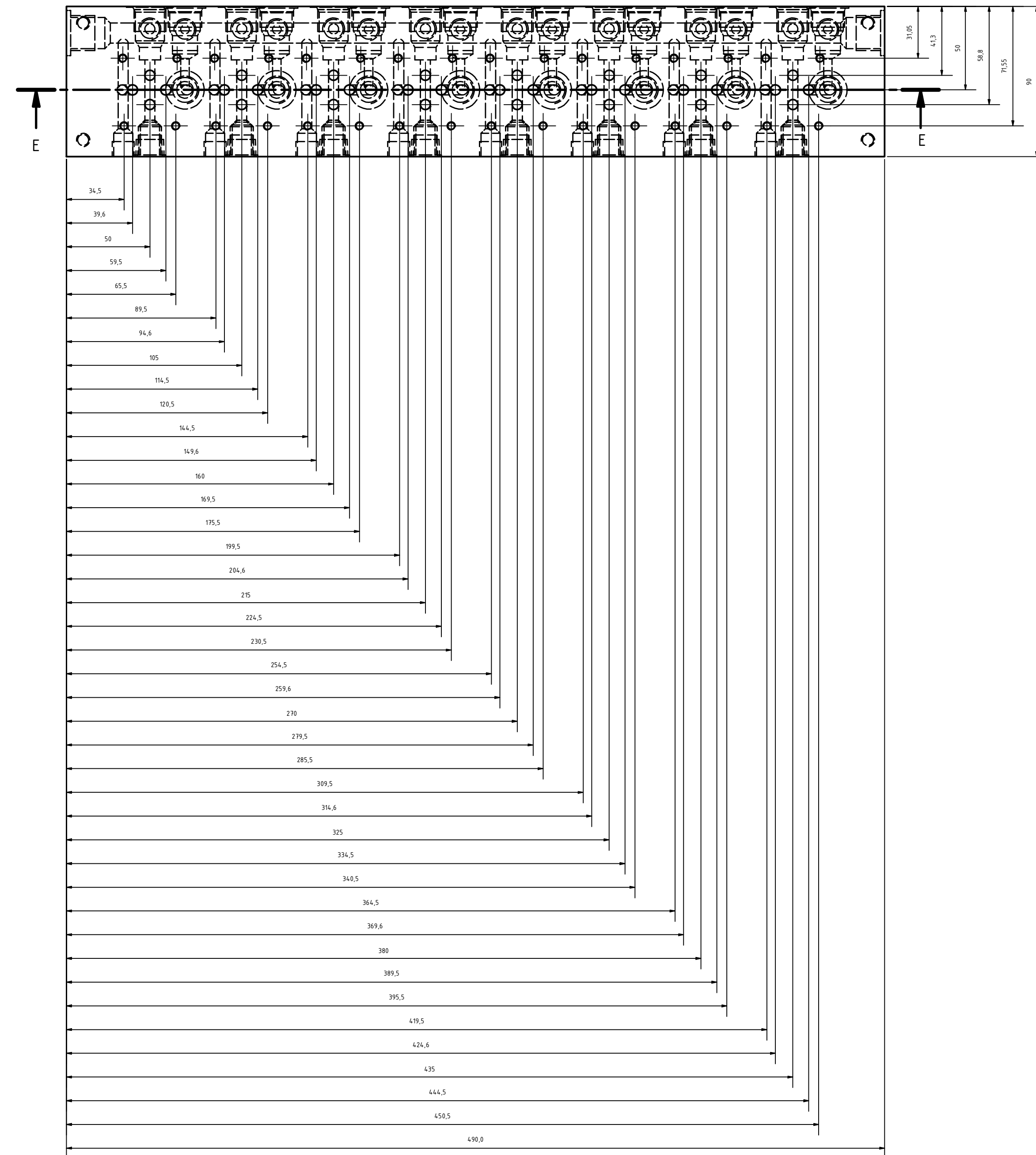
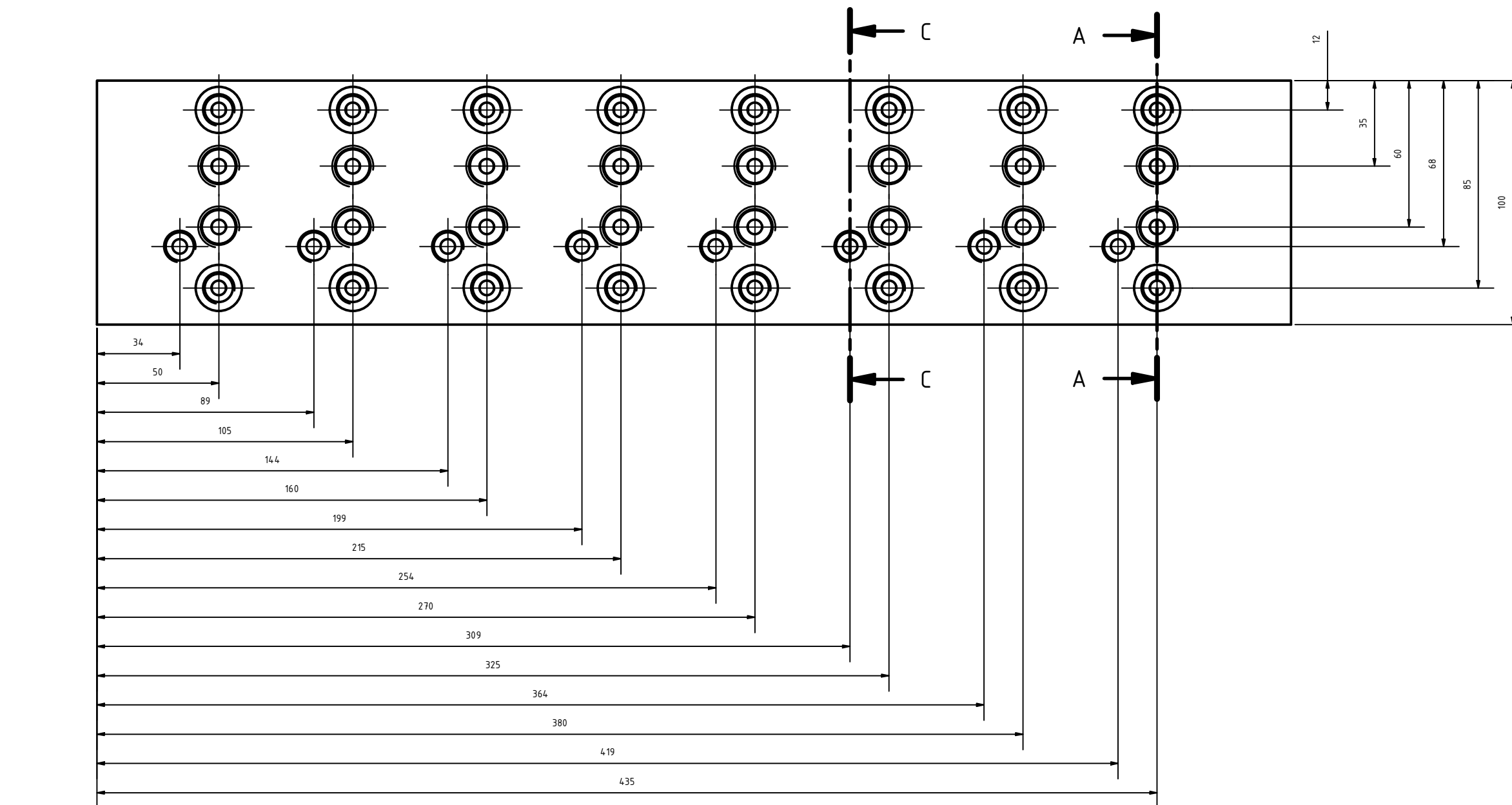
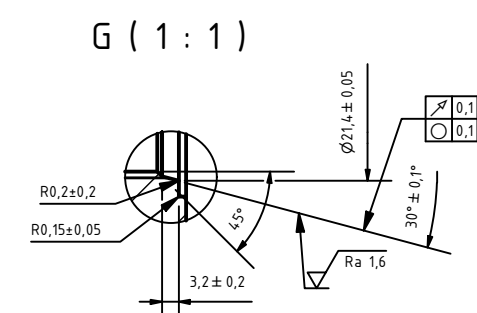
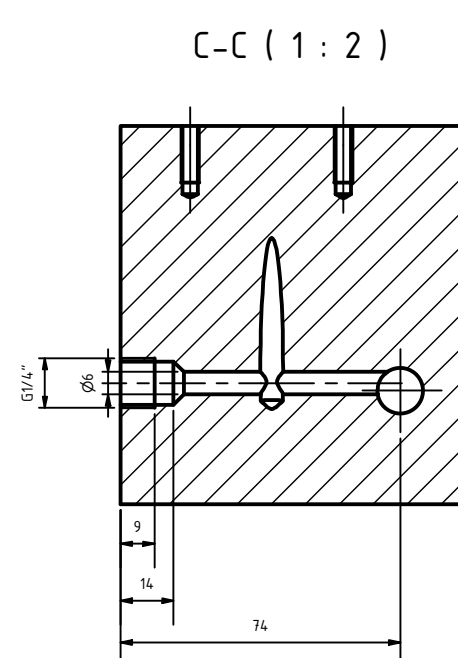
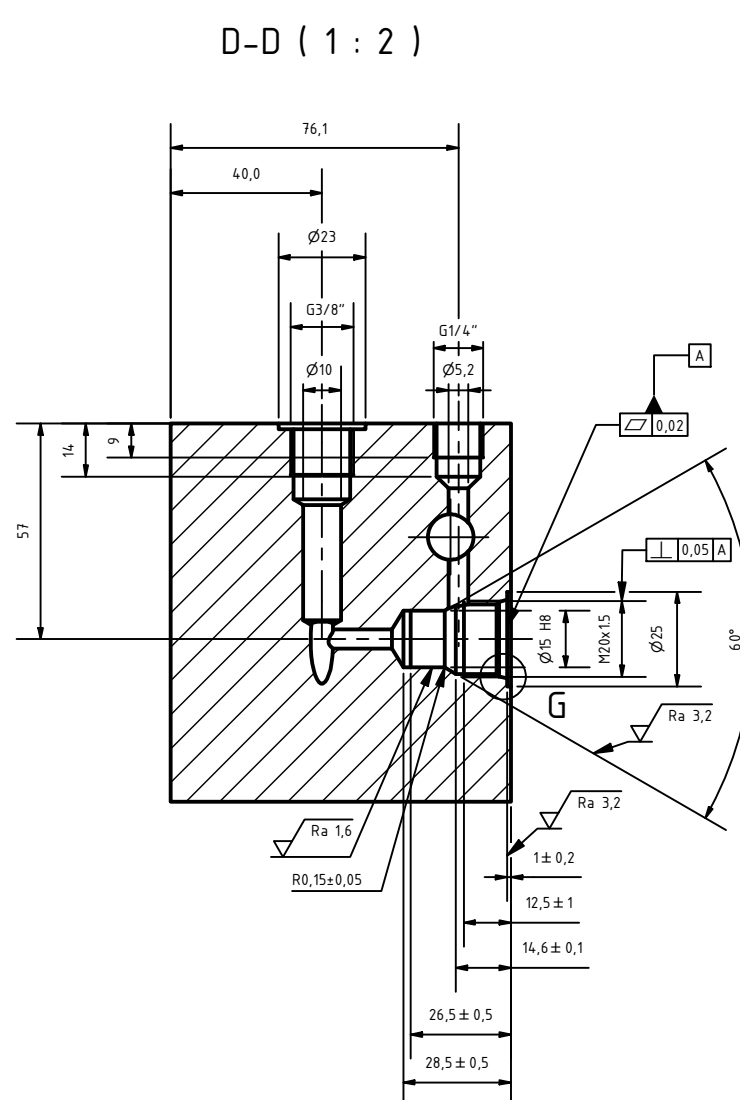
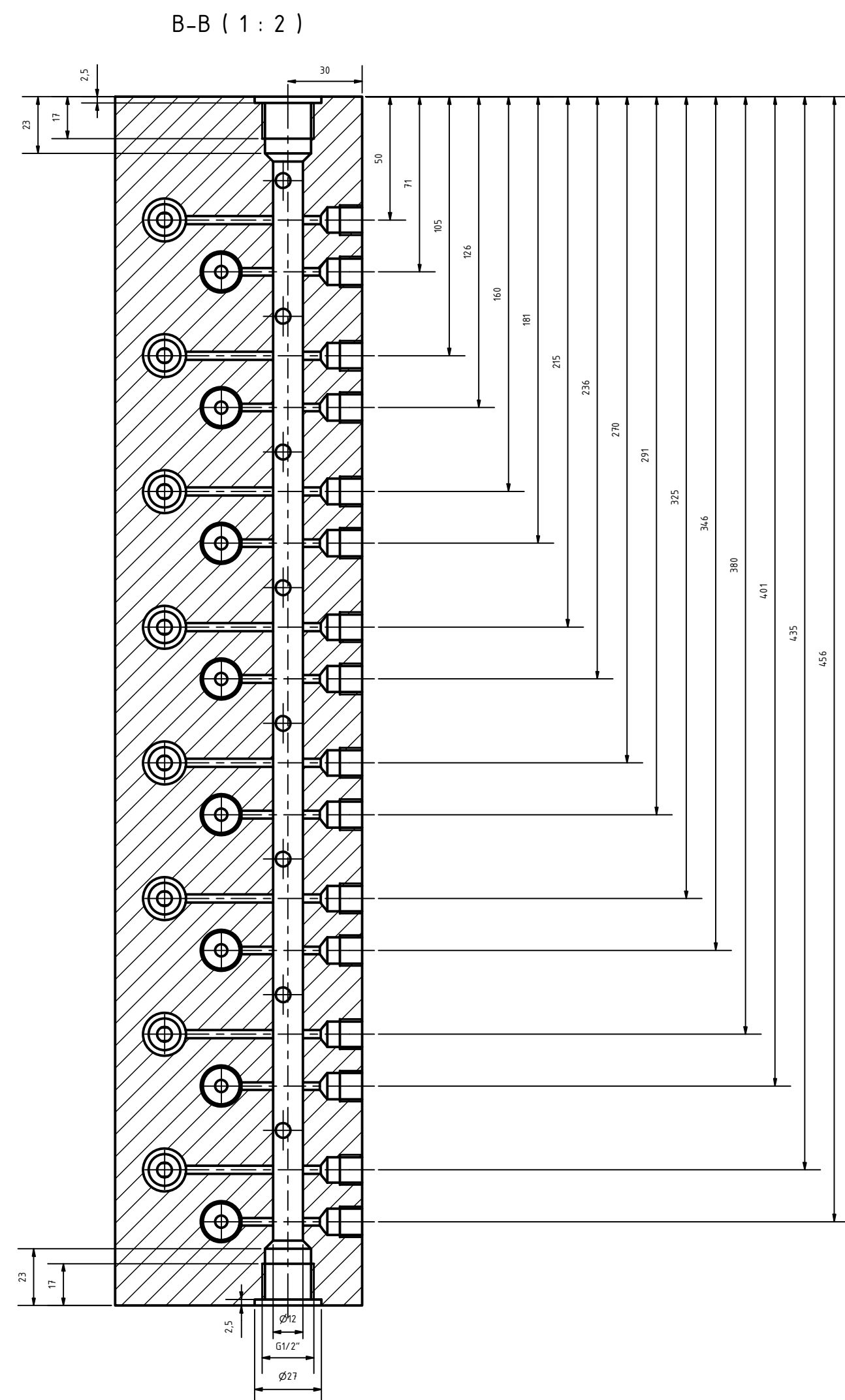
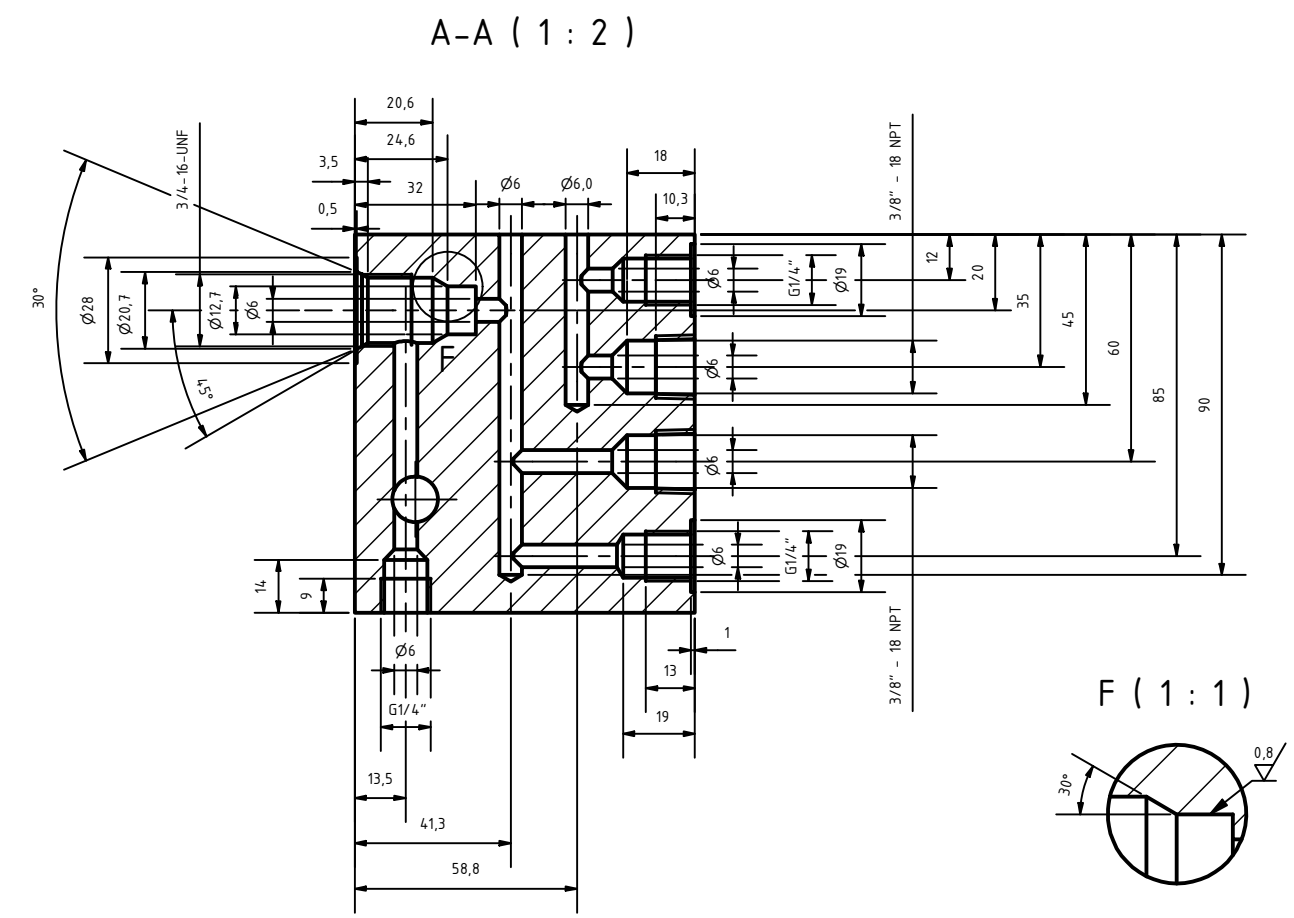
Port form
NPT
ANSI/ASME
B1.20.1-1983

Einschraubloch
NPT
ANSI/ASME
B1.20.1-1983

Taraudage
NPT
ANSI/ASME
B1.20.1-1983

d ₁ NPT	t ₃ min.	t ₄ min.
1/8 - 27 NPT	11,6	6,9
1/4 - 18 NPT	16,4	10,0
3/8 - 18 NPT	17,4	10,3
1/2 - 14 NPT	22,6	13,6
3/4 - 14 NPT	23,1	14,1
1 - 11,5 NPT	27,8	16,8
1 1/4 - 11,5 NPT	28,3	17,3
1 1/2 - 11,5 NPT	28,3	17,3

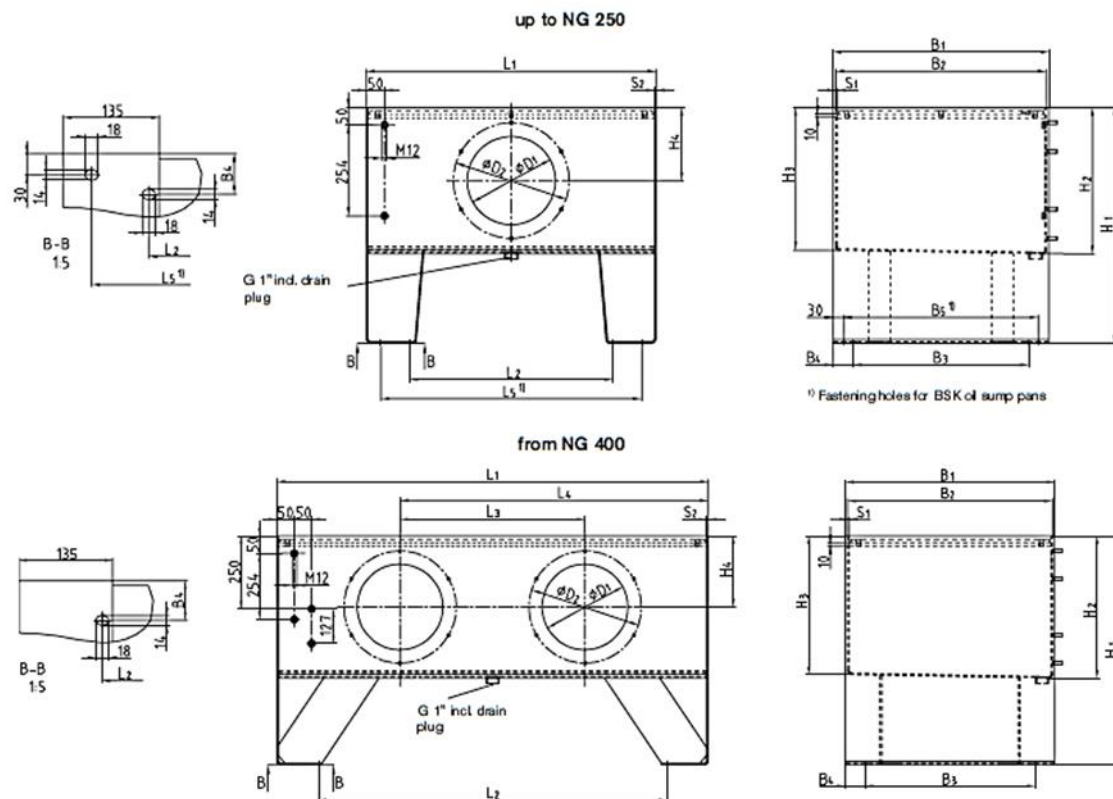
1.1 ANEXO 11 – DESENHO TÉCNICO - BLOCO HIDRÁULICO



Instituição: ISEP		Cidade: Coimbra		ESCALA / SCALE		TOLERÂNCIAMENTO		ACABAMENTO	
Departamento de Engenharia Mecânica		Instituto Superior de Engenharia do Porto		HCEN		1:2		Superficial	
Rua Dr. Bernardino Bernardo de Almeida, 431		4200-072 Porto		Data: 06/05/2021		Tipo: SFP		BLOCO HIDRÁULICO	
www.dem.issep.upp.pt		Departamento responsável:		Desenho: 150304-4		Desenho: 150304-4		DESENHO DE PEÇA	
Estat: 1		Data: 06/05/2021		Nome: 150304-4		1		40	

7.12 ANEXO 12 – DEPÓSITO SÉRIE BNK A – KTR

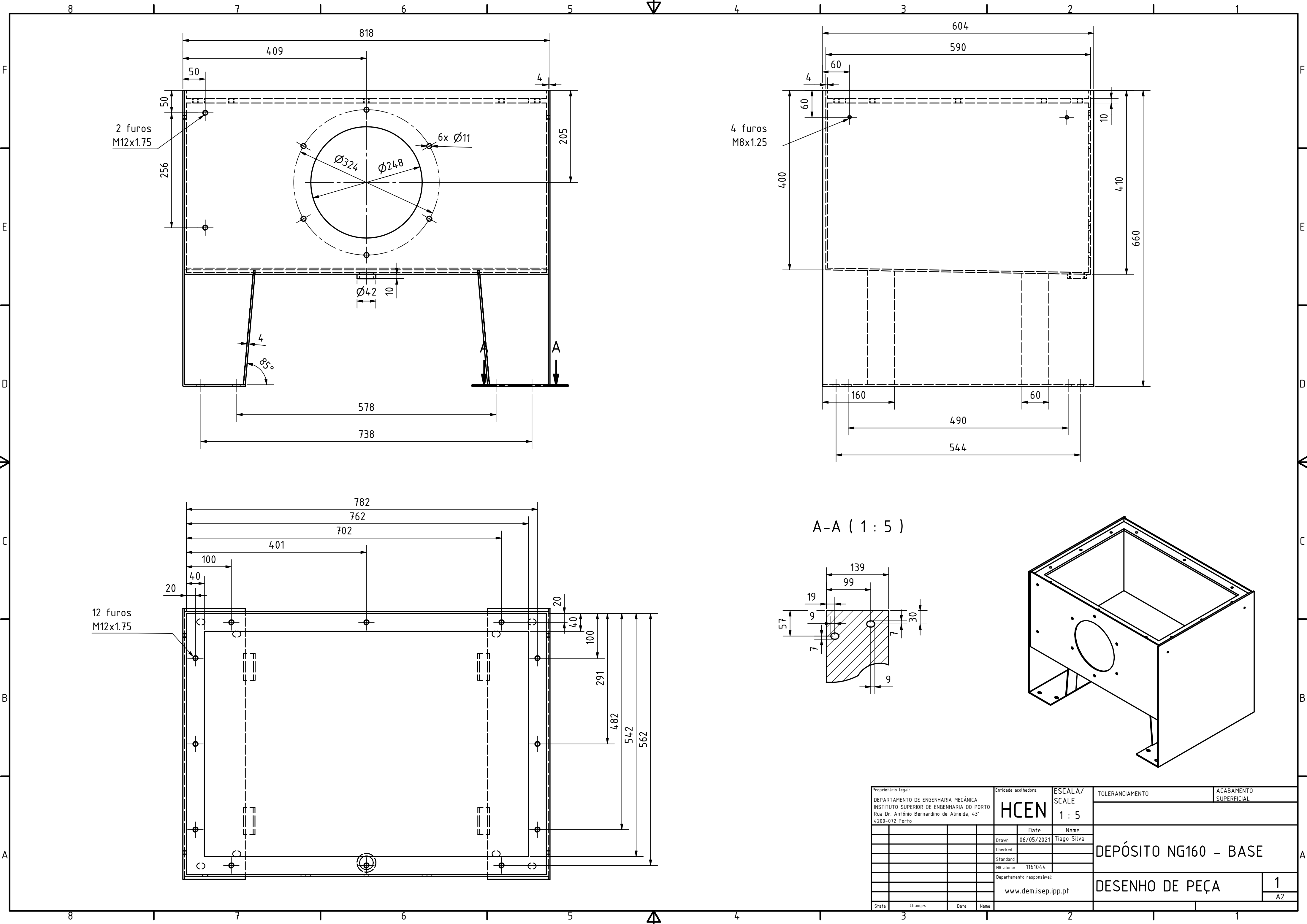
Series BNK type A (new) DIN24339



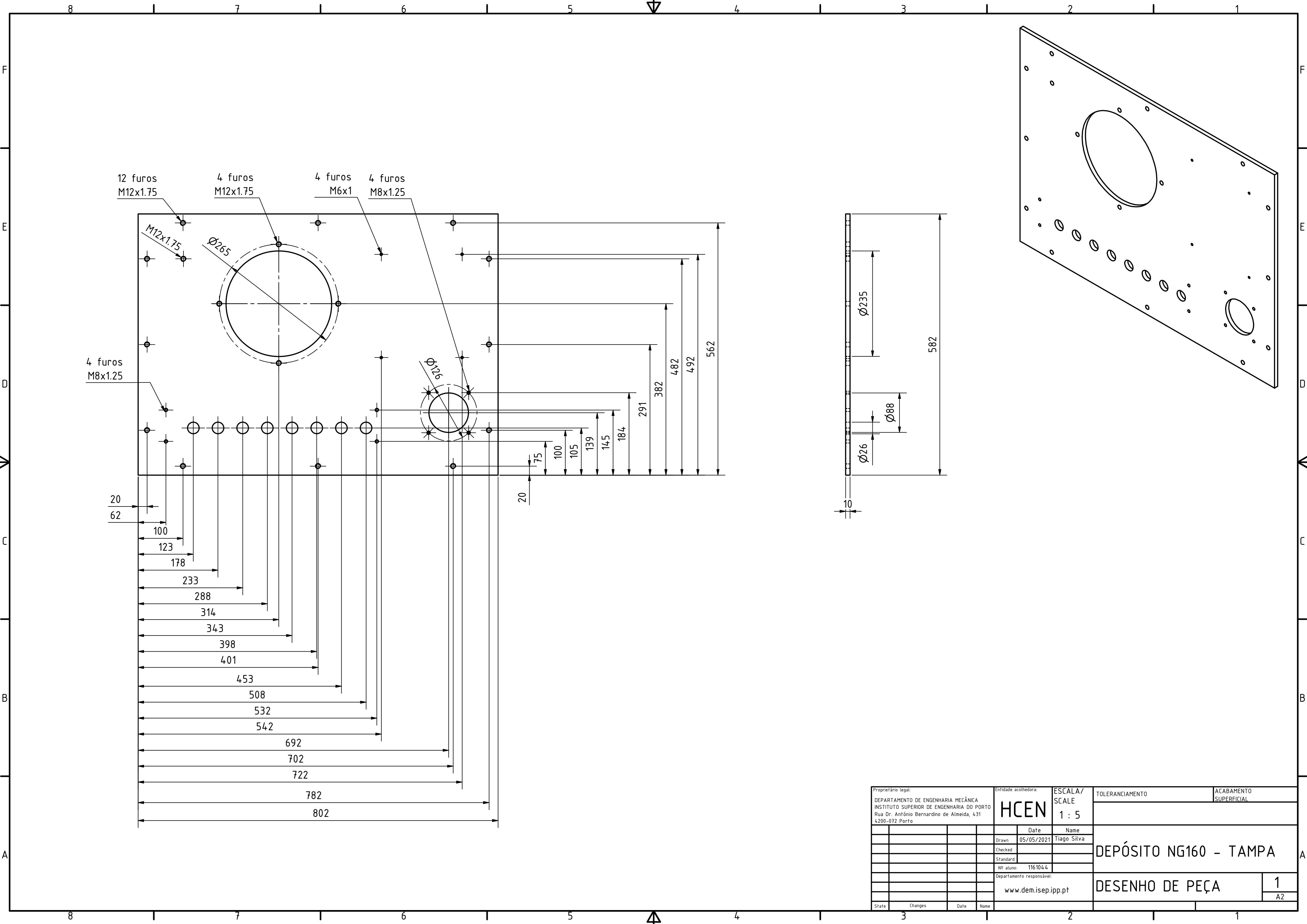
Series BNK design A, NG 63 - 2000																									
Order description	Material number	Effective vol. (litre)	Weight (kg)	Tank dimensions (mm)																Cleaning cover				Drilling pattern for oil level indicator	
NG				L1	L2	L3	L4	L5	B1	B2	B3	B4	B5	H1	H2	H3	H4	D1	D2	S1	S2	No.	Type	No.	
BNK 63 A/E	270635109000	59	47	508	308	-	-	428	375	365	285	45	315	660	410	404	205			3	3	1		1	KO03
BNK 100 A/E	271005109000	92	77	633	393	-	-	553	474	460	360	57	414	660	410	402	205			4	4	1		1	KO03
BNK 160 A/E	271605109000	152	109	810	570	-	-	730	604	590	490	57	544	660	410	400	205	248	324	4	4	1	V 324-6	1	KO03
BNK 250 A/E	272505109000	235	149	1010	770	-	-	930	704	690	590	57	644	680	430	418	215			4	4	1		1	KO03
BNK 400 A/E	274005109000	375	230	1512	1274	750	1131	1434	749	735	635	57	689	680	430	417	215			4	6	2		1	KO03
BNK 630 A/E	276305109000	595	300	1512	1274	750	1131	-	959	945	845	57	-	770	520	504	255			4	6	2		1	KO03
BNK 800 A/E	278005109000	752	382	2012	1774	1000	1506	-	914	900	800	57	-	770	520	504	255			5	6	2		1	KO03
BNK 1000 A/E	271015109000	945	445	2012	1774	1000	1506	-	1079	1065	965	57	-	800	550	531	265			5	6	2		1	KO03
BNK 1250 A/E	271255109000	1180	532	2012	1774	1000	1506	-	1349	1335	1235	57	-	800	550	527	265	383	449	5	6	2	V 449-6	1	KO03
BNK 1600 A/E	271615109000	1590	680	2016	1774	1000	1506	-	1444	1430	1330	57	-	900	650	625	325			6	8	2		2	KO03 + KO02
BNK 2000 A/E	272015109000	1960	805	2316	2070	1150	1733	-	1564	1550	1450	57	-	900	650	623	325			6	8	2		2	KO03 + KO02
= modified or added																									

= modified or added

7.13 ANEXO 13 – DESENHO TÉCNICO – BASE DO DEPÓSITO

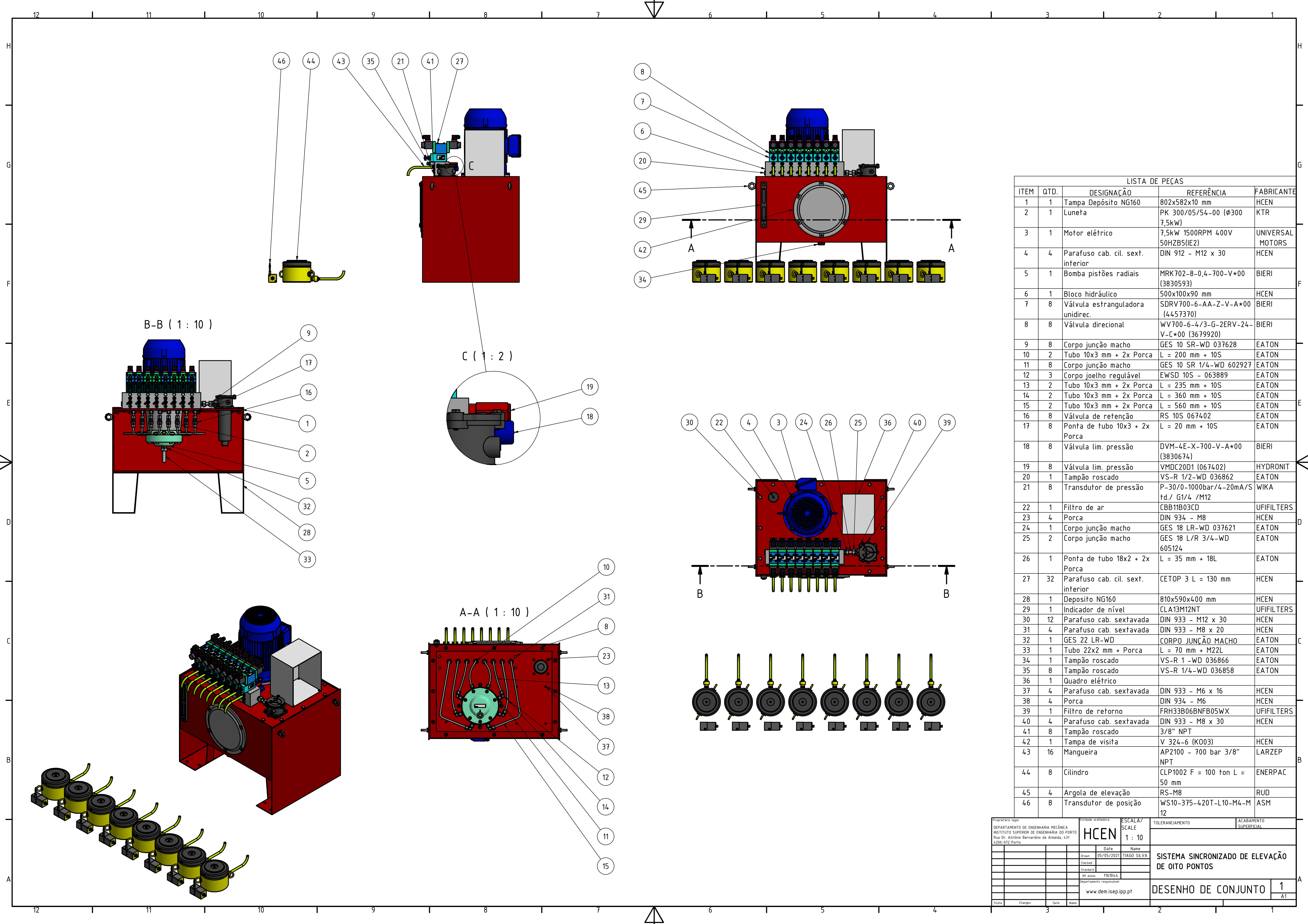


7.14 ANEXO 14 – DESENHO TÉCNICO – TAMPA DO DEPÓSITO



Proprietário legal: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto				Entidade acolhedora: HCEN		ESCALA/ SCALE 1 : 5	TOLERANCIAMENTO	ACABAMENTO SUPERFICIAL
					Date 05/05/2021	Name Tiago Silva	DEPÓSITO NG160 - TAMPA	
					Drawn			
					Checked			
					Standard			
					Nº aluno:	1161044	DESENHO DE PEÇA	
					Departamento responsável:	www.dem.isep.ipp.pt		
State	Changes	Date	Name				1	A2

7.15 ANEXO 15 – DESENHO DE CONJUNTO – SISTEMA SINCRONIZADO DE ELEVÇÃO DE OITO PONTOS



LISTA DE PEÇAS			
ITEM	QTD.	DESIGNAÇÃO	REFERÊNCIA
1	1	Tampa Depósito NG160	802x582x10 mm
2	1	Luneta	PK 300/05/54-00 (Ø300 7,5kW)
3	1	Motor elétrico	7,5kW 1500RPM 400V 50HZB5(IE2)
4	4	Parafuso cab. cil. sext. interior	DIN 912 - M12 x 30
5	1	Bomba pistões radiais	MRK702-8-0,4-700-V*00 (3830593)
6	1	Bloco hidráulico	500x100x90 mm
7	8	Válvula estranguladora unidirec.	SDRV700-6-AA-Z-V-A*00 (4457370)
8	8	Válvula direcional	WV700-6-4/3-G-2ERV-24-V-C*00 (3679920)
9	8	Corpo junção macho	GES 10 SR-WD 037628
10	2	Tubo 10x3 mm + 2x Porca	L = 200 mm + 10S
11	8	Corpo junção macho	GES 10 SR 1/4-WD 602927
12	3	Corpo joelho regulável	EWSD 10S - 063889
13	2	Tubo 10x3 mm + 2x Porca	L = 235 mm + 10S
14	2	Tubo 10x3 mm + 2x Porca	L = 360 mm + 10S
15	2	Tubo 10x3 mm + 2x Porca	L = 560 mm + 10S
16	8	Válvula de retenção	RS 10S 067402
17	8	Ponta de tubo 10x3 + 2x Porca	L = 20 mm + 10S
18	8	Válvula lim. pressão	DVM-4E-X-700-V-A*00 (3830674)
19	8	Válvula lim. pressão	VMDC20D1 (067402)
20	1	Tampão roscado	VS-R 1/2-WD 036862
21	8	Transdutor de pressão	P-30/0-1000bar/4-20mA/S td./ G1/4 /M12
22	1	Filtro de ar	CBB11B03CD
23	4	Porca	DIN 934 - M8
24	1	Corpo junção macho	GES 18 LR-WD 037621
25	2	Corpo junção macho	GES 18 L/R 3/4-WD 605124
26	1	Ponta de tubo 18x2 + 2x Porca	L = 35 mm + 18L
27	32	Parafuso cab. cil. sext. interior	CETOP 3 L = 130 mm
28	1	Deposito NG160	810x590x400 mm
29	1	Indicador de nível	CLA13M12NT
30	12	Parafuso cab. sextavada	DIN 933 - M12 x 30
31	4	Parafuso cab. sextavada	DIN 933 - M8 x 20
32	1	GES 22 LR-WD	CORPO JUNÇÃO MACHO
33	1	Tubo 22x2 mm + Porca	L = 70 mm + M22L
34	1	Tampão roscado	VS-R 1 -WD 036866
35	8	Tampão roscado	VS-R 1/4-WD 036858
36	1	Quadro elétrico	
37	4	Parafuso cab. sextavada	DIN 933 - M6 x 16
38	4	Porca	DIN 934 - M6
39	1	Filtro de retorno	FRH33B06BNFB05WX
40	4	Parafuso cab. sextavada	DIN 933 - M8 x 30
41	8	Tampão roscado	3/8" NPT
42	1	Tampa de visita	V 324-6 (K003)
43	16	Mangueira	AP2100 - 700 bar 3/8" NPT
44	8	Cilindro	CLP1002 F = 100 ton L = 50 mm
45	4	Argola de elevação	RS-M8
46	8	Transdutor de posição	WS10-375-420T-L10-M4-M 12

Proprietário legal:				Entidade controladora:		ESCALA/ SCALE		TOLERÂNCIAMENTO		ACABAMENTO SUPERFICIAL	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA				HCEN		1 : 10					
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO											
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431											
4200-072 Porto											
				Date		Name		SISTEMA SINCRONIZADO DE ELEVAÇÃO DE OITO PONTOS			
				05/05/2021		TIAGO SILVA					
				checked							
				Standard							
				NF alone: 116104.4							
				Departamento responsável:				DESENHO DE CONJUNTO			
				www.dem.isep.ipp.pt							
State		Changes		Date		Name		1			
								A1			

7.16 ANEXO 16 – CPU 1214C – 6ES7214-1BG40-0XB0 – SIEMENS

General information	
Product type designation	CPU 1214C AC/DC/relay
Firmware version	V4.2
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V14 or higher
Supply voltage	
Rated value (AC)	
• 120 V AC	Yes
• 230 V AC	Yes
permissible range, lower limit (AC)	85 V
permissible range, upper limit (AC)	264 V
Line frequency	
• permissible range, lower limit	47 Hz
• permissible range, upper limit	63 Hz
Input current	
Current consumption (rated value)	100 mA at 120 V AC; 50 mA at 240 V AC
Current consumption, max.	300 mA at 120 V AC; 150 mA at 240 V AC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	20.4 to 28.8V
Power loss	
Power loss, typ.	14 W
Memory	
Work memory	
• integrated	100 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes
• maintenance-free	Yes
• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction

Digital inputs	
Number of digital inputs	14; Integrated
• of which inputs usable for technological functions	6; HSC (High Speed Counting)
Source/sink input	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	14
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	5 V DC at 1 mA
• for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— parameterizable	0.2 ms, 0.4 ms, 0.8 ms, 1.6 ms, 3.2 ms, 6.4 ms and 12.8 ms, selectable in groups of four
— at "0" to "1", min.	0.2 ms
— at "0" to "1", max.	12.8 ms
• "1" to "0", max.	10 ms; max.
Relay outputs	
• Number of operating cycles, max.	mechanically 10 million, at rated load voltage 100 000
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Number of analog inputs	2
Input ranges	
• Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
• Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
• shielded, max.	100 m; twisted and shielded
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Analog value generation for the inputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
• Integration time, parameterizable	Yes
• Conversion time (per channel)	625 µs

7.17 ANEXO 17 – PROGRAMAÇÃO PLC– TIA PORTALV16

Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / PLC tags

Variáveis [270]

PLC tags				
	Name	Data type	Address	Comment
	EM	Bool	%I0.0	Botão Emergencia - Ativação Estado Emergencia
	FR	Bool	%I0.1	Indicador de filtragem
	IN	Bool	%I0.2	Indicador de nivel
	TPR1	Int	%IW64	Analogico Pressão 1
	TPR2	Int	%IW66	Analogico Pressão 2
	TPR3	Int	%IW96	Analogico Pressão 3
	TPR4	Int	%IW98	Analogico Pressão 4
	TPR5	Int	%IW100	Analogico Pressão 5
	TPR6	Int	%IW102	Analogico Pressão 6
	TPR7	Int	%IW104	Analogico Pressão 7
	TPR8	Int	%IW106	Analogico Pressão 8
	TPS1	Int	%IW108	Analogico Posição 1
	TPS2	Int	%IW110	Analogico Posição 2
	TPS3	Int	%IW112	Analogico Posição 3
	TPS4	Int	%IW114	Analogico Posição 4
	TPS5	Int	%IW116	Analogico Posição 5
	TPS6	Int	%IW118	Analogico Posição 6
	TPS7	Int	%IW120	Analogico Posição 7
	TPS8	Int	%IW122	Analogico Posição 8
	RPM	Int	%IW124	Analogico velocidade rotação motor
	A1	Bool	%Q0.0	Avanço cilindro 1
	A2	Bool	%Q0.1	Avanço cilindro 2
	A3	Bool	%Q0.2	Avanço cilindro 3
	A4	Bool	%Q0.3	Avanço cilindro 4
	A5	Bool	%Q0.4	Avanço cilindro 5
	A6	Bool	%Q0.5	Avanço cilindro 6
	A7	Bool	%Q0.6	Avanço cilindro 7
	A8	Bool	%Q0.7	Avanço cilindro 8
	R1	Bool	%Q1.0	Recuo cilindro 1
	R2	Bool	%Q1.1	Recuo cilindro 2
	R3	Bool	%Q1.2	Recuo cilindro 3
	R4	Bool	%Q1.3	Recuo cilindro 4
	R5	Bool	%Q1.4	Recuo cilindro 5
	R6	Bool	%Q1.5	Recuo cilindro 6
	R7	Bool	%Q1.6	Recuo cilindro 7
	R8	Bool	%Q1.7	Recuo cilindro 8

Totally Integrated Automation Portal				
	Name	Data type	Address	Comment
	MB	Bool	%Q2.0	Conjunto motor-bomba
	ALM	Bool	%Q2.1	Alarme
	Etapa 0	Bool	%M0.0	Etapa inicial
	Etapa 1	Bool	%M0.1	Modo automatico
	Etapa 2	Bool	%M0.2	Movimento por força de encosto
	Etapa 3	Bool	%M0.3	Movimento por curso
	Etapa 4	Bool	%M0.4	Modo Manual
	Etapa 5	Bool	%M0.5	Movimento por curso
	Etapa10	Bool	%M1.0	Etapa inicial
	Etapa11	Bool	%M1.1	Desativação do sistema por emergen- cia
	Etapa12	Bool	%M1.2	Modo de emergencia
	Etapa13	Bool	%M1.3	Movimento por curso - modo de emer- gencia
	SETUP	Bool	%M1.5	Ativação movimento por força de en- costo
	Move	Bool	%M1.6	Ativação movimento por curso
	Botão EM	Bool	%M1.7	Emergência HMI
	Cilindro 1	Bool	%M2.0	Botão cilindro1
	Cilindro 2	Bool	%M2.1	botao cilindro 2
	Cilindro 3	Bool	%M2.2	botao cilindro 3
	Cilindro 4	Bool	%M2.3	botao cilindro 4
	Cilindro 5	Bool	%M2.4	botao cilindro 5
	Cilindro 6	Bool	%M2.5	botao cilindro 6
	Cilindro 7	Bool	%M2.6	botao cilindro 7
	Cilindro 8	Bool	%M2.7	botao cilindro 8
	STOP	Bool	%M3.0	Paragem do movimento dos cilindros
	Botão OK	Bool	%M3.1	Desativação do modo de emergência
	Lock	Bool	%M3.2	Confirmação seleção dos cilindros
	Movimento	Bool	%M3.3	Início do movimento dos cilindro por curso
	DOWN	Bool	%M3.4	Descida do cilindro
	Reset	Bool	%M3.5	Reset da seleção dos cilindros
	UP	Bool	%M3.6	Subida do cilindro
	FF	Bool	%M4.0	Prevalência Força de emergencia a se- gurança
	DD	Bool	%M4.1	Prevalência Distância de emergencia a segurança
	Emergencia	Bool	%M4.2	Emergencia - HMI
	Tempo paragem	Bool	%M4.3	Tempo no modo de emergência
	TP	Bool	%M4.4	Tempo de paragem
	TO	Bool	%M4.5	Tempo de operação
	Zerar	Bool	%M4.7	Zerar os cilindros
	System_Byte	Byte	%MB10	Ignorar
	FirstScan	Bool	%M10.0	Arranque do PLC

	Name	Data type	Address	Comment
	DiagStatusUpdate	Bool	%M10.1	Ignorar
	AlwaysTRUE	Bool	%M10.2	Ignorar
	AlwaysFALSE	Bool	%M10.3	Ignorar
	Estado	Word	%MW1000	Estado do sistema
	Escolha força	Int	%MW1002	Força de encosto
	Escolha posição	Int	%MW1004	Escolha do curso do movimento
	Força S1	Int	%MW1006	Força de segurança cilindro 1
	Força S2	Int	%MW1008	Força de segurança cilindro 2
	Força S3	Int	%MW1010	Força de segurança cilindro 3
	Força S4	Int	%MW1012	Força de segurança cilindro 4
	Força S5	Int	%MW1014	Força de segurança cilindro 5
	Força S6	Int	%MW1016	Força de segurança cilindro 6
	Força S7	Int	%MW1018	Força de segurança cilindro 7
	Força S8	Int	%MW1020	Força de segurança cilindro 8
	Força E1	Int	%MW1022	Força de emergencia cilindro 1
	Força E2	Int	%MW1024	Força de emergencia cilindro 2
	Força E3	Int	%MW1026	Força de emergencia cilindro 3
	Força E4	Int	%MW1028	Força de emergencia cilindro 4
	Força E5	Int	%MW1030	Força de emergencia cilindro 5
	Força E6	Int	%MW1032	Força de emergencia cilindro 6
	Força E7	Int	%MW1034	Força de emergencia cilindro 7
	Força E8	Int	%MW1036	Força de emergencia cilindro 8
	Distância Segurança	Int	%MW1038	Distancia de segurança entre cilindros em movimento
	Distância Emergência	Int	%MW1040	Distancia de emergencia entre cilindros em movimento
	Pressão1	Int	%MW1042	Pressão cilindro 1
	Pressão2	Int	%MW1044	Pressão cilindro 2
	Pressão3	Int	%MW1046	Pressão cilindro 3
	Pressão4	Int	%MW1048	Pressão cilindro 4
	Pressão5	Int	%MW1050	Pressão cilindro 5
	Pressão6	Int	%MW1052	Pressão cilindro 6
	Pressão7	Int	%MW1054	Pressão cilindro 7
	Pressão8	Int	%MW1056	Pressão cilindro 8
	Posição1	Int	%MW1058	Posição cilindro 1
	Posição2	Int	%MW1060	Posição cilindro 2
	Posição3	Int	%MW1062	Posição cilindro 3
	Posição4	Int	%MW1064	Posição cilindro 4
	Posição5	Int	%MW1066	Posição cilindro 5
	Posição6	Int	%MW1068	Posição cilindro 6
	Posição7	Int	%MW1070	Posição cilindro 7
	Posição8	Int	%MW1072	Posição cilindro 8
	Rotações	Int	%MW1074	Velocidade rotação motor eletrico

Totally Integrated Automation Portal				
	Name	Data type	Address	Comment
	Caudal	Int	%MW1076	Caudal da bomba
	TOL	Int	%MW1078	Toleranciamento no movimento por sincronismo
	ID.Cil	Int	%MW1080	Identificação do cilindro mais elevado
	desvio.max	Int	%MW1082	Desvio máximo das posições de referência
	Desl. Máximo	Int	%MW1084	Posição mais elevada
	Força1	Int	%MW1086	Carga cilindro 1
	Força2	Int	%MW1088	Carga cilindro 2
	Força3	Int	%MW1090	Carga cilindro 3
	Força4	Int	%MW1092	Carga cilindro 4
	Força5	Int	%MW1094	Carga cilindro 5
	Força6	Int	%MW1096	Carga cilindro 6
	Força7	Int	%MW1098	Carga cilindro 7
	Força8	Int	%MW1100	Carga cilindro 8
	FAS1	Int	%MW1102	Variavel auxiliar
	FAS2	Int	%MW1104	Variavel auxiliar
	FAS3	Int	%MW1106	Variavel auxiliar
	FAS4	Int	%MW1108	Variavel auxiliar
	FAS5	Int	%MW1110	Variavel auxiliar
	FAS6	Int	%MW1112	Variavel auxiliar
	FAS7	Int	%MW1114	Variavel auxiliar
	FAS8	Int	%MW1116	Variavel auxiliar
	FAE1	Int	%MW1118	Variavel auxiliar
	FAE2	Int	%MW1120	Variavel auxiliar
	FAE3	Int	%MW1122	Variavel auxiliar
	FAE4	Int	%MW1124	Variavel auxiliar
	FAE5	Int	%MW1126	Variavel auxiliar
	FAE6	Int	%MW1128	Variavel auxiliar
	FAE7	Int	%MW1130	Variavel auxiliar
	FAE8	Int	%MW1132	Variavel auxiliar
	Dife.real1	Int	%MW1134	Diferença real cilindro 1 e cilindro mais elevado
	Dife.real2	Int	%MW1136	Diferença real cilindro 2 e cilindro mais elevado
	Dife.real3	Int	%MW1138	Diferença real cilindro 3 e cilindro mais elevado
	Dife.real4	Int	%MW1140	Diferença real cilindro 4 e cilindro mais elevado
	Dife.real5	Int	%MW1142	Diferença real cilindro 5 e cilindro mais elevado
	Dife.real6	Int	%MW1144	Diferença real cilindro 6 e cilindro mais elevado
	Dife.real7	Int	%MW1146	Diferença real cilindro 7 e cilindro mais elevado
	Dife.real8	Int	%MW1148	Diferença real cilindro 8 e cilindro mais elevado
	Desvio1	Int	%MW1150	toleranciamento 1

Totally Integrated Automation Portal				
	Name	Data type	Address	Comment
	Desvio2	Int	%MW1152	toleranciamento 2
	Desvio3	Int	%MW1154	toleranciamento 3
	Desvio4	Int	%MW1156	toleranciamento 4
	Desvio5	Int	%MW1158	toleranciamento 5
	Desvio6	Int	%MW1160	toleranciamento 6
	Desvio7	Int	%MW1162	toleranciamento 7
	Desvio8	Int	%MW1164	toleranciamento 8
	AP1	Real	%MD1166	Variavel auxiliar
	AP2	Real	%MD1170	Variavel auxiliar
	AP3	Real	%MD1174	Variavel auxiliar
	AP4	Real	%MD1178	Variavel auxiliar
	AP5	Real	%MD1182	Variavel auxiliar
	AP6	Real	%MD1186	Variavel auxiliar
	AP7	Real	%MD1190	Variavel auxiliar
	AP8	Real	%MD1194	Variavel auxiliar
	AD1	Real	%MD1198	Variavel auxiliar
	AD2	Real	%MD1202	Variavel auxiliar
	AD3	Real	%MD1206	Variavel auxiliar
	AD4	Real	%MD1210	Variavel auxiliar
	AD5	Real	%MD1214	Variavel auxiliar
	AD6	Real	%MD1218	Variavel auxiliar
	AD7	Real	%MD1222	Variavel auxiliar
	AD8	Real	%MD1226	Variavel auxiliar
	Estado forca	Word	%MW1230	Luz HMI força
	Estado distancia	Word	%MW1232	Luz HMI força
	P.segundos	Int	%MW1234	Paragem segundos - Emergencia
	P.minutos	Int	%MW1236	Paragem minutos - Emergencia
	P.horas	Int	%MW1238	Paragem horas - Emergencia
	O.segundos	Int	%MW1240	Operação segundos - movimento
	O.minutos	Int	%MW1242	Operação minutos - movimento
	O.horas	Int	%MW1244	Operação horas - movimento
	RPMA	Real	%MD1246	Rotações por minuto
	Referencia1	Int	%MW1250	Posição do sistema cilindro 1
	Referencia2	Int	%MW1252	Posição do sistema cilindro 2
	Referencia3	Int	%MW1254	Posição do sistema cilindro 3
	Referencia4	Int	%MW1256	Posição do sistema cilindro 4
	Referencia5	Int	%MW1258	Posição do sistema cilindro 5
	Referencia6	Int	%MW1260	Posição do sistema cilindro 6
	Referencia7	Int	%MW1262	Posição do sistema cilindro 7
	Referencia8	Int	%MW1264	Posição do sistema cilindro 8
	P.relativa1	Int	%MW1266	Posição relativa 1
	P.relativa2	Int	%MW1268	Posição relativa 2

	Name	Data type	Address	Comment
	P.relativa3	Int	%MW1270	Posição relativa 3
	P.relativa4	Int	%MW1272	Posição relativa 4
	P.relativa5	Int	%MW1274	Posição relativa 5
	P.relativa6	Int	%MW1276	Posição relativa 6
	P.relativa7	Int	%MW1278	Posição relativa 7
	P.relativa8	Int	%MW1280	Posição relativa 8
	Zero1	Int	%MW1282	Zero cilindro 1
	Zero2	Int	%MW1284	Zero cilindro 2
	Zero3	Int	%MW1286	Zero cilindro 3
	Zero4	Int	%MW1288	Zero cilindro 4
	Zero5	Int	%MW1290	Zero cilindro 5
	Zero6	Int	%MW1292	Zero cilindro 6
	Zero7	Int	%MW1294	Zero cilindro 7
	Zero8	Int	%MW1296	Zero cilindro 8
	Área do cilindro	Int	%MW1298	Área de cada cilindro
	Força máxima	Real	%MD1300	Força máxima em função da área
	Escala máximo	Int	%MW1304	Escala HMI
	P.decimal1	Real	%MD1306	Variavel auxiliar
	P.decimal2	Real	%MD1310	Variavel auxiliar
	P.decimal3	Real	%MD1314	Variavel auxiliar
	P.decimal4	Real	%MD1318	Variavel auxiliar
	P.decimal5	Real	%MD1322	Variavel auxiliar
	P.decimal6	Real	%MD1326	Variavel auxiliar
	P.decimal7	Real	%MD1330	Variavel auxiliar
	P.decimal8	Real	%MD1334	Variavel auxiliar
	Delta 1	Int	%MW1338	Desvio de referencia 1
	Delta2	Int	%MW1340	Desvio de referencia 2
	Delta3	Int	%MW1342	Desvio de referencia 3
	Delta4	Int	%MW1344	Desvio de referencia 4
	Delta5	Int	%MW1346	Desvio de referencia 5
	Delta6	Int	%MW1348	Desvio de referencia 6
	Delta7	Int	%MW1350	Desvio de referencia 7
	Delta8	Int	%MW1352	Desvio de referencia 8
	DESL.MAX	Int	%MW1354	Posição máxima real
	ESC.MAX	Int	%MW1356	Escala máxima PLC
	Diferença 1	Int	%MW1358	Diferença real cilindro 1 e cilindro mais elevado
	Diferença2	Int	%MW1360	Diferença real cilindro 2 e cilindro mais elevado
	Diferença3	Int	%MW1362	Diferença real cilindro 3 e cilindro mais elevado
	Diferença4	Int	%MW1364	Diferença real cilindro 4 e cilindro mais elevado
	Diferença5	Int	%MW1366	Diferença real cilindro 5 e cilindro mais elevado

Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

Data_block_1 [DB1]

Data_block_1 Properties

General

Name	Data_block_1	Number	1	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		

Information

Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Data_block_1

Name	Data type	Comment
▼ Static		
CilindroM1	Bool	Cilindro 1 selecionado
CilindroM2	Bool	Cilindro 2 selecionado
CilindroM3	Bool	Cilindro 3 selecionado
CilindroM4	Bool	Cilindro 4 selecionado
CilindroM5	Bool	Cilindro 5 selecionado
CilindroM6	Bool	Cilindro 6 selecionado
CilindroM7	Bool	Cilindro 7 selecionado
CilindroM8	Bool	Cilindro 8 selecionado
▼ Data emergencia	DTL	Dia de ocorrencia da ultima emergencia
YEAR	UInt	
MONTH	USInt	
DAY	USInt	
WEEKDAY	USInt	
HOURL	USInt	
MINUTE	USInt	
SECOND	USInt	
NANOSECOND	UDInt	
Return value	Word	Variavel auxiliar
▼ Data colmatagem	DTL	Dia de ocorrencia de colmatagem
YEAR	UInt	
MONTH	USInt	
DAY	USInt	
WEEKDAY	USInt	
HOURL	USInt	
MINUTE	USInt	
SECOND	USInt	
NANOSECOND	UDInt	
Return value_1	Word	Variavel auxiliar
▼ Data nivel	DTL	Dia de ocorrencia do indicador de nivel
YEAR	UInt	
MONTH	USInt	
DAY	USInt	
WEEKDAY	USInt	
HOURL	USInt	
MINUTE	USInt	

Totally Integrated Automation Portal																																						
<table><tr><th>Name</th><th>Data type</th><th>Comment</th></tr><tr><td>SECOND</td><td>USInt</td><td></td></tr><tr><td>NANOSECOND</td><td>UDInt</td><td></td></tr><tr><td>Return value_2</td><td>Word</td><td>Variavel auxiliar</td></tr><tr><td>CILMAX1</td><td>Bool</td><td>Cilindro 1 na posição maxima</td></tr><tr><td>CILMAX2</td><td>Bool</td><td>Cilindro 2 na posição maxima</td></tr><tr><td>CILMAX3</td><td>Bool</td><td>Cilindro 3 na posição maxima</td></tr><tr><td>CILMAX4</td><td>Bool</td><td>Cilindro 4 na posição maxima</td></tr><tr><td>CILMAX5</td><td>Bool</td><td>Cilindro 5 na posição maxima</td></tr><tr><td>CILMAX6</td><td>Bool</td><td>Cilindro 6 na posição maxima</td></tr><tr><td>CILMAX7</td><td>Bool</td><td>Cilindro 7 na posição maxima</td></tr><tr><td>CILMAX8</td><td>Bool</td><td>Cilindro 8 na posição maxima</td></tr></table>	Name	Data type	Comment	SECOND	USInt		NANOSECOND	UDInt		Return value_2	Word	Variavel auxiliar	CILMAX1	Bool	Cilindro 1 na posição maxima	CILMAX2	Bool	Cilindro 2 na posição maxima	CILMAX3	Bool	Cilindro 3 na posição maxima	CILMAX4	Bool	Cilindro 4 na posição maxima	CILMAX5	Bool	Cilindro 5 na posição maxima	CILMAX6	Bool	Cilindro 6 na posição maxima	CILMAX7	Bool	Cilindro 7 na posição maxima	CILMAX8	Bool	Cilindro 8 na posição maxima		
Name	Data type	Comment																																				
SECOND	USInt																																					
NANOSECOND	UDInt																																					
Return value_2	Word	Variavel auxiliar																																				
CILMAX1	Bool	Cilindro 1 na posição maxima																																				
CILMAX2	Bool	Cilindro 2 na posição maxima																																				
CILMAX3	Bool	Cilindro 3 na posição maxima																																				
CILMAX4	Bool	Cilindro 4 na posição maxima																																				
CILMAX5	Bool	Cilindro 5 na posição maxima																																				
CILMAX6	Bool	Cilindro 6 na posição maxima																																				
CILMAX7	Bool	Cilindro 7 na posição maxima																																				
CILMAX8	Bool	Cilindro 8 na posição maxima																																				

Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU
1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

Alarmes_DB [DB7]

Alarmes_DB Properties					
General					
Name	Alarmes_DB	Number	7	Type	DB
Language	DB	Numbering	Automatic		
Information					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Alarmes_DB		
Name	Data type	Comment
Input		
Output		
InOut		
▼ Static		
HMIF1	Word	Alarme força 1
HMIF2	Word	Alarme força 2
HMIF3	Word	Alarme força 3
HMIF4	Word	Alarme força 4
HMIF5	Word	Alarme força 5
HMIF6	Word	Alarme força 6
HMIF7	Word	Alarma força 7
HMIF8	Word	Alarme força 8
HMID1	Word	Alarme distancia 1
HMID2	Word	Alarme distancia 2
HMID3	Word	Alarme distancia 3
HMID4	Word	Alarme distancia 4
HMID5	Word	Alarme distancia 5
HMID6	Word	Alarme distancia 6
HMID7	Word	Alarme distancia 7
HMID8	Word	Alarme distancia 8

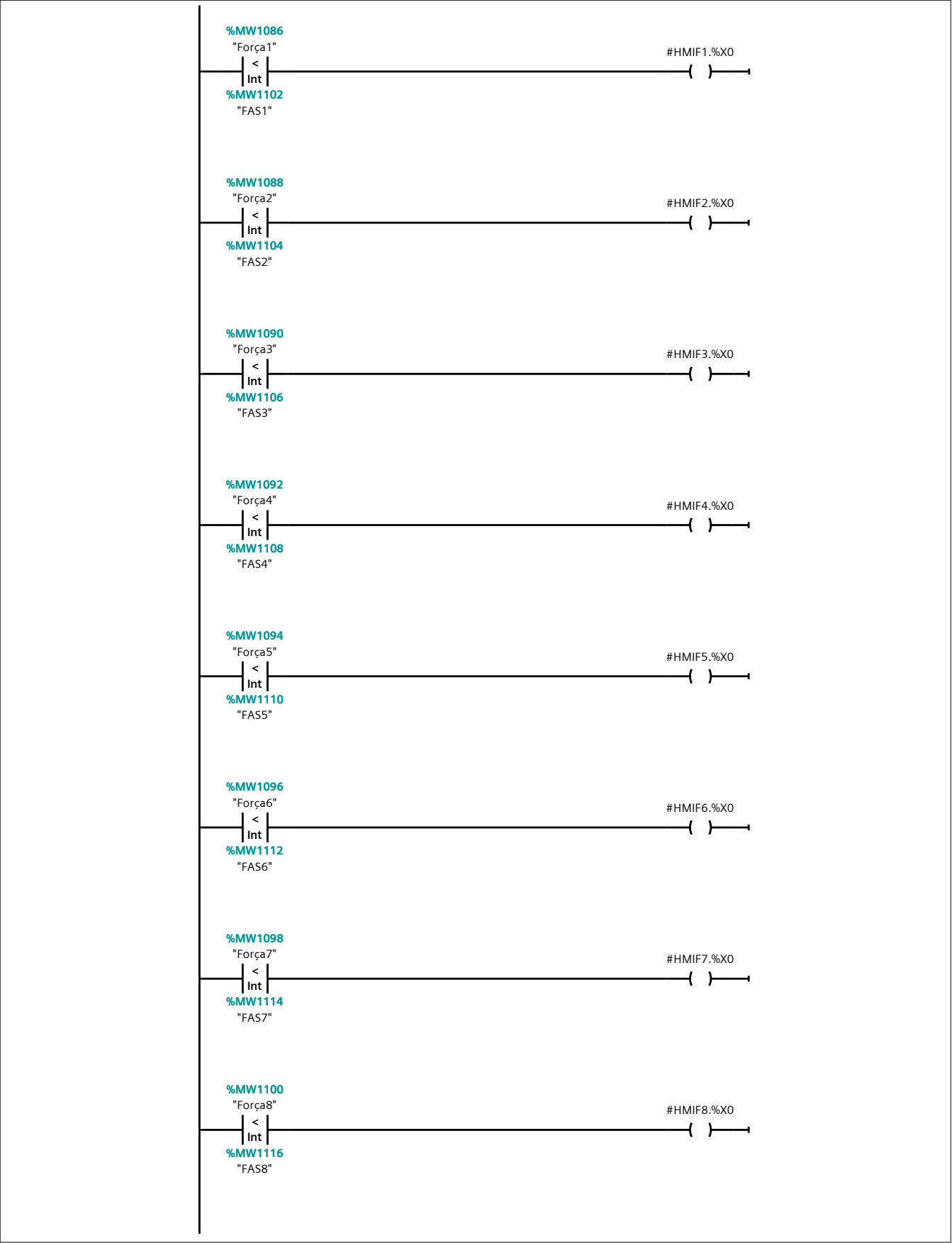
Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

Alarmes [FB1]

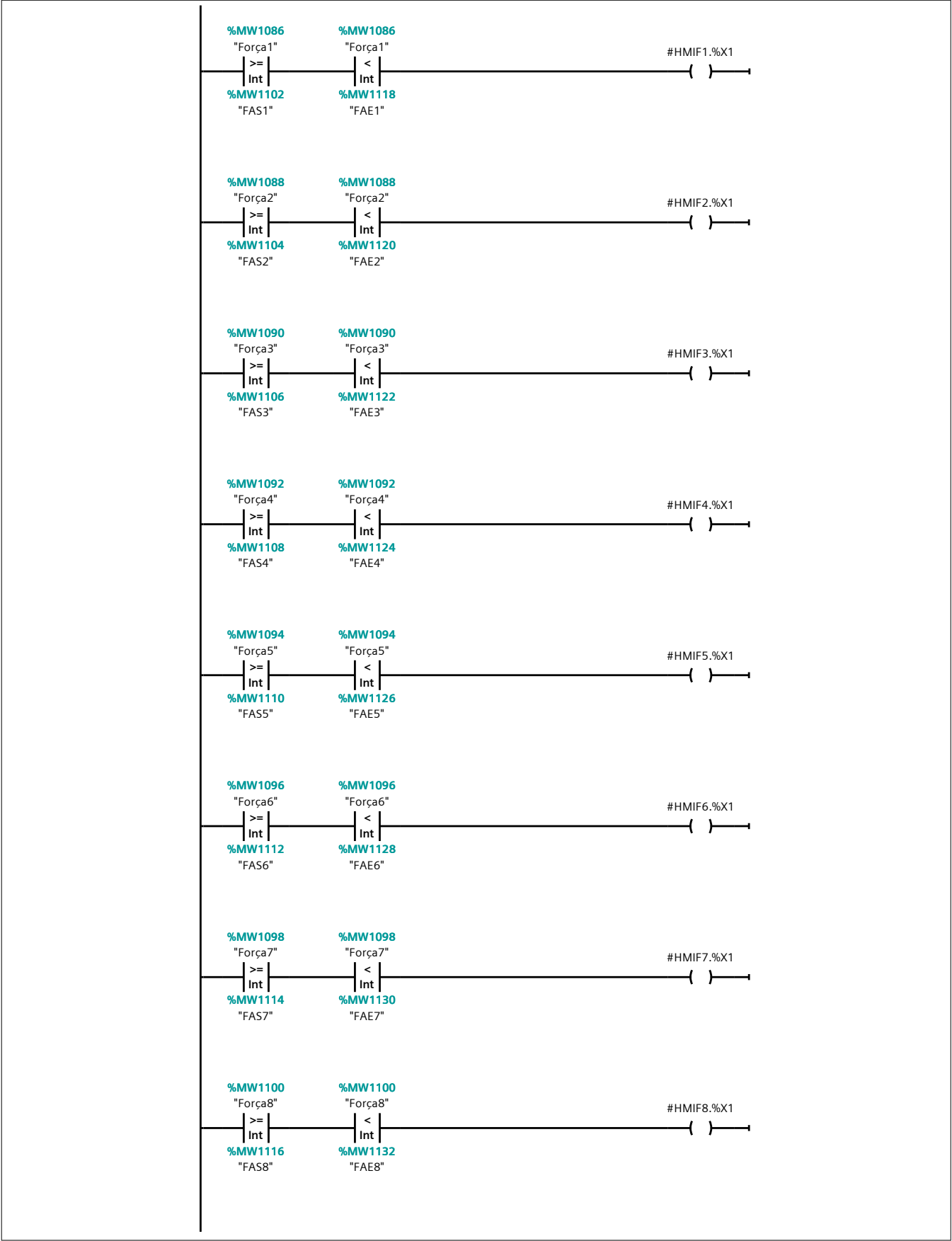
Alarmes Properties					
General					
Name	Alarmes	Number	1	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Alarmes								
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OP C UA/Web API	Writable from HM I/O PC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Set-point	Comment
Input								
Output								
InOut								
▼ Static								
HMIF1	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMIF2	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMIF3	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMIF4	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMIF5	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMIF6	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMIF7	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMIF8	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMID1	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMID2	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMID3	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMID4	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMID5	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMID6	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	

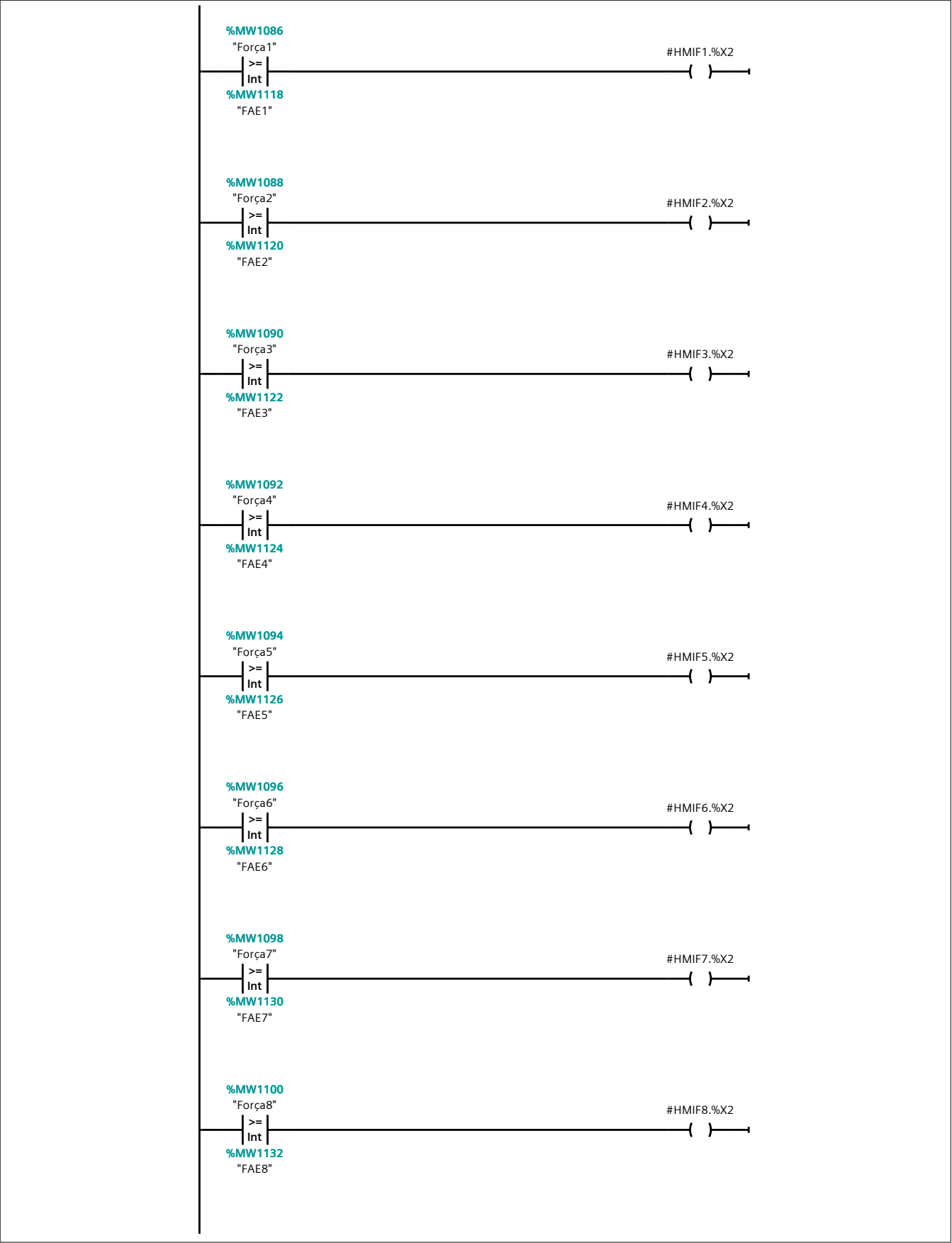
Totally Integrated Automation Portal								
Name	Data type	Default value	Retain	Access- sible from HMI/OP C UA/We b API	Wri- ta- ble from m HM I/O PC UA/ We b API	Visible in HMI engi- neer- ing	Set- point	Comment
HMID7	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
HMID8	Word	16#0	Non-retain	True	True	True	False	
Temp								
Constant								
Network 1:								
Força OK								



Network 2:
Força de segurança - Alarme



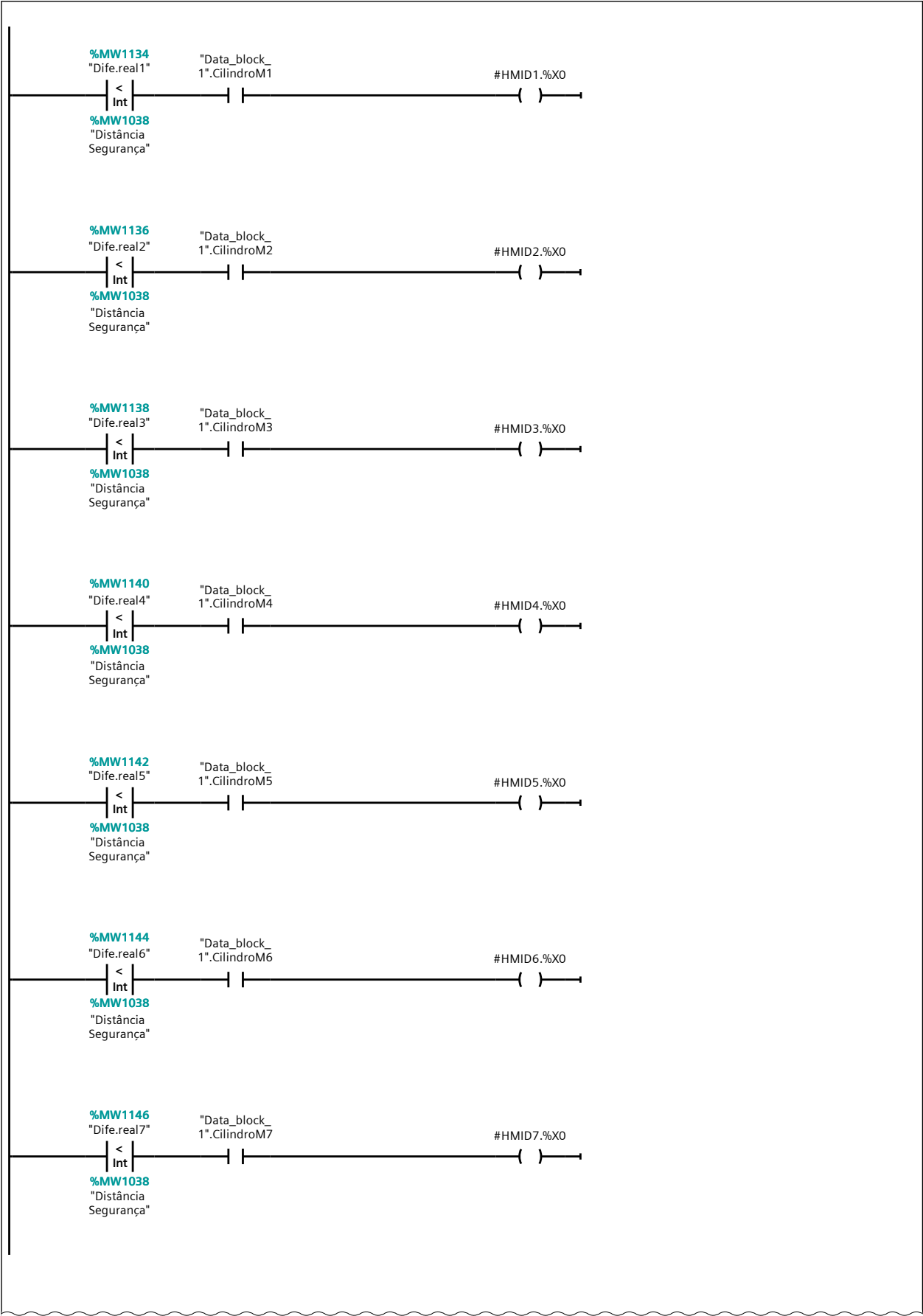
Network 3:
Força de emergencia - Alarme



Network 4:

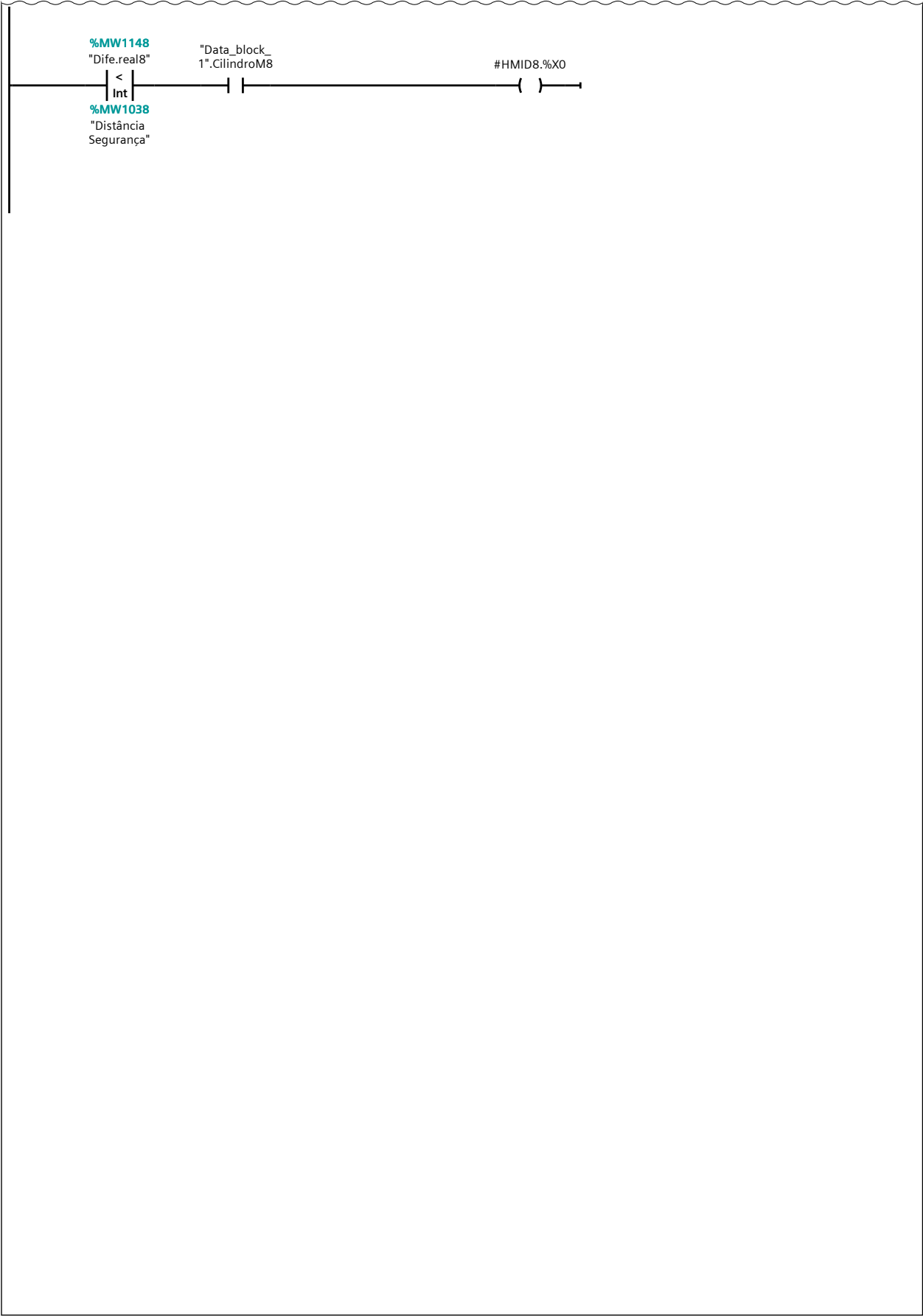
Distancia OK

Network 4: (1.1 / 2.1)



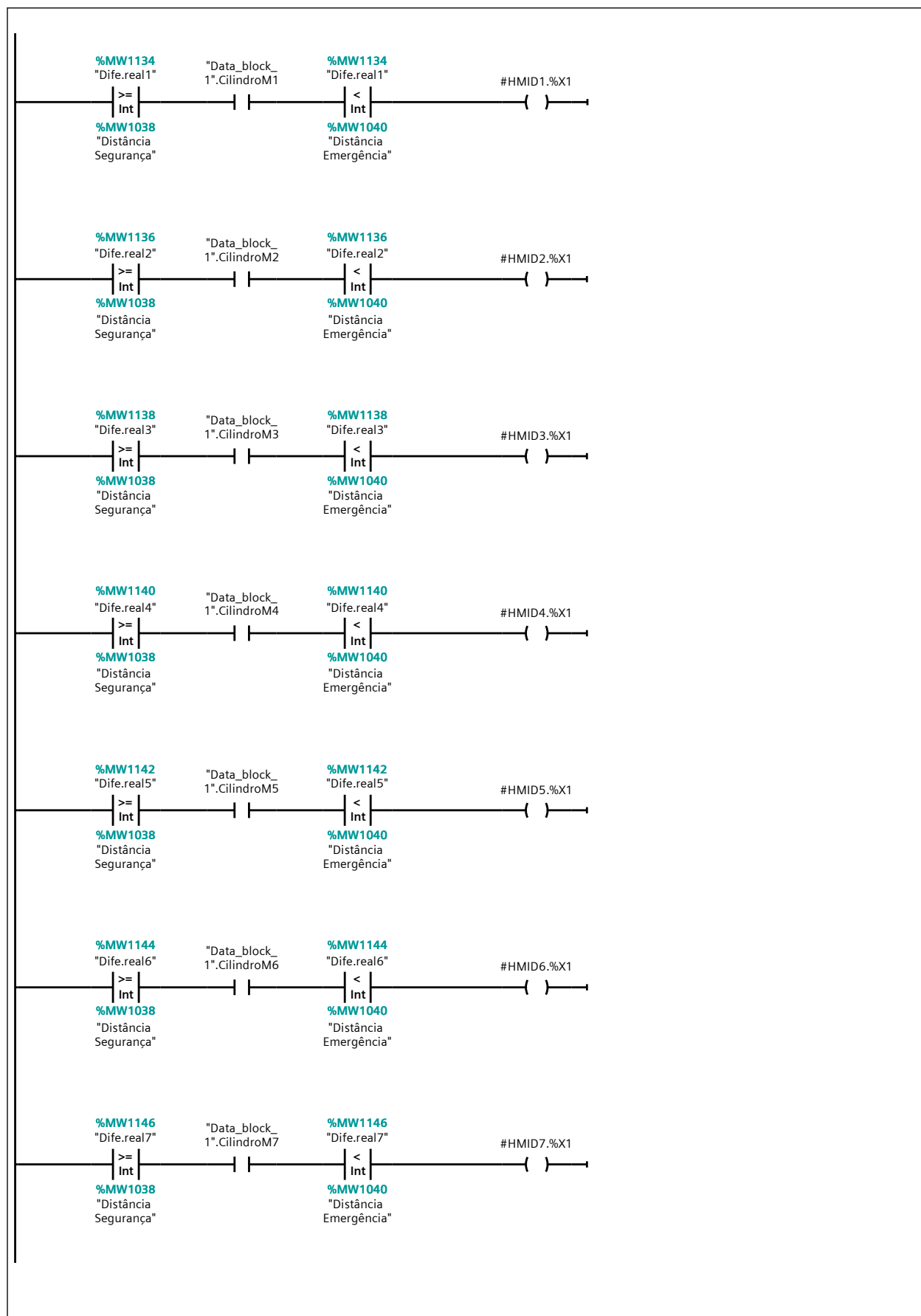
Network 4: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 6)



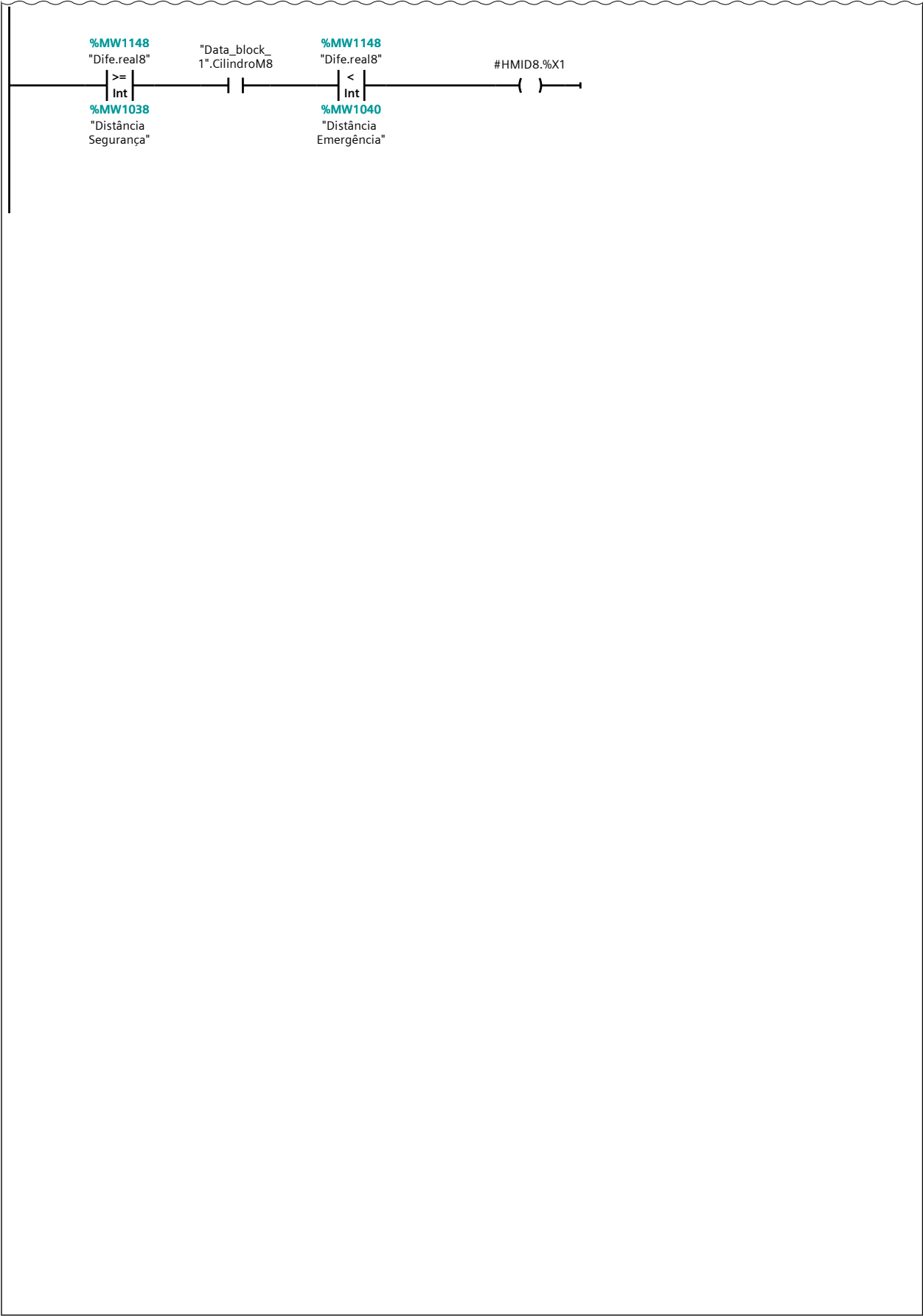
Totally Integrated Automation Portal		
Network 5: Distancia segurnaça - Alarme		

Network 5: (1.1 / 2.1)



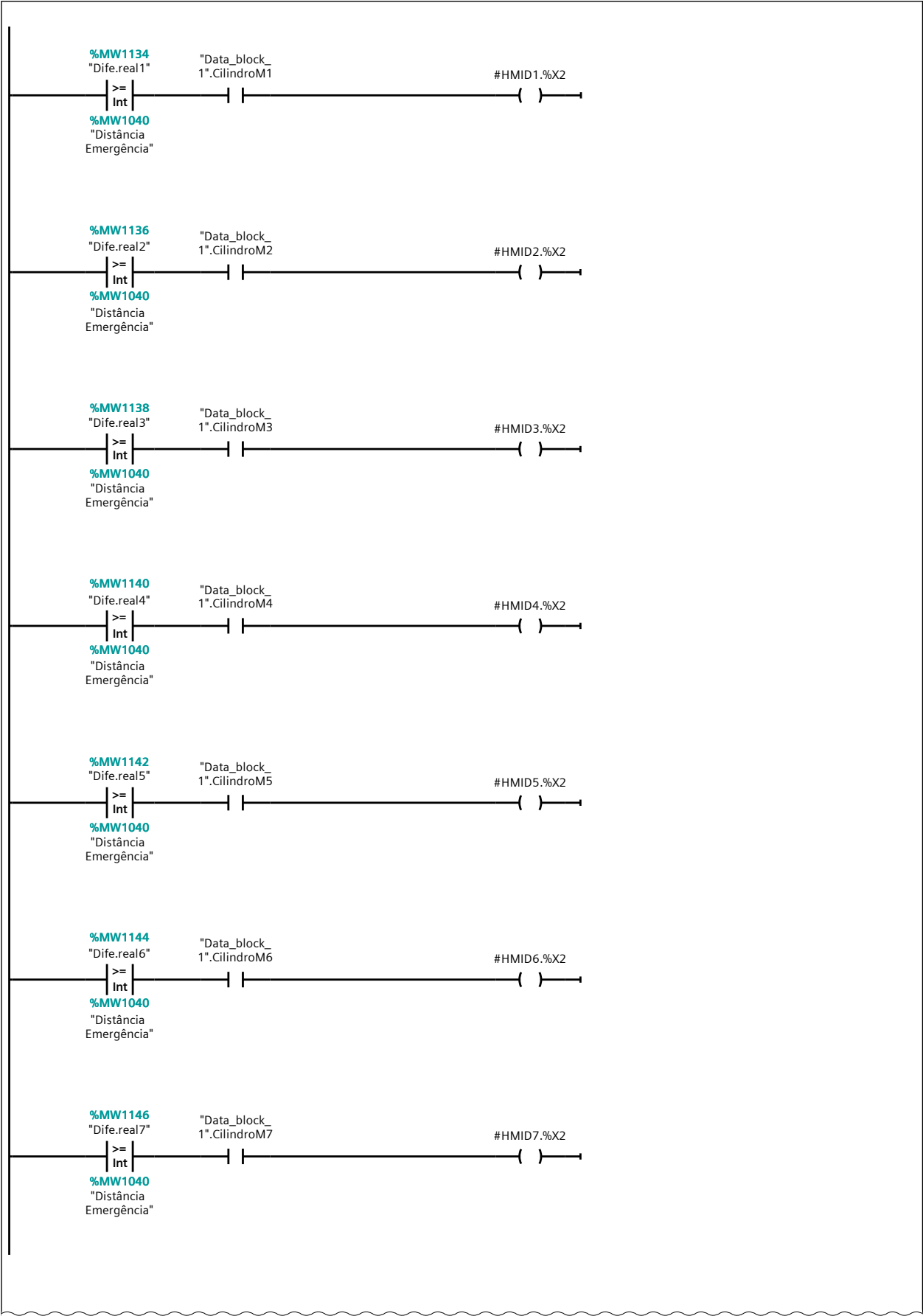
Network 5: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 9)



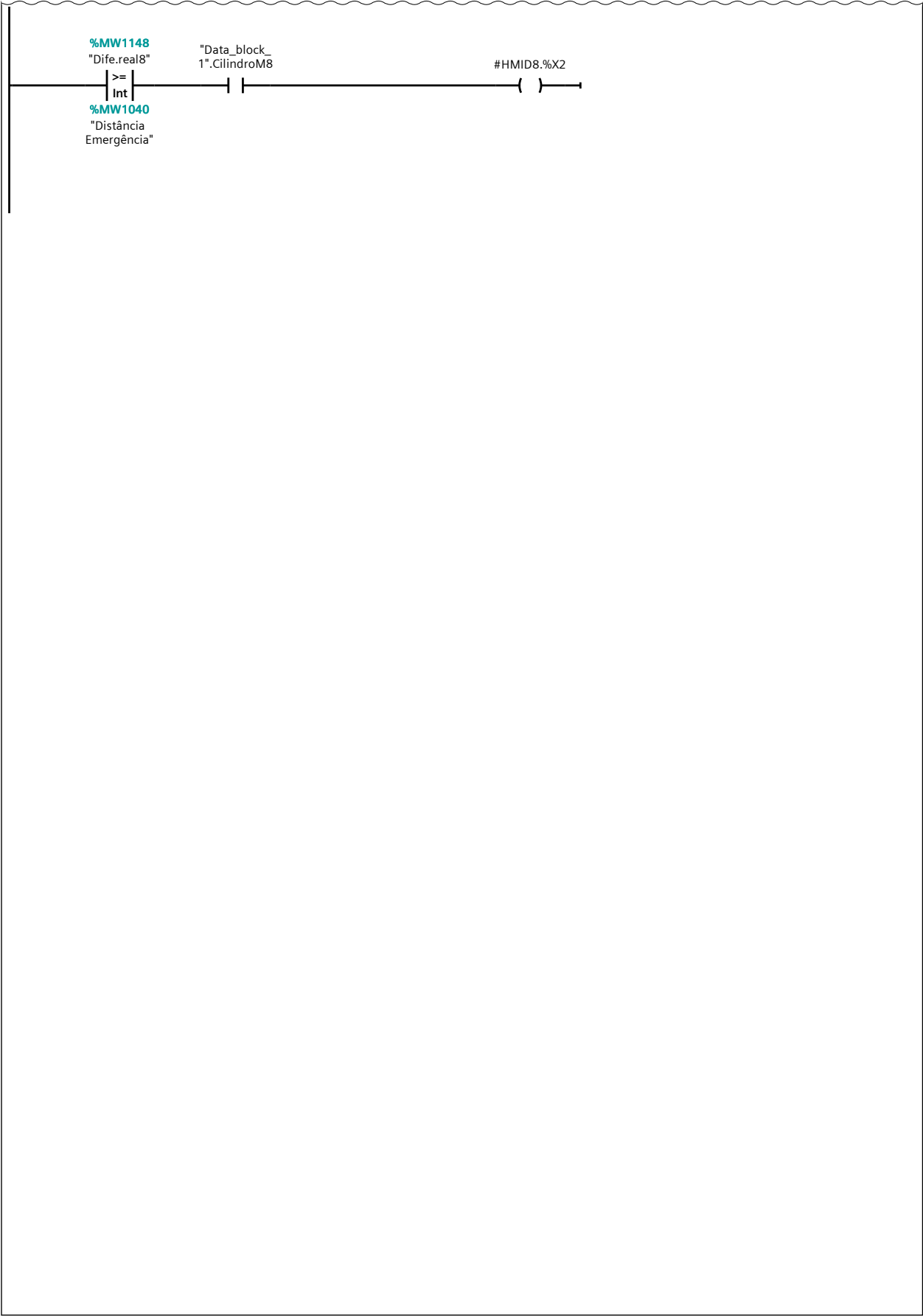
Totally Integrated Automation Portal		
Network 6: Distancia de emergencia - Alarme		

Network 6: (1.1 / 2.1)



Network 6: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 12)



Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

Emergência [OB123]

Emergência Properties

General

Name	Emergência	Number	123	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

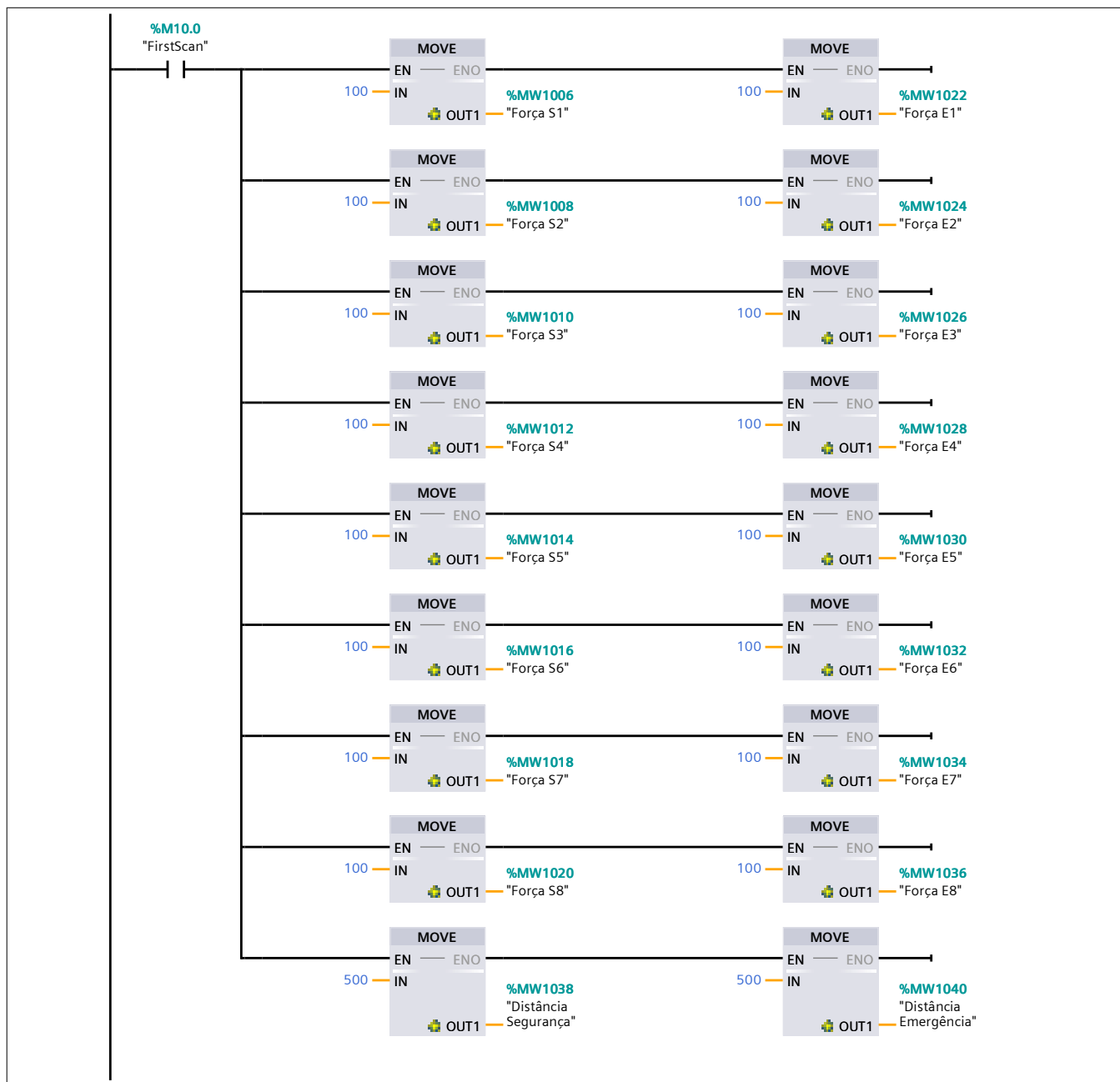
Emergência

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Network 1:

Parametros iniciais

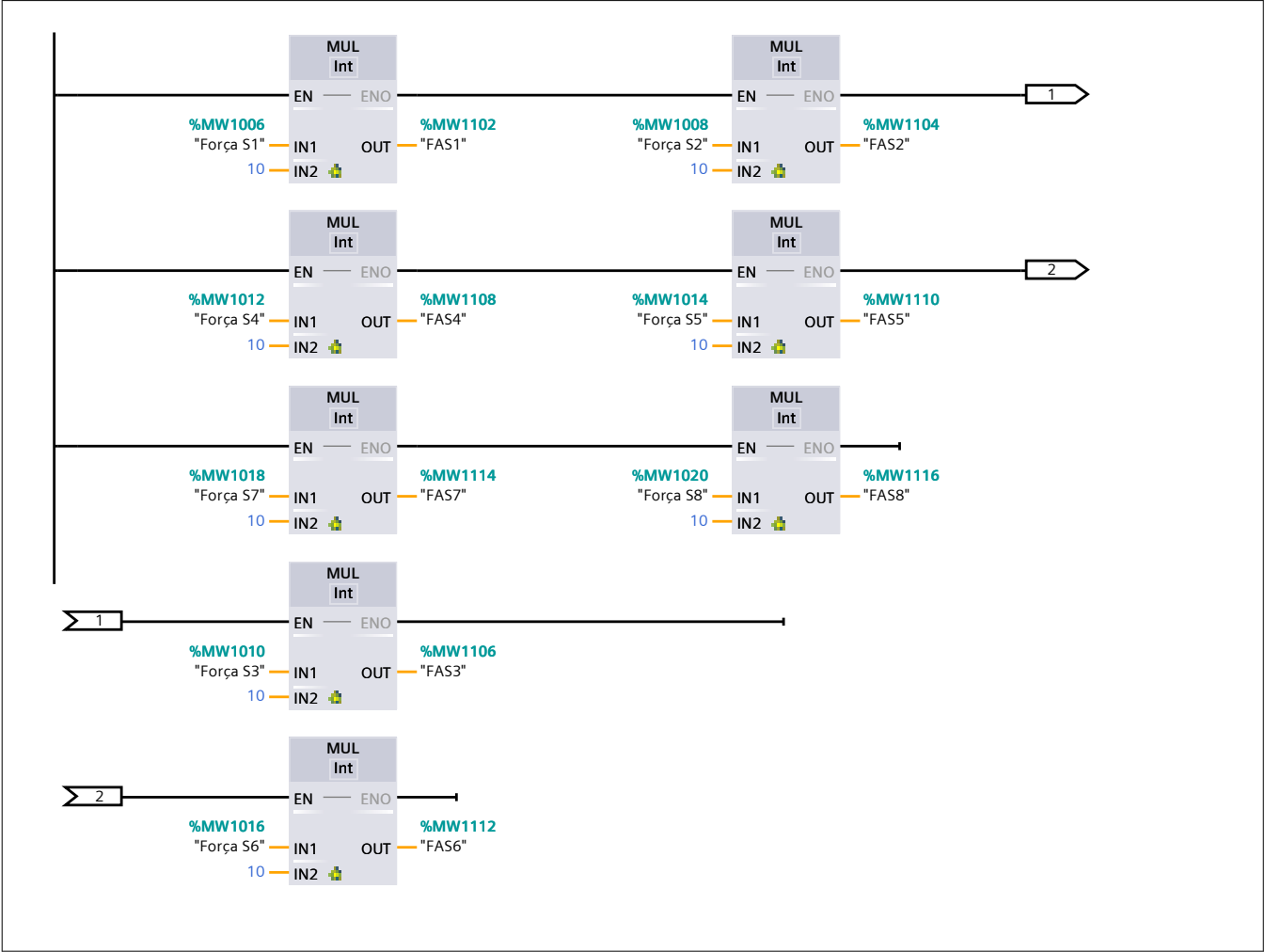
--	--	--



Network 2:

Transformação da Força de segurança inserida na HMI para a escala do PLC

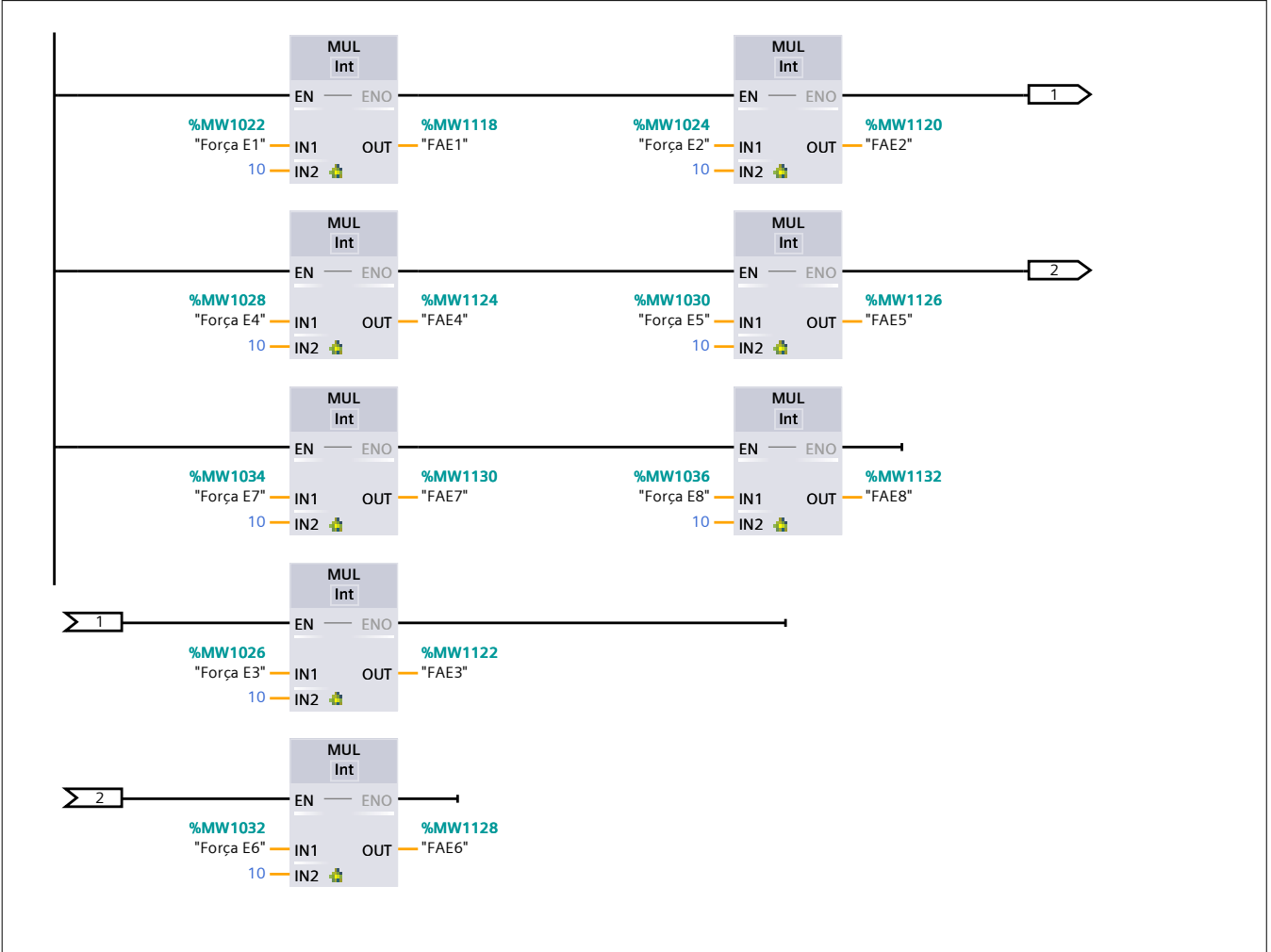
Network 2:



Network 3:

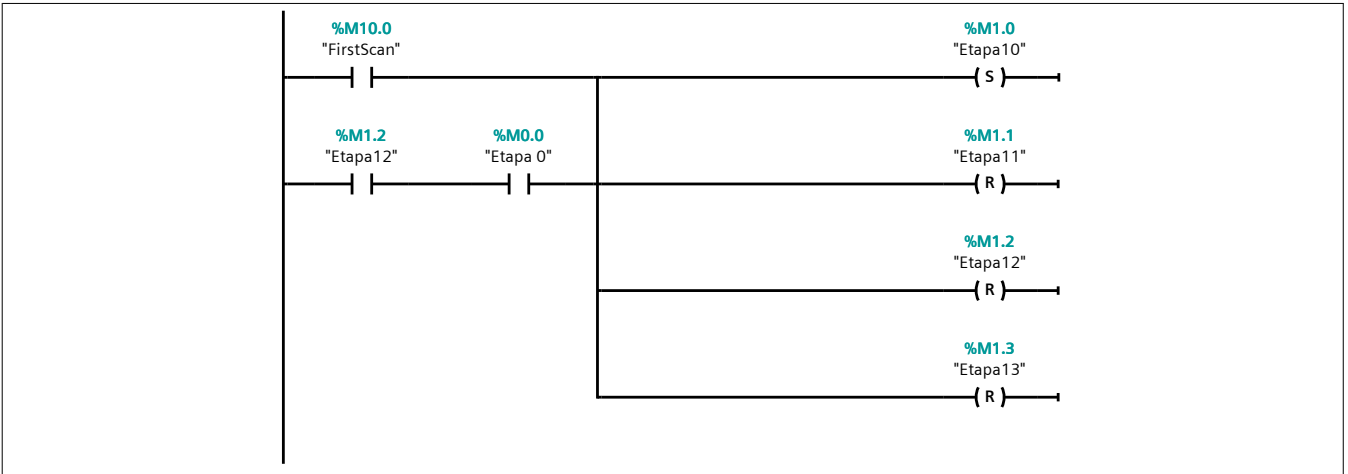
Força de emergência inserida na HMI para a escala de emergência

Network 3:



Network 4: Etapa inicial

SETUP Etapa 10 (Etapa inicial)

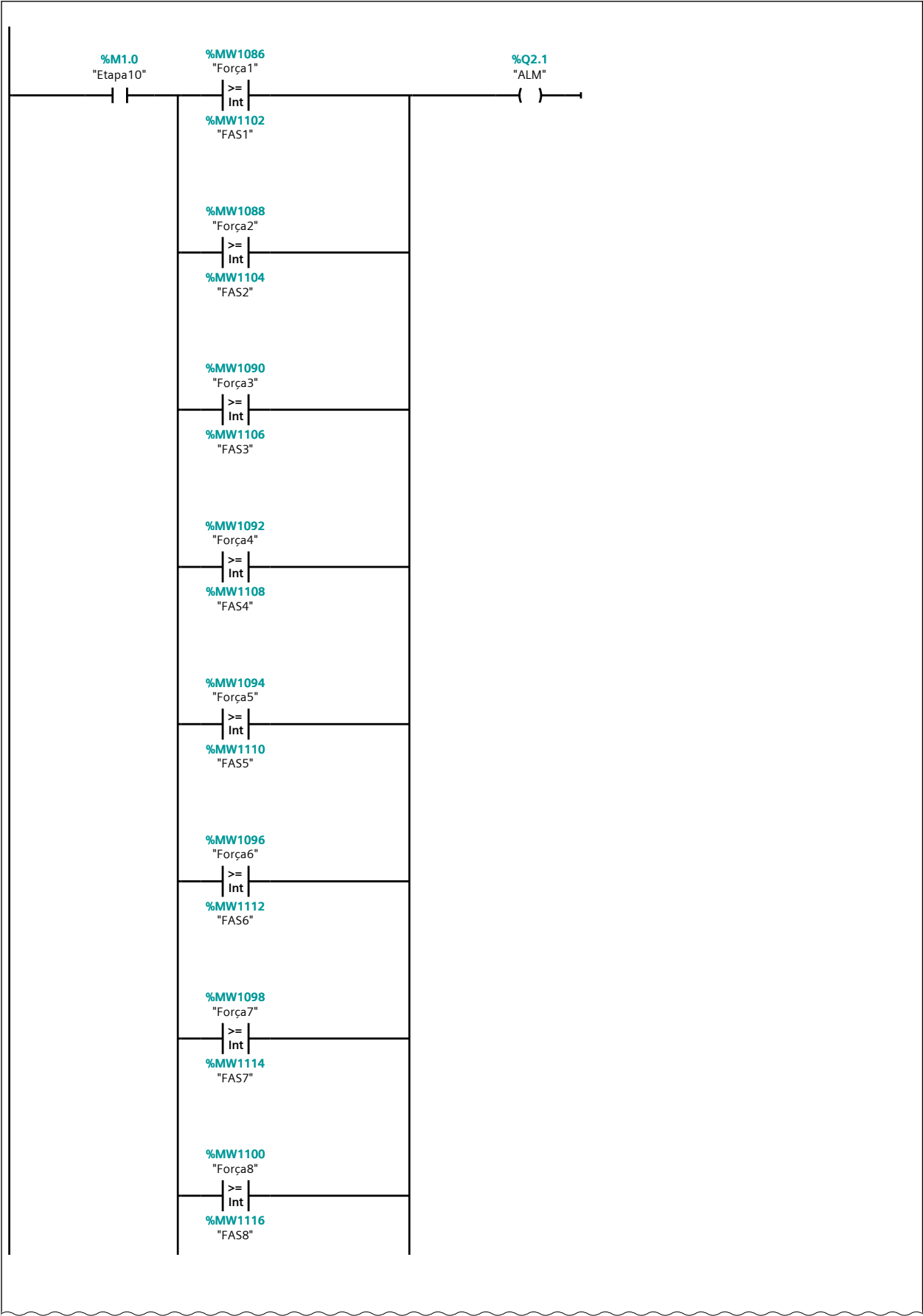


Network 5:

Atuação da bomba hidraulica

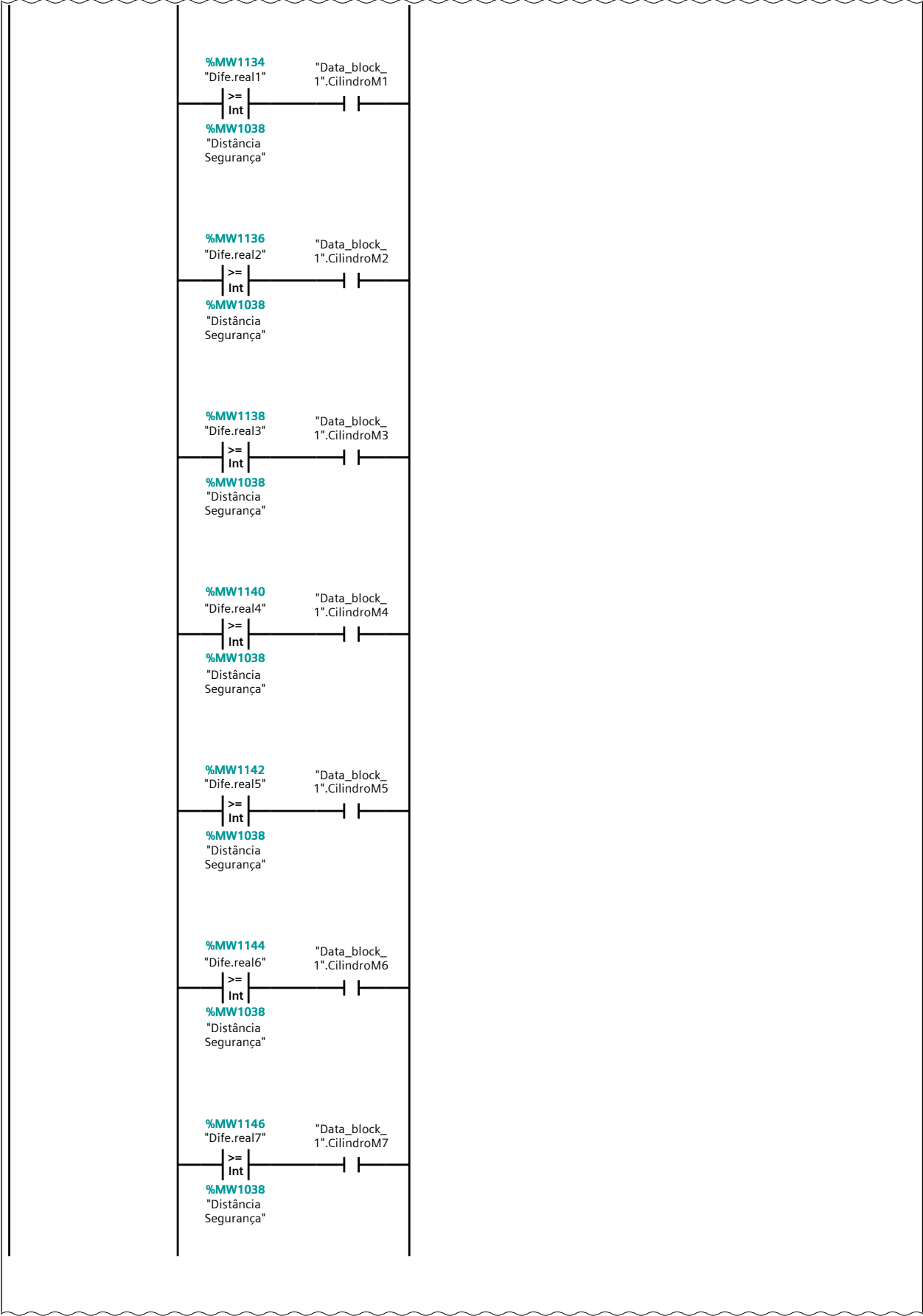
Totally Integrated Automation Portal		
%M1.0 "Etapa 10" %Q2.0 "MB" (S)		
Network 6: Alarme Acionamento do alarme		

Network 6: Alarme (1.1 / 3.1)



Network 6: Alarme (2.1 / 3.1)

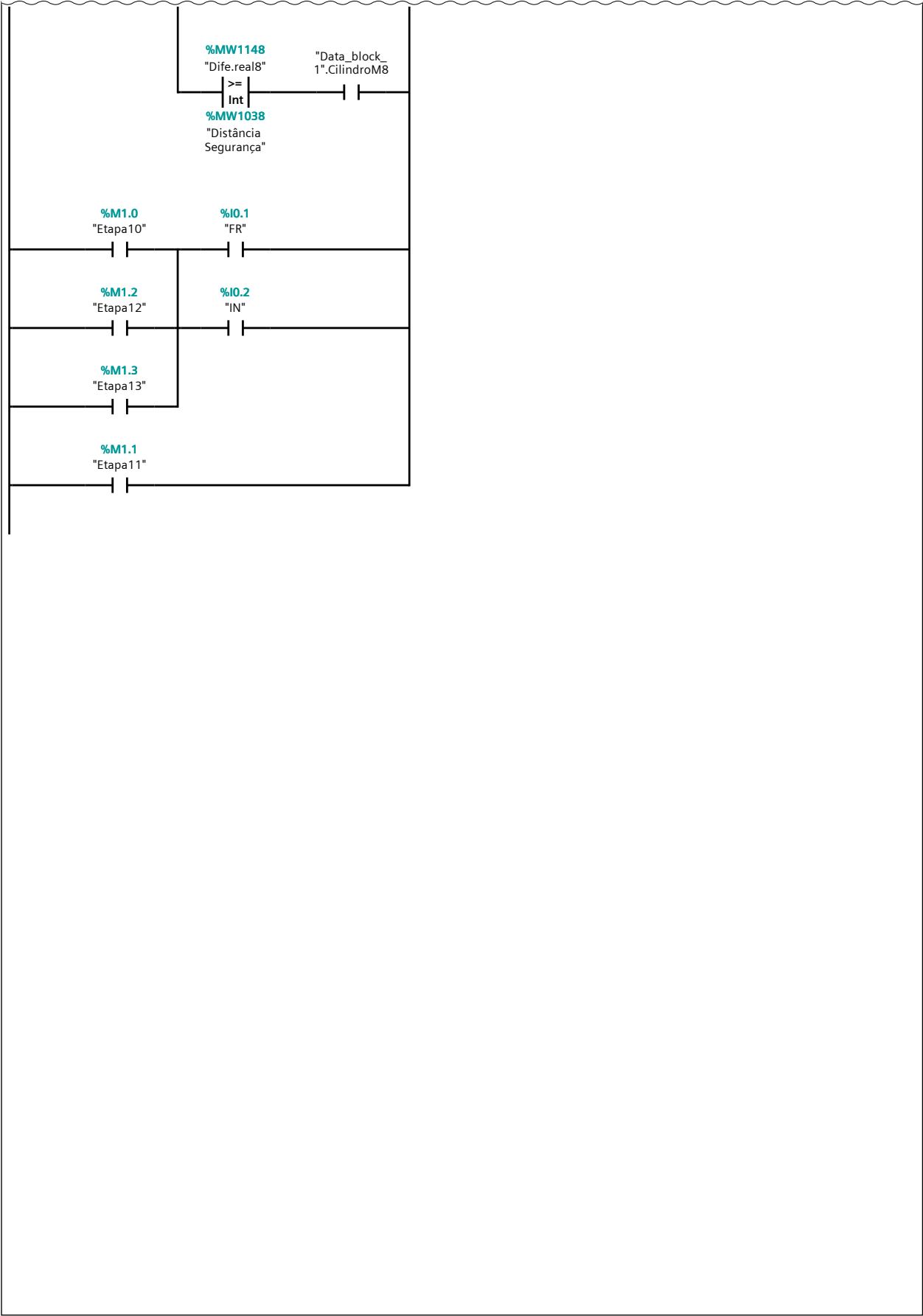
1.1 (Page1 - 6)



3.1 (Page1 - 8)

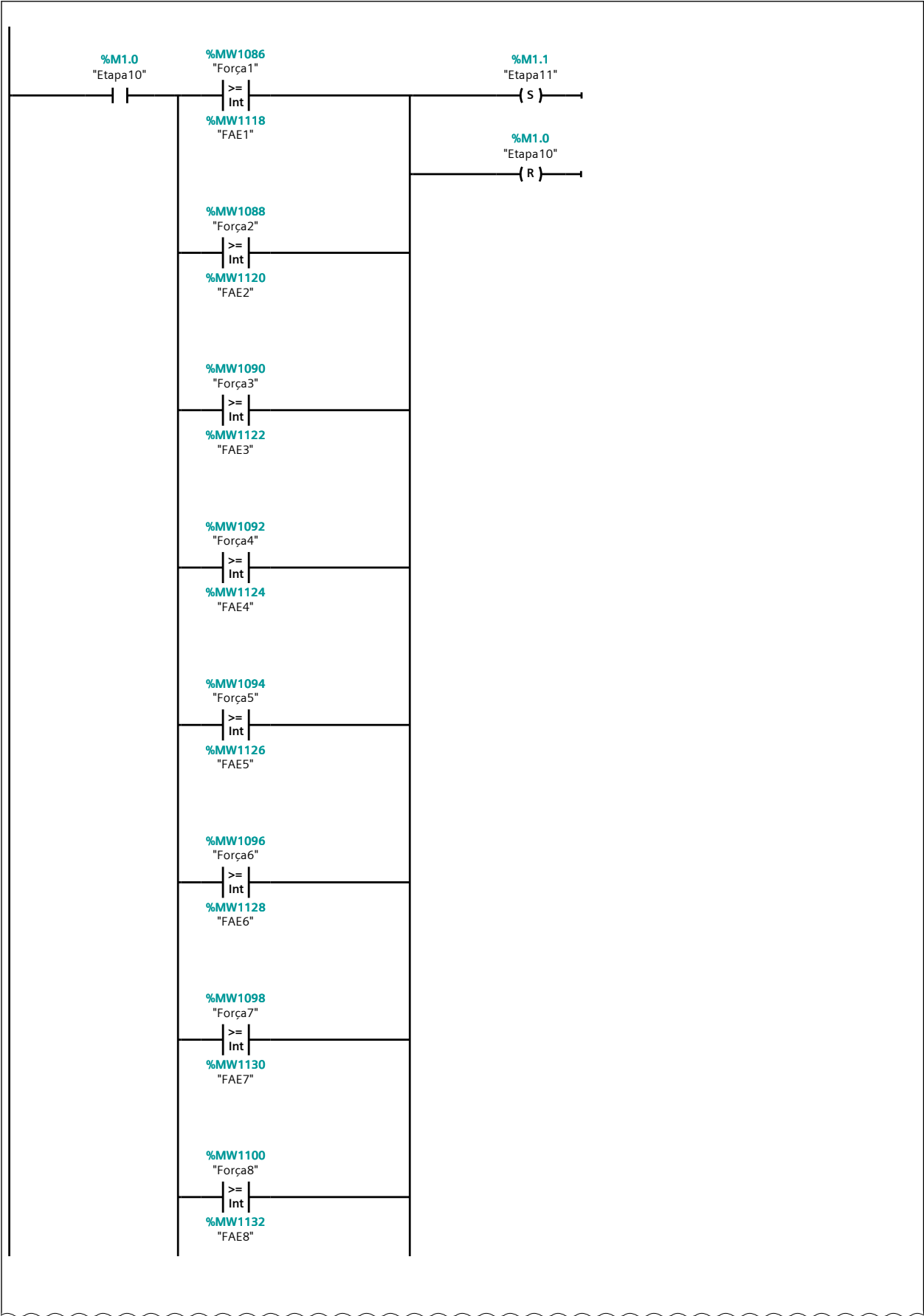
Network 6: Alarme (3.1 / 3.1)

2.1 (Page1 - 7)



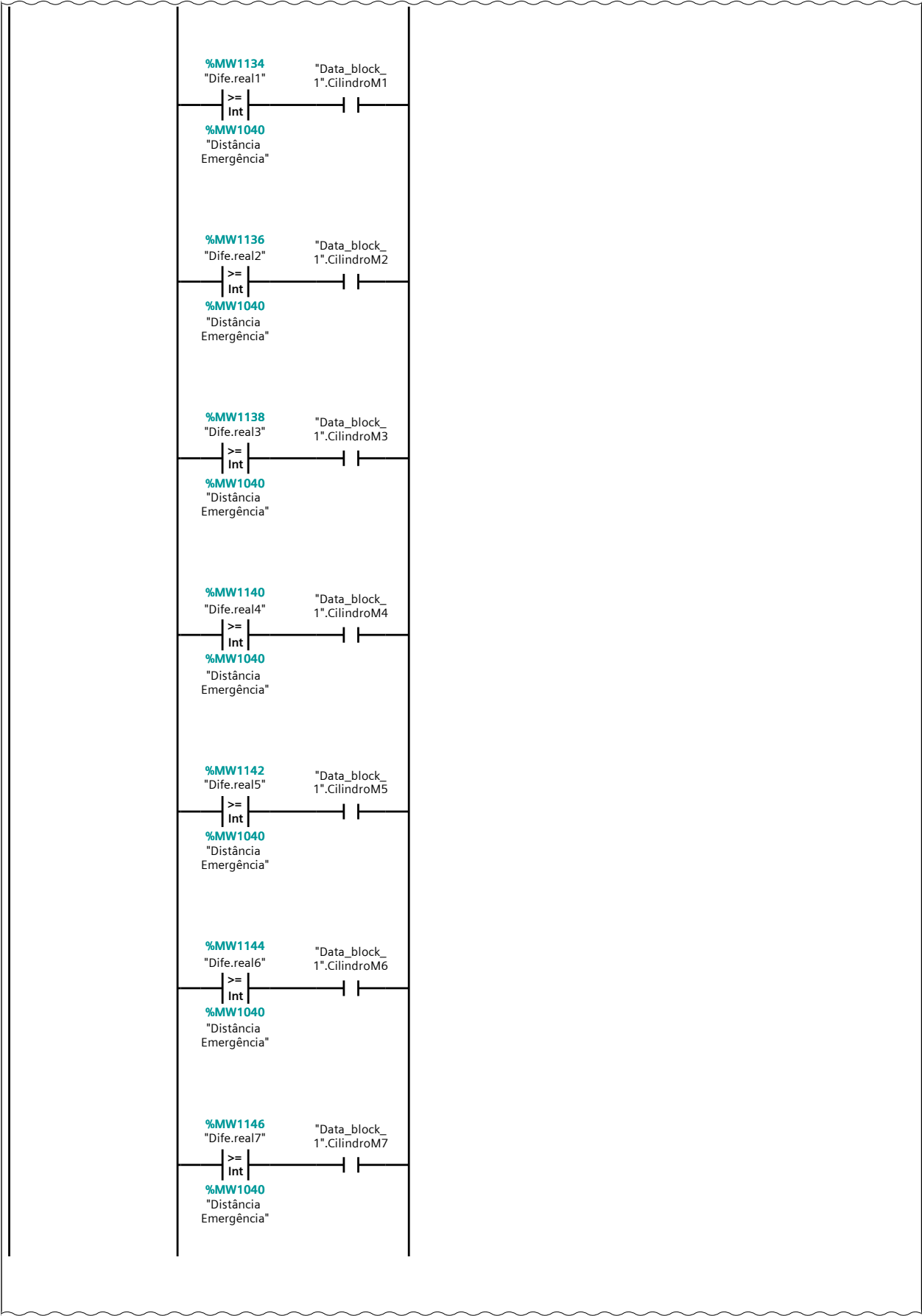
Totally Integrated Automation Portal		
Network 7: Desativação do sistema por emergencia SETUP Etapa 11 em situação de emergencia		

Network 7: Desativação do sistema por emergencia (1.1 / 3.1)



Network 7: Desativação do sistema por emergência (2.1 / 3.1)

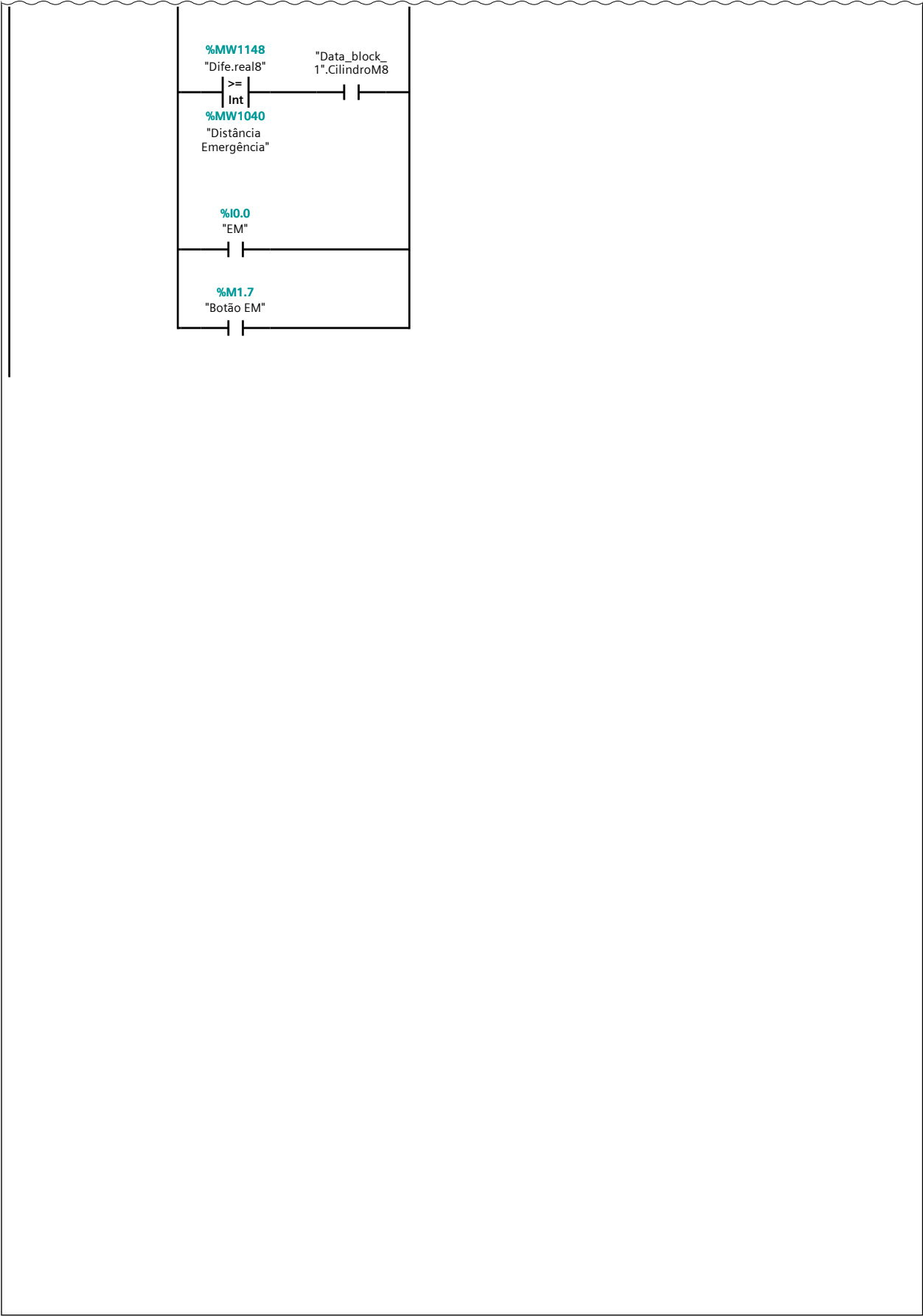
1.1 (Page1 - 10)



3.1 (Page1 - 12)

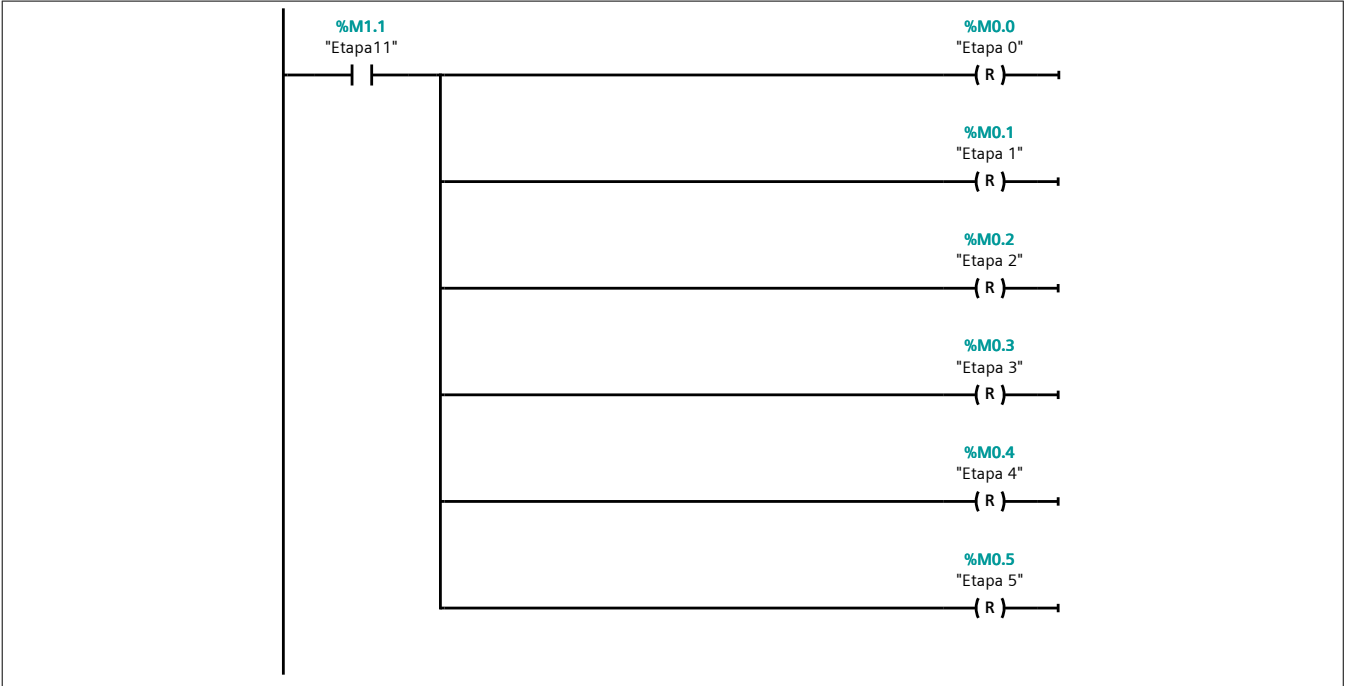
Network 7: Desativação do sistema por emergencia (3.1 / 3.1)

2.1 (Page1 - 11)



Network 8: Etapa inicial

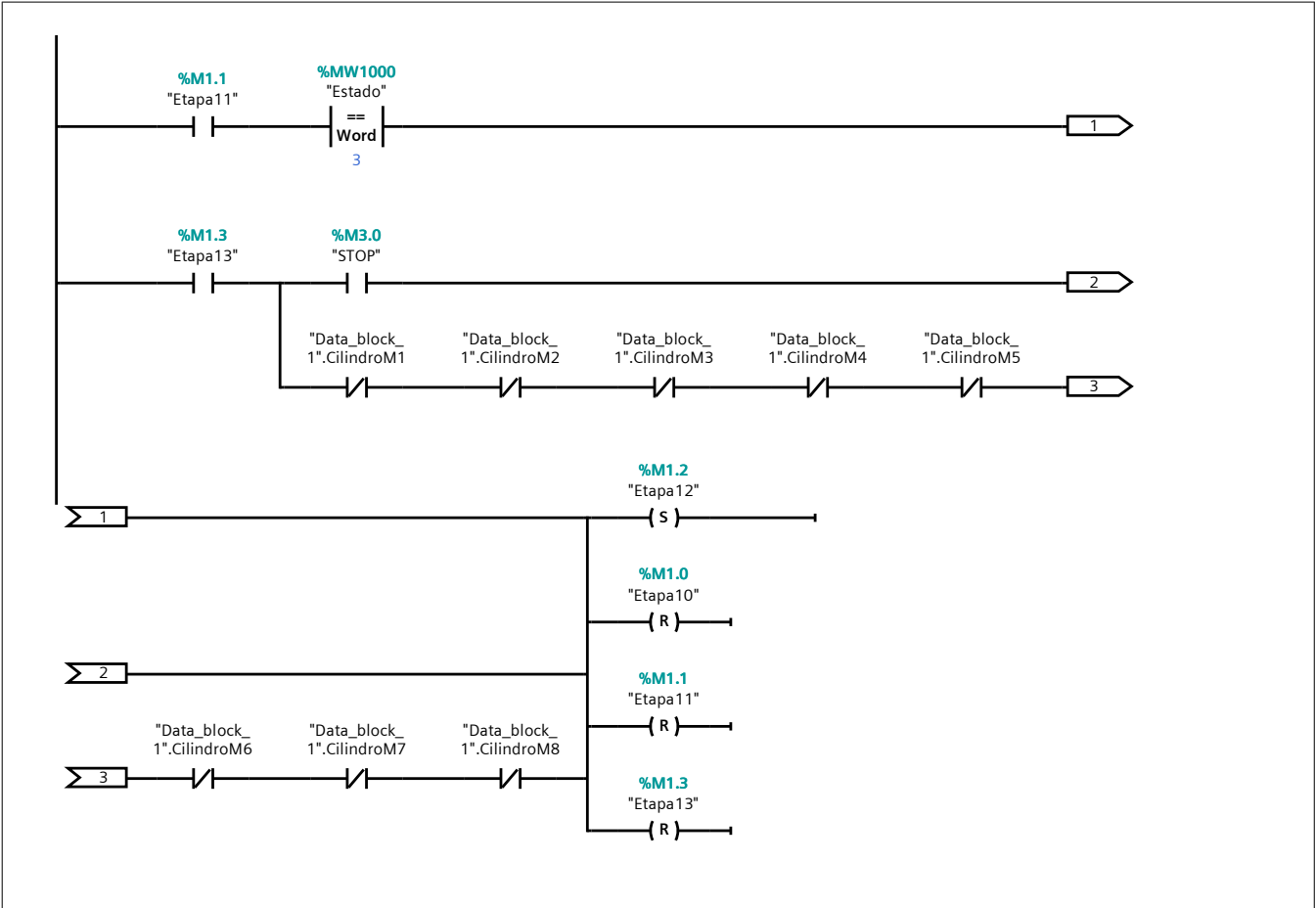
Estado de emergência - Lockdown do sistema



Network 9:

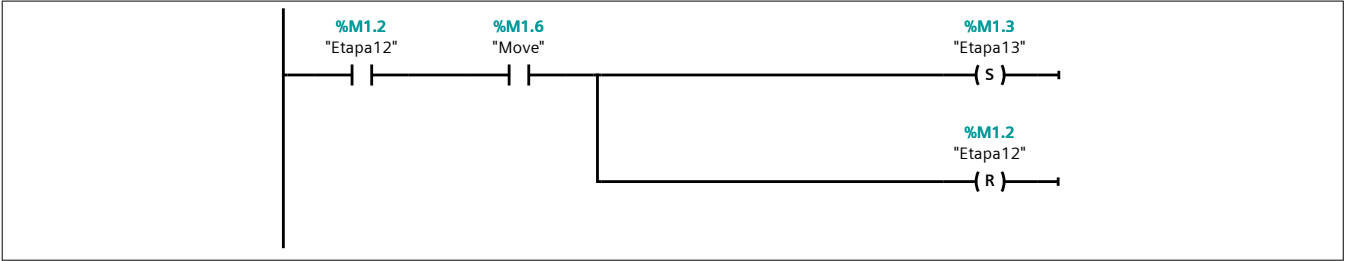
SETUP Etapa 12

Network 9:



Network 10:

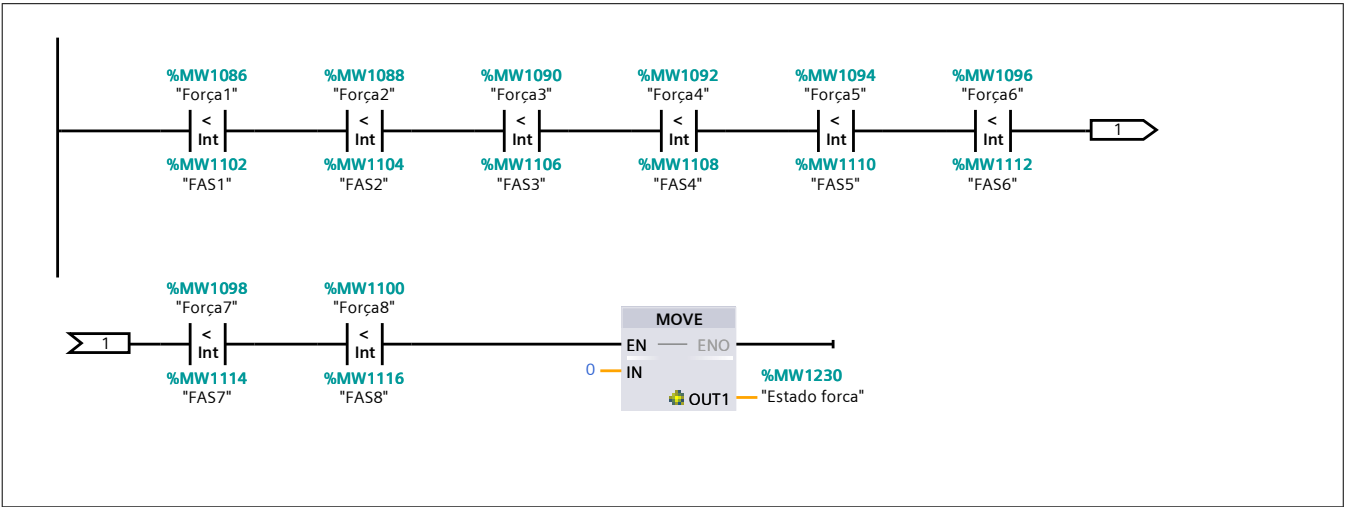
SETUP Etapa 13



Network 11:

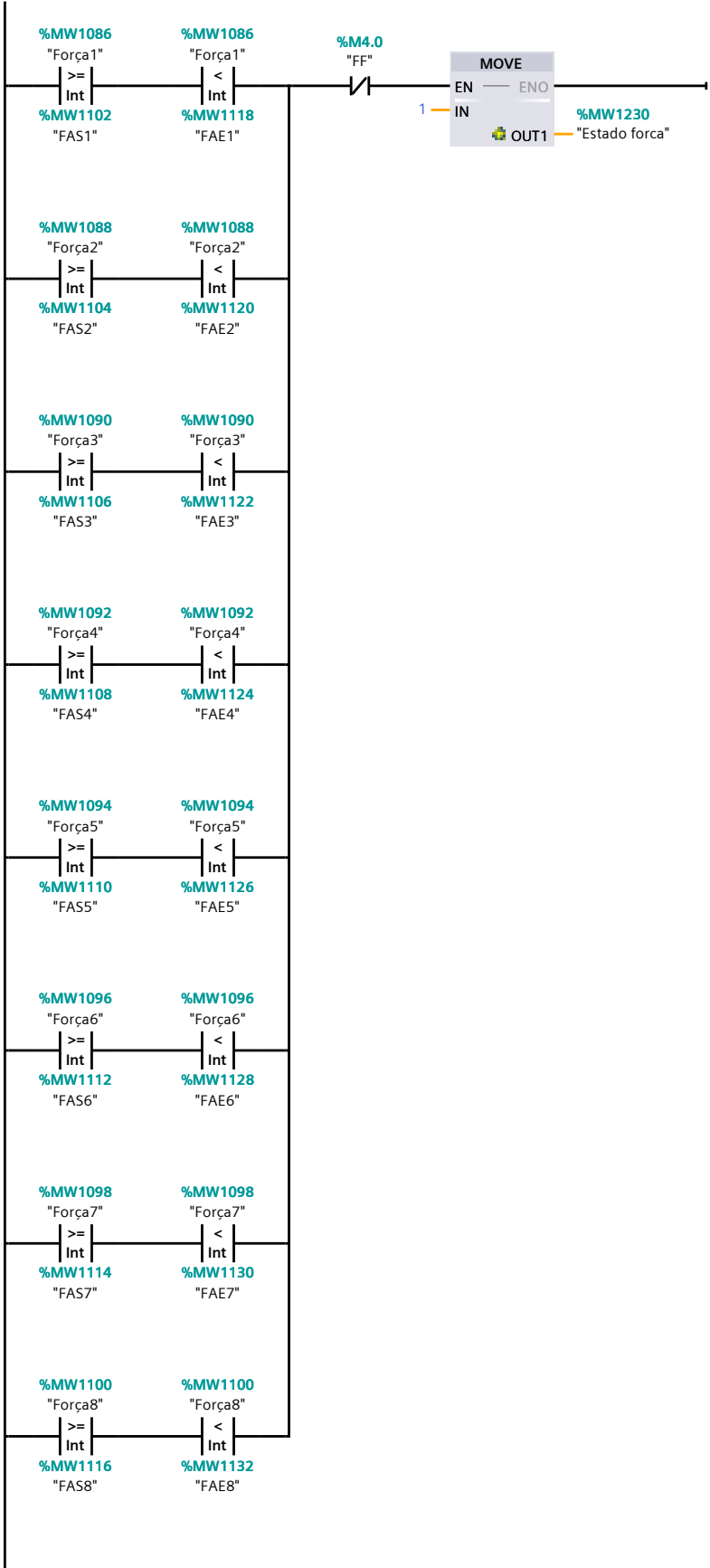
Luz HMI Força - Verde

Network 11:



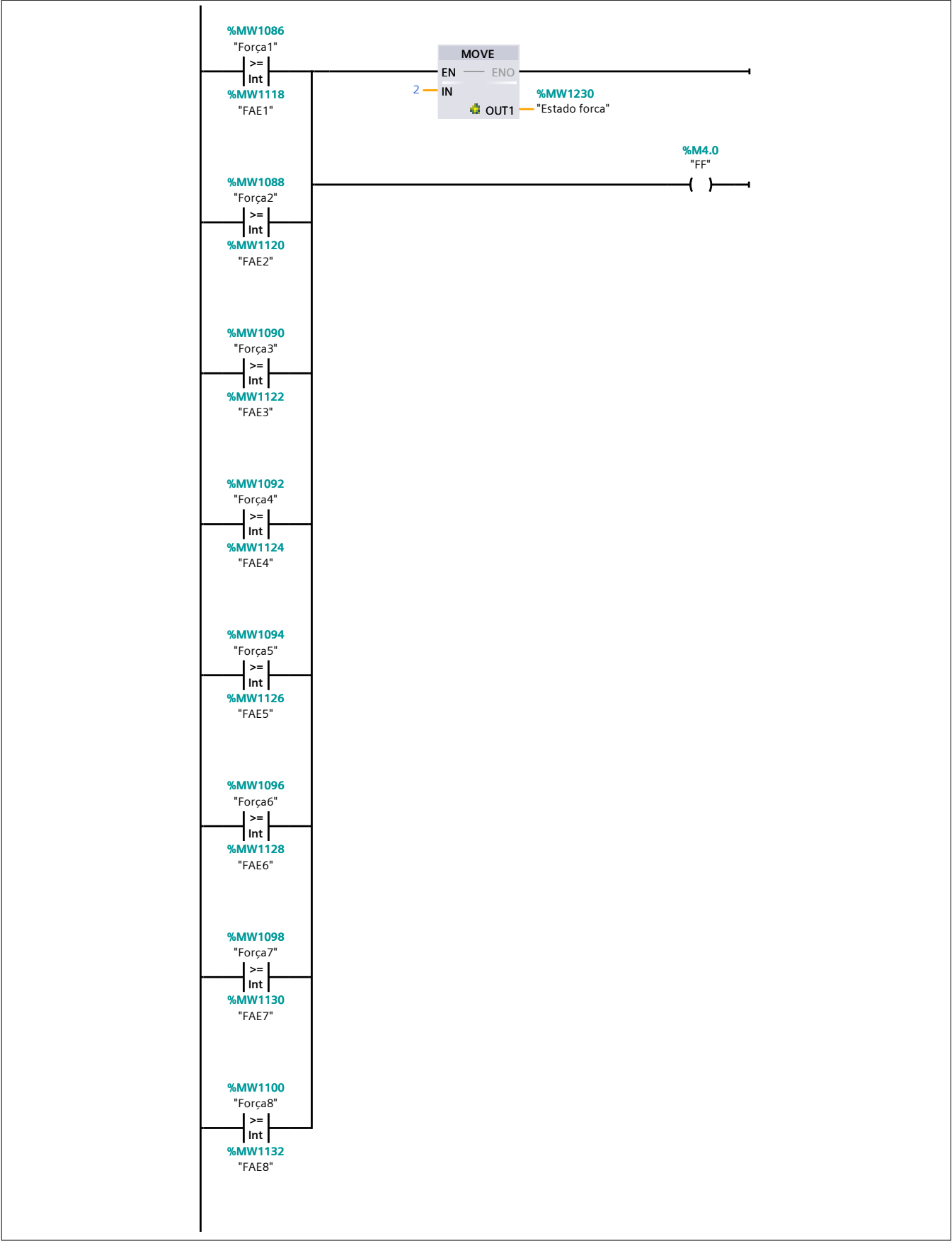
Network 12:

Luz HMI Força (Segurança) - Amarelo



Network 13:

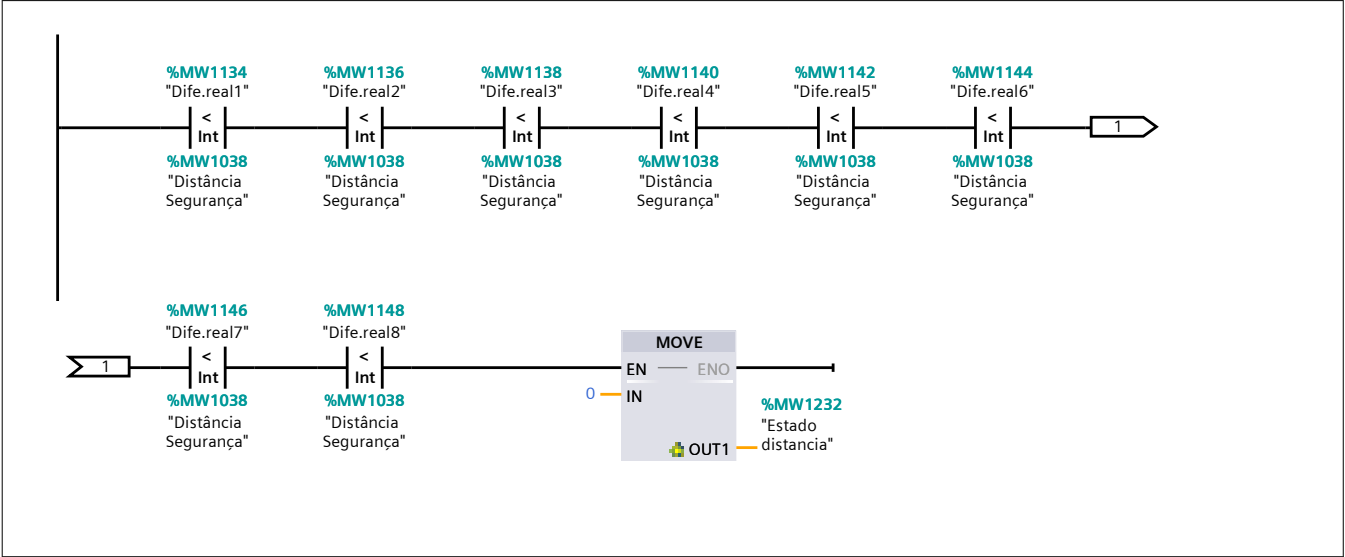
Luz HMI Força (Emergência) - Vermelho



Network 14:

Luz HMI Distância - Verde

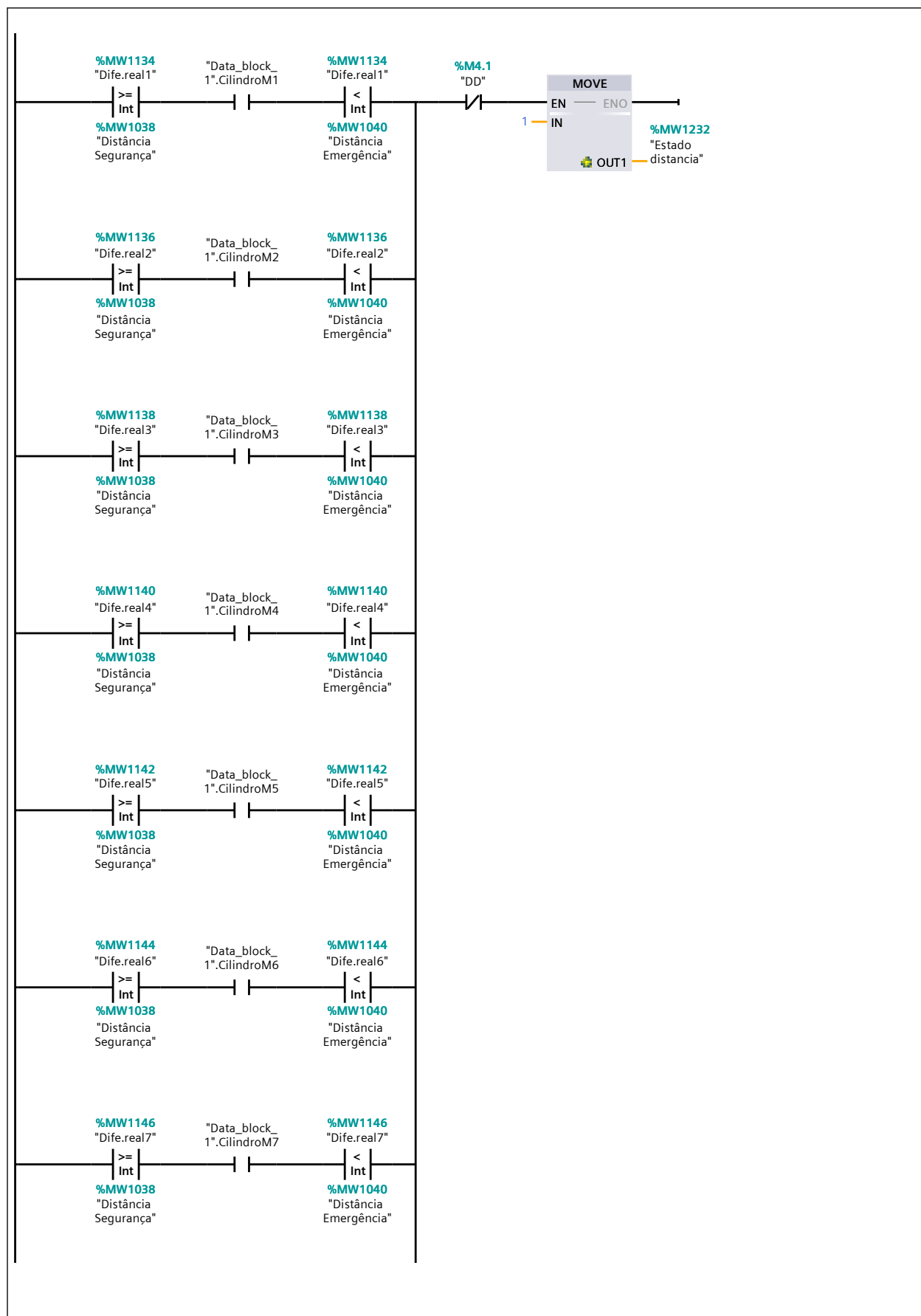
Network 14:



Network 15:

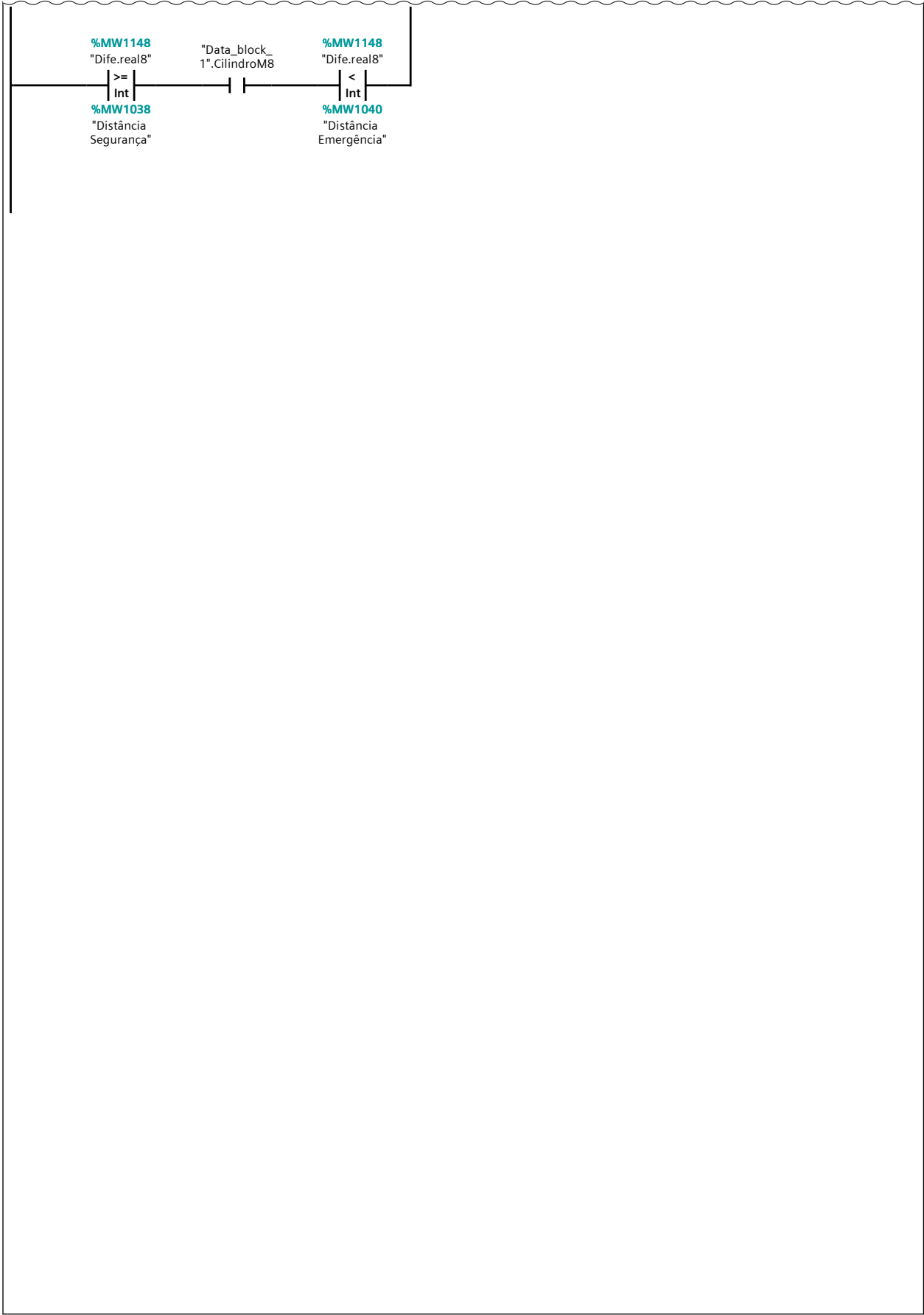
Luz HMI Distância (Segurança) - Amarelo

Network 15: (1.1 / 2.1)



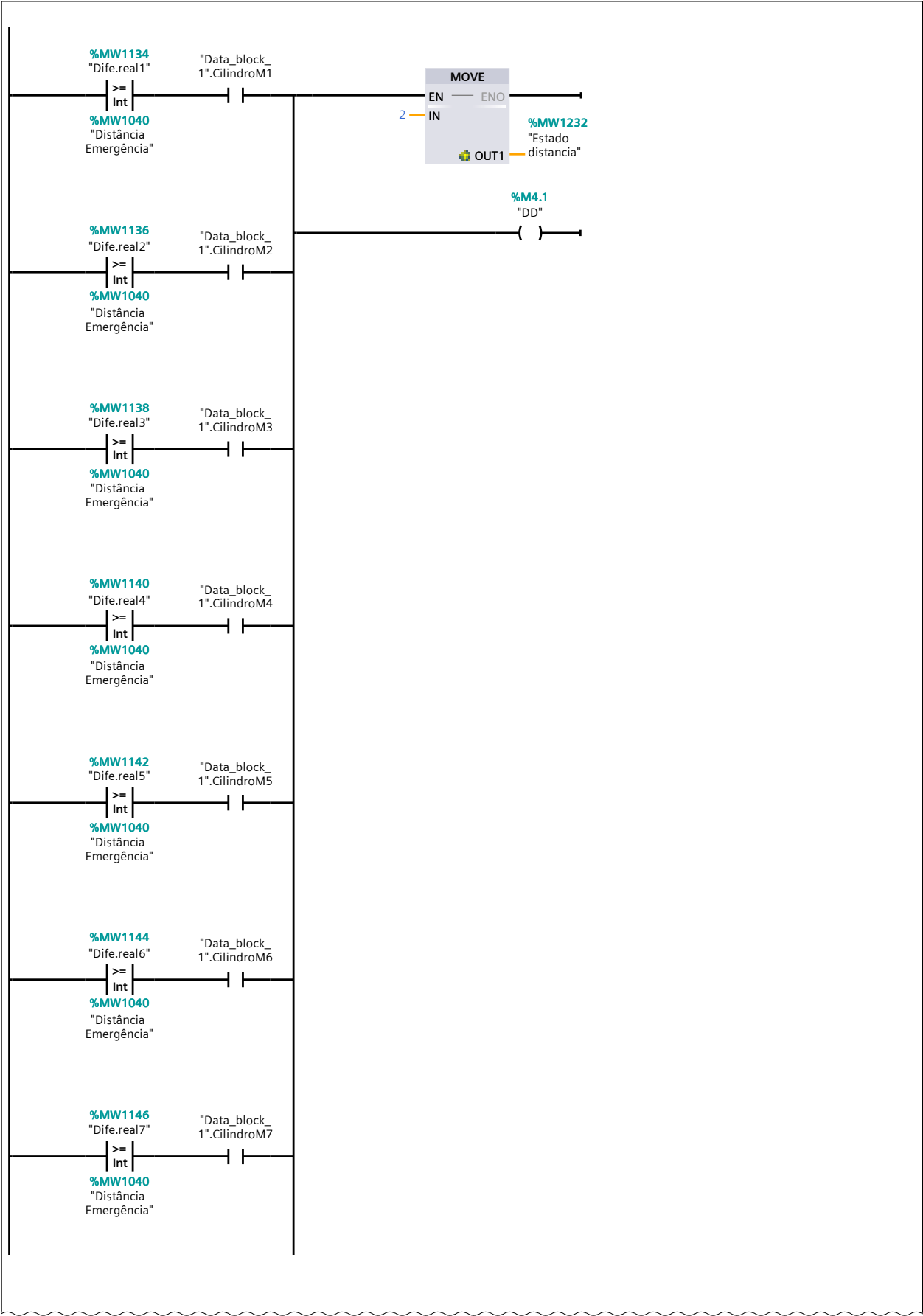
Network 15: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 18)



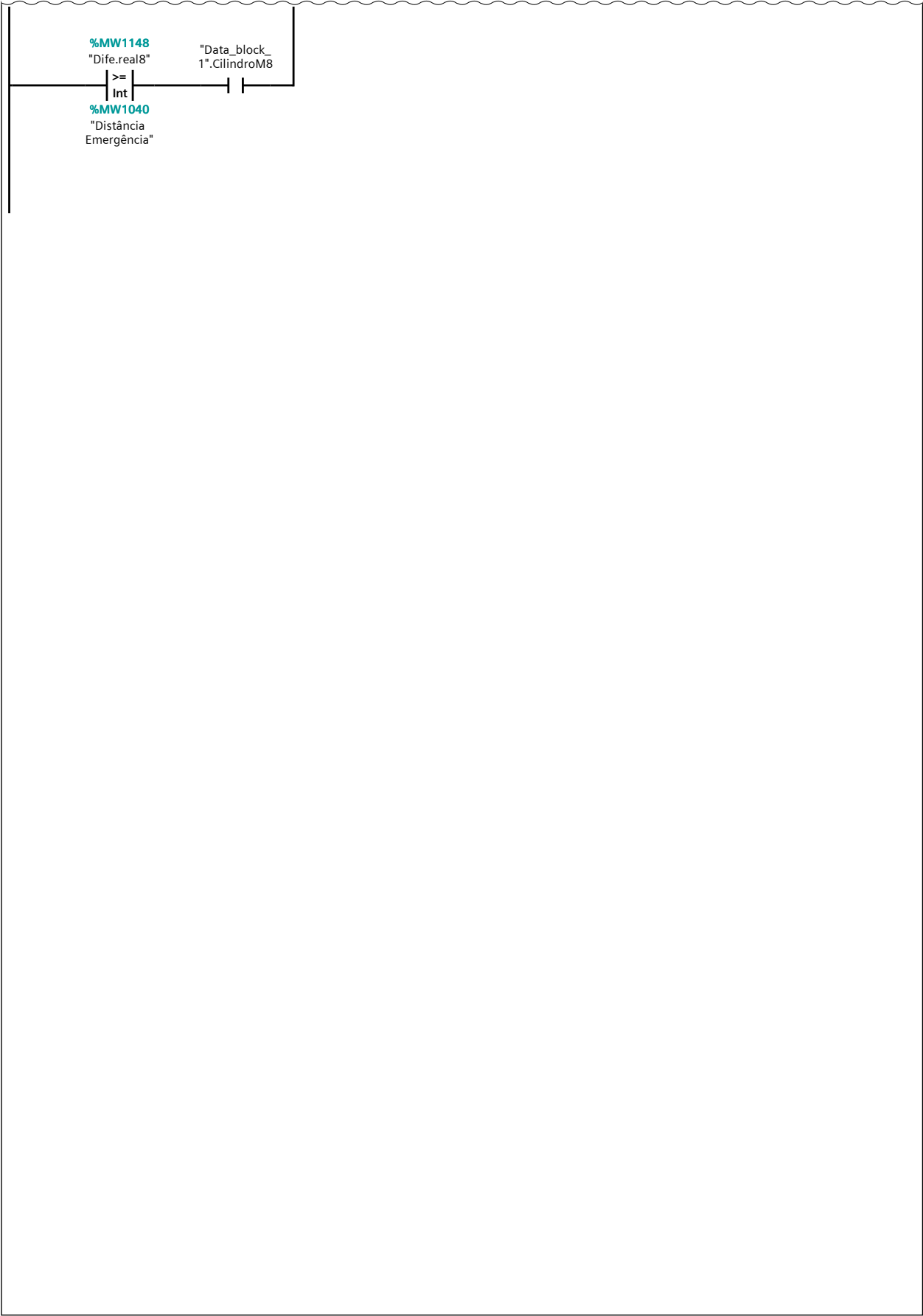
Totally Integrated Automation Portal		
Network 16: Luz HMI distância (Emergência) - Vermelho		

Network 16: (1.1 / 2.1)



Network 16: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 21)



Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU
1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

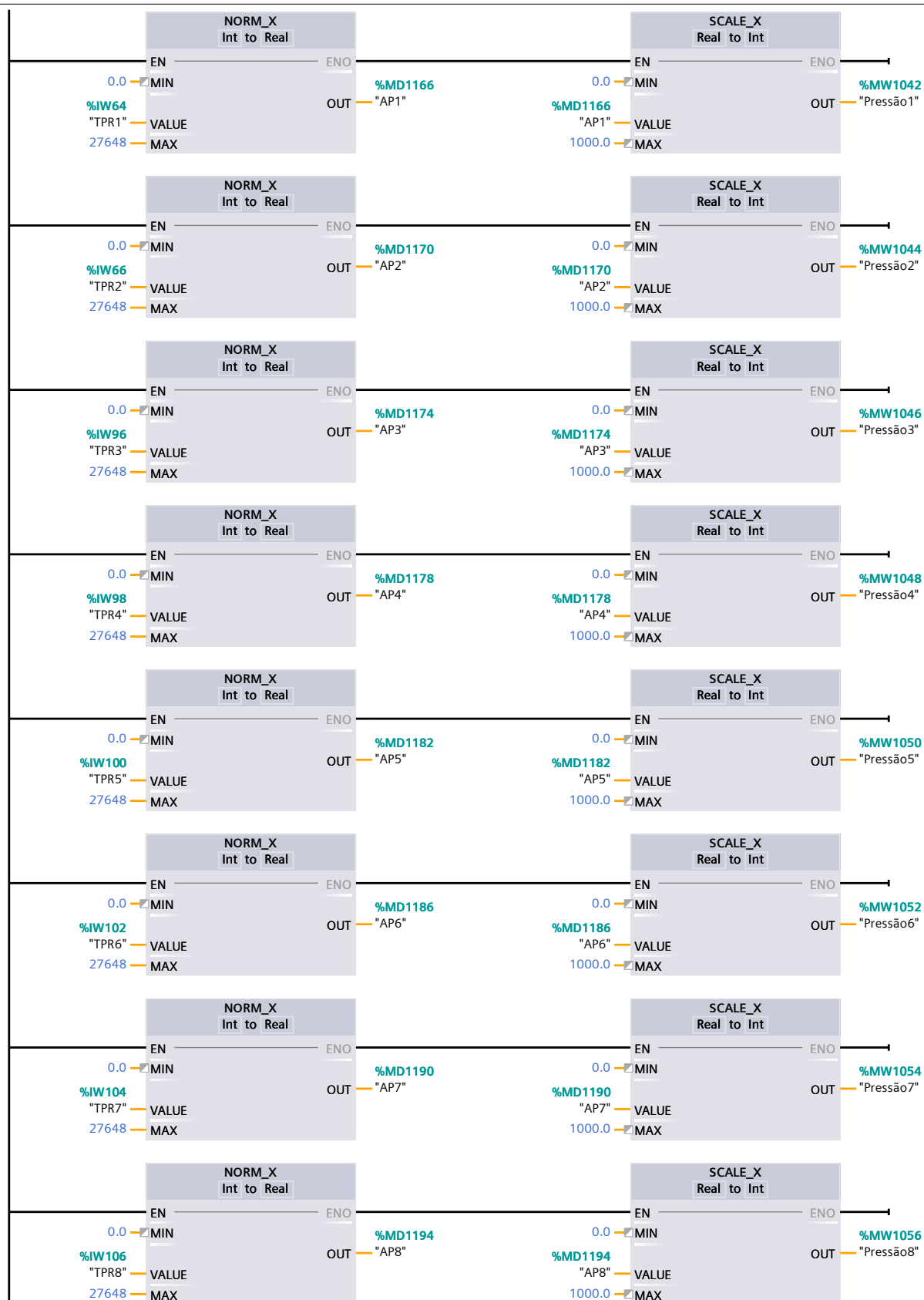
Leitura Sinais [OB124]

Leitura Sinais Properties					
General					
Name	Leitura Sinais	Number	124	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Leitura Sinais			
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

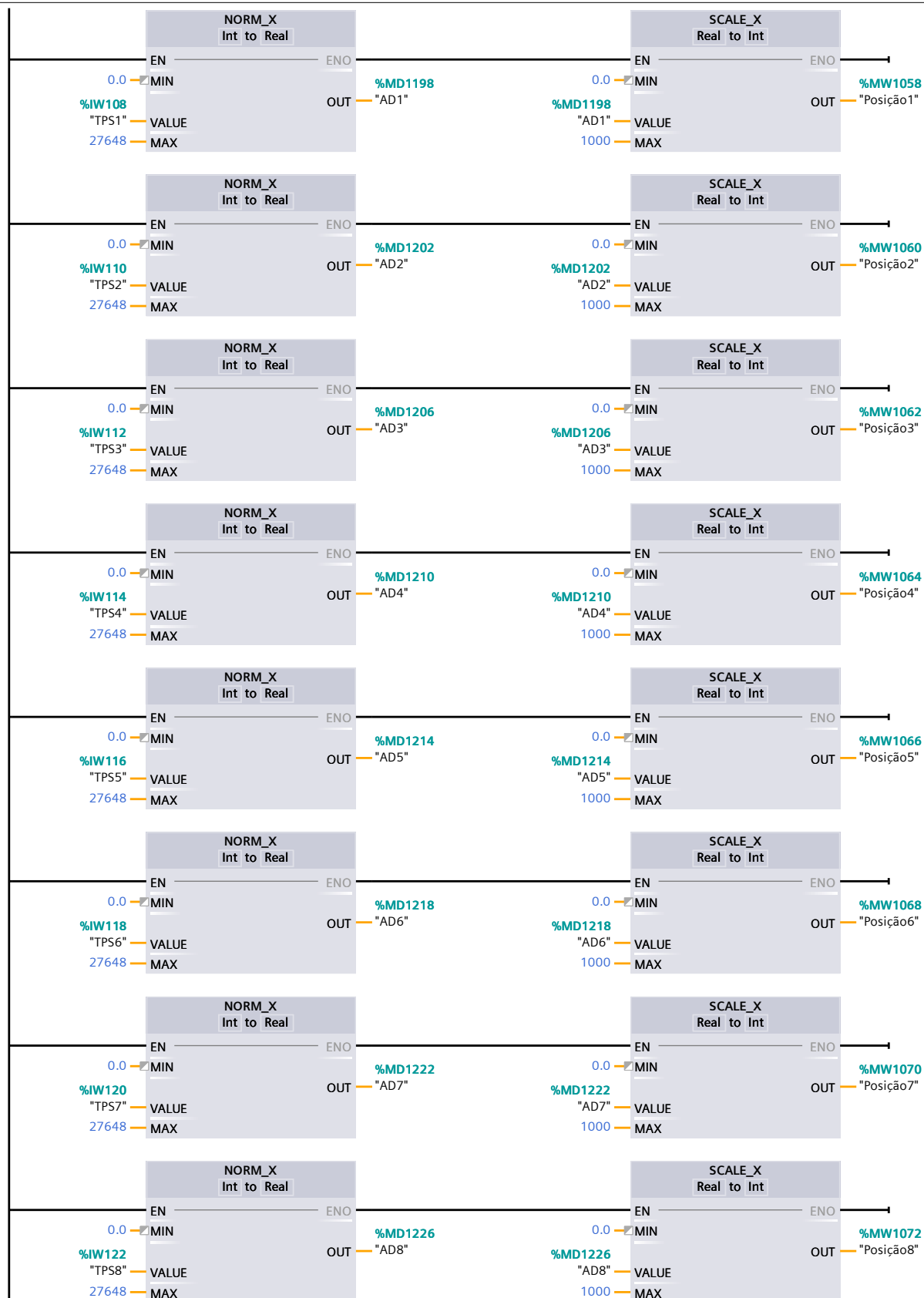
Network 1:

Conversão sinal analógico para pressão



Network 2:

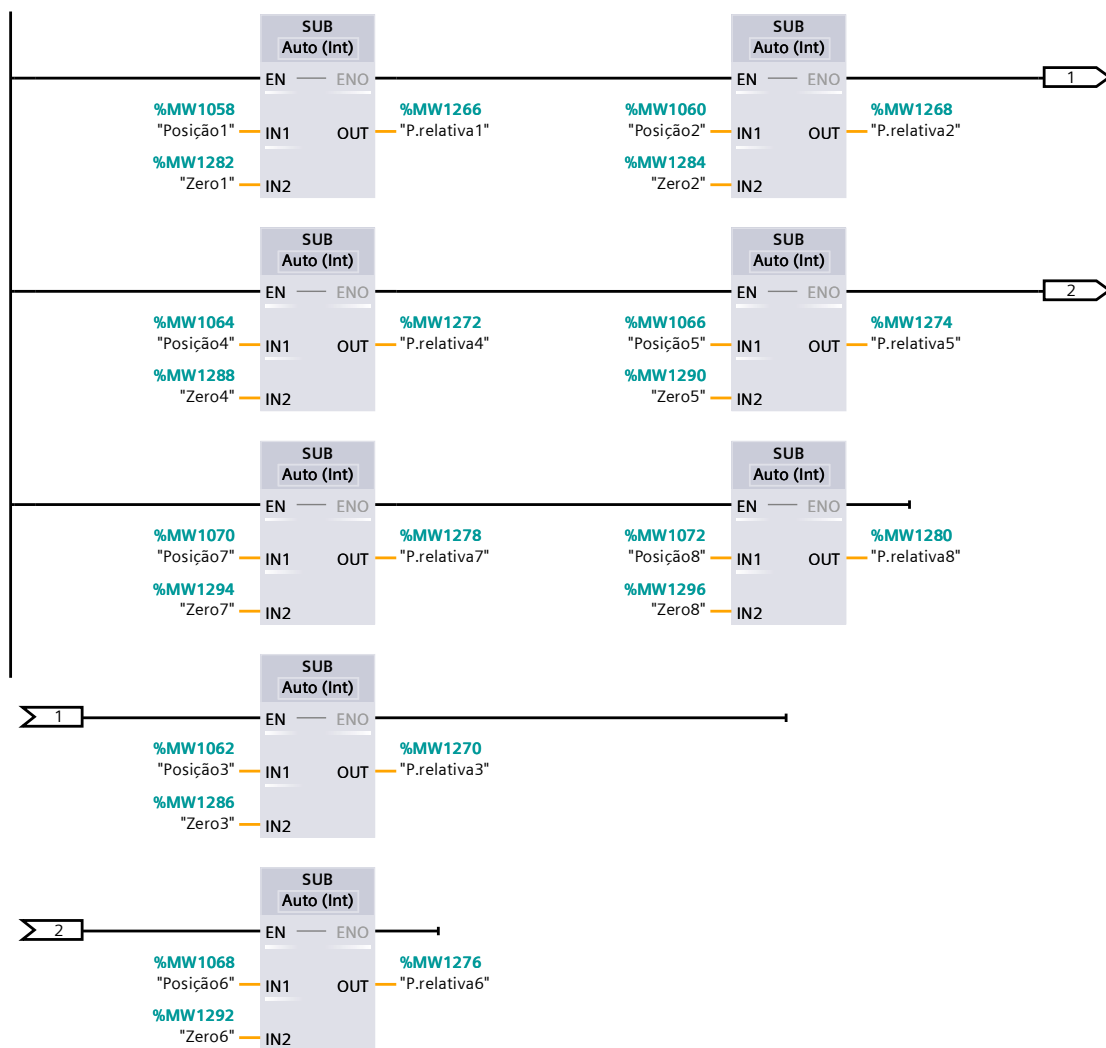
Conversão sinal analógico para posição



Network 3:

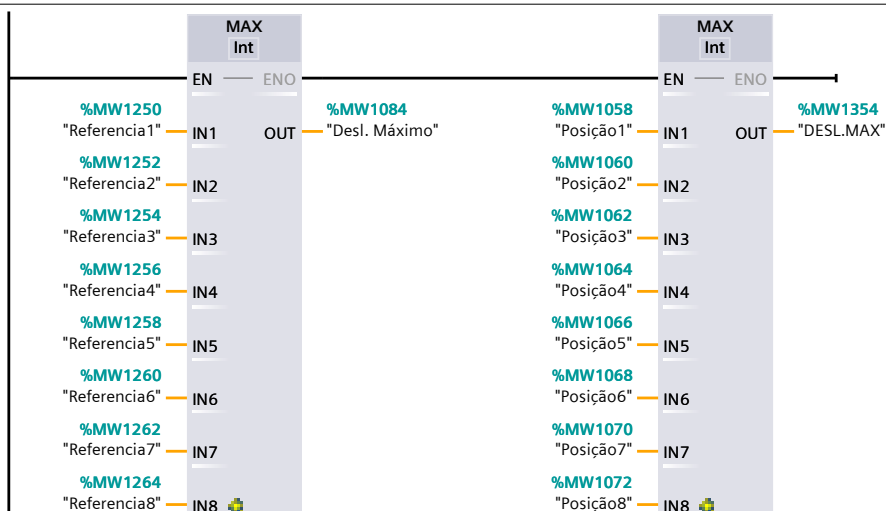
Determinação da posição relativa

Network 3:



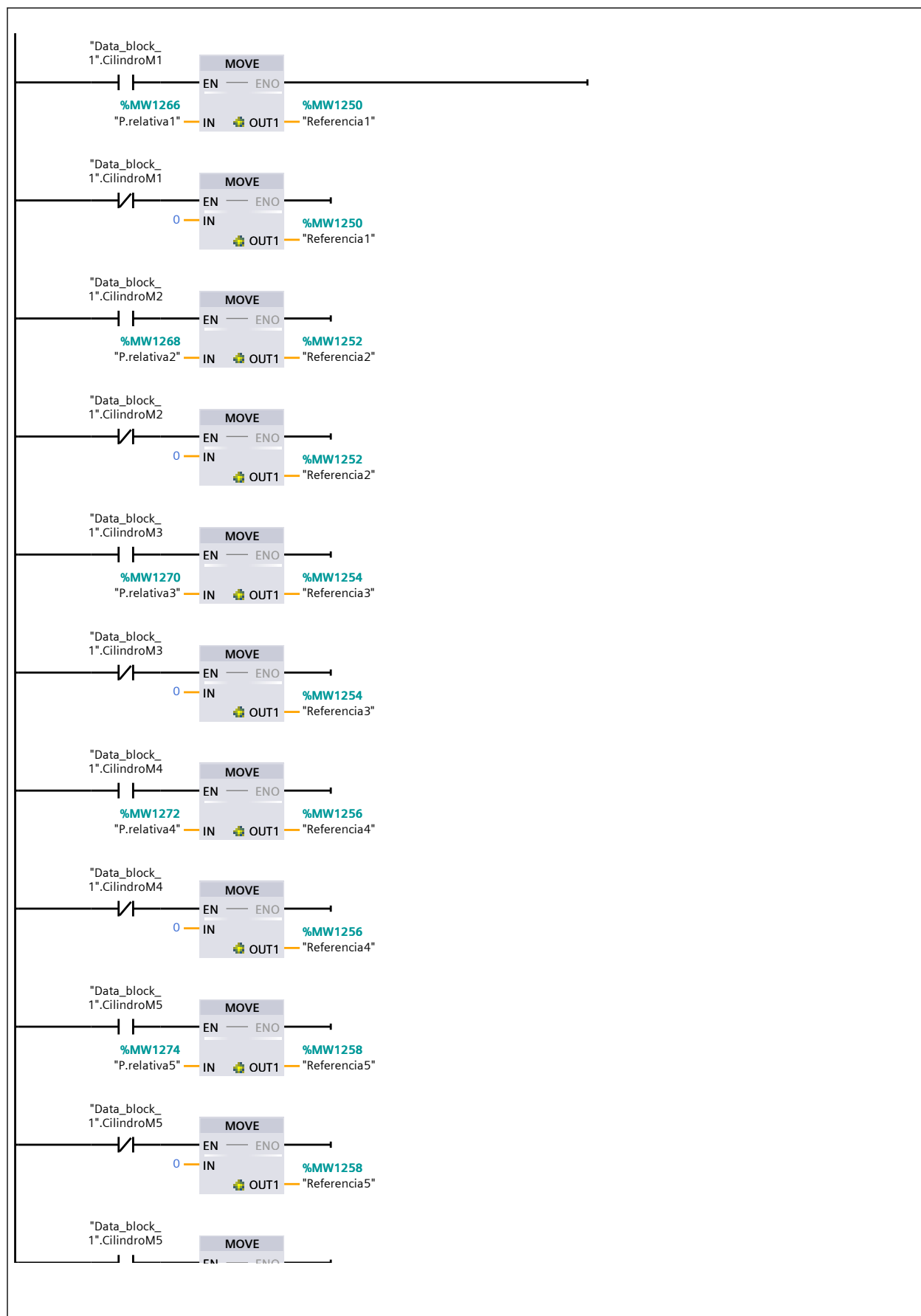
Network 4:

Cilindro com a posição mais elevada - Posição de referência



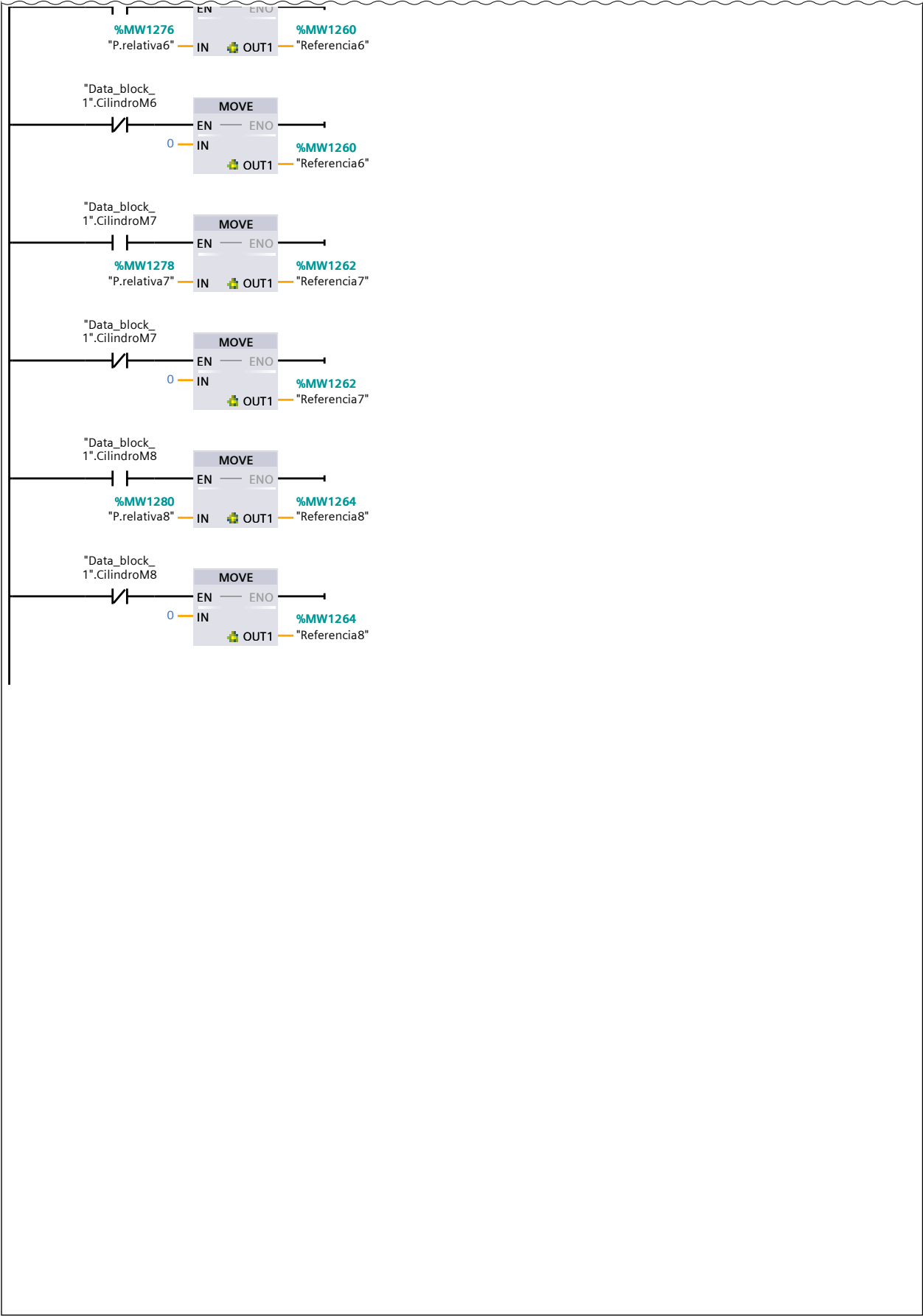
Totally Integrated Automation Portal		
Network 5: Posição de cada cilindro (Distinção entre os cilindros ativos e não selecionados)		

Network 5: (1.1 / 2.1)



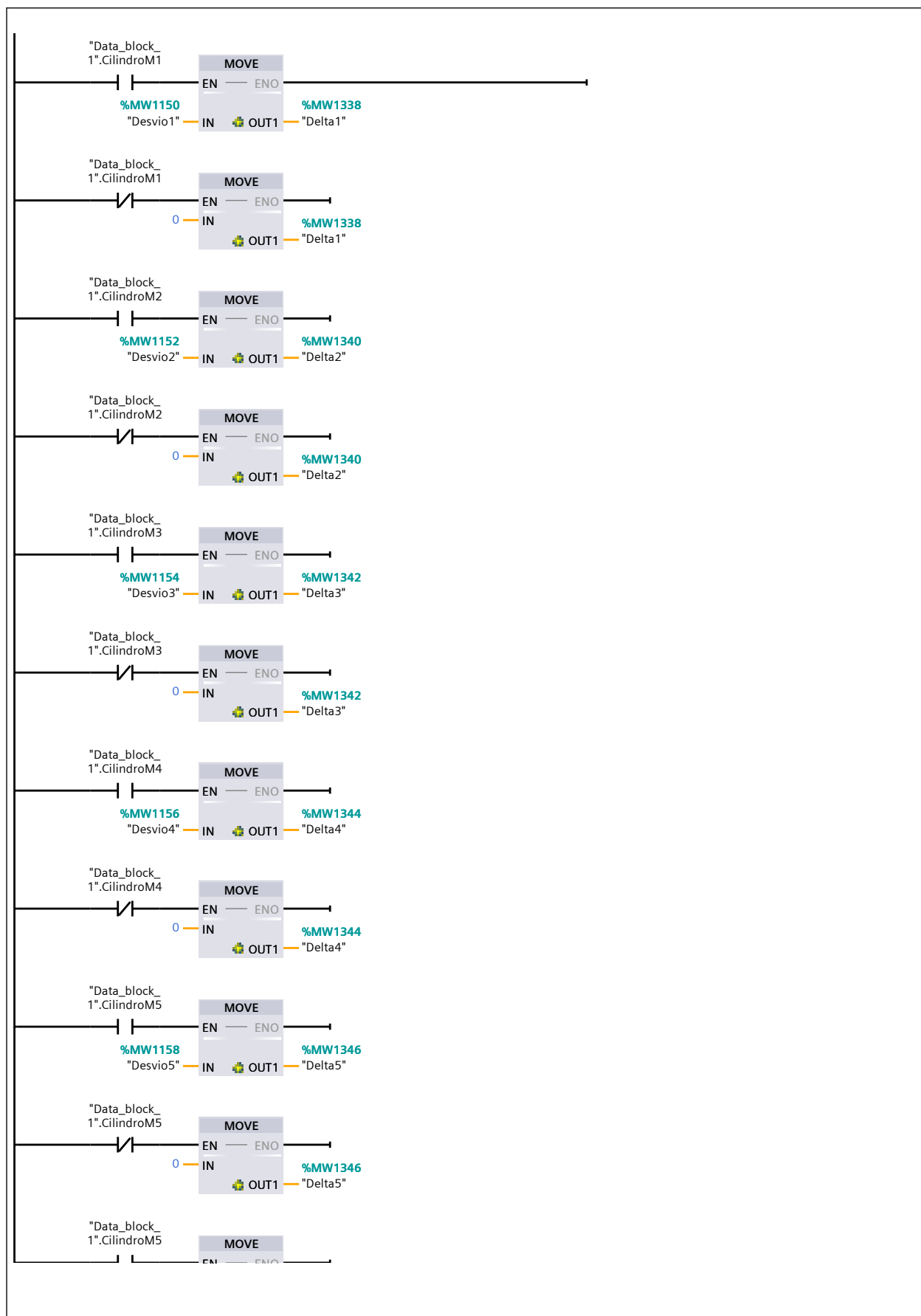
Network 5: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 6)



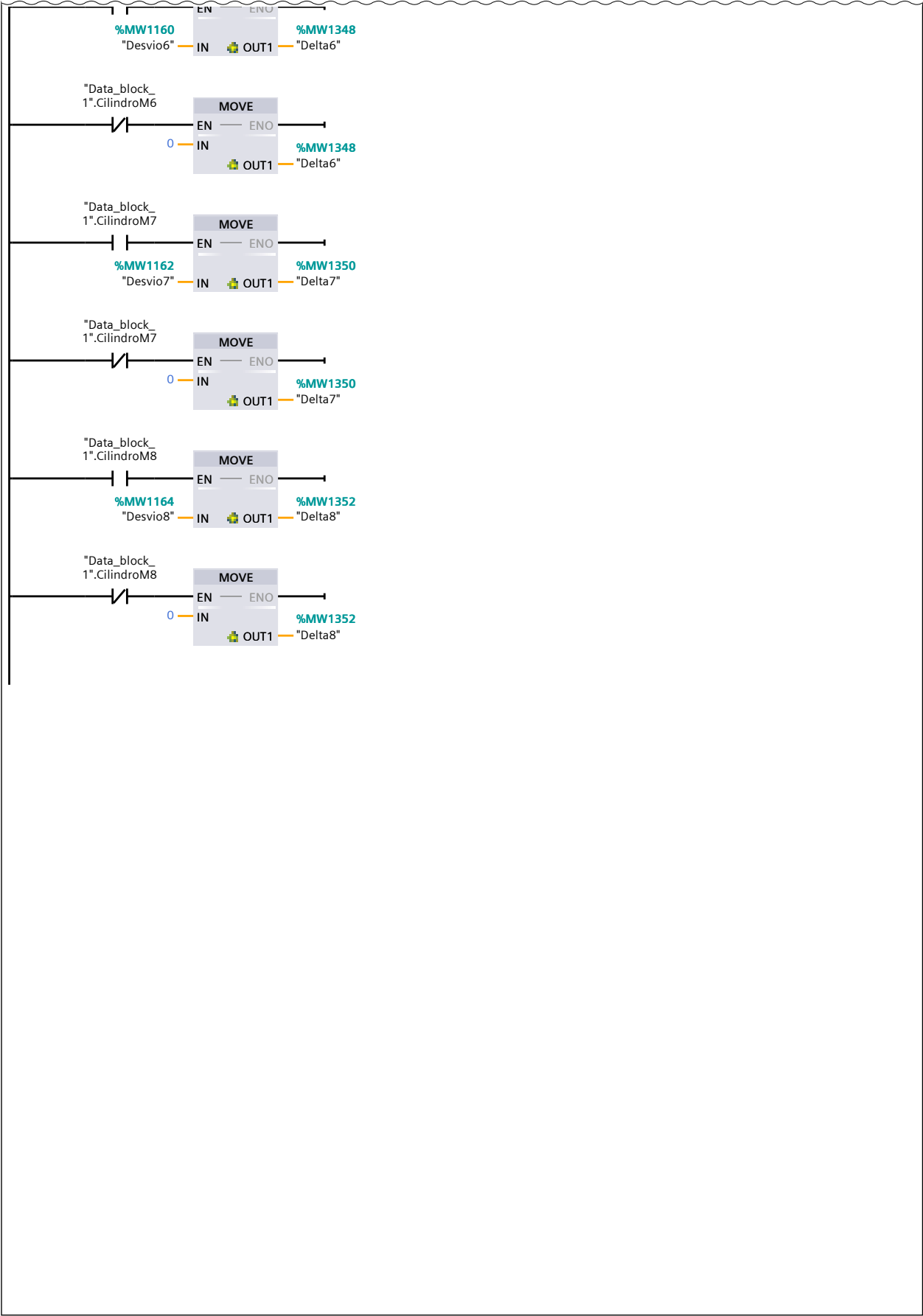
Totally Integrated Automation Portal		
Network 6: Desvio relativo de cada cilindro (Distinção entre cilindro ativo e desatiado)		

Network 6: (1.1 / 2.1)



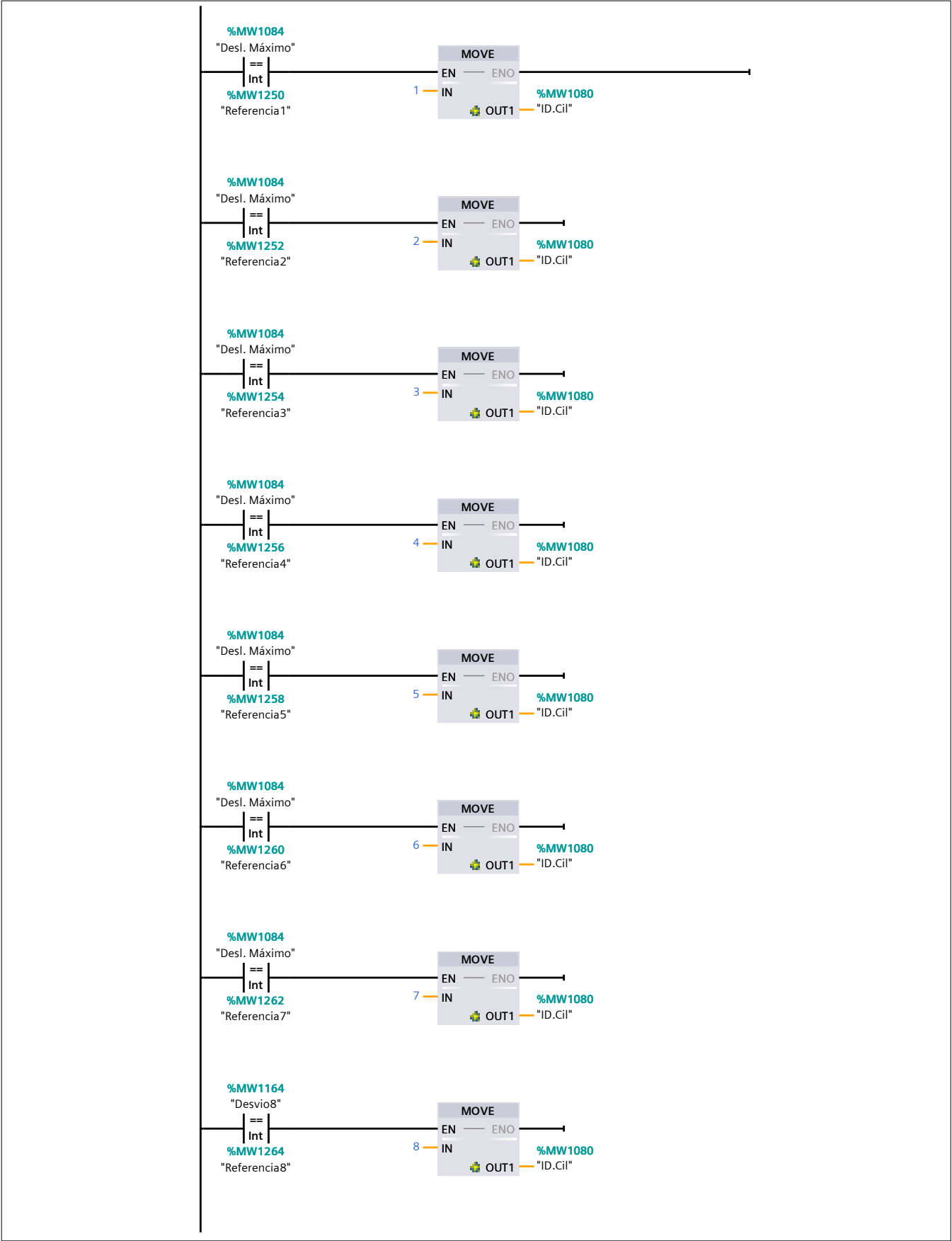
Network 6: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 9)



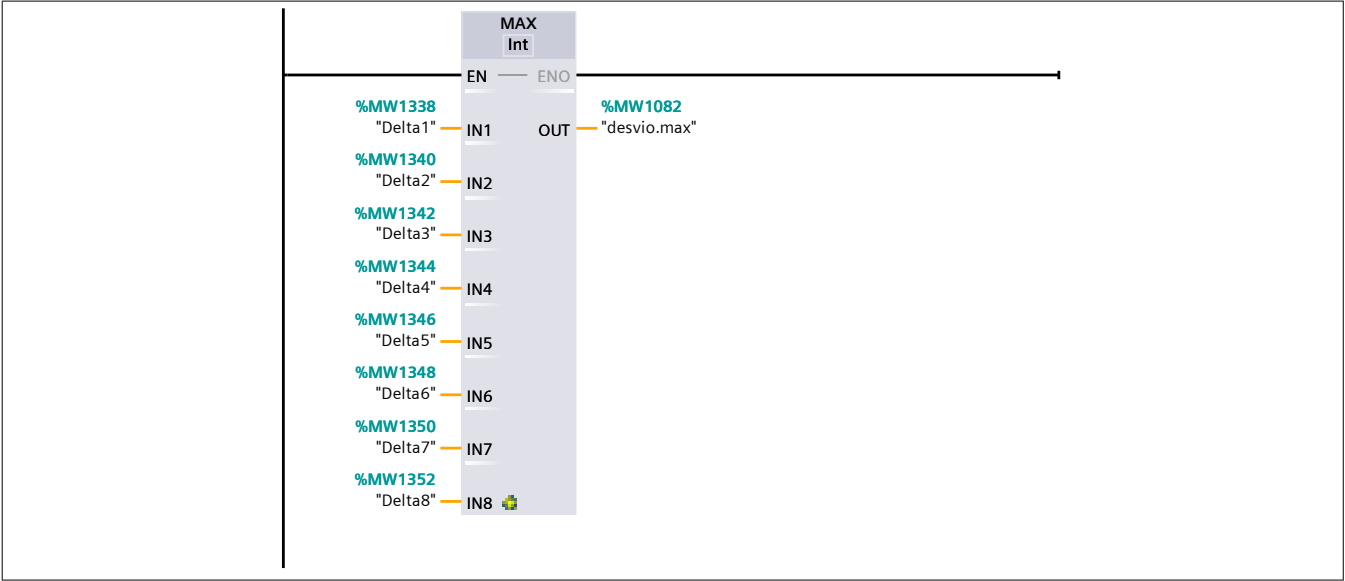
Network 7:

Identificação do cilindro com a posição mais elevada



Network 8:

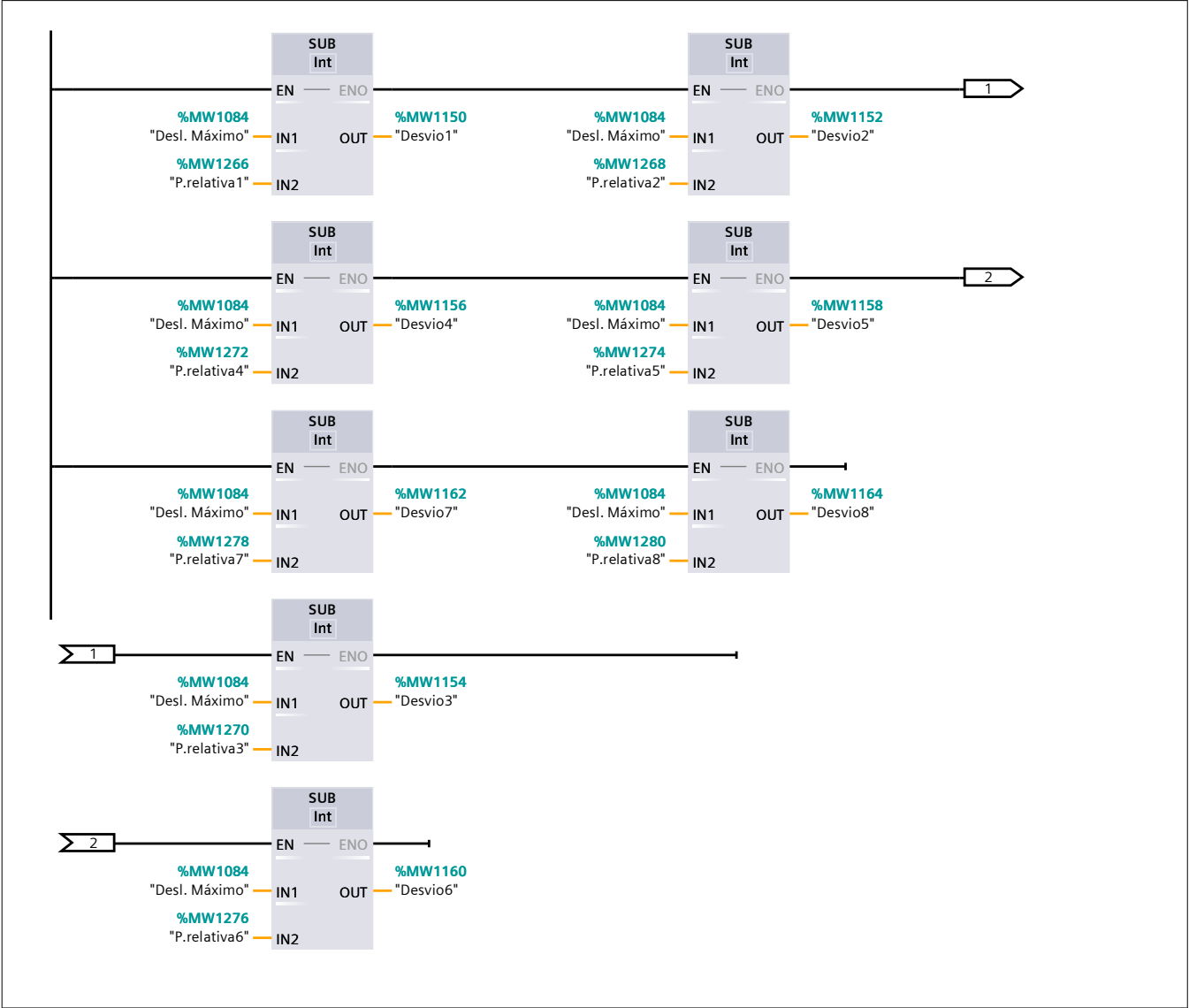
Determinação do desvio máximo



Network 9:

Diferença de alturas entre a posição de referência e do cilindro

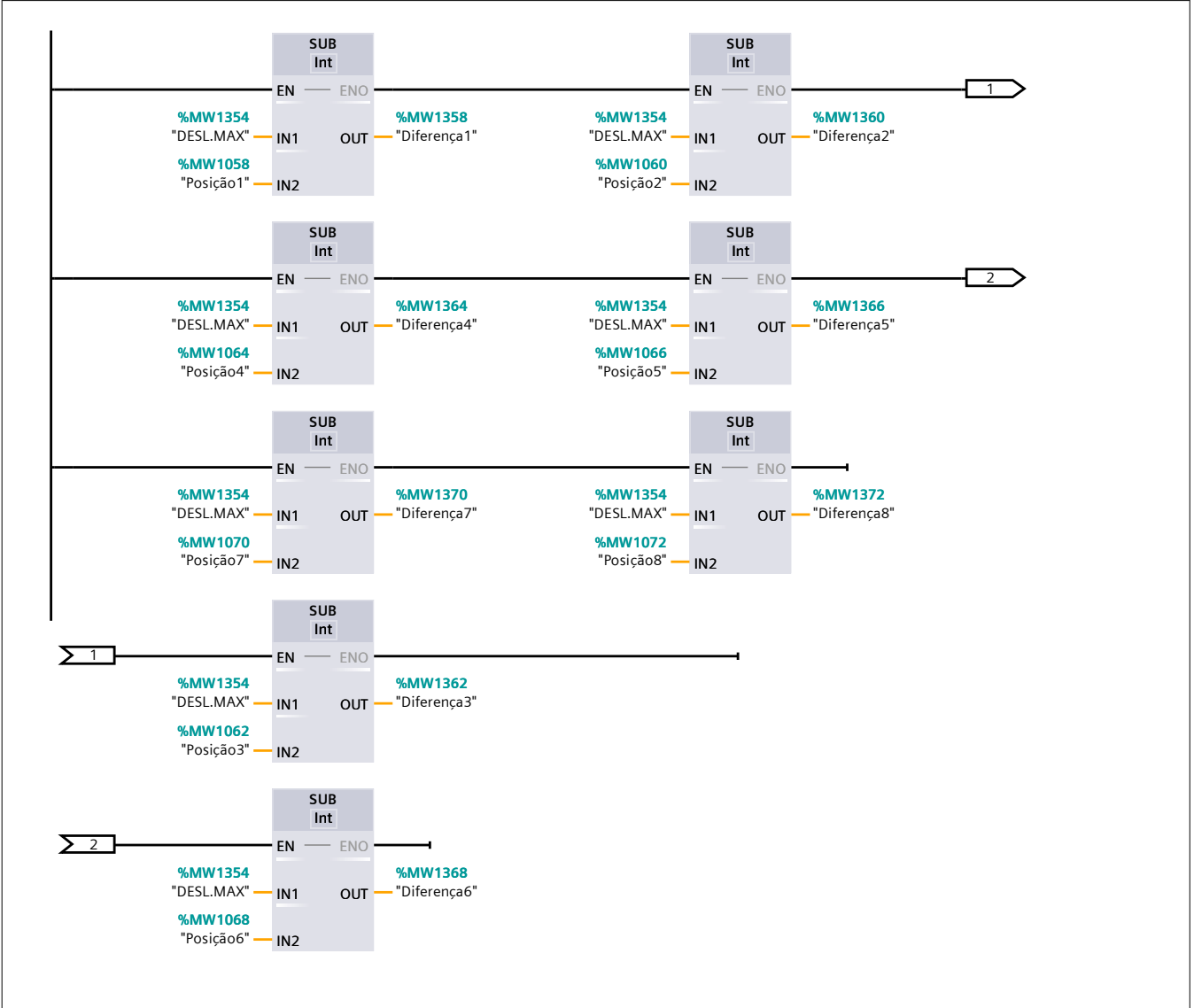
Network 9:



Network 10:

Calculo do desvio real

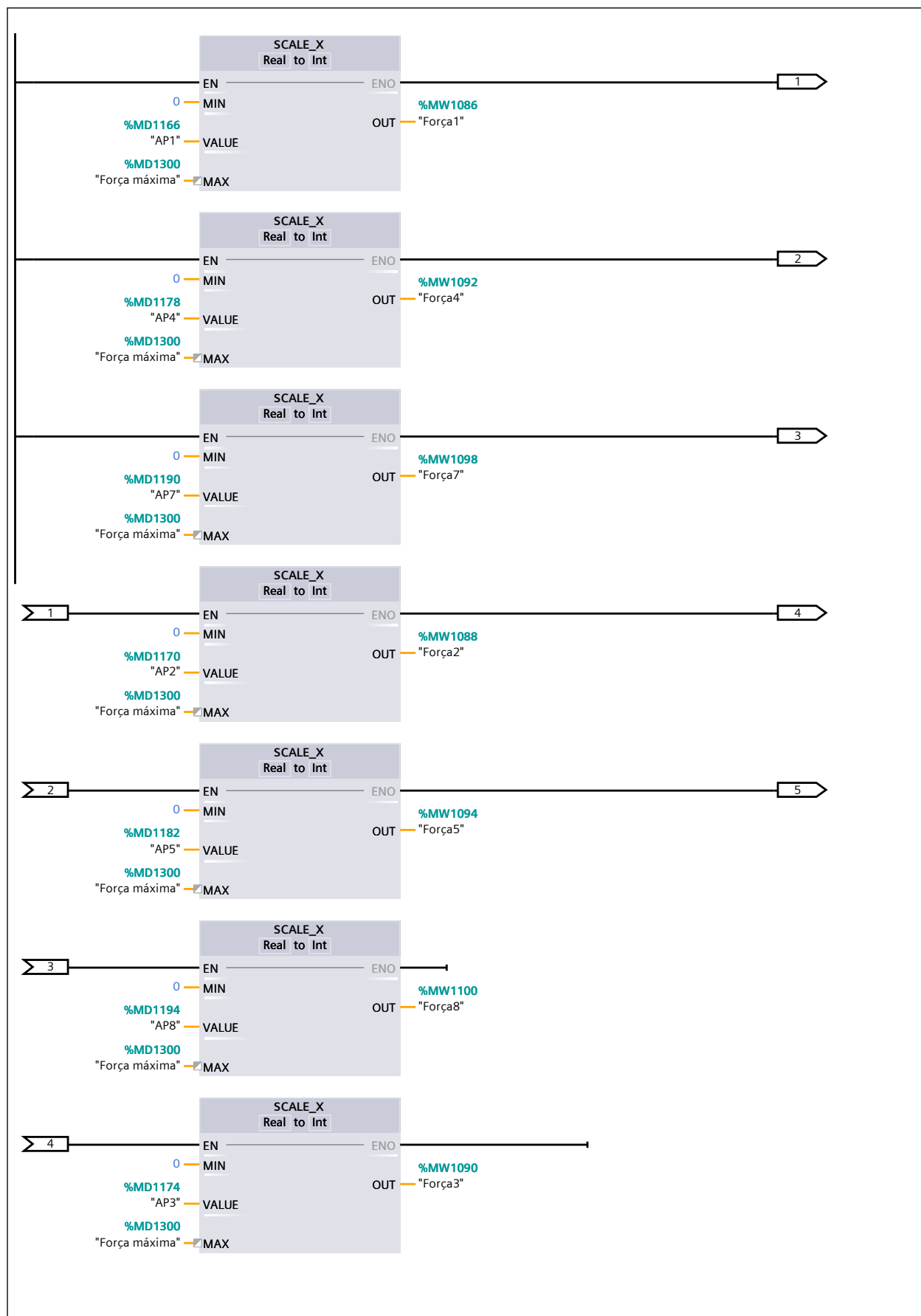
Network 10:



Network 11:

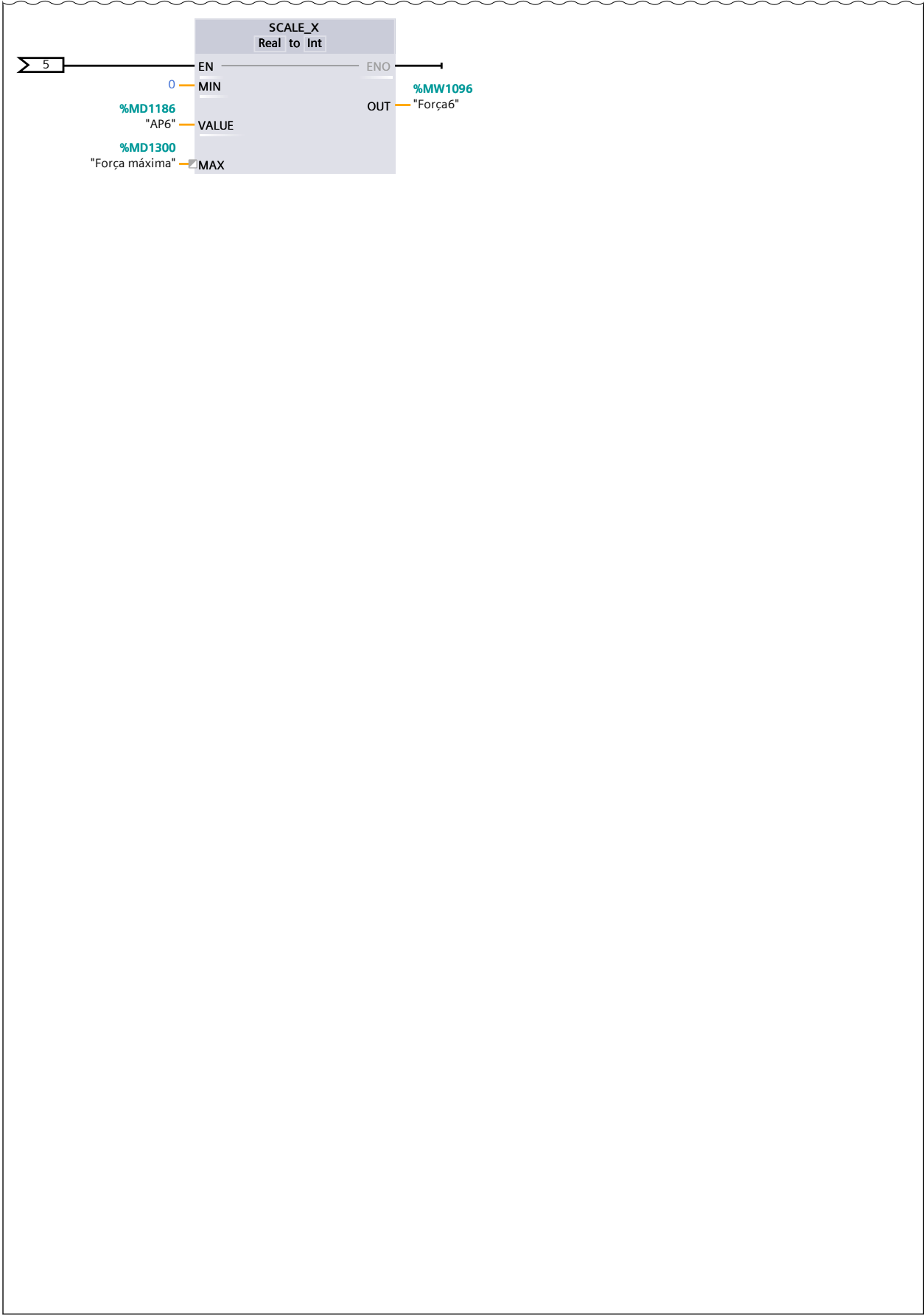
Conversão Pressão para Toneladas (uma casa decimal)

Network 11: (1.1 / 2.1)



Network 11: (2.1 / 2.1)

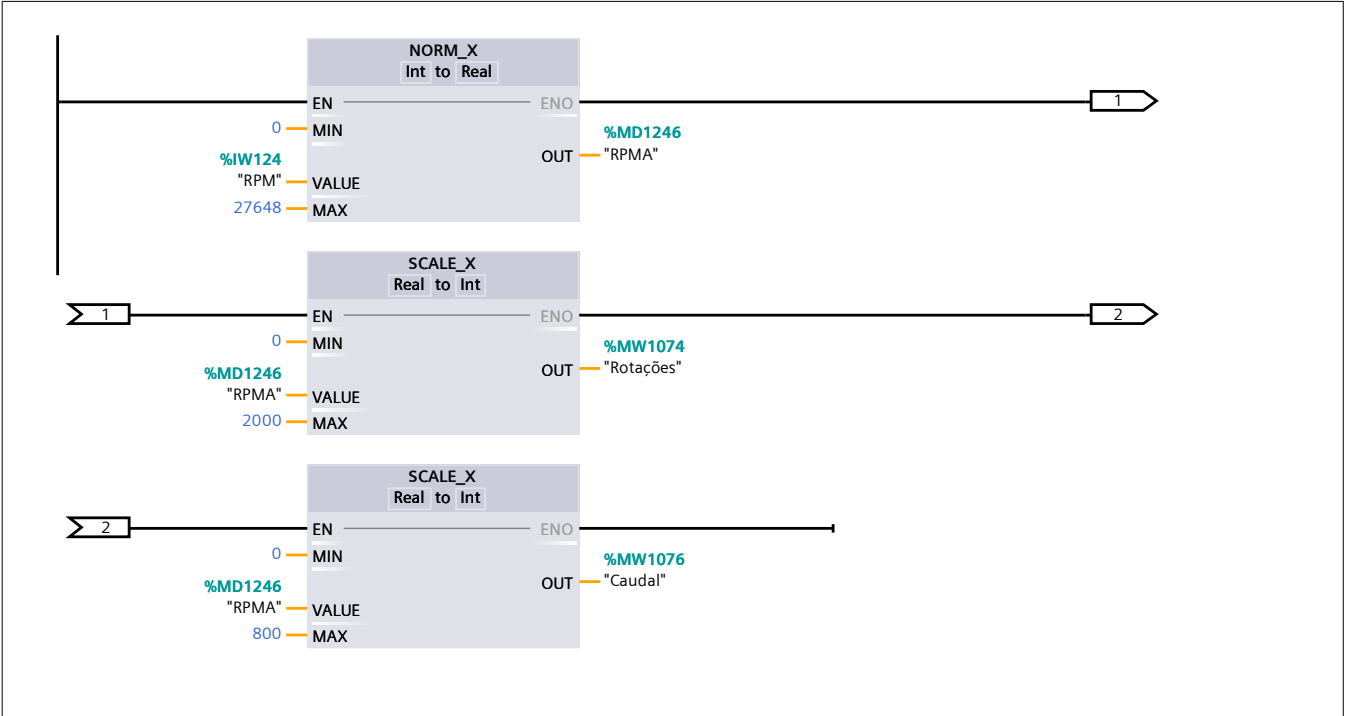
1.1 (Page1 - 15)



Network 12:

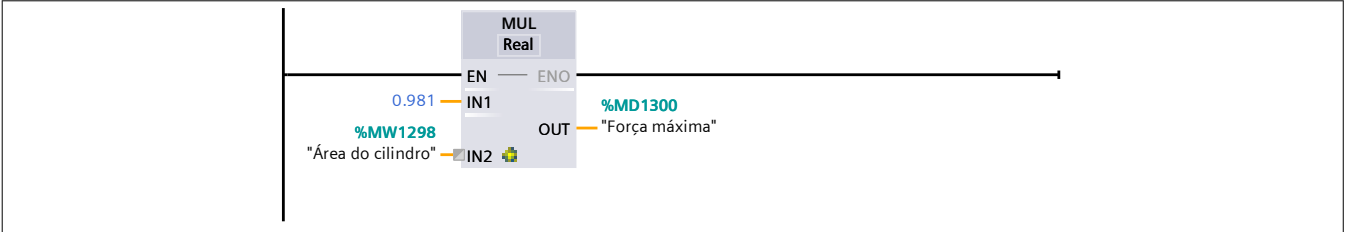
Transformação do sinal analógico para rotação e caudal

Network 12:



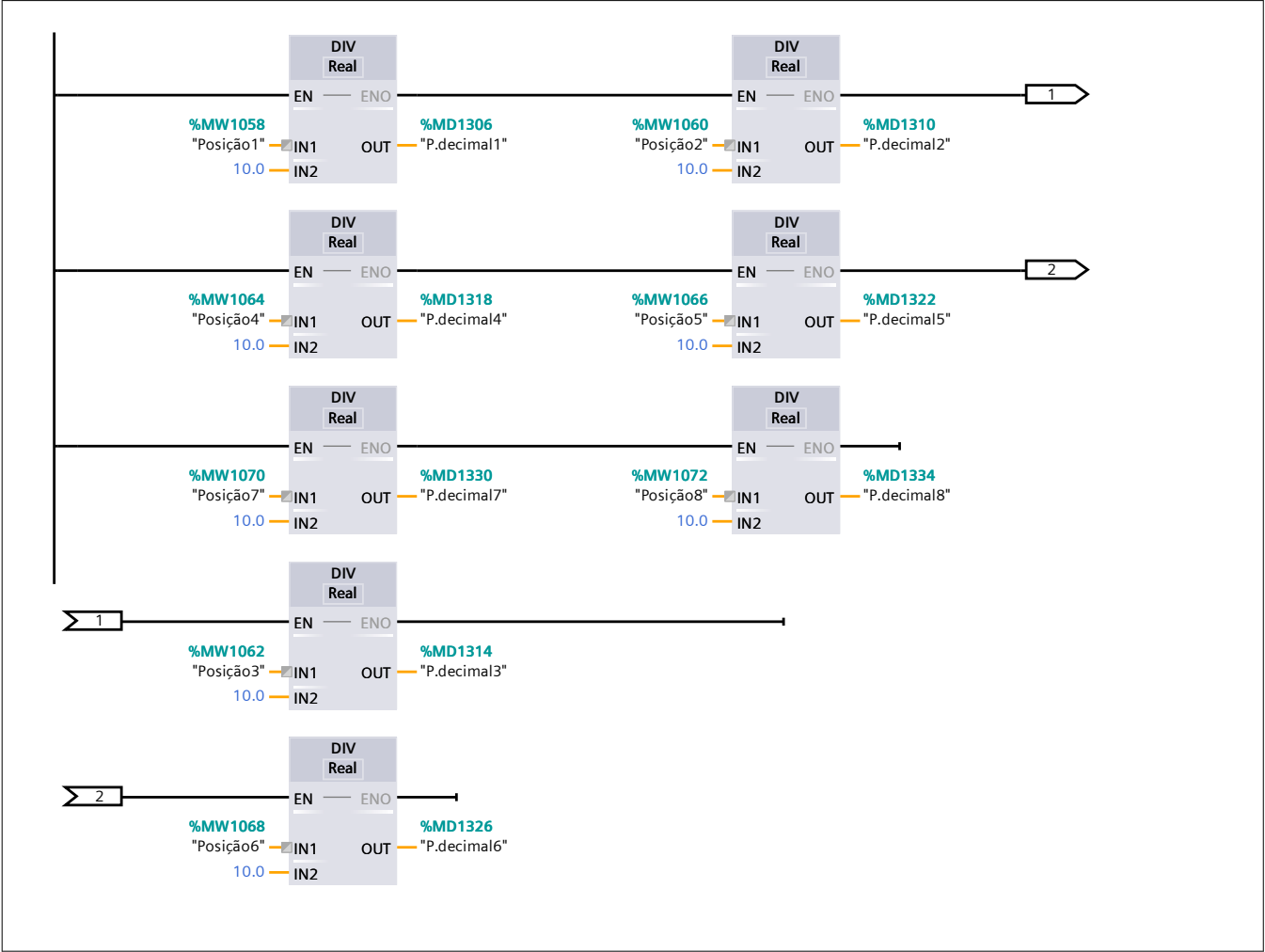
Network 13:

Força máxima em função da área



Network 14:

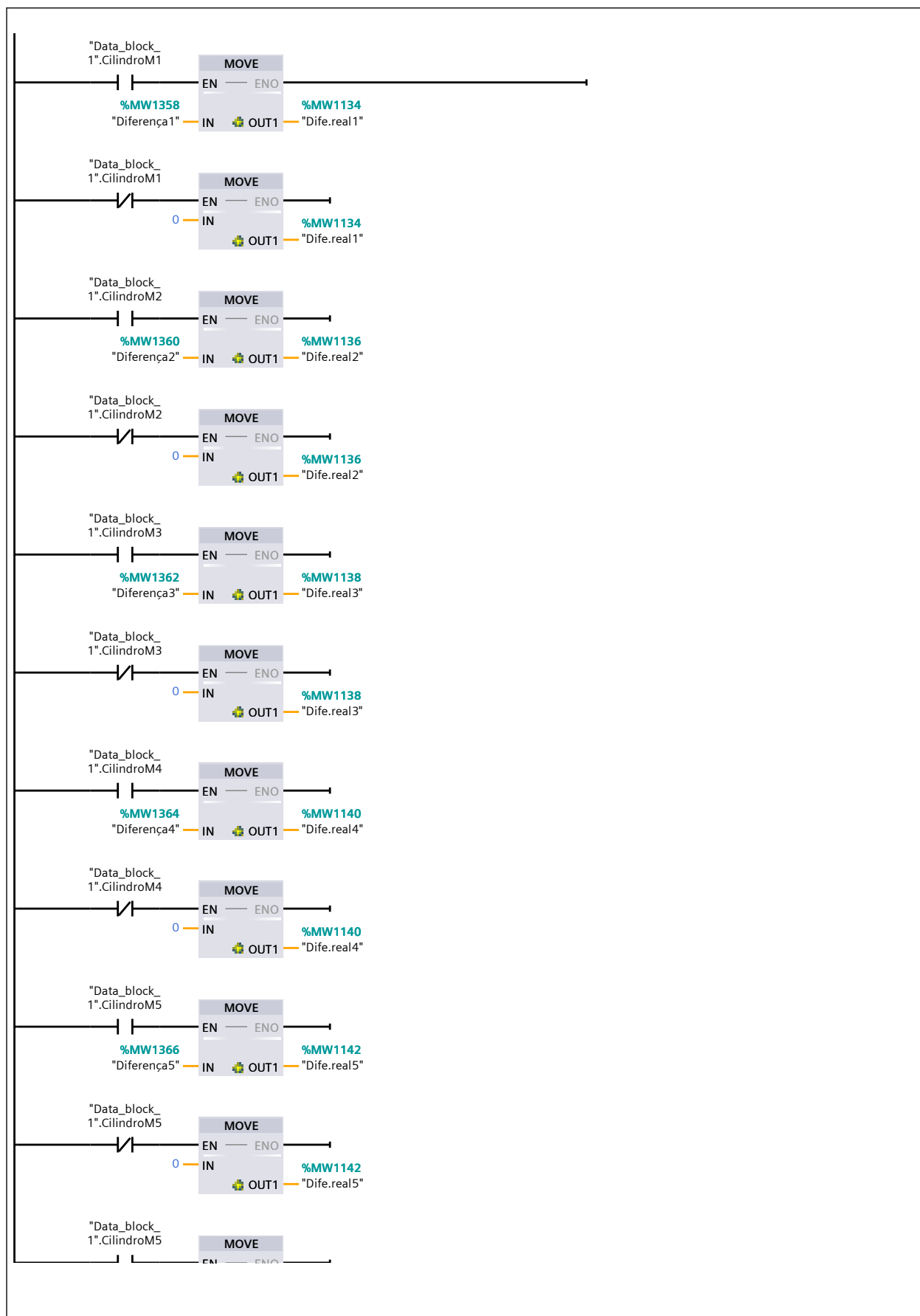
Network 14:



Network 15:

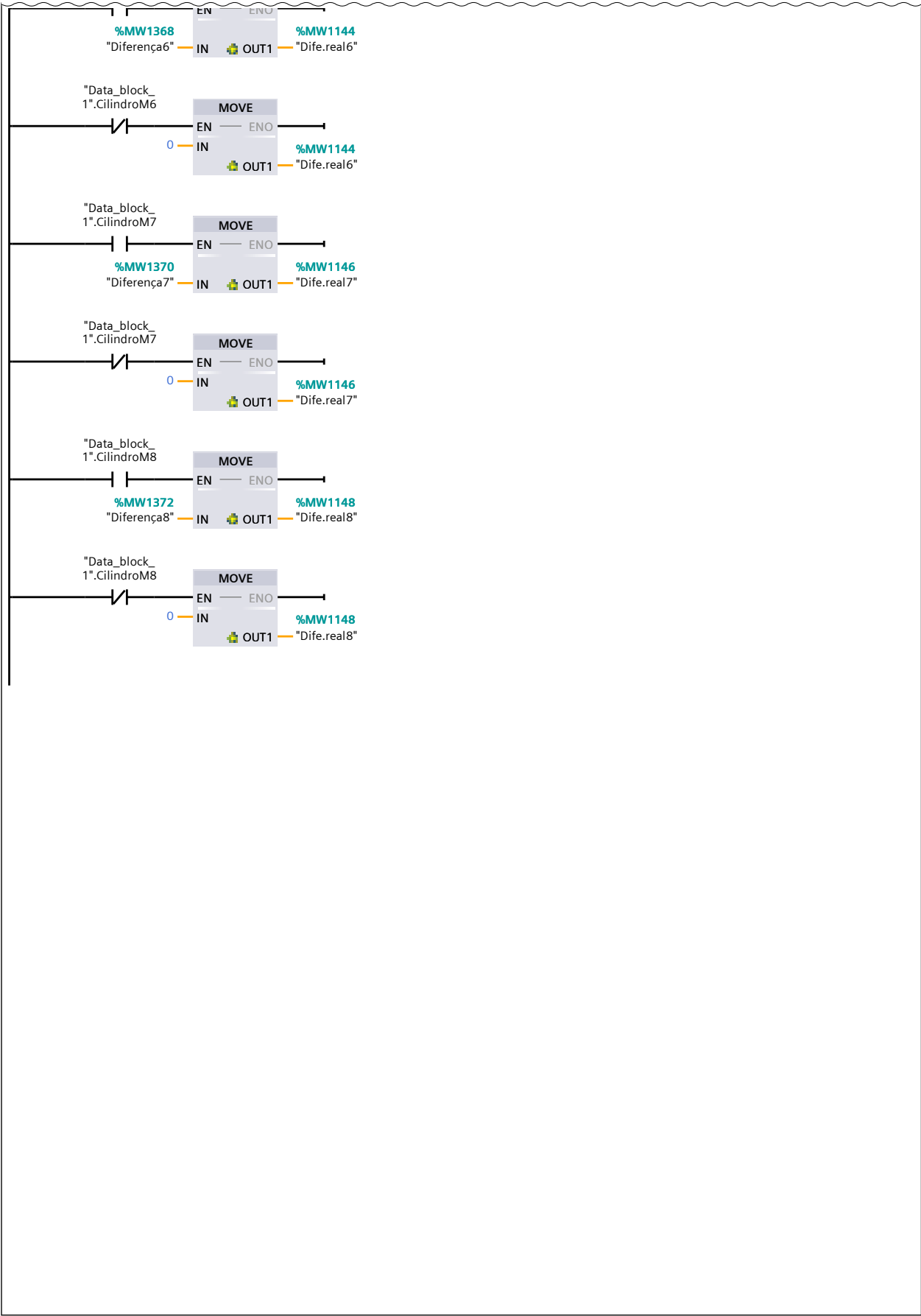
Desvio real de cada cilindro (Distinção entre cilindro ativo e desatiado)

Network 15: (1.1 / 2.1)



Network 15: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 19)



Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

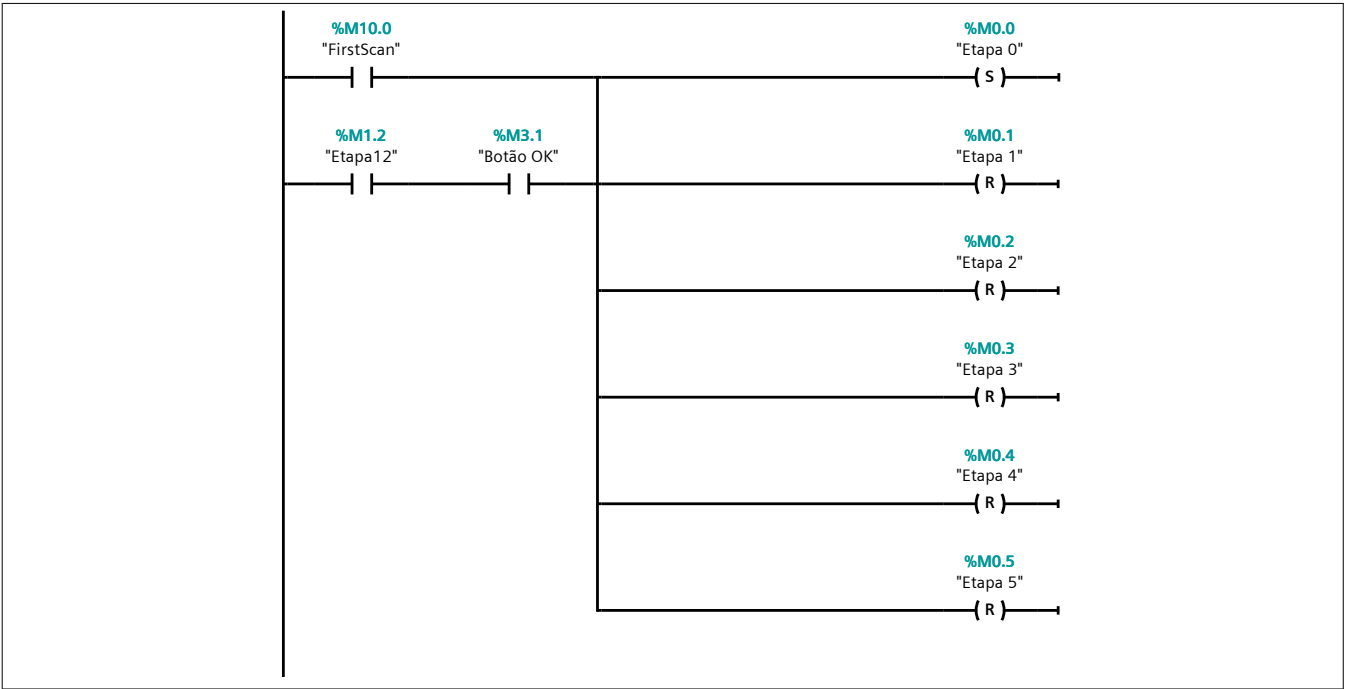
Movimentação [OB1]

Movimentação Properties					
General					
Name	Movimentação	Number	1	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Movimentação			
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Network 1: Etapa inicial

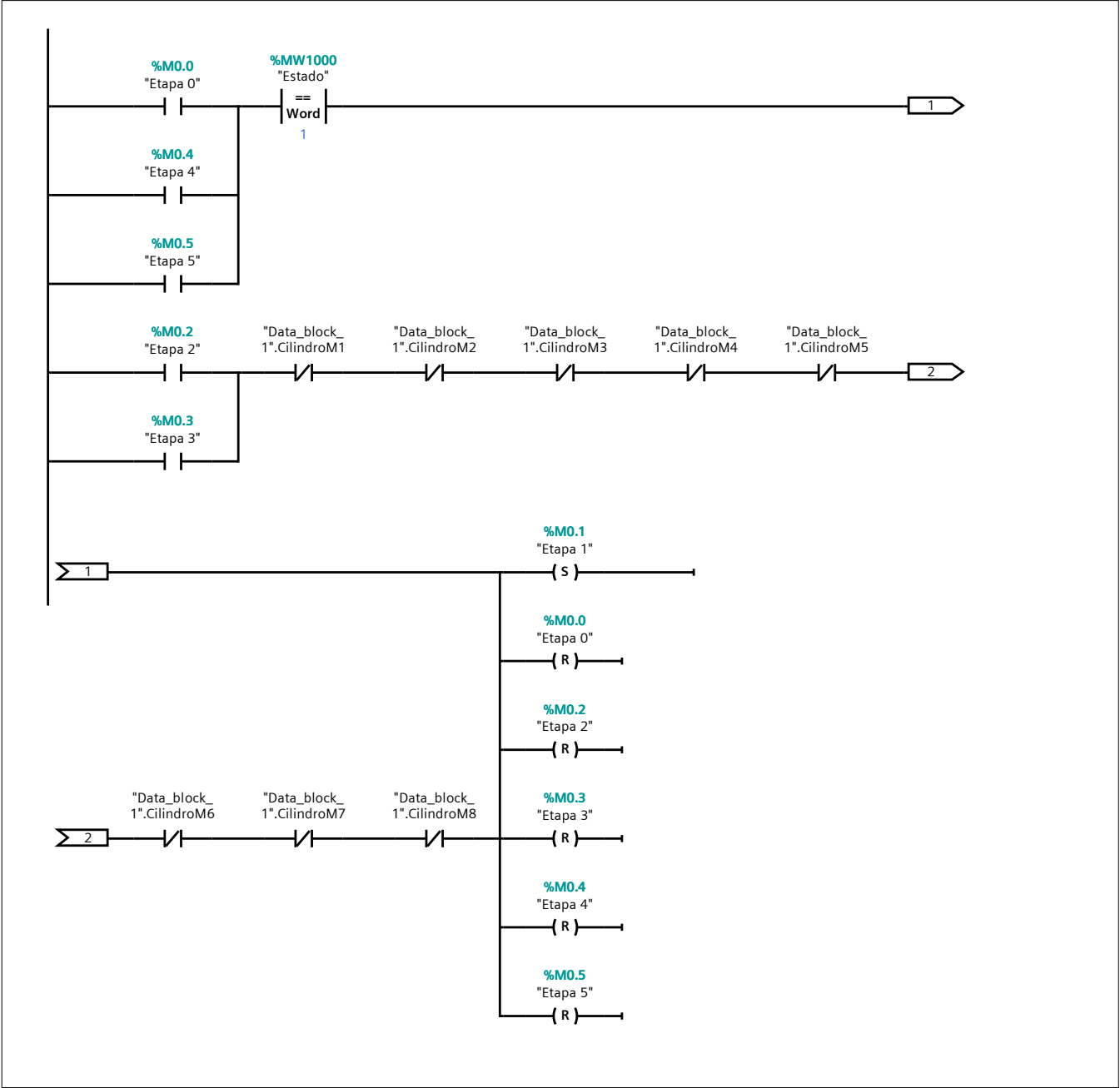
SETUP Etapa0



Network 2: Modo automatico

SETUP Etapa1

Network 2: Modo automatico

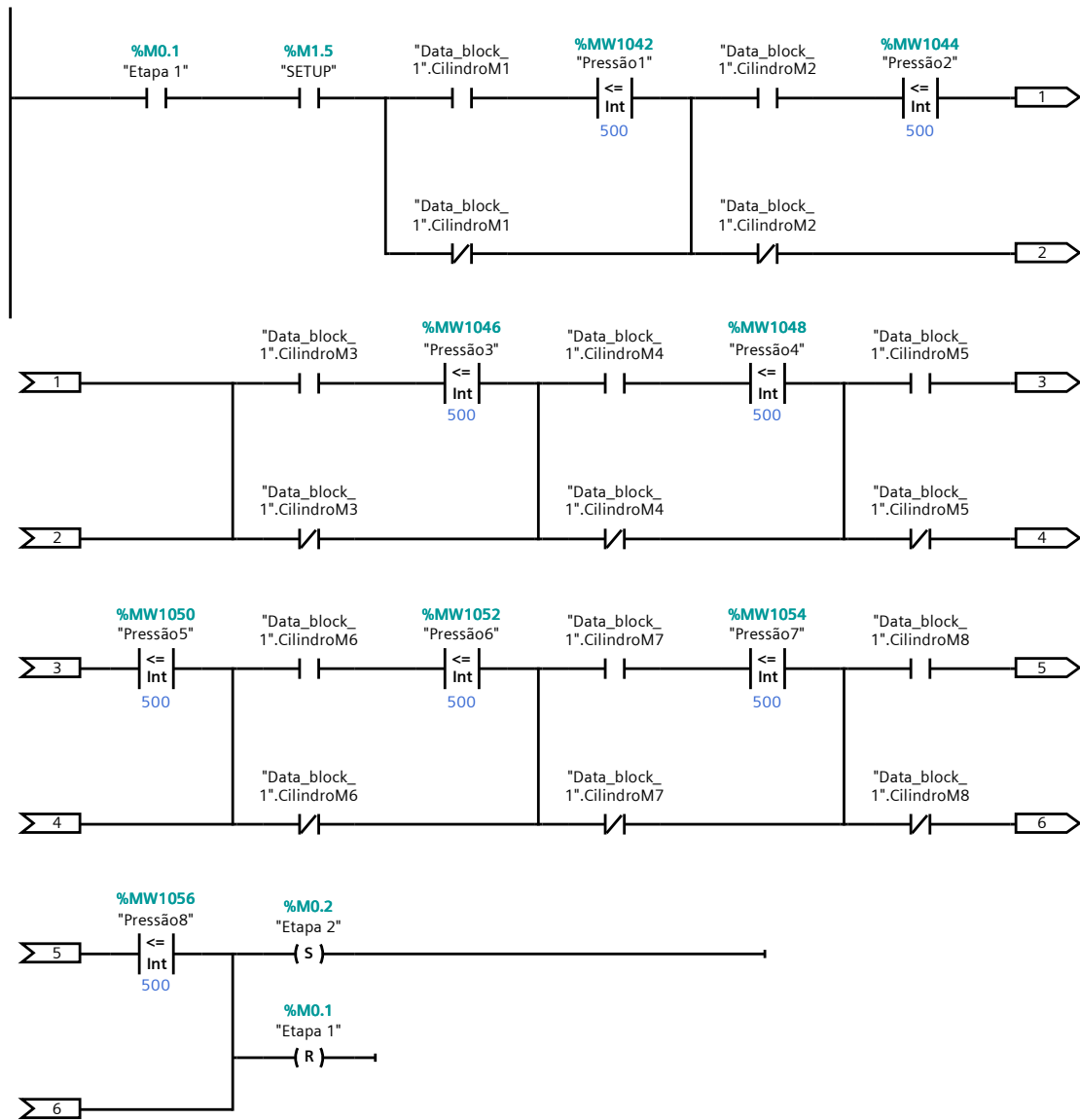


Network 3: Fixação dos cilindros

Seleção cilindros no modo automático, manual e emergência

Totally Integrated Automation Portal		
%M0.1 "Etapa 1" %M0.4 "Etapa 4" %M1.2 "Etapa12" %M3.2 "Lock" %M2.0 "Cilindro 1" %M2.1 "Cilindro 2" %M2.2 "Cilindro 3" %M2.3 "Cilindro 4" %M2.4 "Cilindro 5" %M2.5 "Cilindro 6" %M2.6 "Cilindro 7" %M2.7 "Cilindro 8" "Data_block_1".CilindroM1 (S) "Data_block_1".CilindroM2 (S) "Data_block_1".CilindroM3 (S) "Data_block_1".CilindroM4 (S) "Data_block_1".CilindroM5 (S) "Data_block_1".CilindroM6 (S) "Data_block_1".CilindroM7 (S) "Data_block_1".CilindroM8 (S)		
Network 4: Movimento por força de encosto Transição Etapa1 para Etapa2 - Movimento por força de encosto		

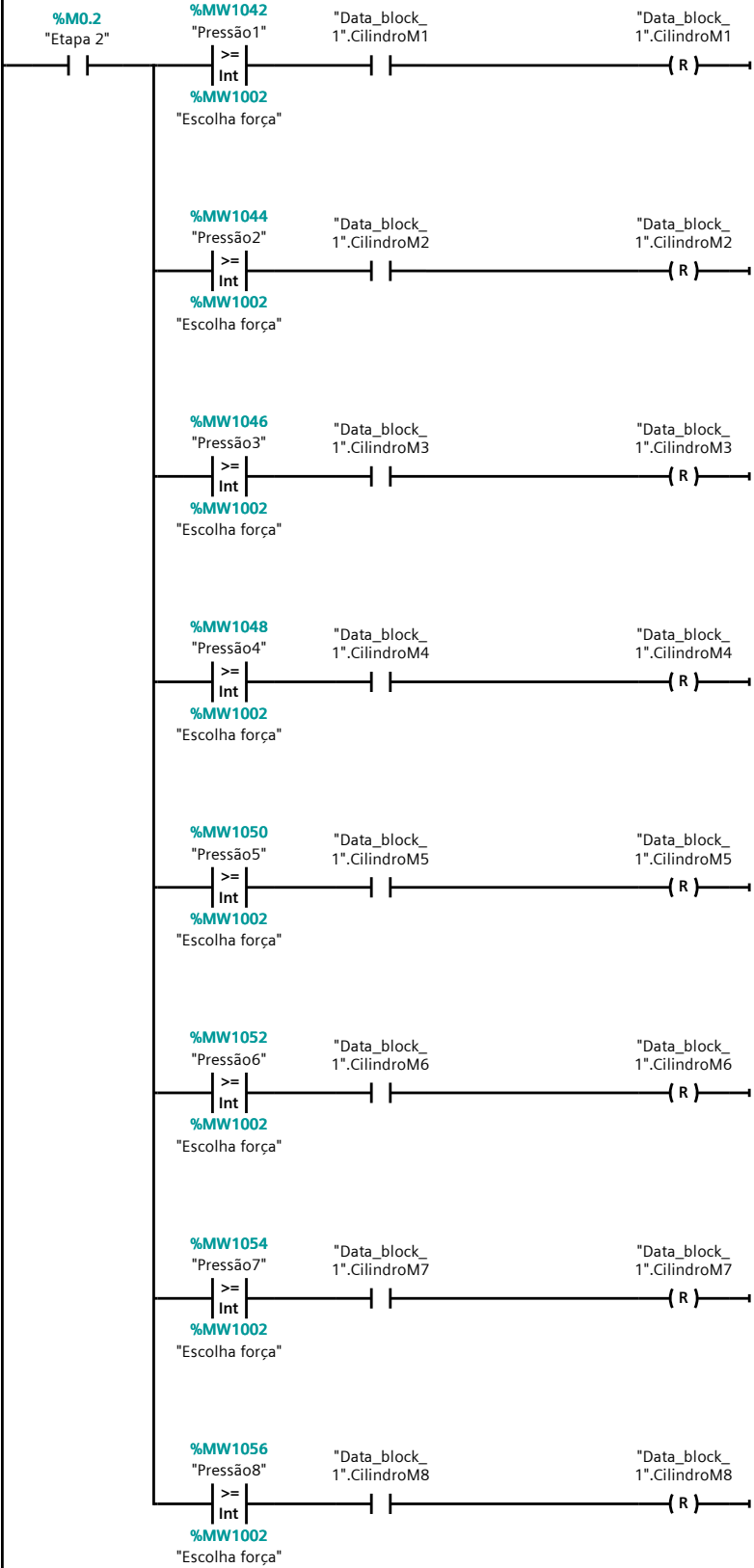
Network 4: Movimento por força de encosto



Network 5:

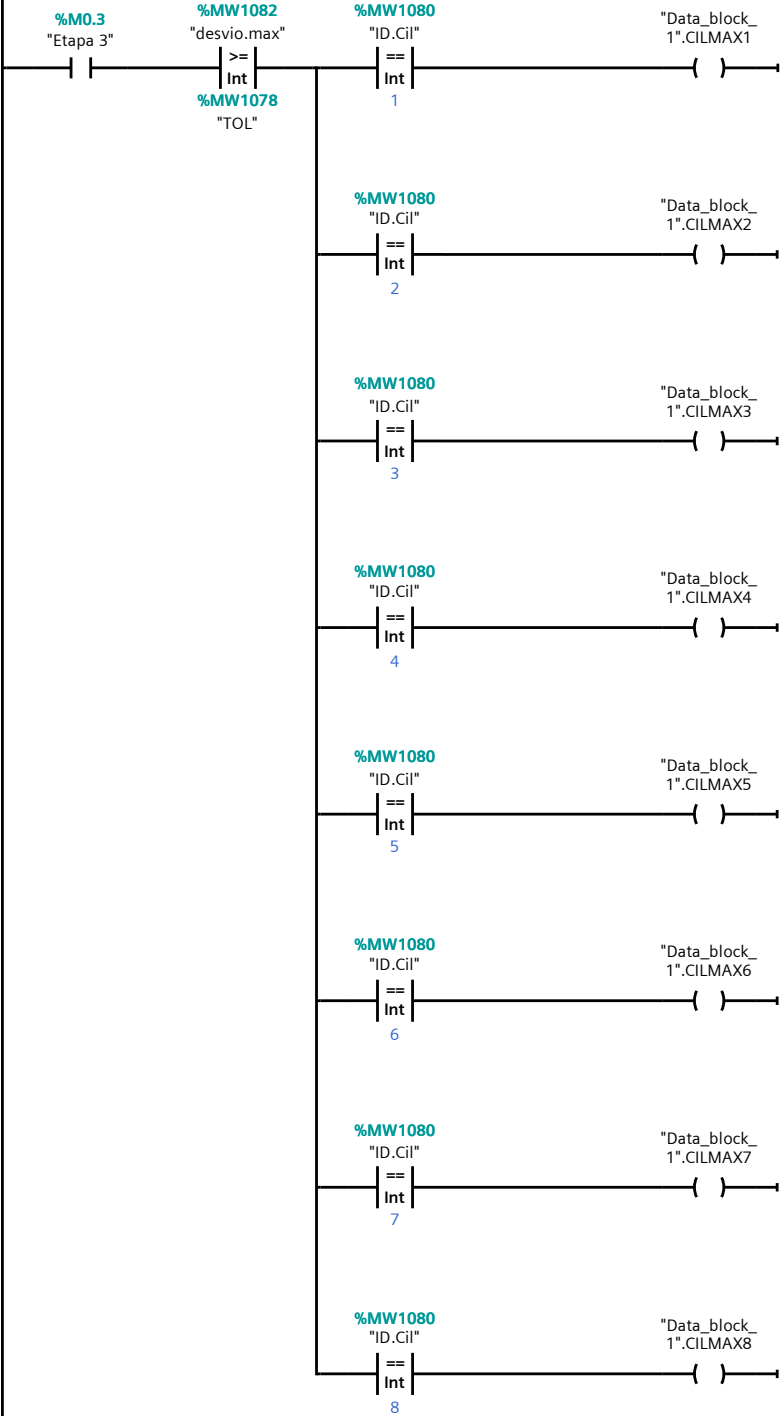
Reset da seleção de cilindros

Totally Integrated Automation Portal		
	<pre>graph LR R1[Reset %M3.5] --- L1[] L1 --- C1((%M2.0 Cilindro 1)) L1 --- C2((%M2.1 Cilindro 2)) L1 --- C3((%M2.2 Cilindro 3)) L1 --- C4((%M2.3 Cilindro 4)) L1 --- C5((%M2.4 Cilindro 5)) L1 --- C6((%M2.5 Cilindro 6)) L1 --- C7((%M2.6 Cilindro 7)) L1 --- C8((%M2.7 Cilindro 8)) S1[Step 1 %M0.1] --- L1 S4[Step 4 %M0.4] --- L1 S12[Step 12 %M1.2] --- L1</pre>	
	Network 6: Movimento por curso Transição Etapa1 para Etapa3 (Movimento por curso - Modo automático) <pre>graph LR M1[Move %M1.6] --- L1[] L1 --- S3((%M0.3 Etapa 3)) L1 --- R1((%M0.1 Etapa 1)) S1[Step 1 %M0.1] --- L1 W3[Word 3 %MW1000] --- L1</pre>	
	Network 7: Fim de pressão de encosto Pressão atingida - Fim do movimento	



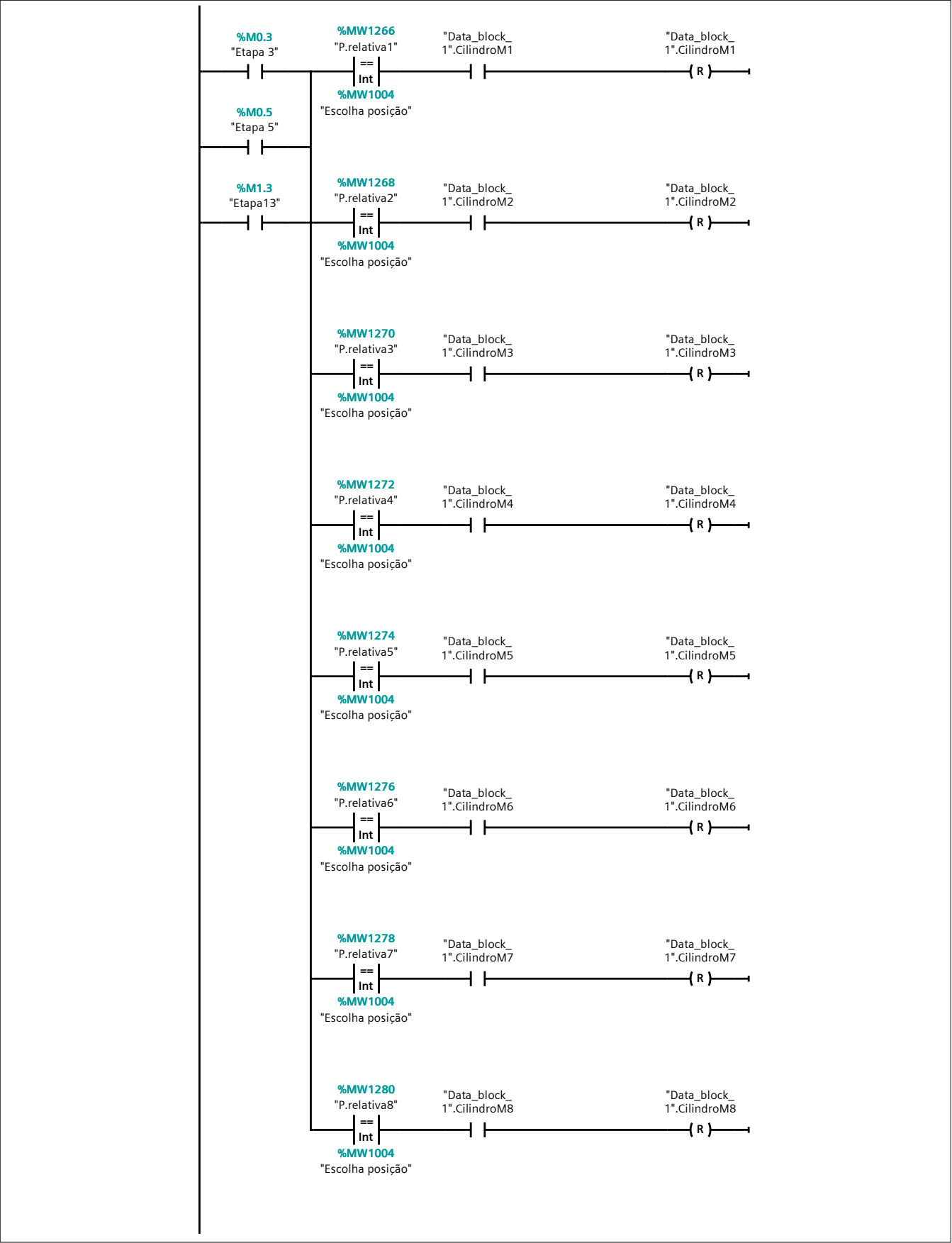
Network 8: Cilindro na posição maxima

Modo automático - Controlo por toleranciamento na subida



Network 9:

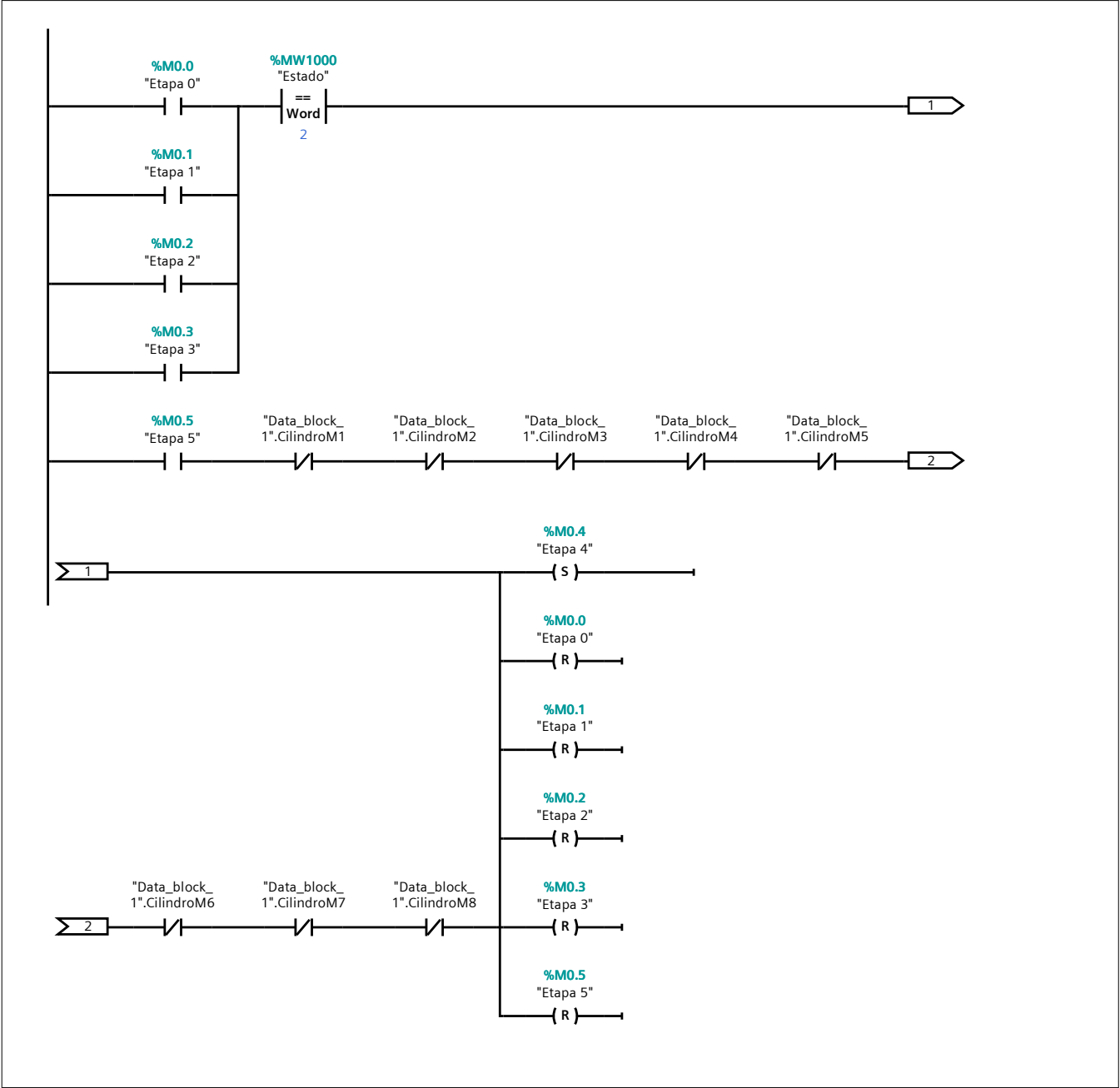
Posição atingida - Finalização do movimento



Network 10: Modo Manual

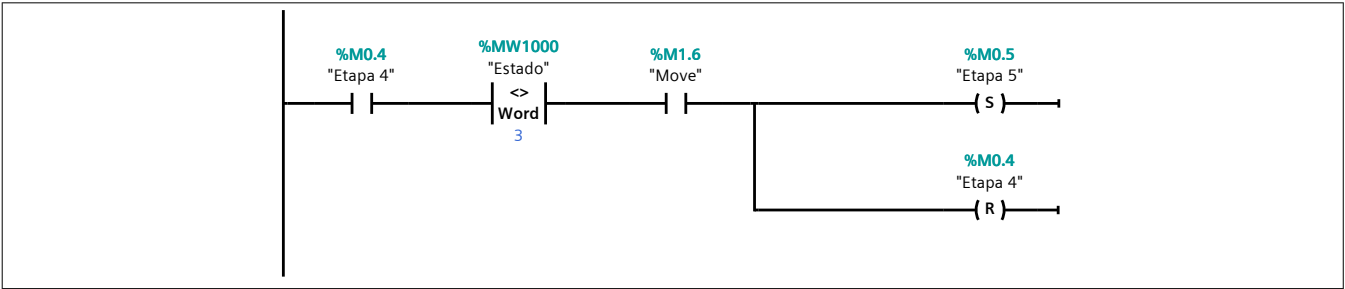
Setup Etapa 4 - Modo Manual

Network 10: Modo Manual



Network 11: Inicio do movimento

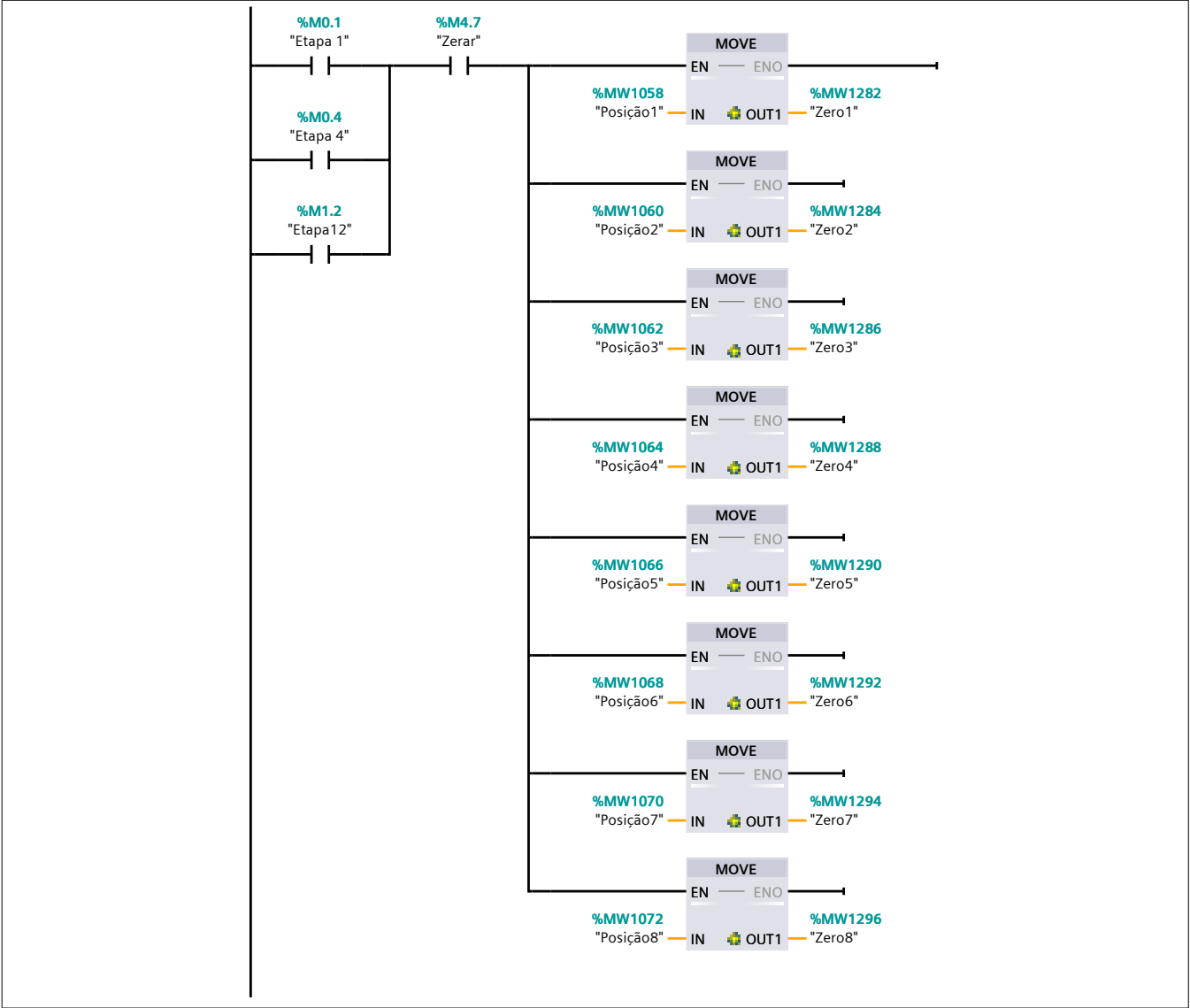
SETUP Etapa 5



Network 12:

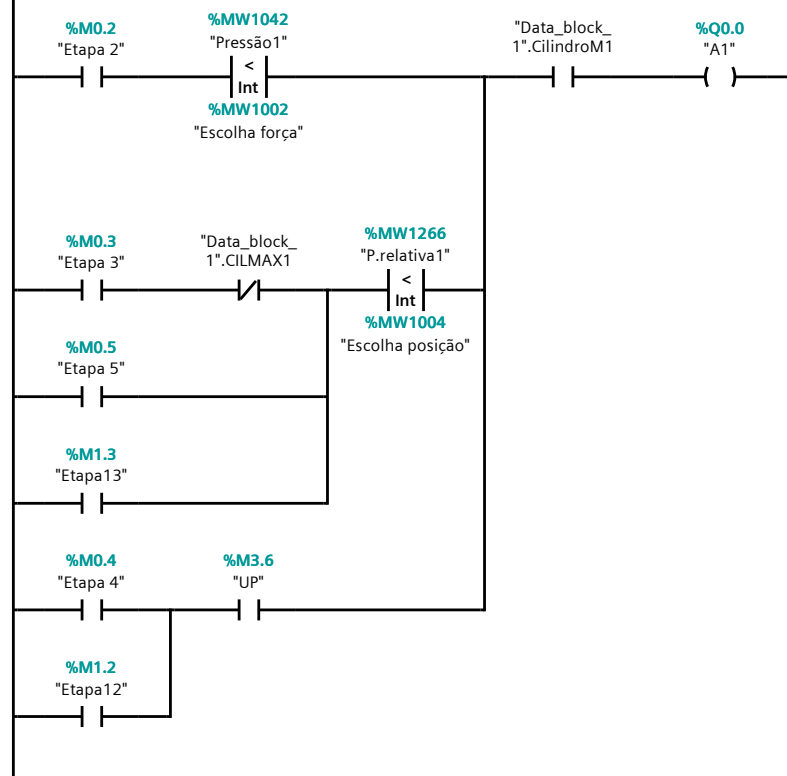
Botao Stop - Paragem do movimento

Totally Integrated Automation Portal		
%M0.2 "Etapa 2" %M0.3 "Etapa 3" %M0.5 "Etapa 5" %M1.3 "Etapa 13" %M3.0 "STOP" "Data_block_1".CilindroM1 (R) "Data_block_1".CilindroM2 (R) "Data_block_1".CilindroM3 (R) "Data_block_1".CilindroM4 (R) "Data_block_1".CilindroM5 (R) "Data_block_1".CilindroM6 (R) "Data_block_1".CilindroM7 (R) "Data_block_1".CilindroM8 (R)		
Network 13: Botao Nivelar - Fazer o zero de todos os cilindros		



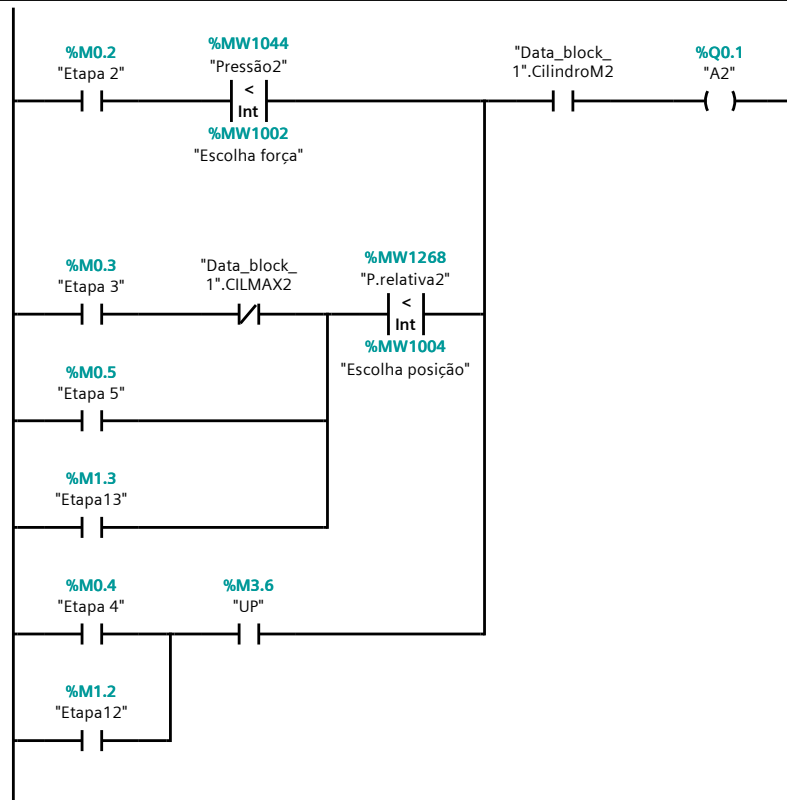
Network 14: Avanço cilindro 1

Avanço1



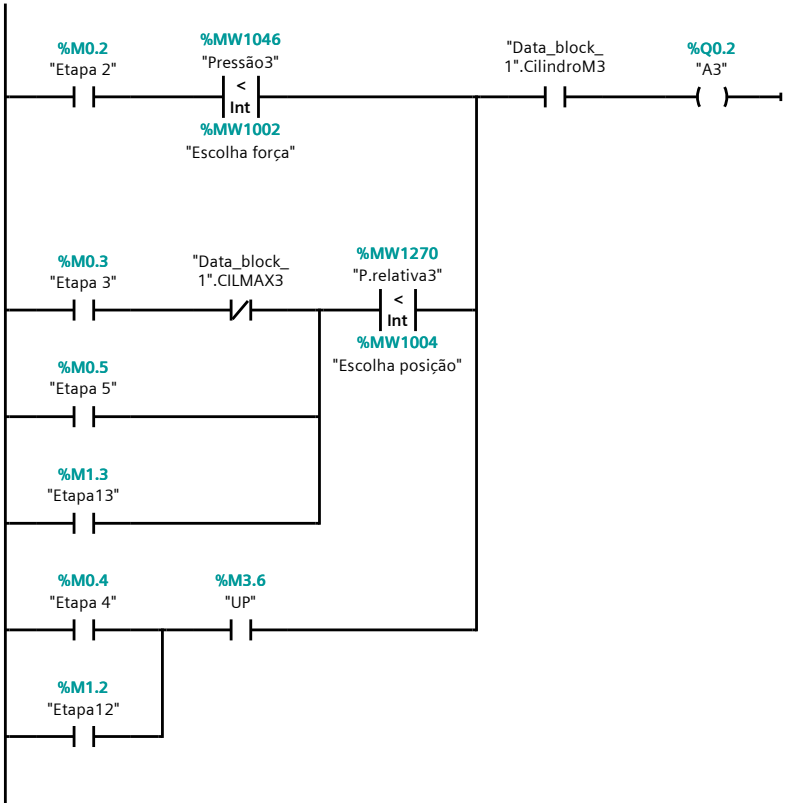
Network 15: Avanço cilindro 2

Avanço2



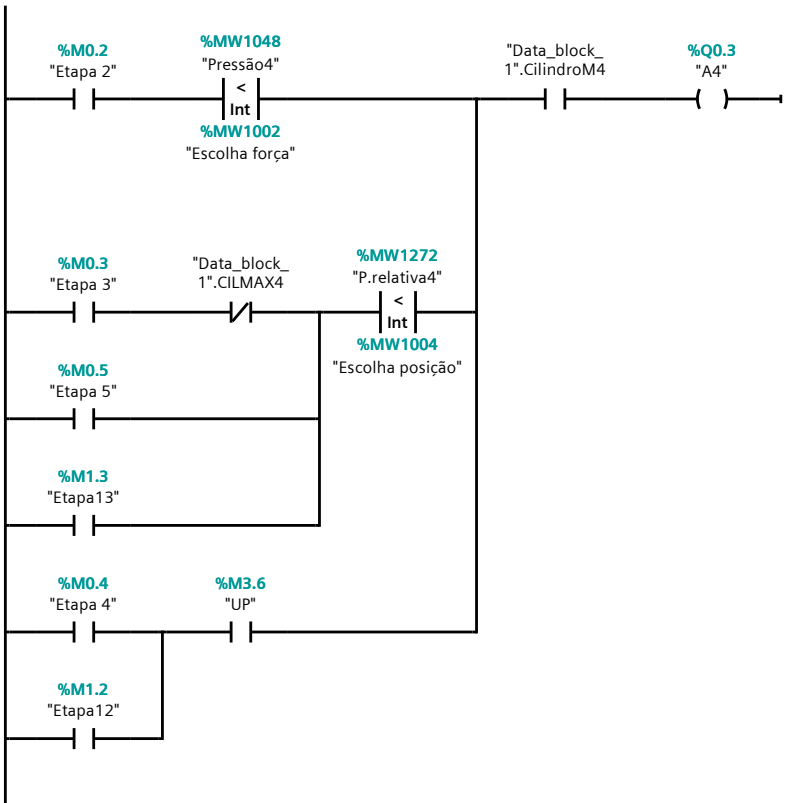
Network 16: Avanço cilindro 3

Avanço3



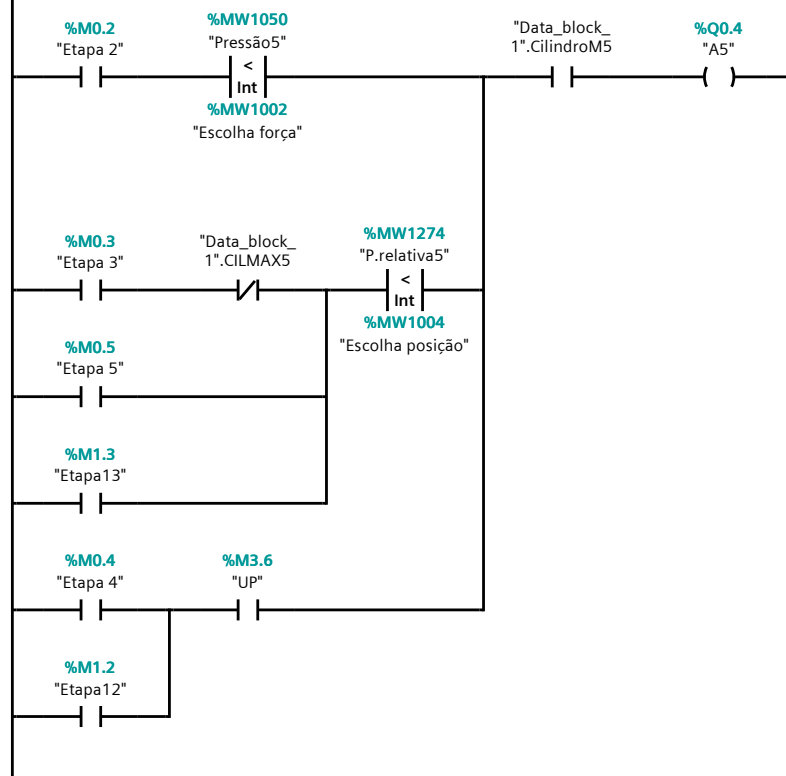
Network 17: Avanço cilindro 4

Avanço4



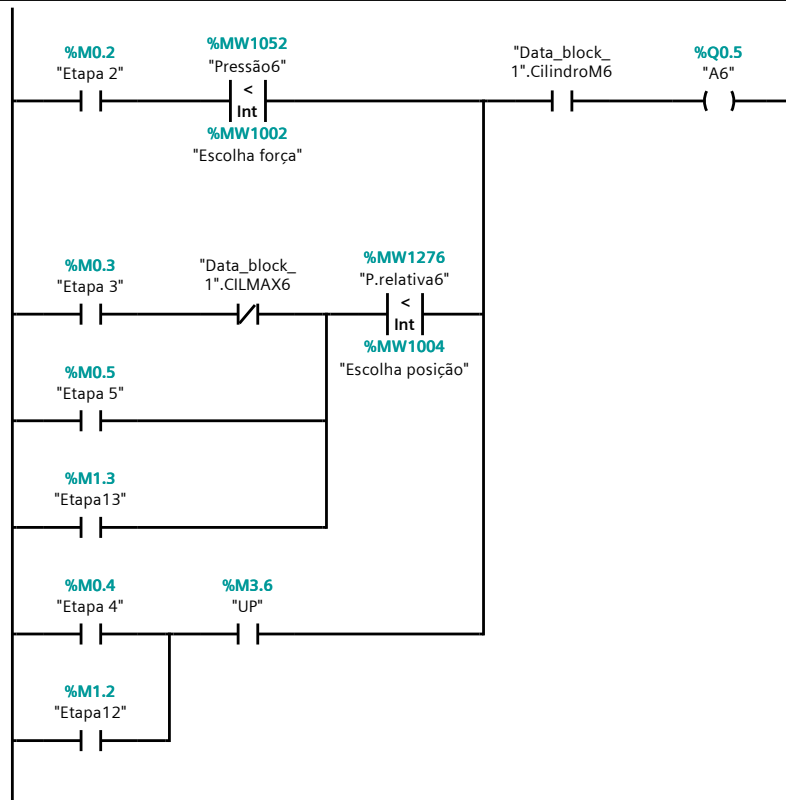
Network 18: Avanço cilindro 5

Avanço5



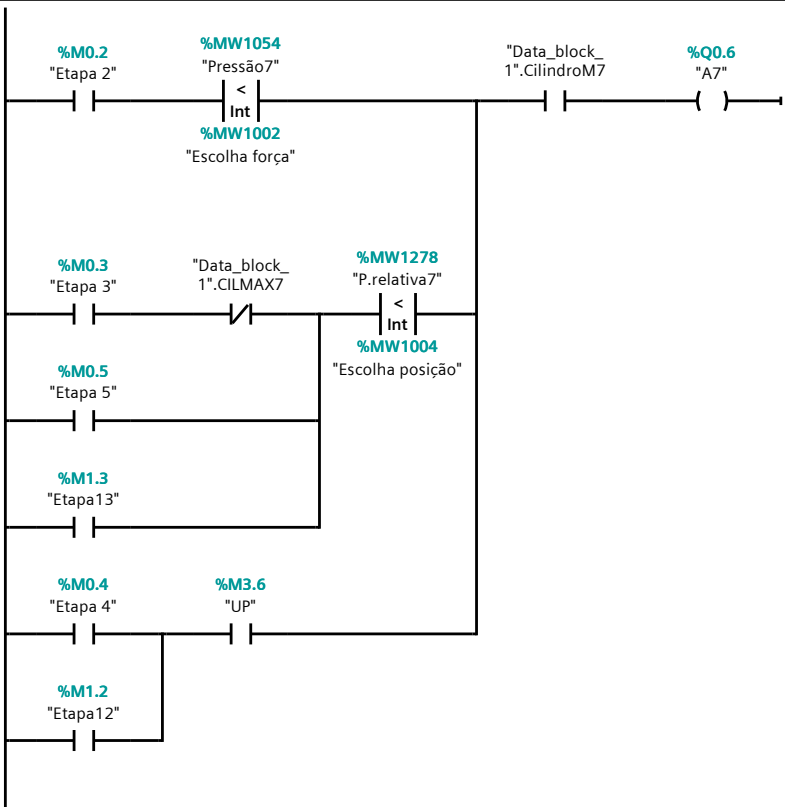
Network 19: Avanço cilindro 6

Avanço6



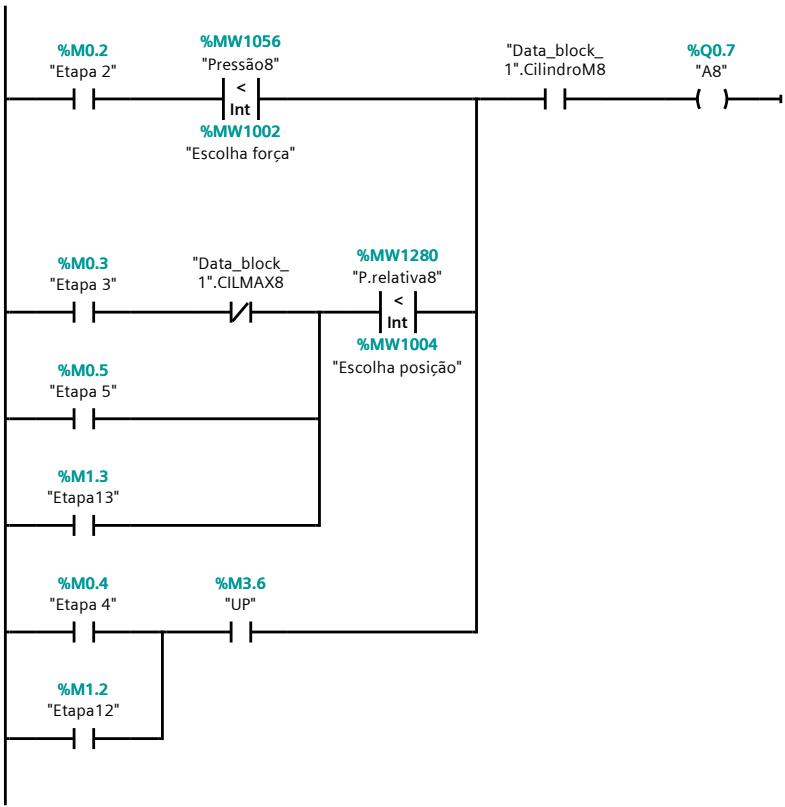
Network 20: Avanço cilindro 7

Avanço7



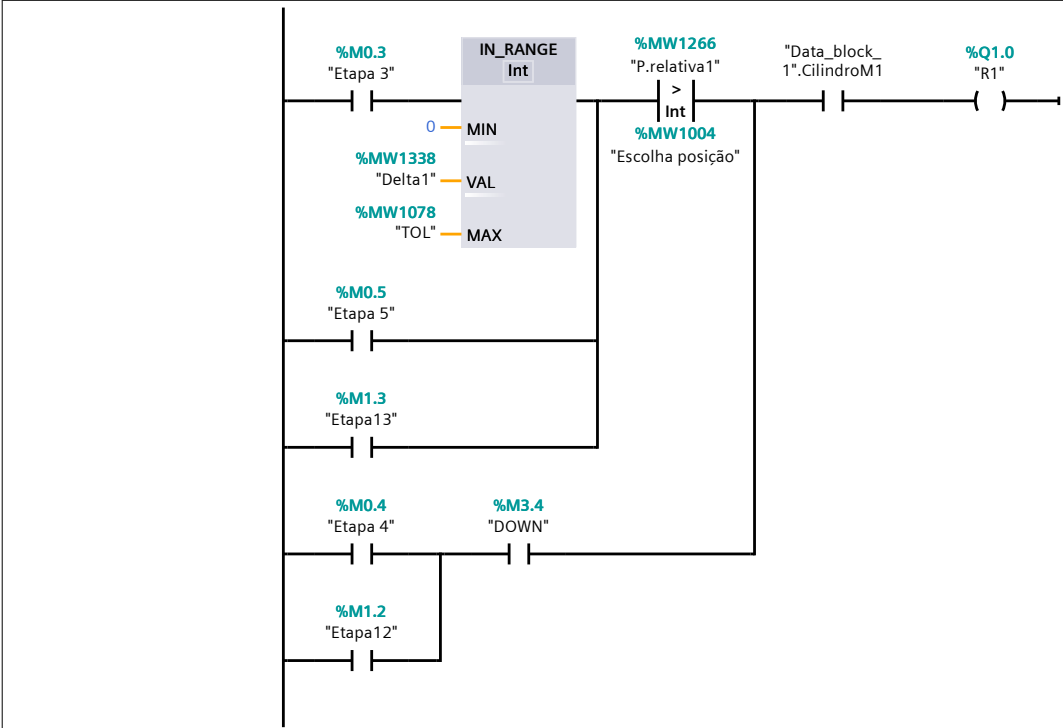
Network 21: Avanço cilindro 8

Avanço8



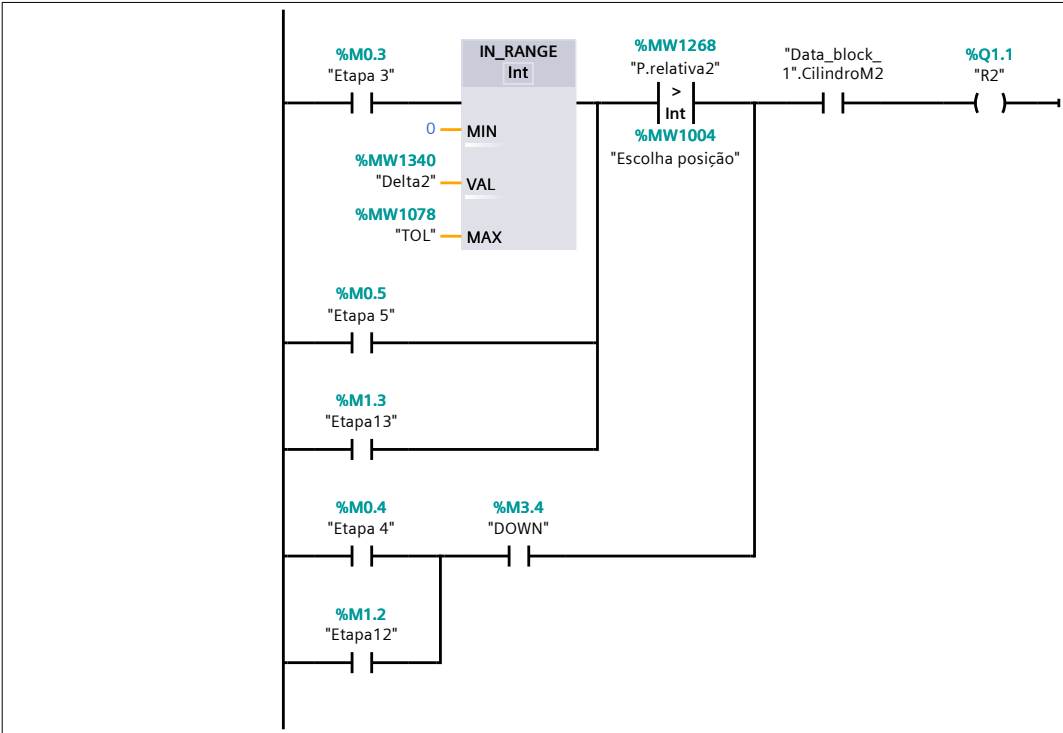
Network 22: Recuo cilindro 1

Recuo1



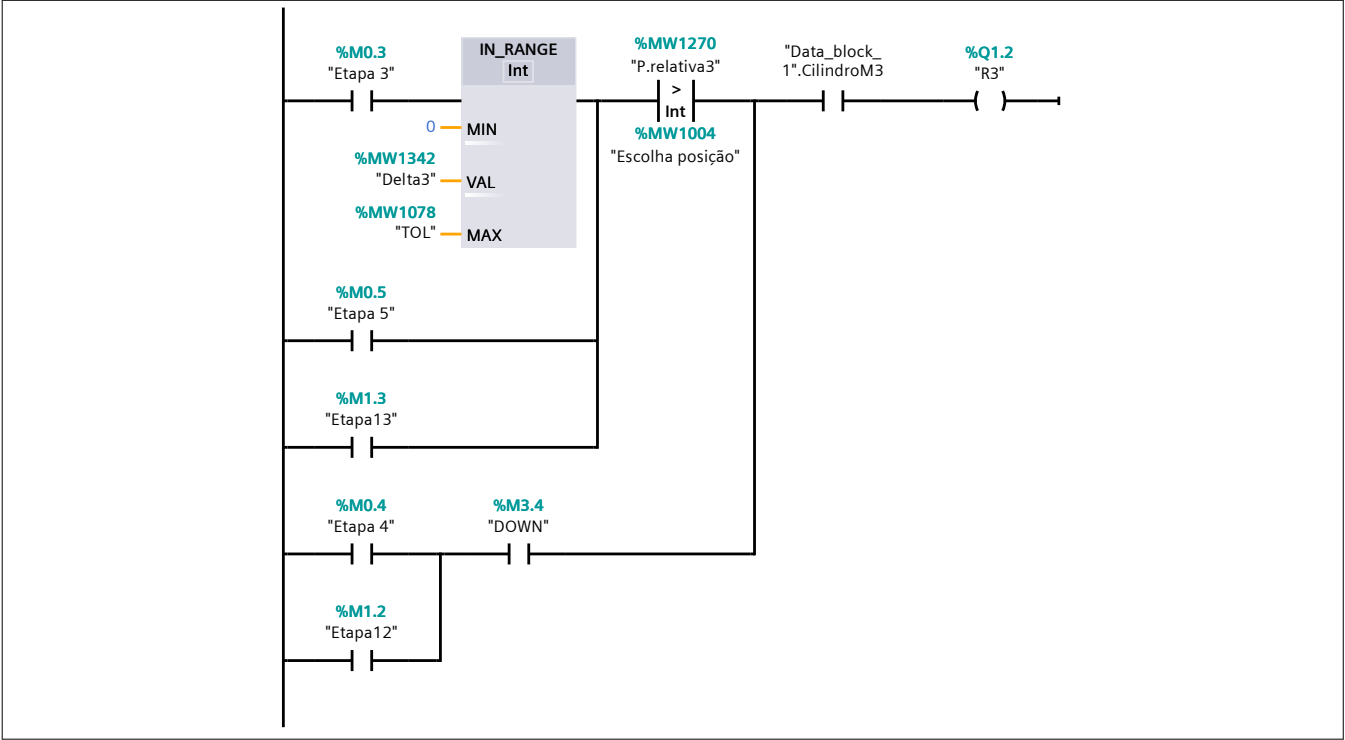
Network 23: Recuo cilindro 2

Recuo2



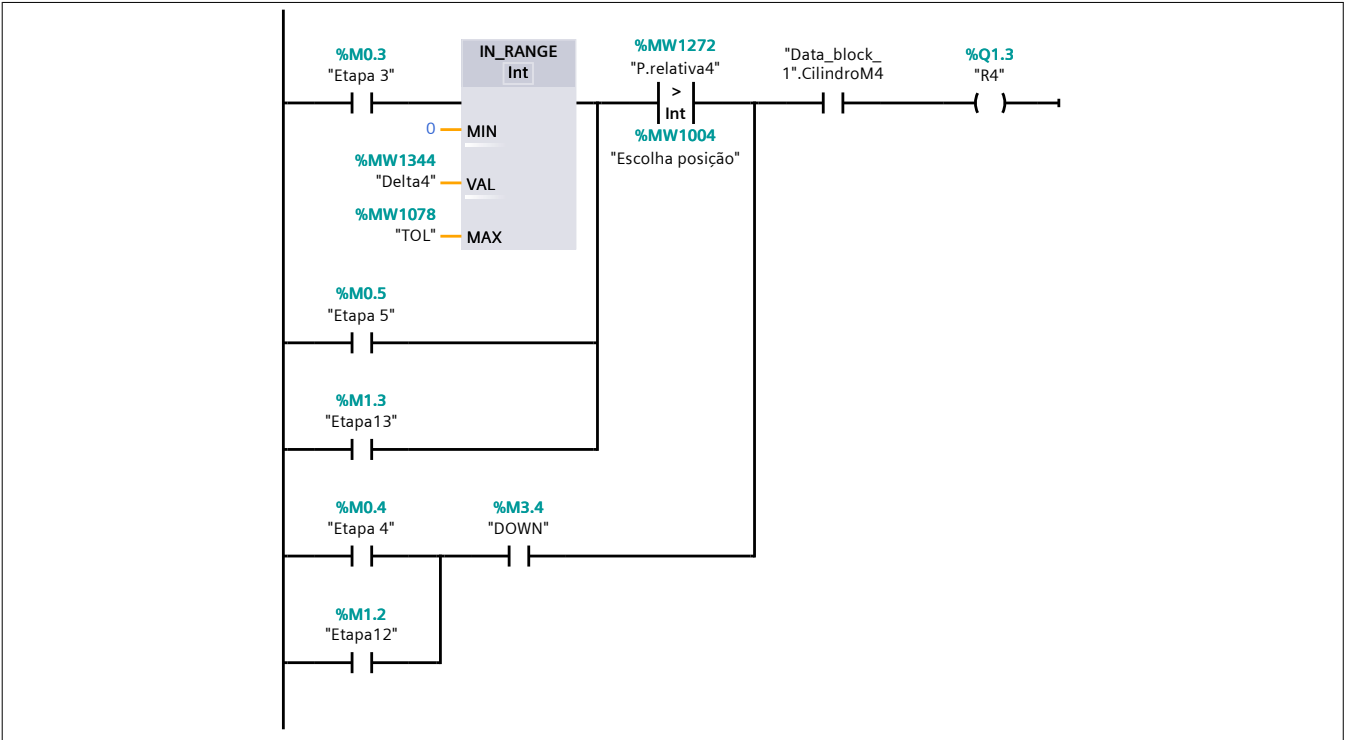
Network 24: Recuo cilindro 3

Recuo3



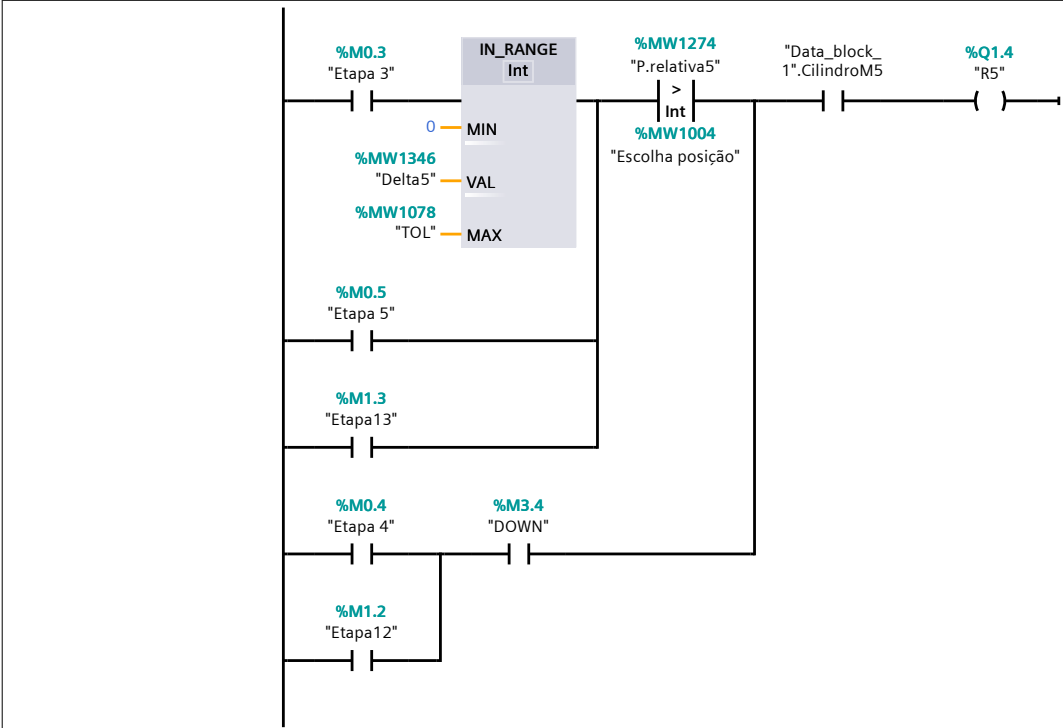
Network 25: Recuo cilindro 4

Recuo4



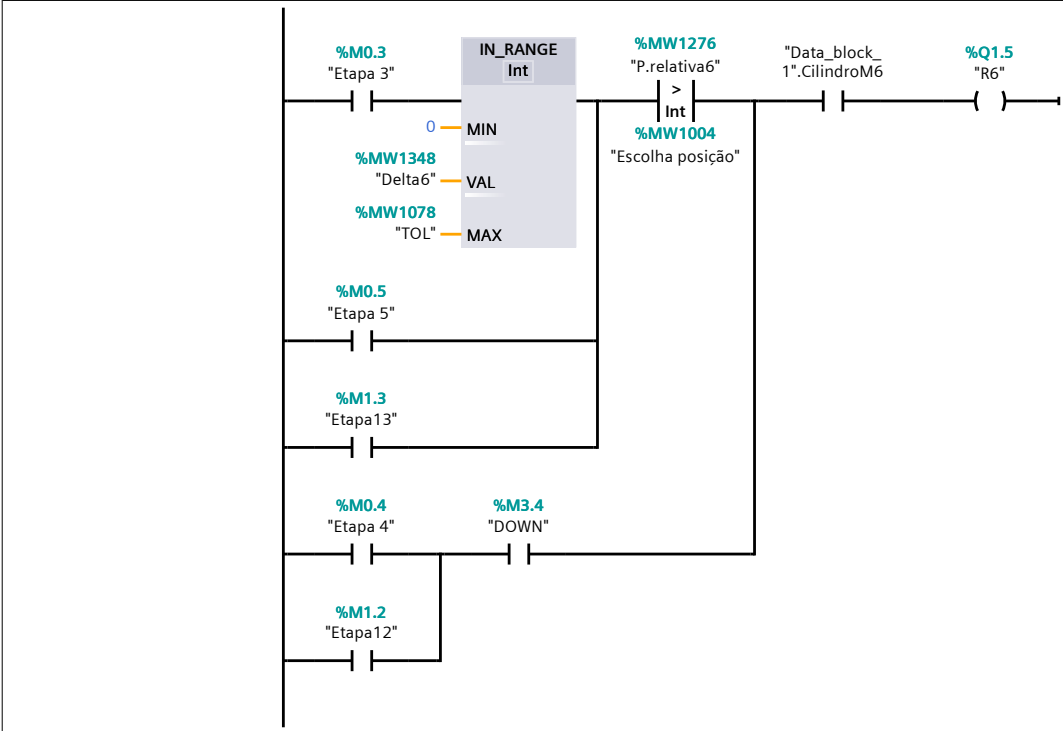
Network 26: Recuo cilindro 5

Recuo5



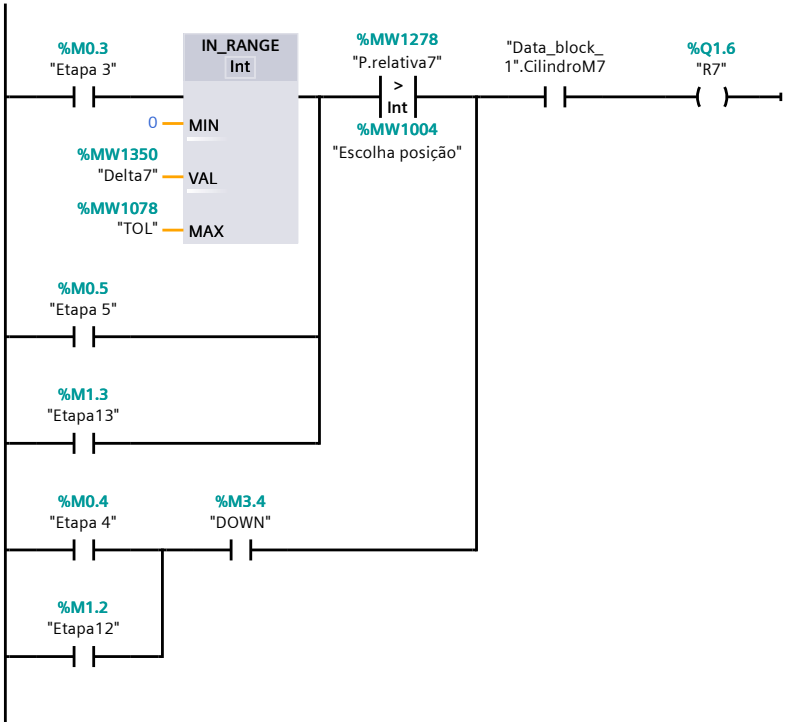
Network 27: Recuo cilindro 6

Recuo6



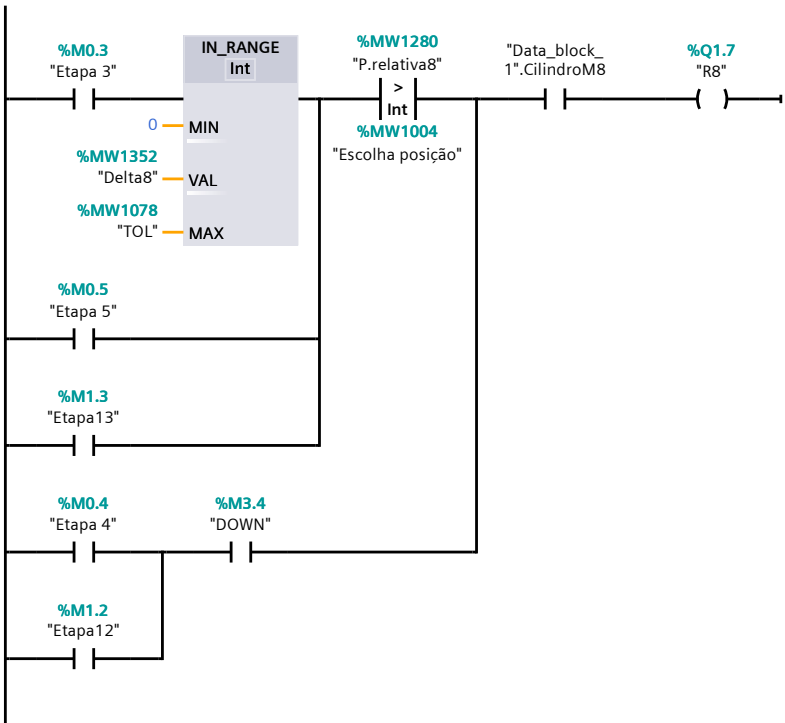
Network 28: Recuo cilindro 7

Recuo7



Network 29: Recuo cilindro 8

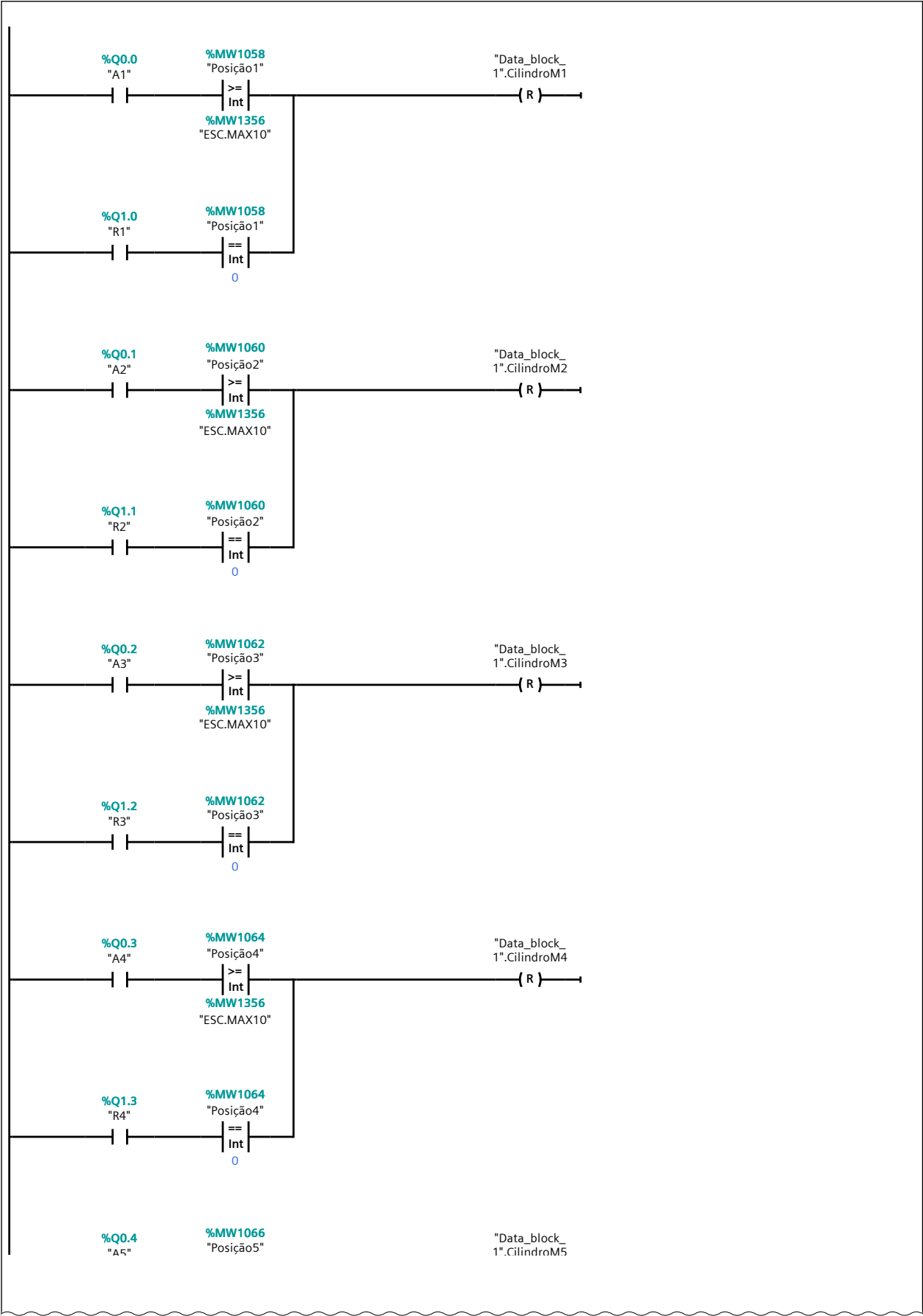
Recuo8



Network 30: Cilindro 1 selecionado

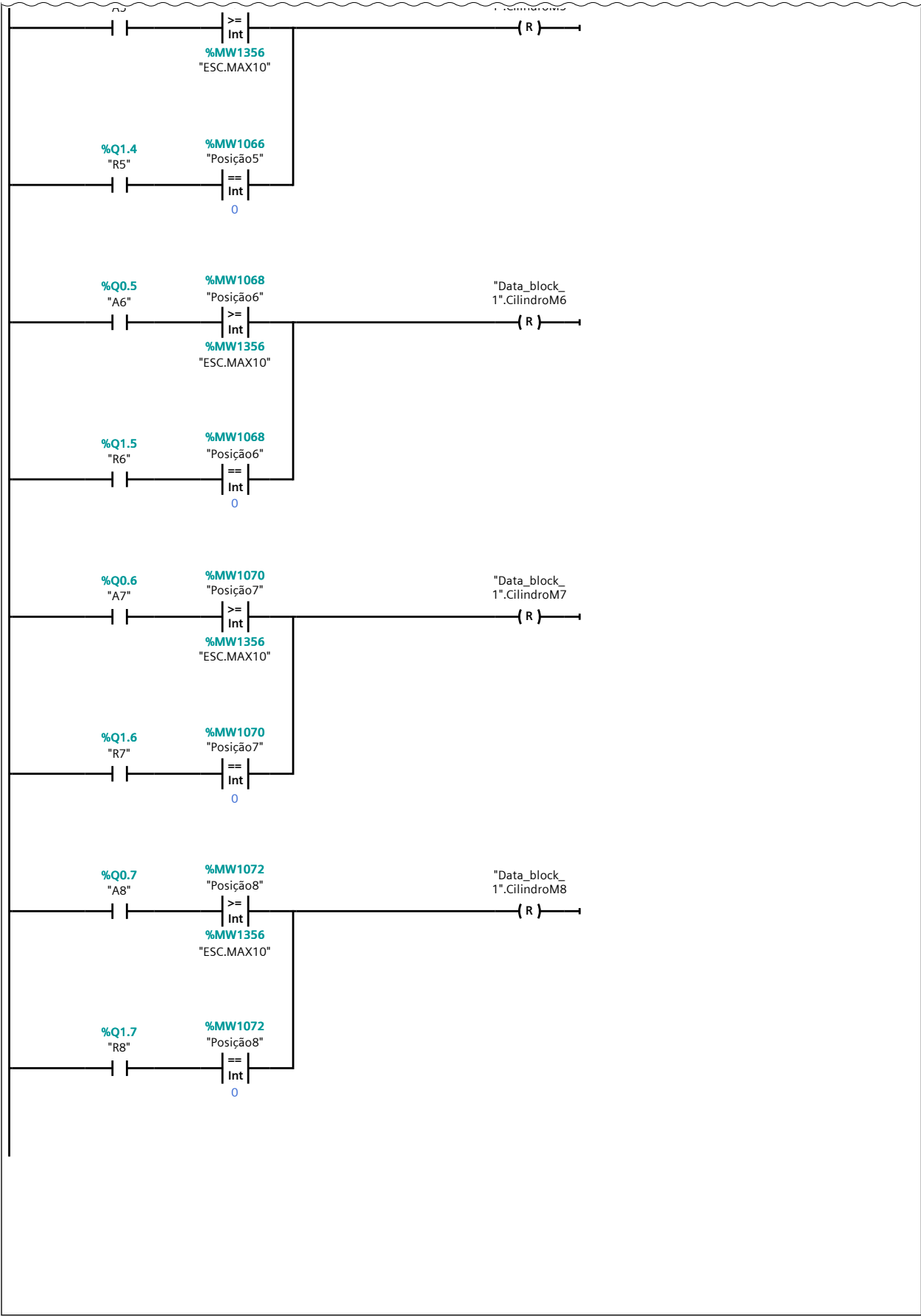
Restrição do movimento - Extremidades do cilindro

Network 30: Cilindro 1 selecionado (1.1 / 2.1)



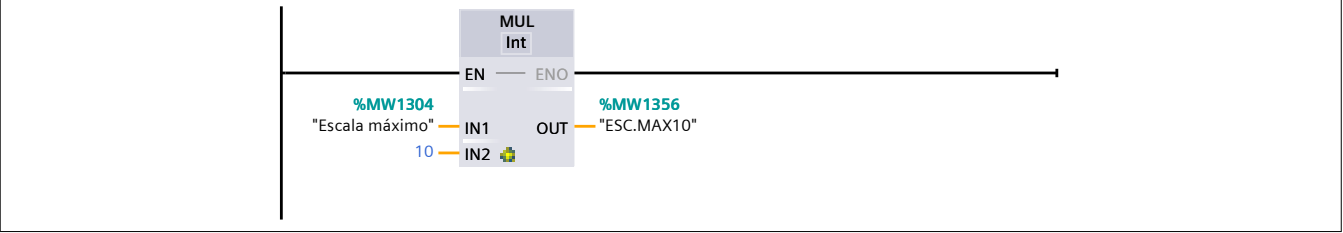
Network 30: Cilindro 1 selecionado (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 20)



Network 31:

Escala HMI - PLC



Totally Integrated Automation Portal

Sistema de elevação 8 pontos Versão Genérica - 100 mm / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

Registos [OB125]

Registos Properties

General

Name	Registos	Number	125	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Registos

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Network 1: Início do movimento dos cilindro por curso

Cilindros em movimento - Luz HMI

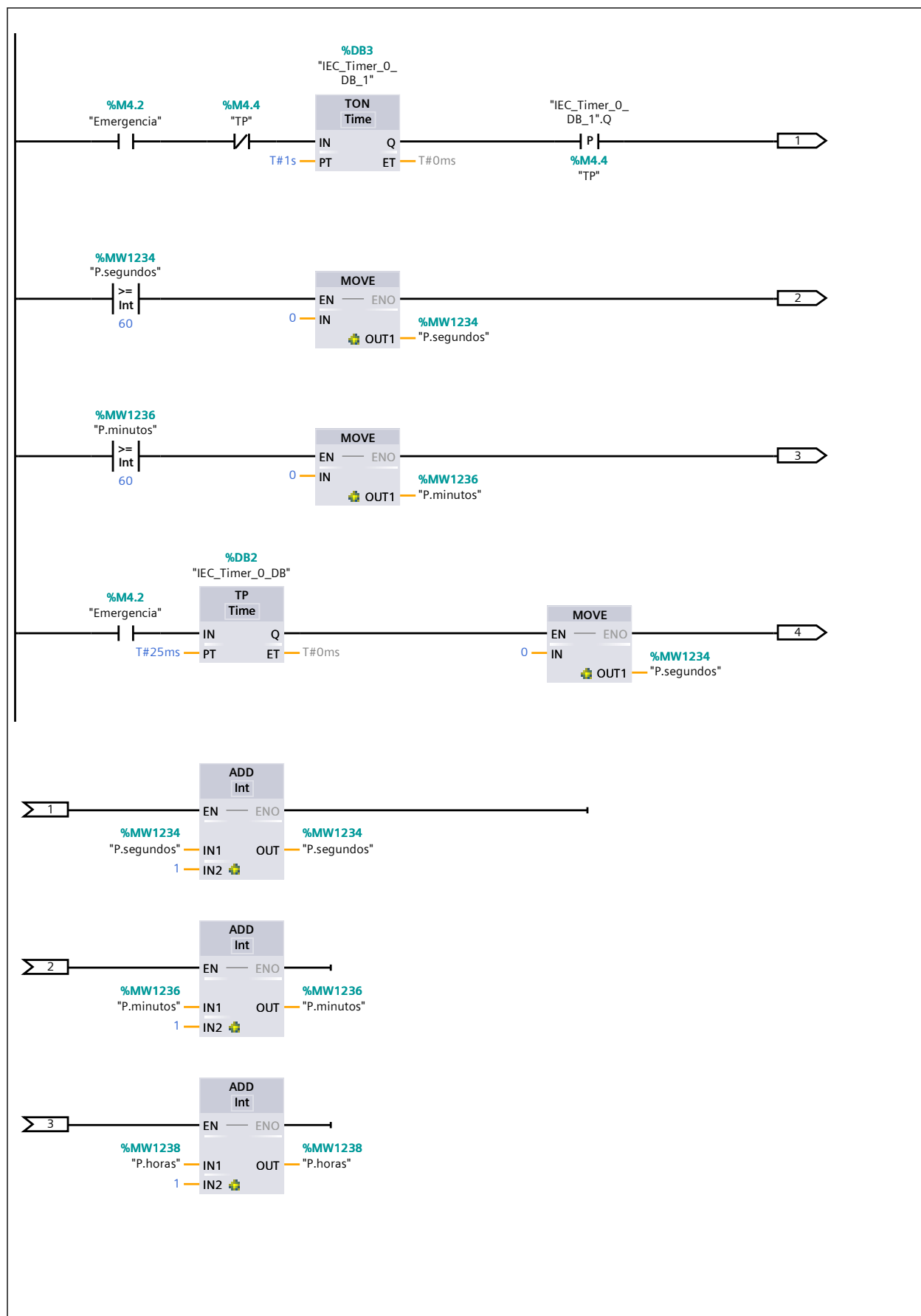
Network 2:

Emergência ativa - HMI

Network 3:

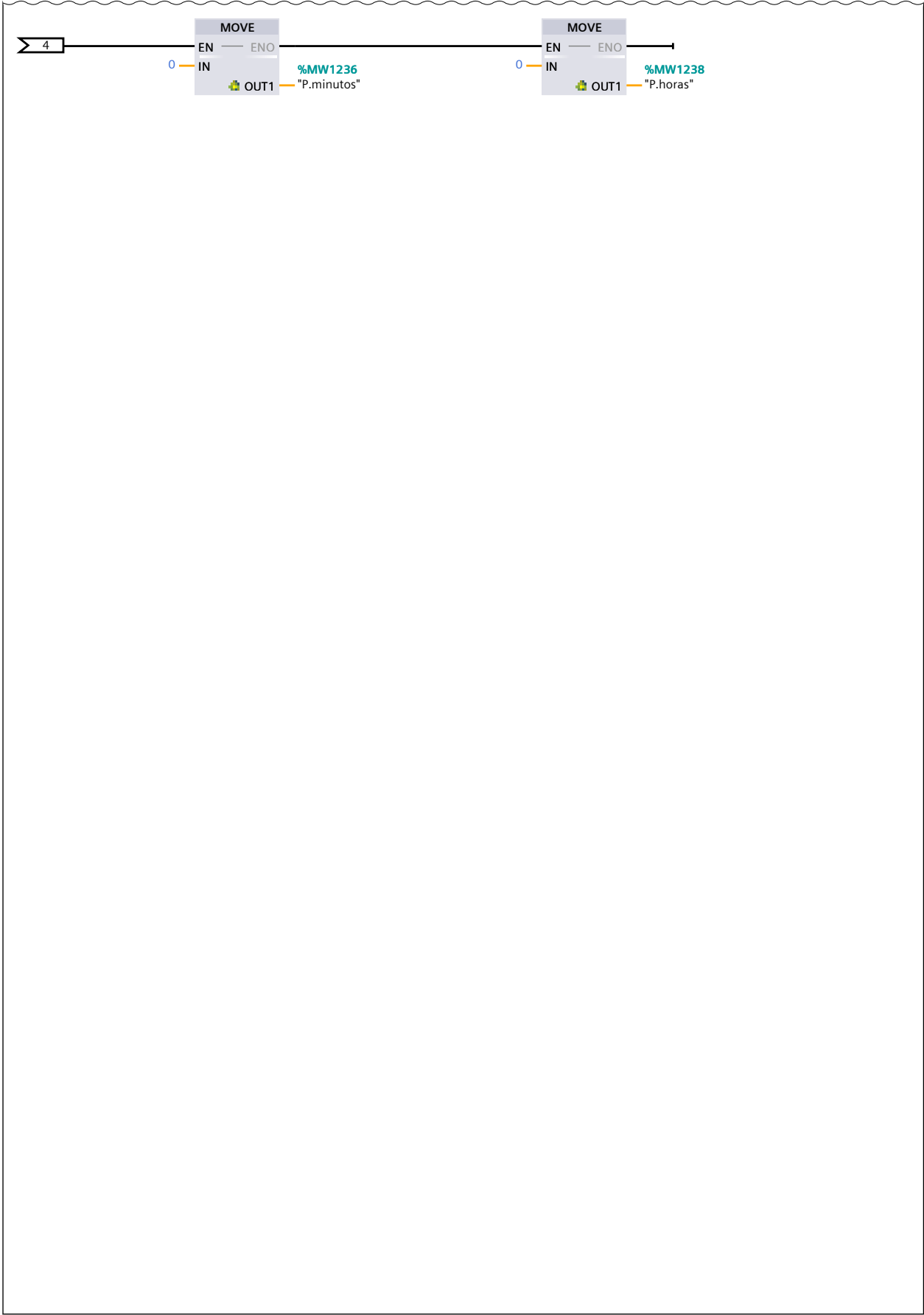
Tempo de paragem - Registos HMI

Network 3: (1.1 / 2.1)



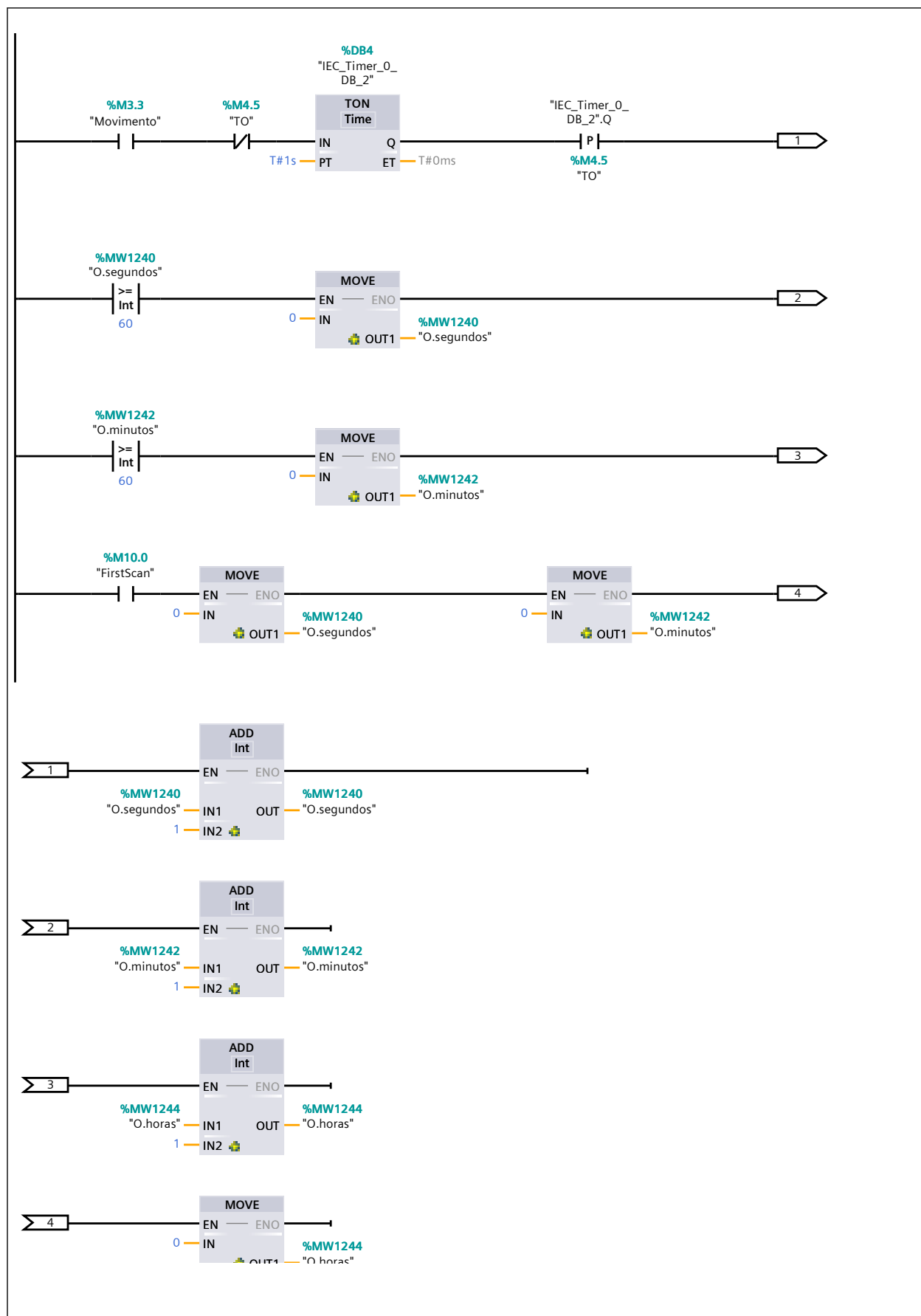
Network 3: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 2)



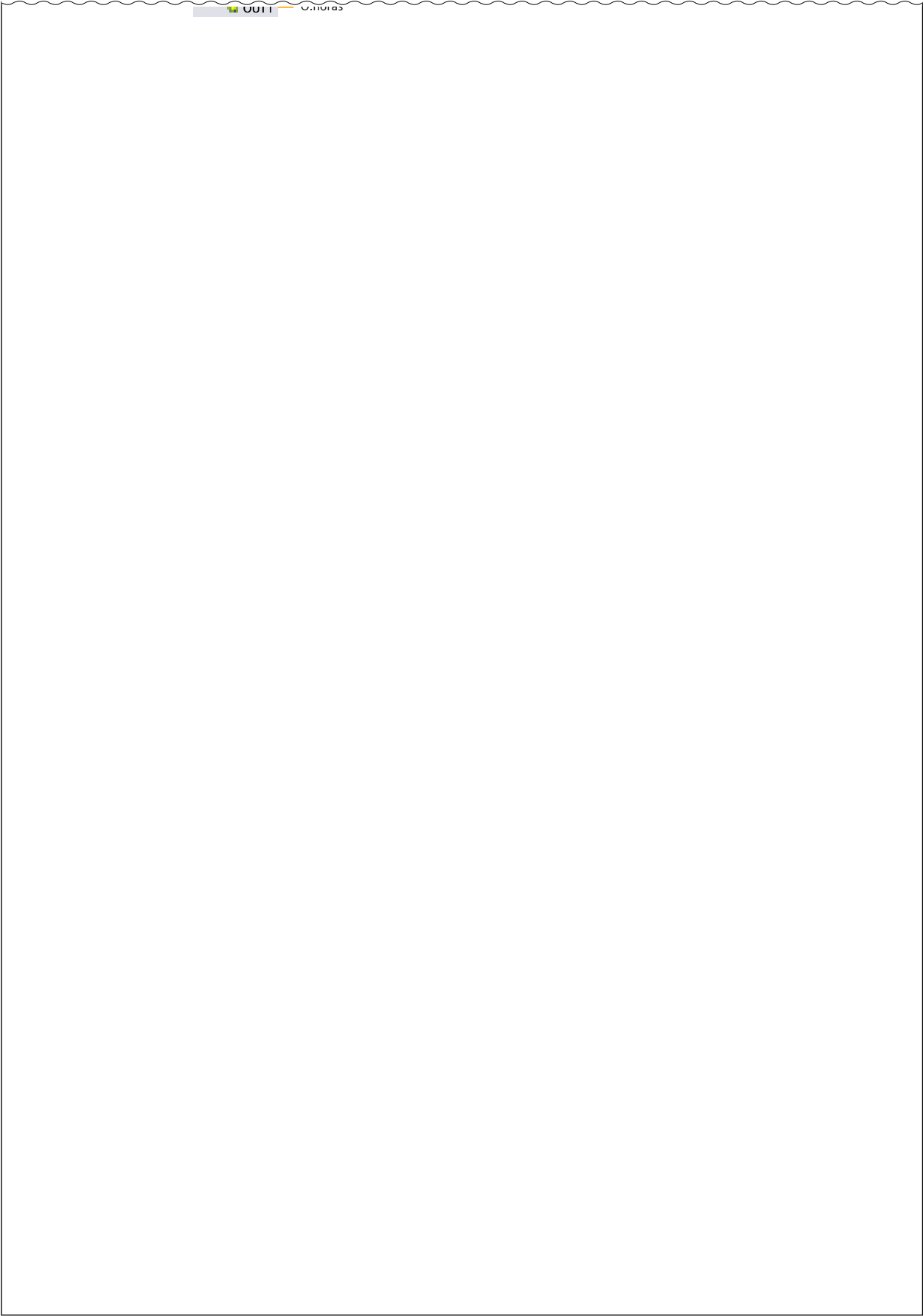
Totally Integrated Automation Portal		
Network 4: Tempo de operação (tempo de movimento) - Registos HMI		

Network 4: (1.1 / 2.1)



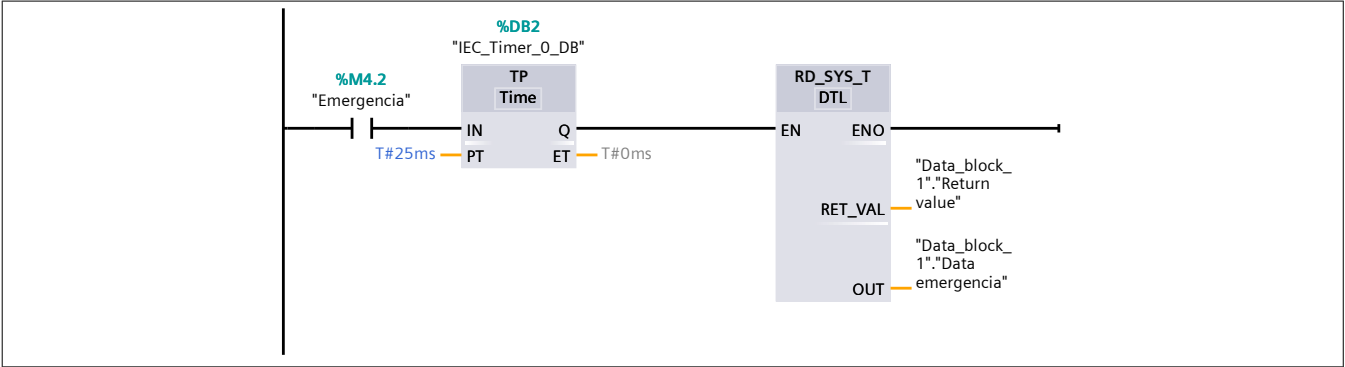
Network 4: (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 5)



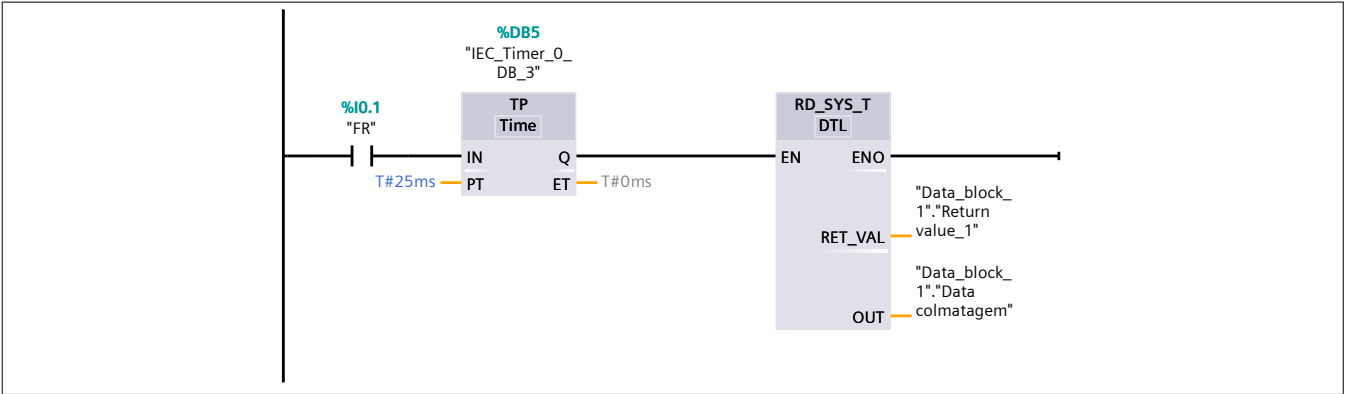
Network 5:

Data da ultima emergencia - Registos HMI



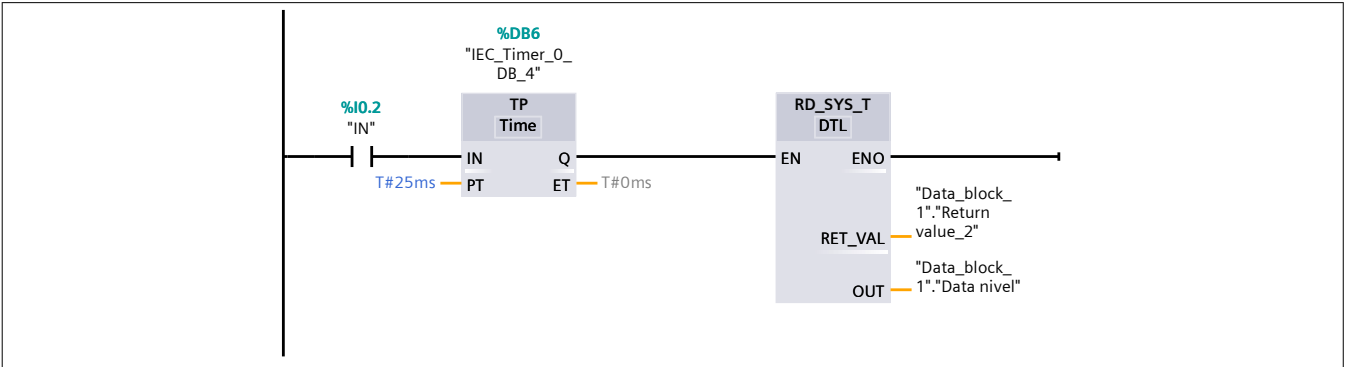
Network 6:

Data da ultima colmatagem - Registos HMI



Network 7:

Data ocorrencia indicador de nivel - Registos HMI



Network 8:

Acionamentos das mensagens de alarme da força e distância

