

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**PME-3453**

**MÁQUINAS DE FLUXO**

**LABORATÓRIO**

**PROF. SÉRGIO R. CECCATO**

**1º SEMESTRE DE 2023**

# **MÁQUINAS DE FLUXO**

## **EXPERIÊNCIA Nº 3**

### **ESTUDO DAS BOMBAS VOLUMÉTRICAS**

#### **ANÁLISE DE UMA BOMBA DOSADORA DE DIAFRÁGMA**

**PROF. SÉRGIO ROBERTO CECCATO**

**2023**

**BOMBAS**  
**ESTÁTICAS**  
**OU**  
**VOLUMÉTRICAS**  
**OU**  
**DE DESLOCAMENTO**  
**POSITIVO**

# ROTAÇÃO ESPECÍFICA ( $n_q$ )

$$n_q = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

# ROTAÇÃO ESPECÍFICA ( $n_q$ )

$$n_q = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

O valor de  $Q$  e  $H$  são tirados da curva da bomba para o ponto de máximo rendimento.

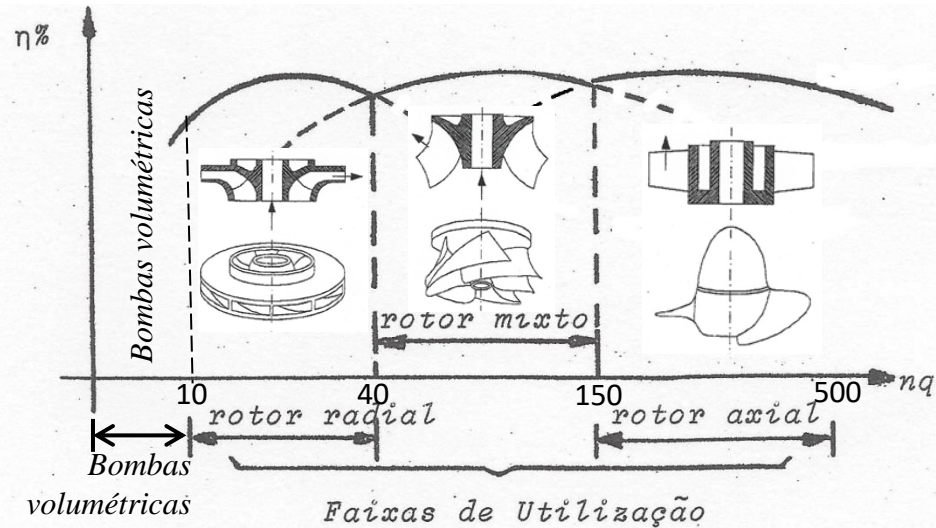
$n$  : rotação em (rpm)

$Q$  : vazão em (m<sup>3</sup>/s)

$H$  : altura de queda na turbina ou altura manométrica total na bomba em (m)

$$n_q = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

com:  $n$  : rotação em rpm;  $Q$  : vazão em volume em  $m^3/s$ ;  $H$  : altura de queda (turbinas) / alt. manométrica total (bombas) em m.

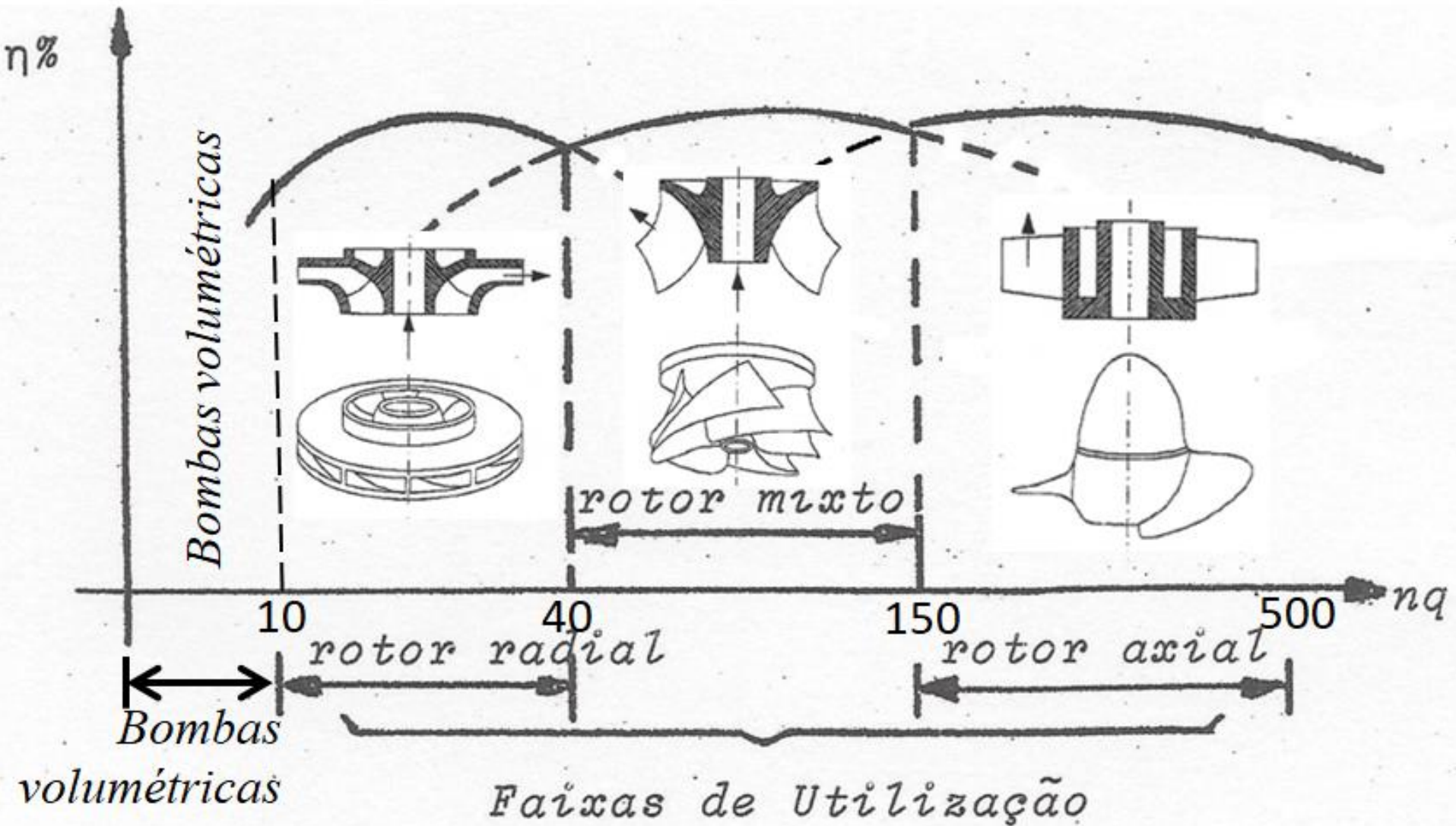


É possível então a classificação das máquinas de fluxo em função da rotação específica.

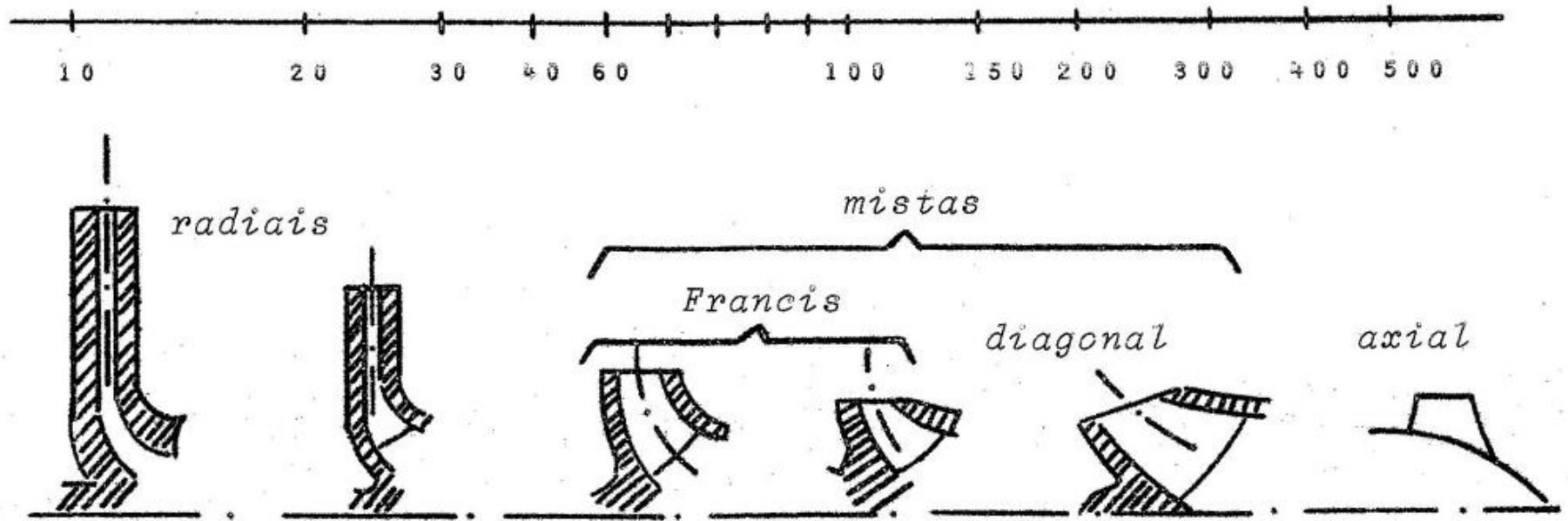
A experiência indica que:

$\uparrow$ H cresce $\downarrow$ Q cresce	$nq < 10$	- Bombas volumétricas ou Estáticas
	$10 < nq < 40$	- Bombas radiais
	$35 < nq < 85$	- Bombas Helico-centrífugas (Francis)
	$80 < nq < 150$	- Bombas Diagonais
	$125 < nq < 500$	- Bombas Axiais

$$n_q = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$



- VALORES DE  $nq$  -



Classificação dos rotores das bombas de fluxo segundo a rotação específica.

$nq < 10$	- Bombas volumétricas ou Estáticas
$10 < nq < 40$	- Bombas radiais
$35 < nq < 85$	- Bombas Helico-centrífugas (Francis)
$80 < nq < 150$	- Bombas Diagonais
$125 < nq < 500$	- Bombas Axiais

H cresce

Q cresce



1- Para bombas em paralelo, chamando de z o nº delas , tem-se:

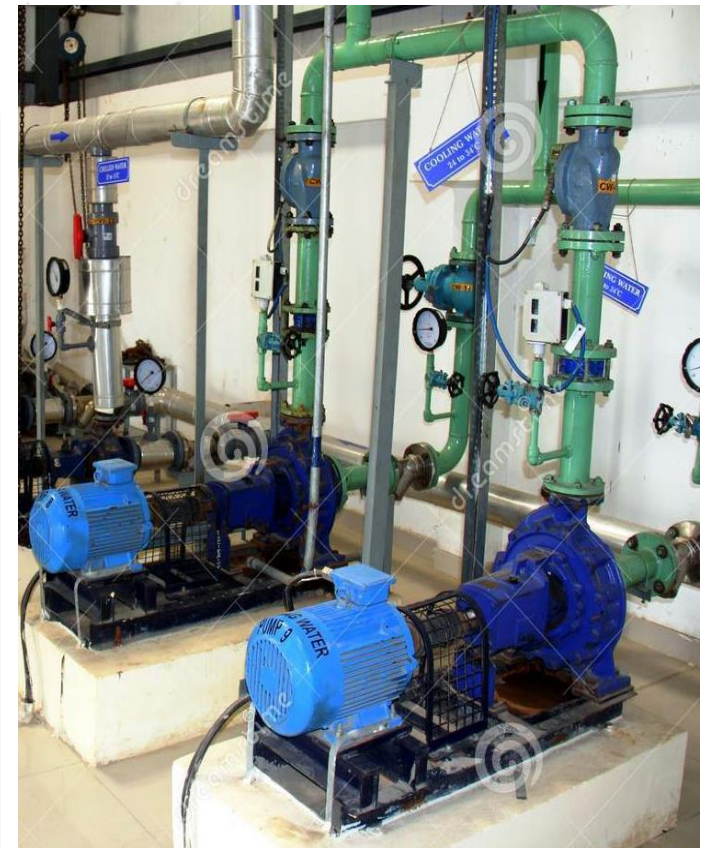
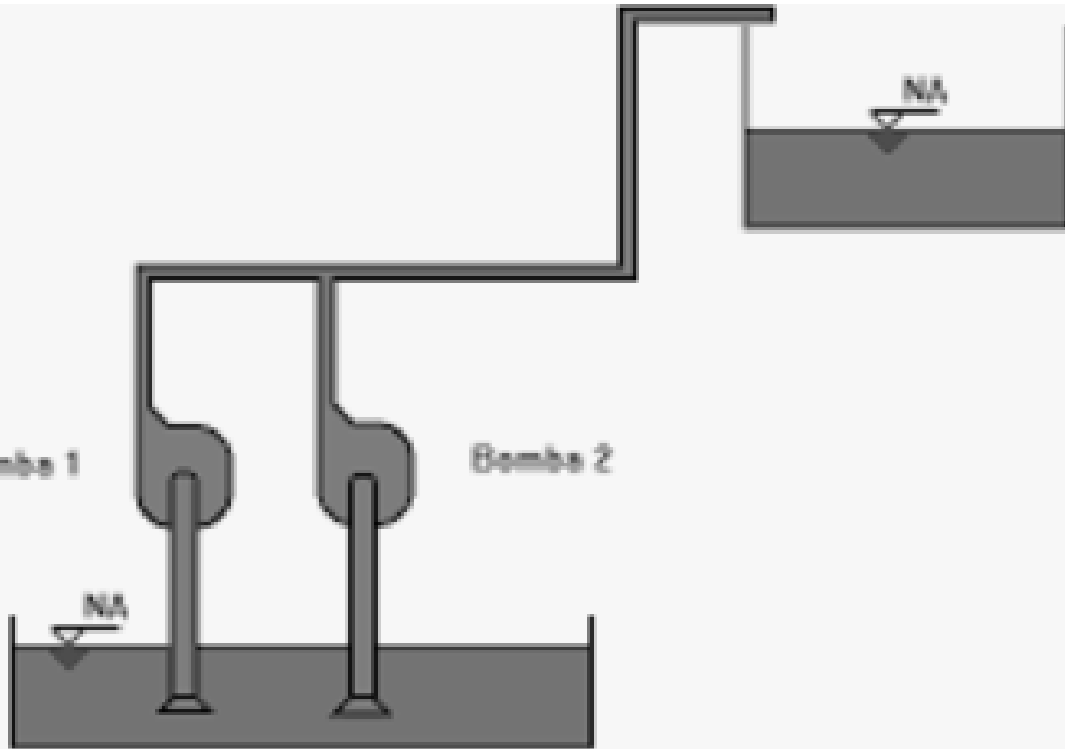
$$nq_{inst} = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

$$nq_1 = \frac{n\sqrt{Q/Z}}{H^{3/4}} \quad (\text{p/ 1 bomba})$$

Portanto

$$Z = \left( \frac{nq_{inst}}{nq_1} \right)^2$$

(38)

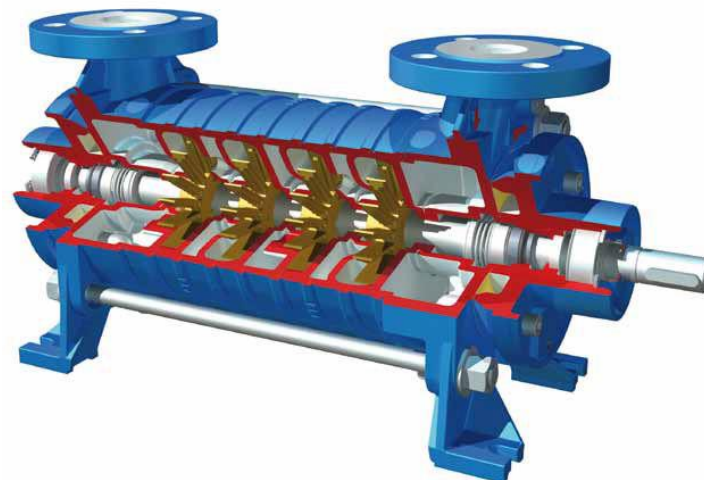
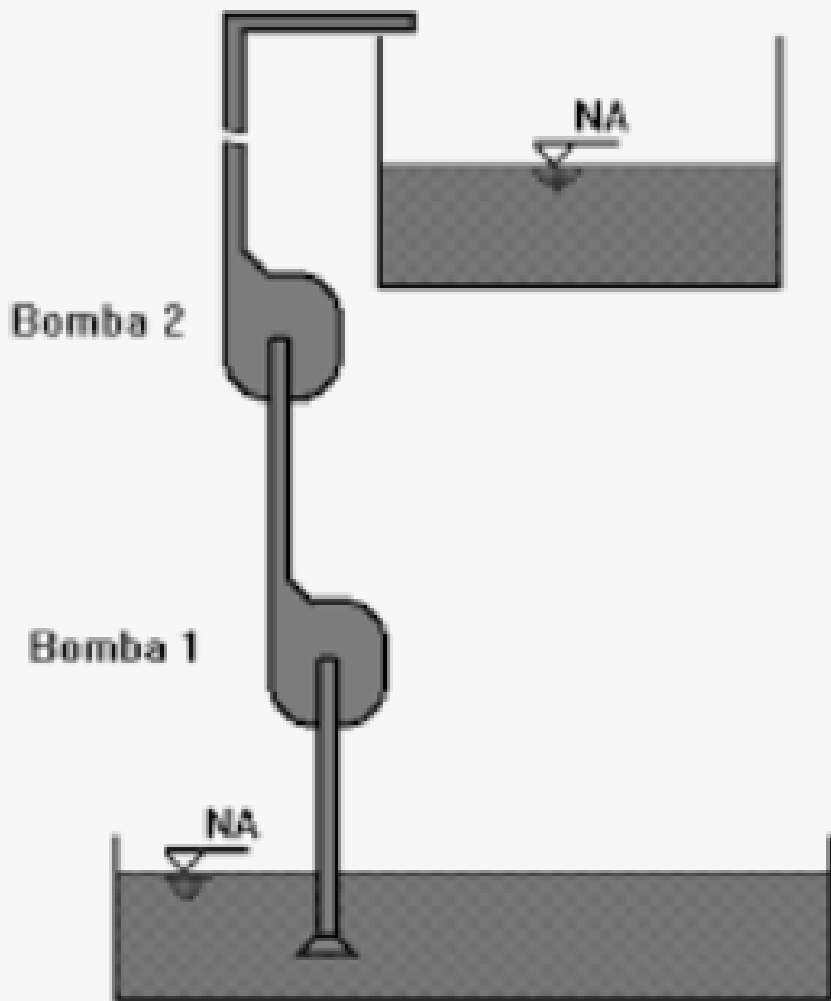


2- Para bombas em série ou bombas de estágios múltiplos, Z sendo agora o número de estágios, tem-se:

$$nq_1 = \frac{n\sqrt{Q}}{(H/Z)^{3/4}} \Rightarrow$$

$$Z = \left( \frac{nq_{inst}}{nq_1} \right)^{4/3}$$

39



**BOMBAS DE ESTÁGIOS MÚLTIPLOS**

# **CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS**

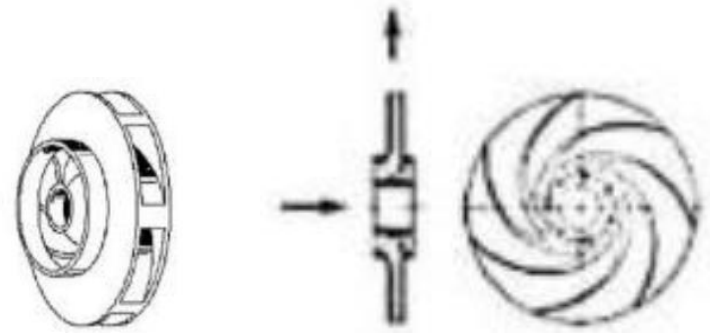
**DOIS GRUPOS:**

**1. DINÂMICAS  
OU DE FLUXO**

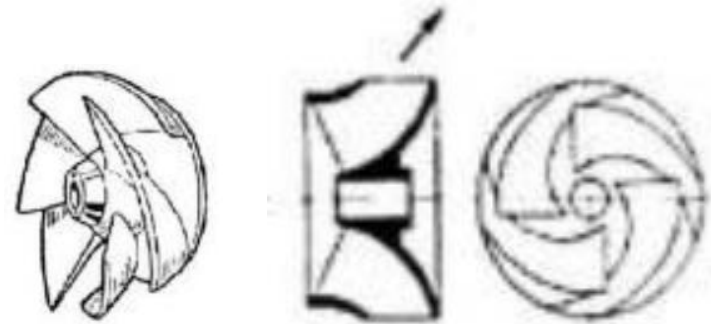
**2. ESTÁTICAS  
OU DE DESLOCAMENTO POSITIVO  
OU VOLUMÉTRICAS**

# 1. DINÂMICAS OU DE FLUXO

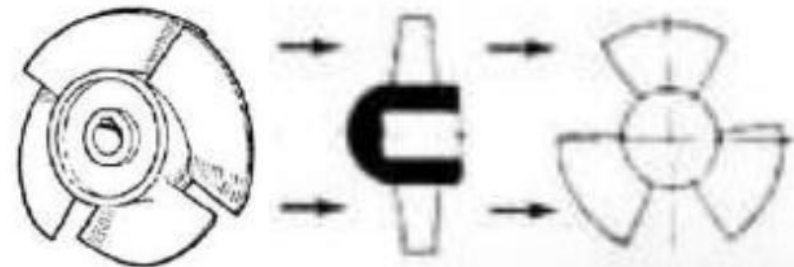
## 1.1. DE FLUXO RADIAL



## 1.2. DE FLUXO MISTO



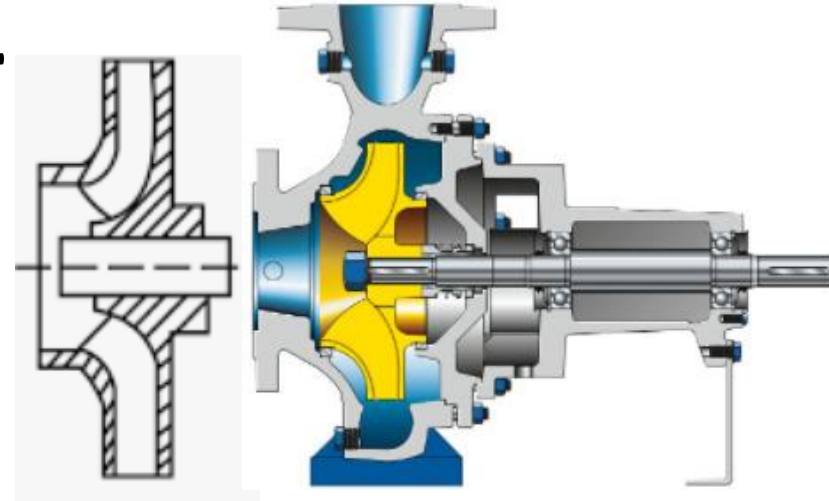
## 1.3. DE FLUXO AXIAL



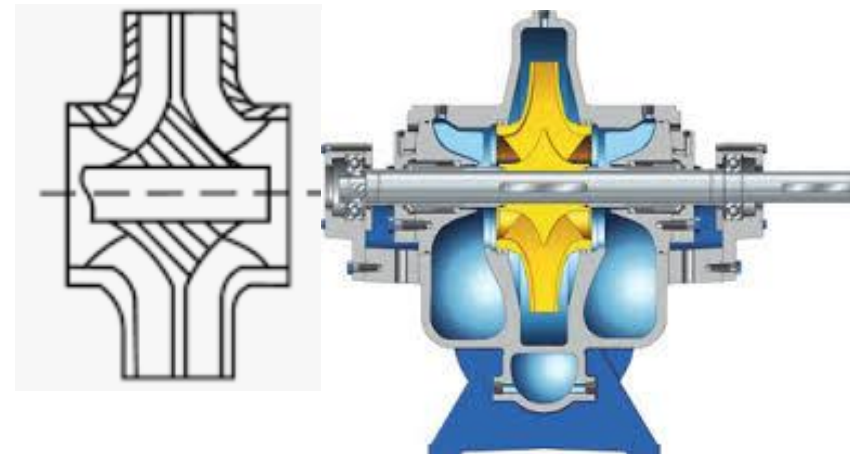
# 1. DINÂMICAS OU DE FLUXO

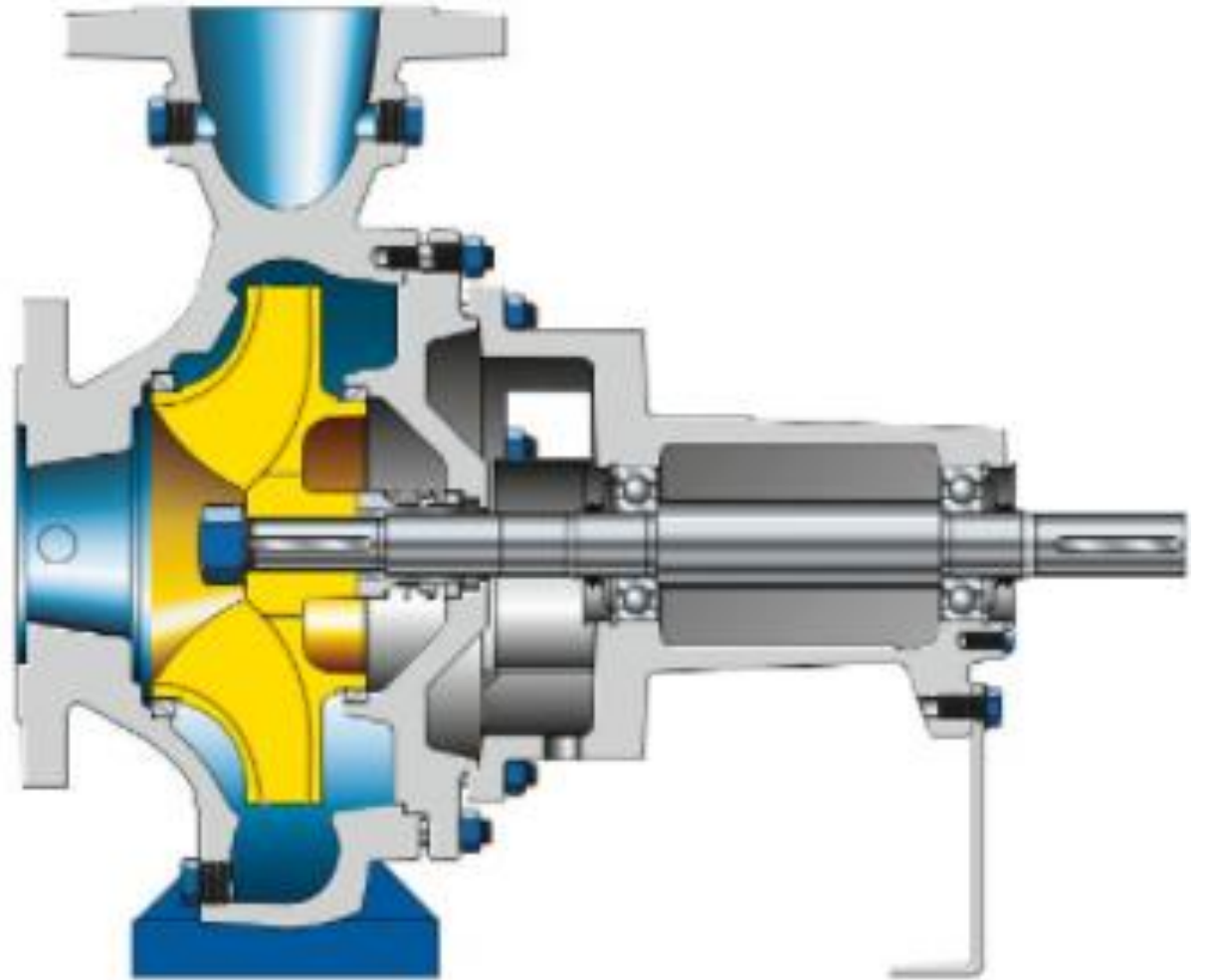
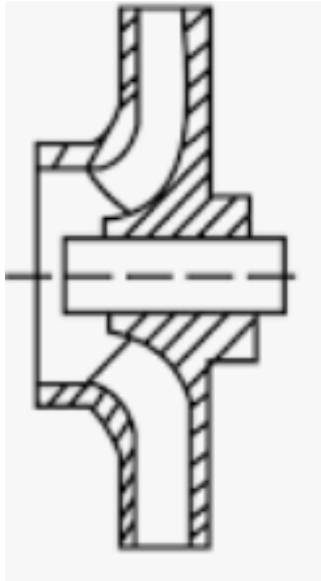
## 1.1. DE FLUXO RADIAL

### 1.1.1. SUCÇÃO SIMPLES

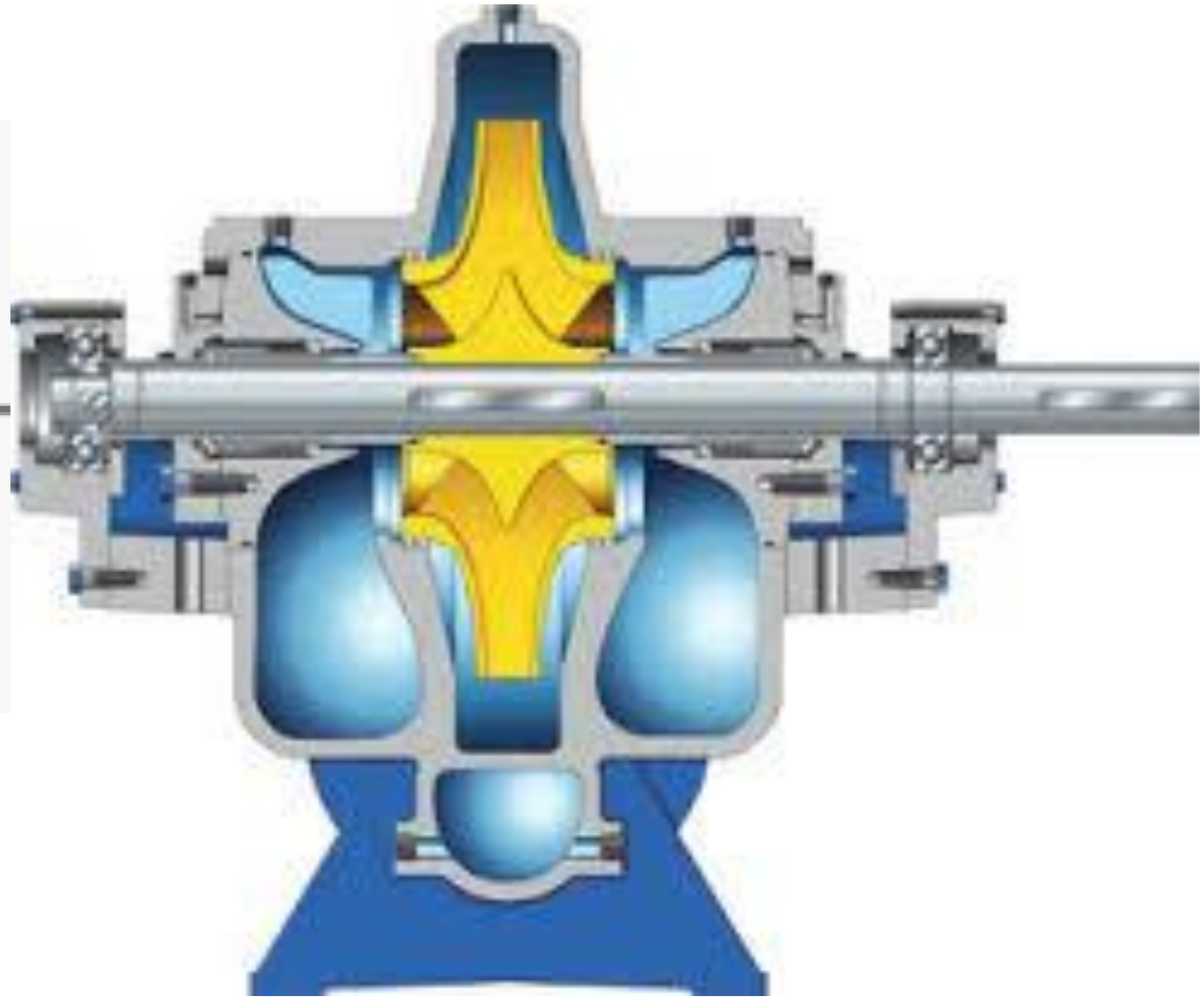
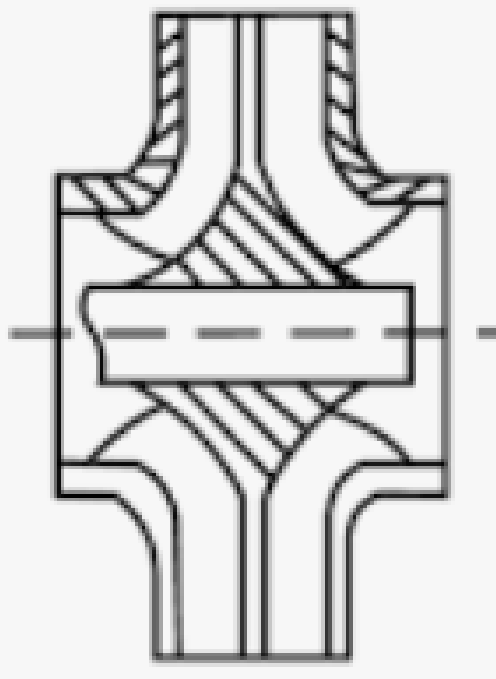


### 1.1.2. SUCÇÃO DUPLA













# 1. DINÂMICAS OU DE FLUXO

## 1.1. DE FLUXO RADIAL

### 1.1.1. SUCÇÃO SIMPLES

#### 1.1.1.1. ROTOR FECHADO



#### 1.1.1.2. ROTOR SEMI FECHADO



#### 1.1.1.3. ROTOR ABERTO



# **2. ESTÁTICAS**

**OU DE DESLOCAMENTO POSITIVO  
OU VOLUMÉTRICAS**

## **2.1. ALTERNATIVAS, EXEMPLOS MAIS COMUNS:**

**2.1.1 PISTÃO OU ÊMBOLO**

**2.1.2 DIAFRAGMA**

## **2.2. ROTATIVAS, EXEMPLOS MAIS COMUNS:**

**2.2.1 ENGRENAGEM**

**2.2.2 LÓBULO**

**2.2.3 HELICOIDAL**

**2.2.4 PERISTÁLTICA**

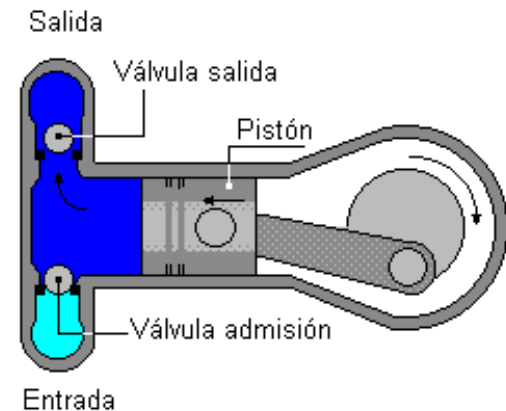
**2.2.5 PALHETAS**

# 2. ESTÁTICAS

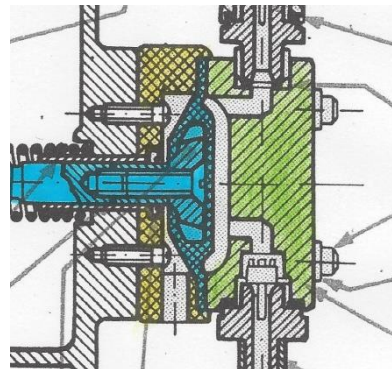
OU DE DESLOCAMENTO POSITIVO  
OU VOLUMÉTRICAS

2.1. ALTERNATIVAS, EXEMPLOS MAIS COMUNS:

## 2.1.1 PISTÃO OU ÊMBOLO



## 2.1.2 DIAFRAGMA

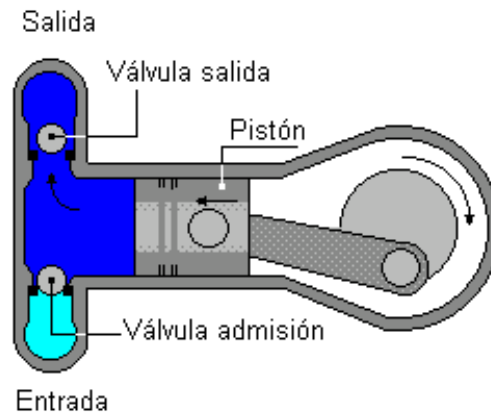


# 2. ESTÁTICAS

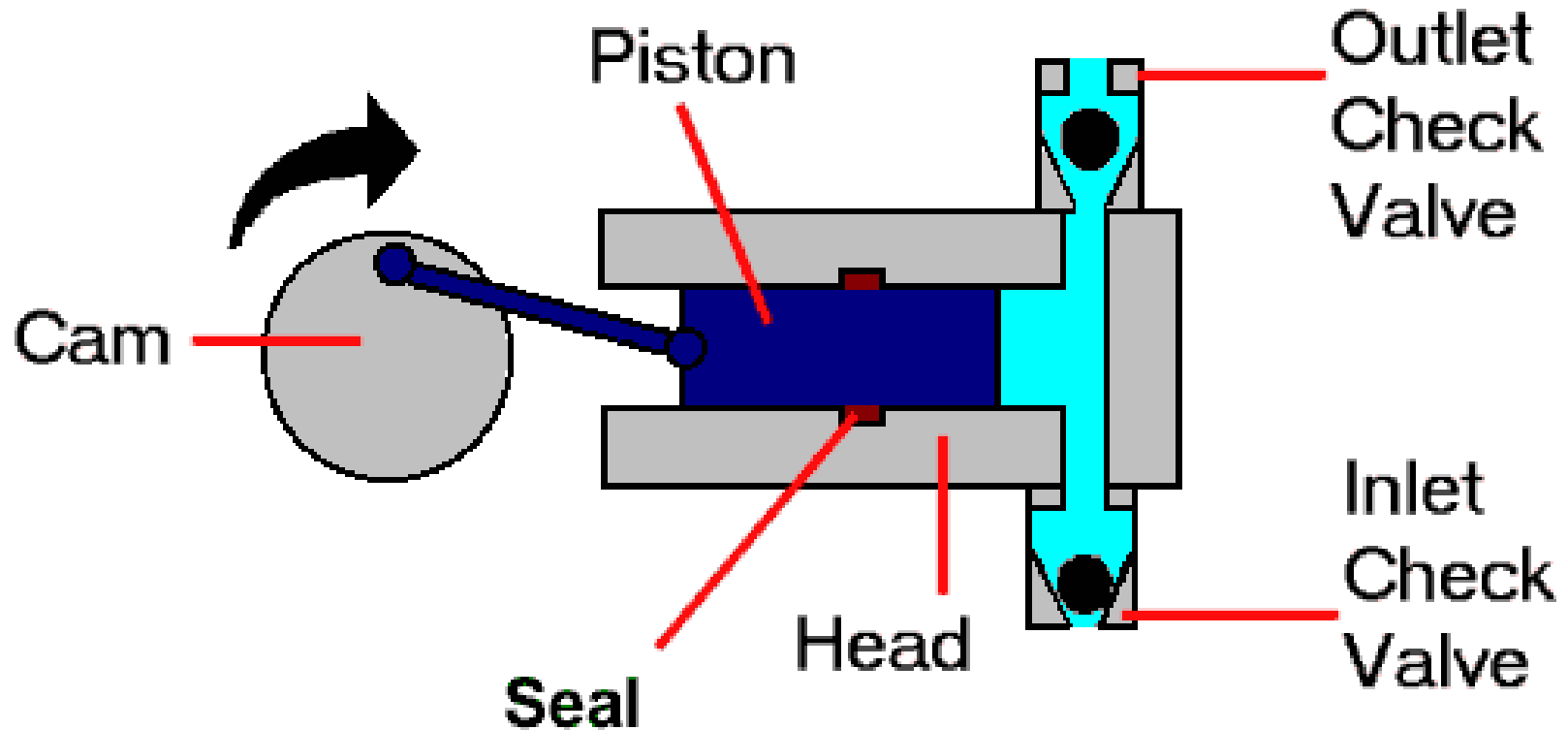
OU DE DESLOCAMENTO POSITIVO  
OU VOLUMÉTRICAS

## 2.1. ALTERNATIVAS

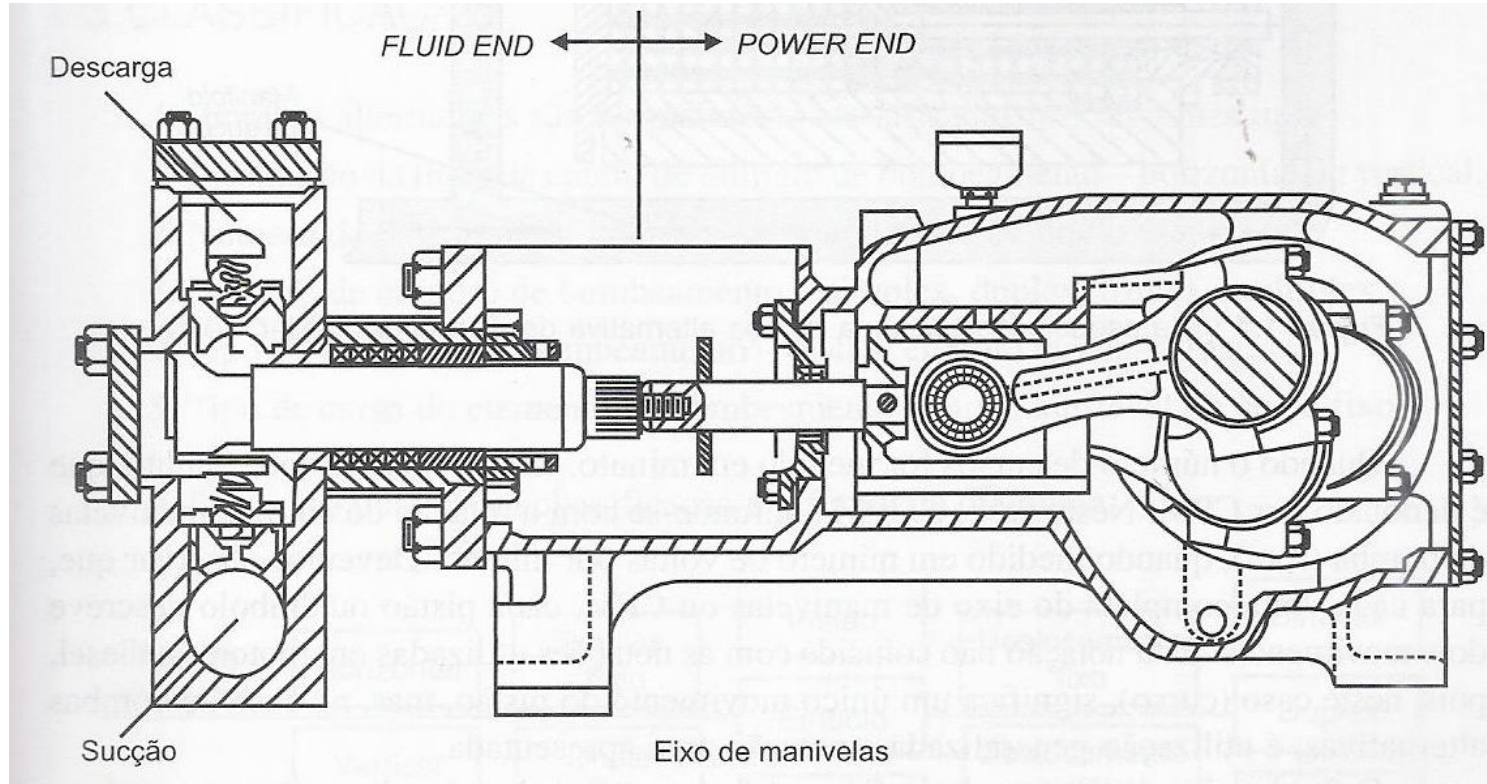
### 2.1.1 PISTÃO OU ÊMBOLO



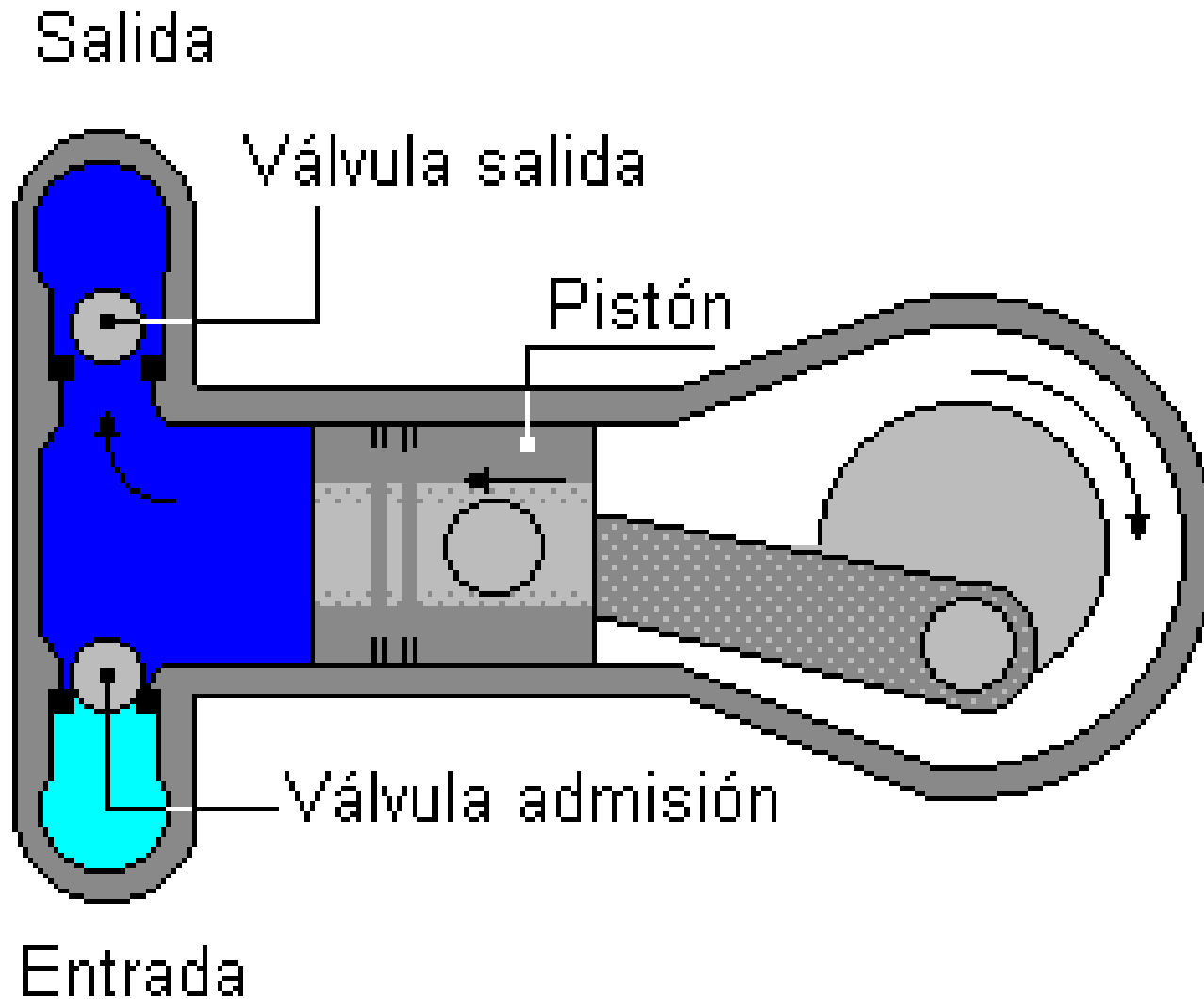
# Bomba de pistão ou de êmbolo



# Bomba de pistão ou de êmbolo



# Bomba de pistão ou de êmbolo





HM 285 ESTUDIO DE BOMBAS DE EMBOLO.webm

<https://www.youtube.com/watch?v=f3-qq8FZEy4>



Uraca Funcionamiento de bomba de pistón[1].mp4

[https://www.youtube.com/watch?v=vX5k\\_9AwGMg](https://www.youtube.com/watch?v=vX5k_9AwGMg)

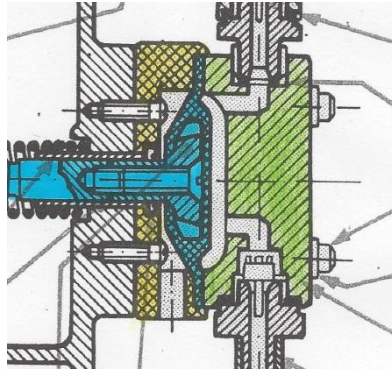


# 2. ESTÁTICAS

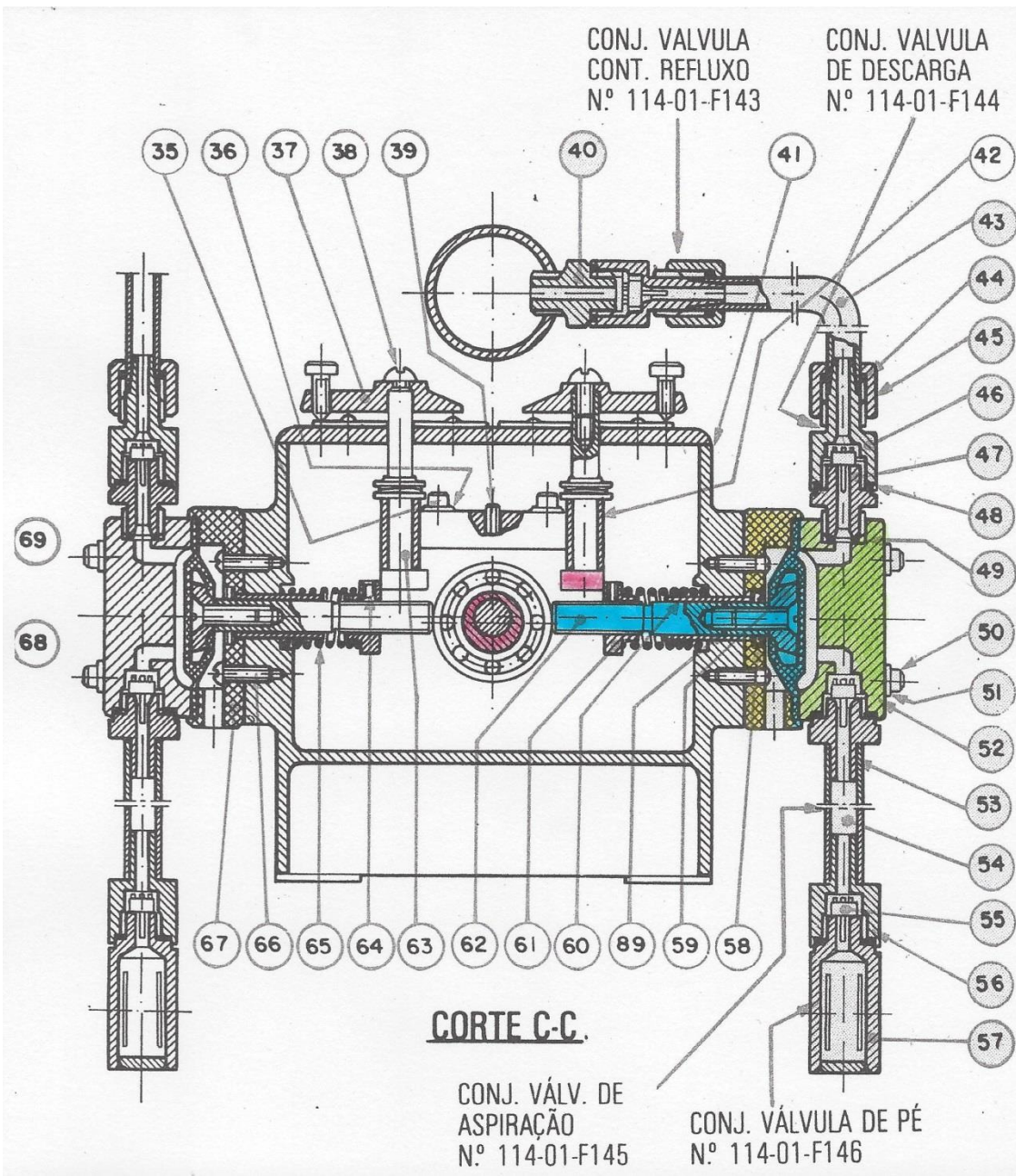
OU DE DESLOCAMENTO POSITIVO  
OU VOLUMÉTRICAS

## 2.1. ALTERNATIVAS,

### 2.1.2 DIAFRAGMA

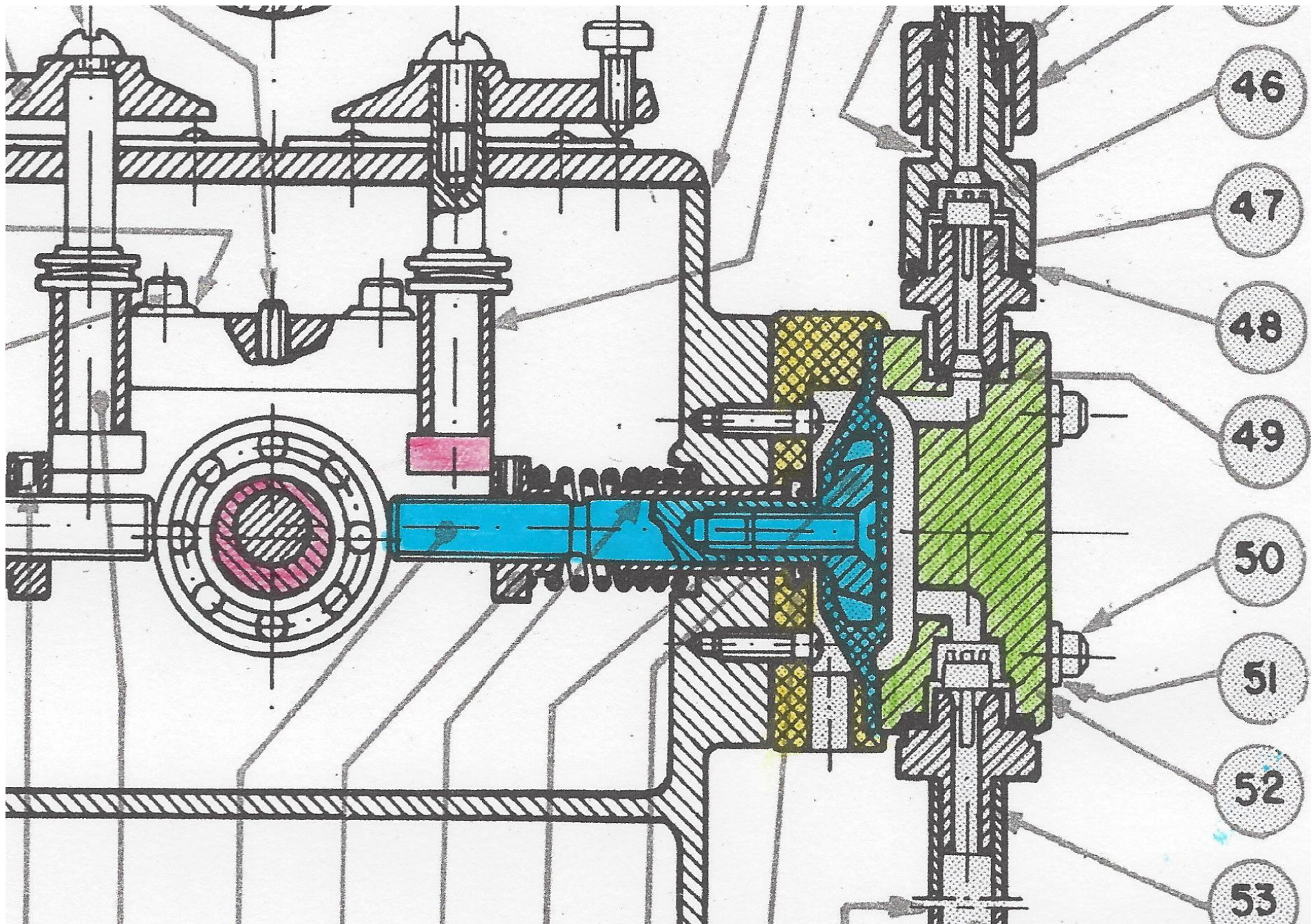


# Bomba dosadora de diafragma





# Bomba dosadora de diafragma





# Bomba dosadora de diafragma



# Bomba dosadora de diafragma





Bomba dosadora Dosamax Bomax do Brasil.webm

<https://www.youtube.com/watch?v=uJVu8sNmAno>



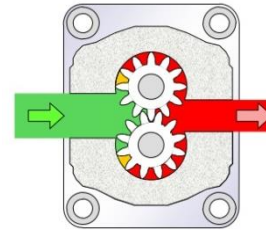
Bomba Dosadora Deslocamento Positivo.mp4

<https://www.youtube.com/watch?v=FhFbWI5AbU4>

# 2. ESTÁTICAS

## 2.2. ROTATIVAS, EXEMPLOS MAIS COMUNS:

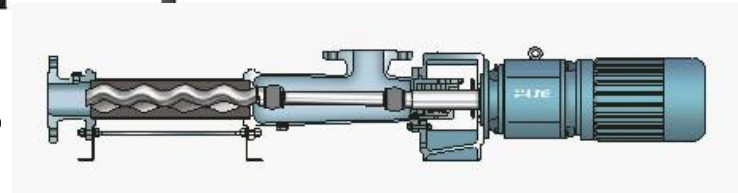
### 2.2.1 ENGRENAGEM



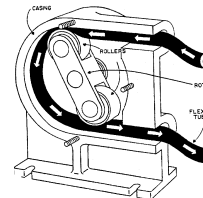
### 2.2.2 LÓBULO



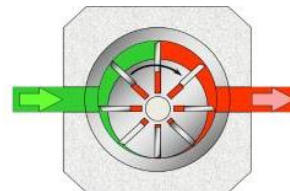
### 2.2.3 HELICOIDAL



### 2.2.4 PERISTÁLTICA



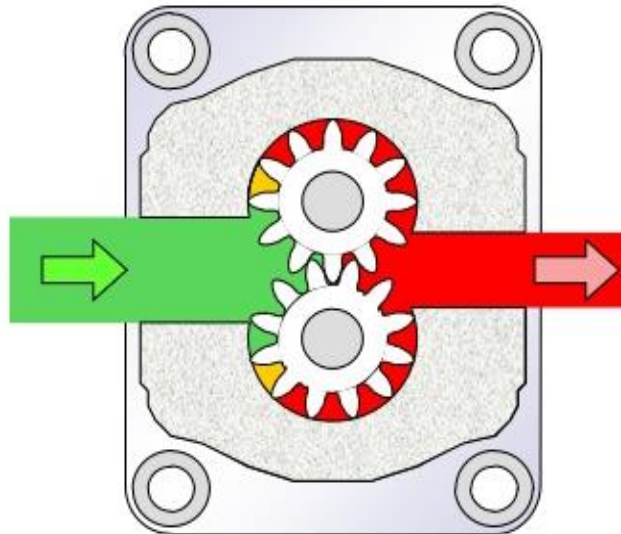
### 2.2.5 PALHETAS



# 2. ESTÁTICAS

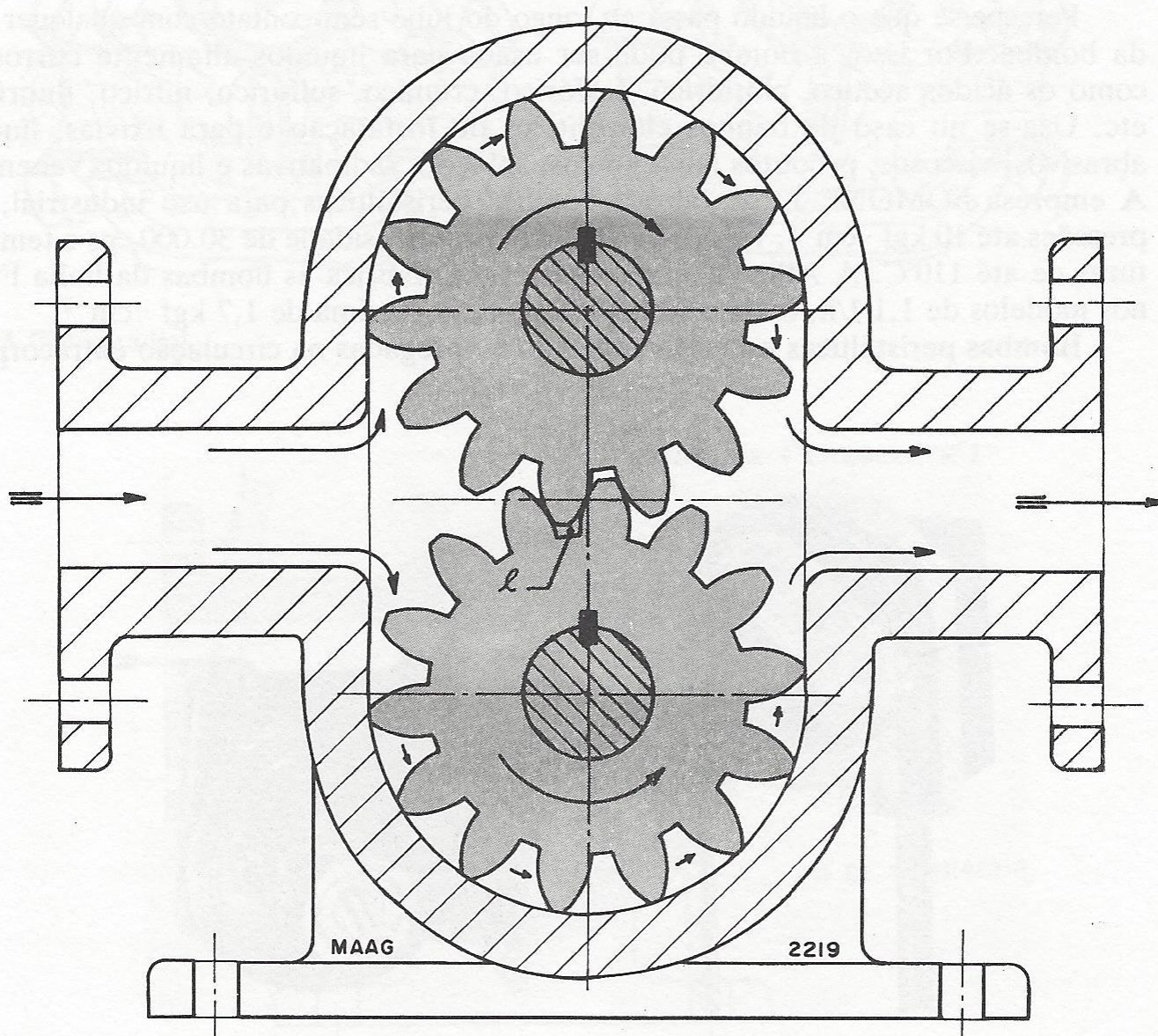
## 2.2. ROTATIVAS

### 2.2.1 ENGRENAGEM

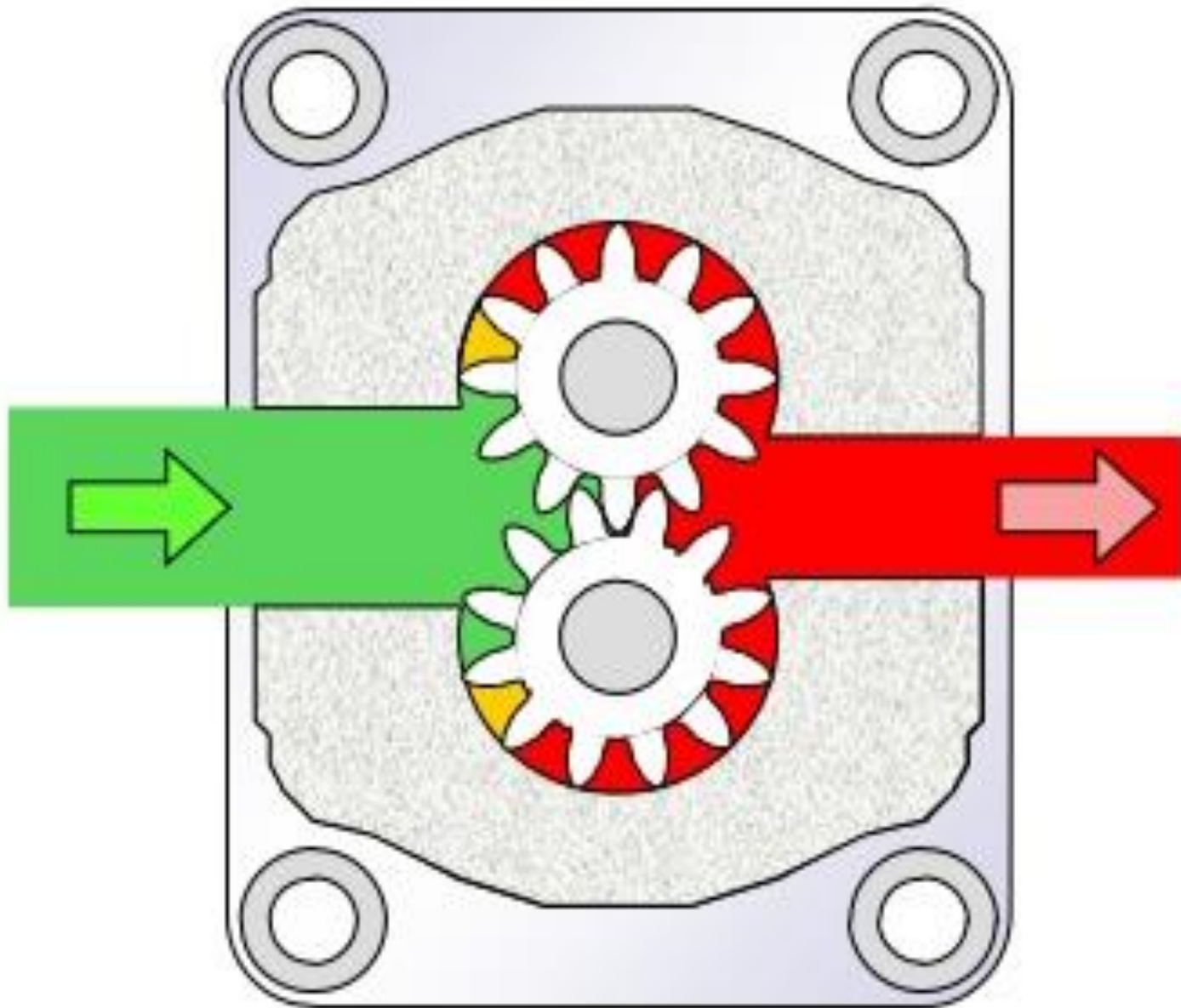




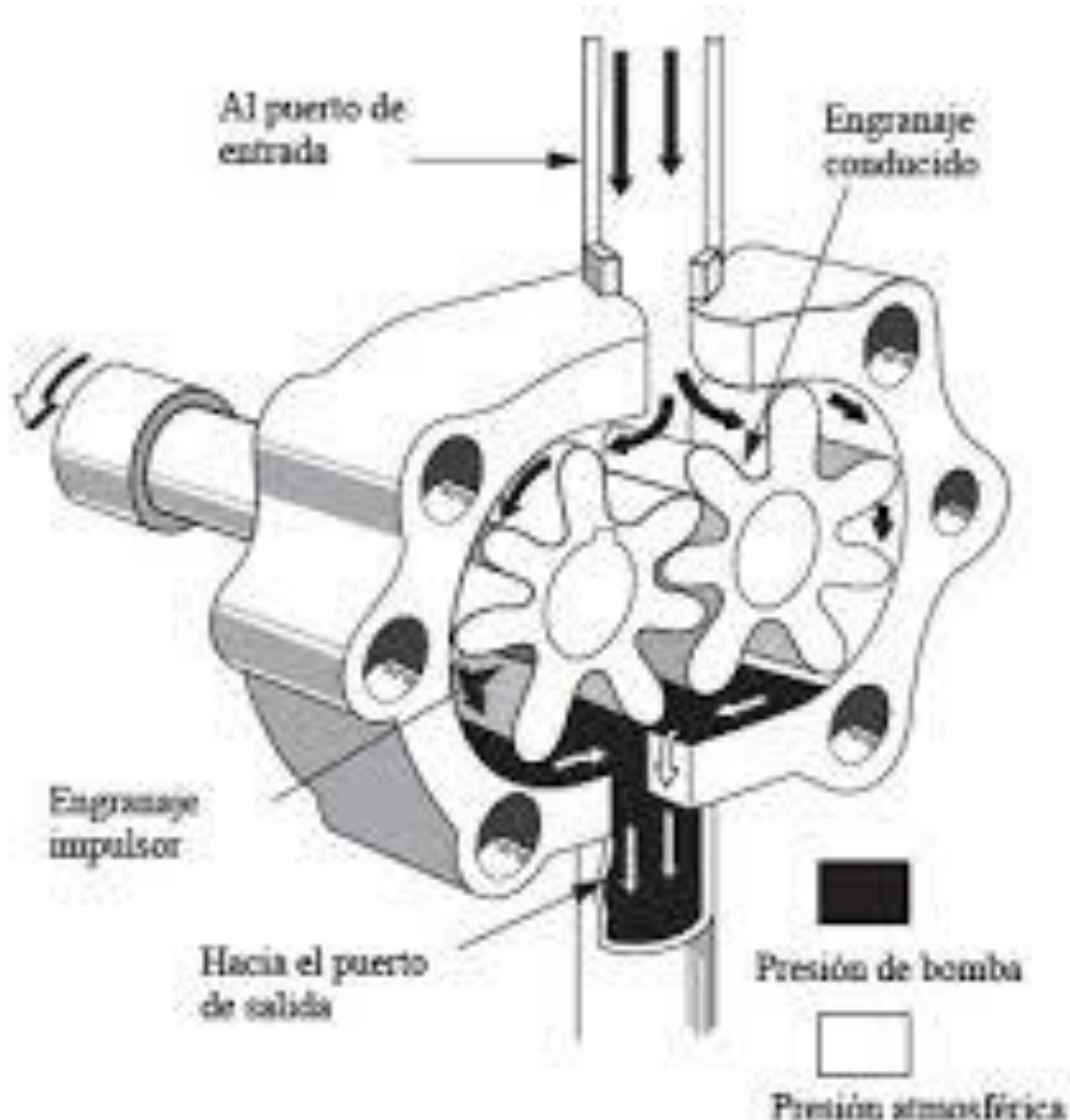
# Bomba de engrenagem



# Bomba de engrenagem

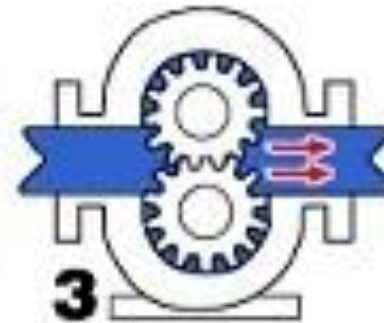
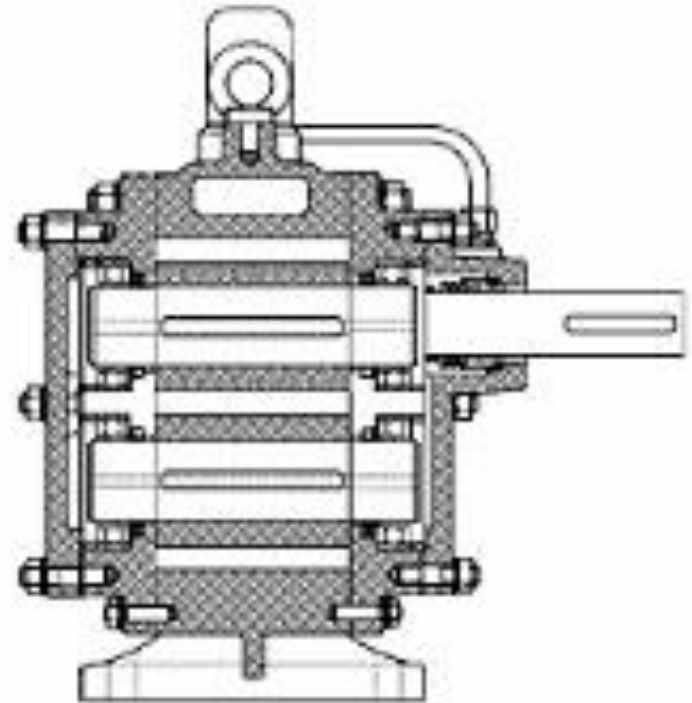
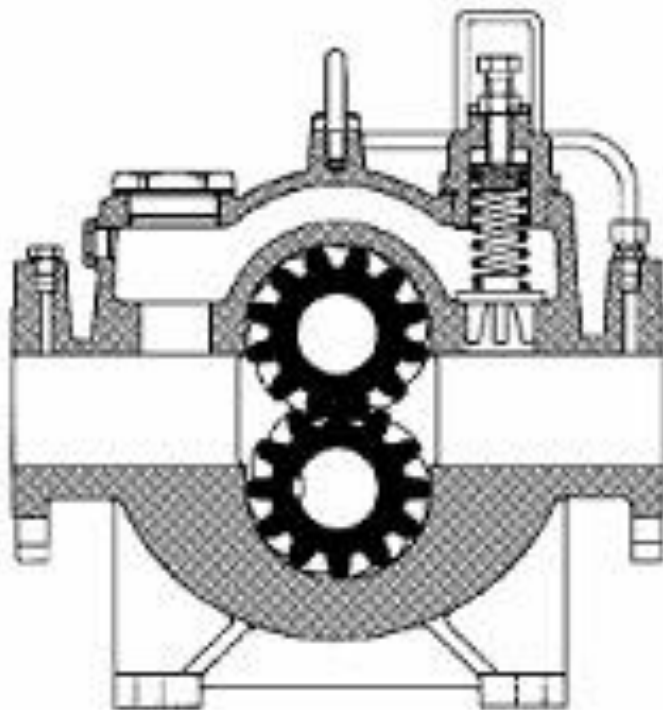


# Bomba de engranagem

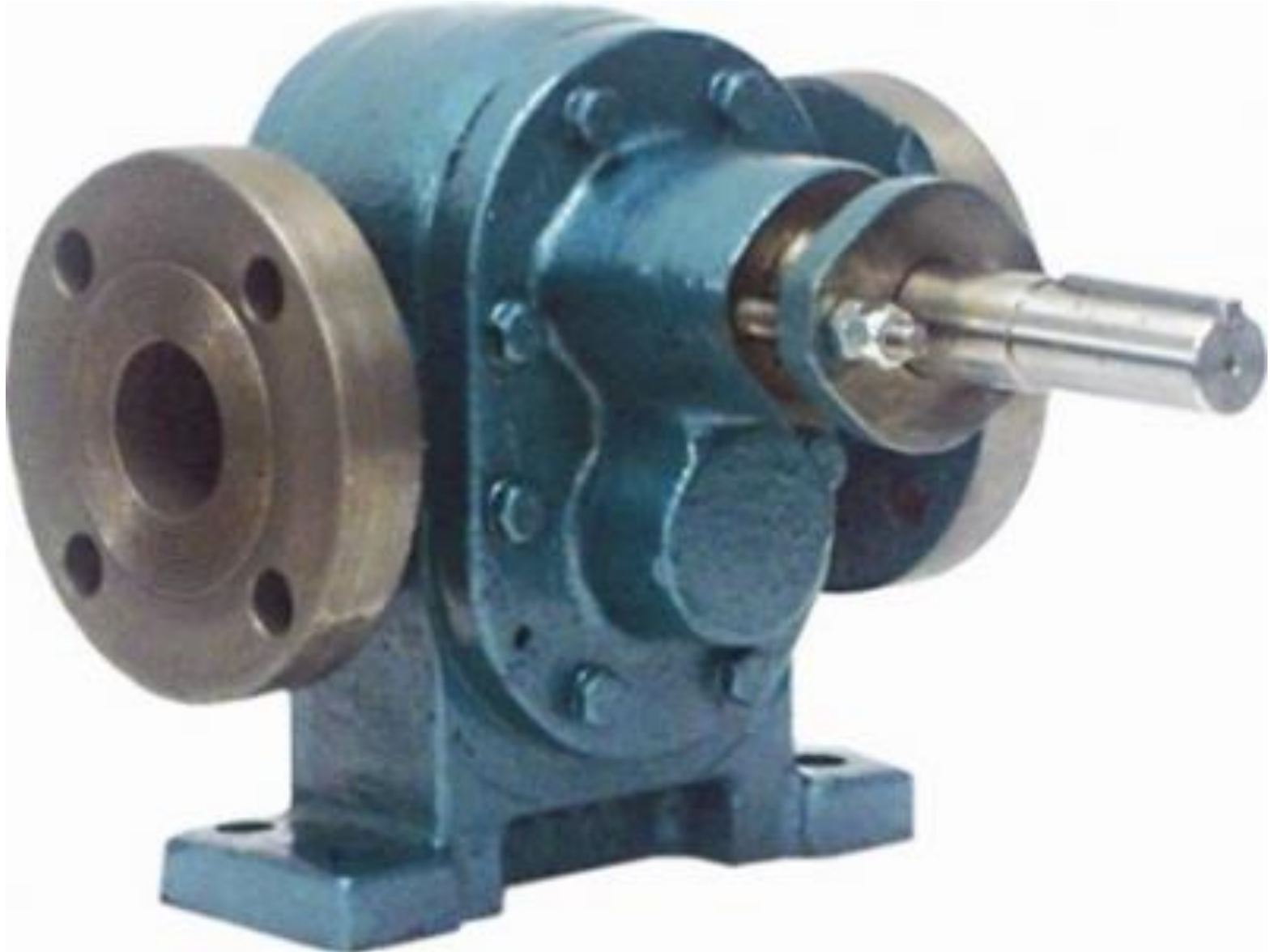




# Bomba de engrenagem



# Bomba de engrenagem

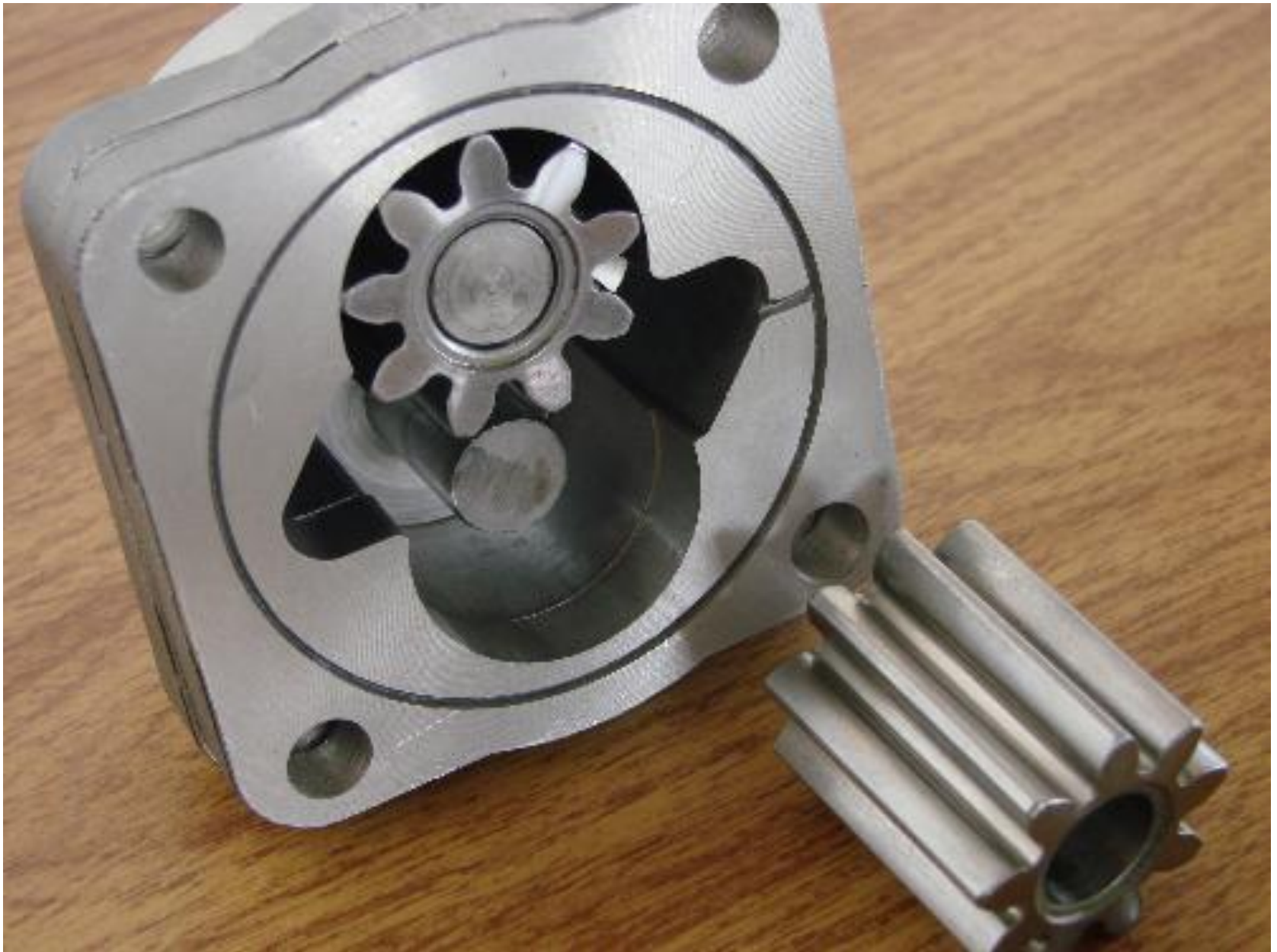


# Bomba de engrenagem





# Bomba de engrenagem



# Bomba de engrenagem





# Bomba de engrenagem





External Gear Pump Working Animation With Detail Explanation TS7STUDYZONE.mp4

<https://www.youtube.com/watch?v=cMmwb3JmL00>

# 2. ESTÁTICAS

## 2.2. ROTATIVAS

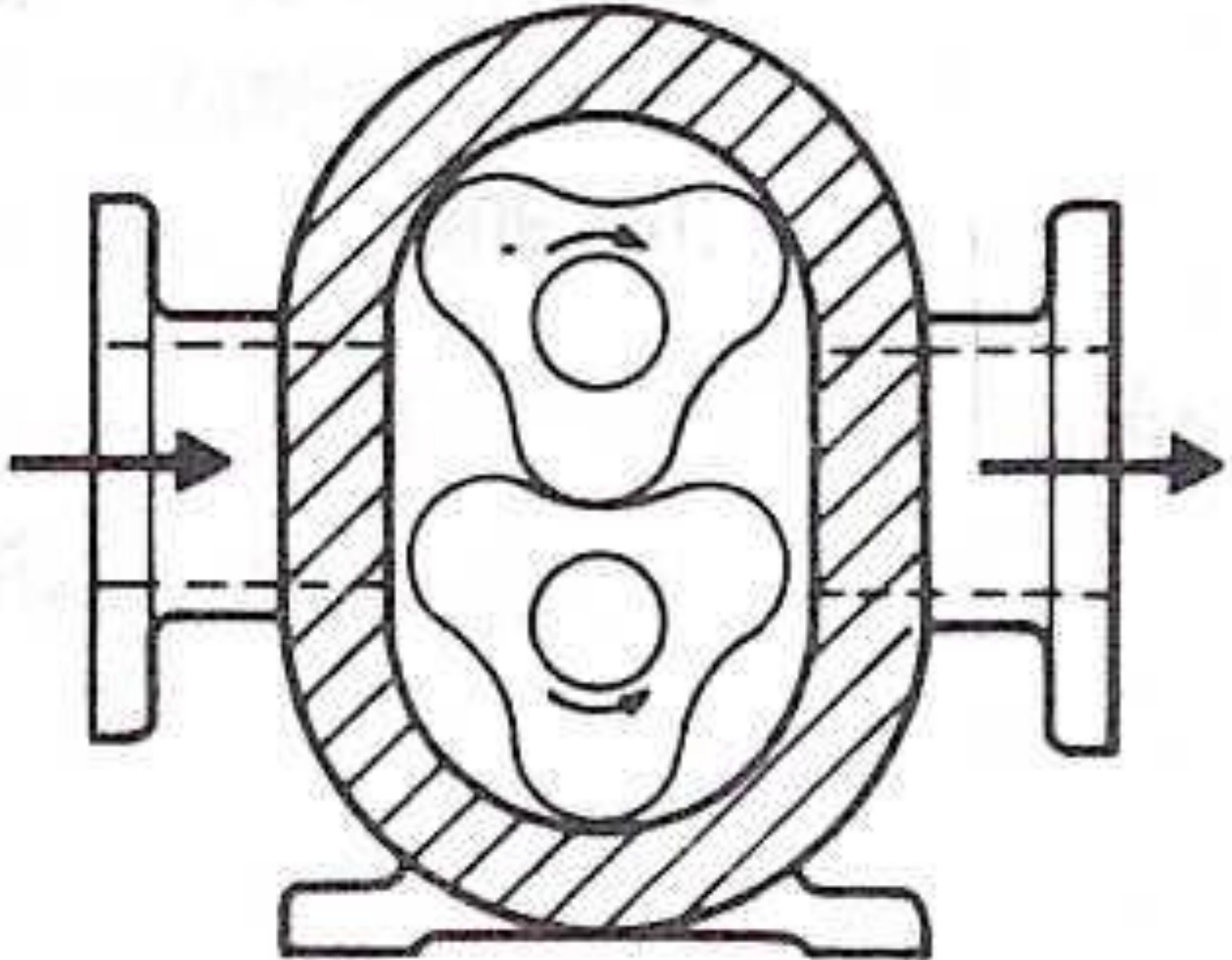
### 2.2.2 LÓBULO



# Bomba de lóbulos



# Bomba de lóbulos



Bomba de lóbulos permite vazões de 1 a 1.000 m<sup>3</sup>/h



Bomba de lóbulos permite vazões de 1 a 1000 m<sup>3</sup>h.webm

<https://www.youtube.com/watch?v=NSp-klqdF20>

Alfa Laval's SRU Rotary Lobe Pump



Alfa Laval[1].mp4

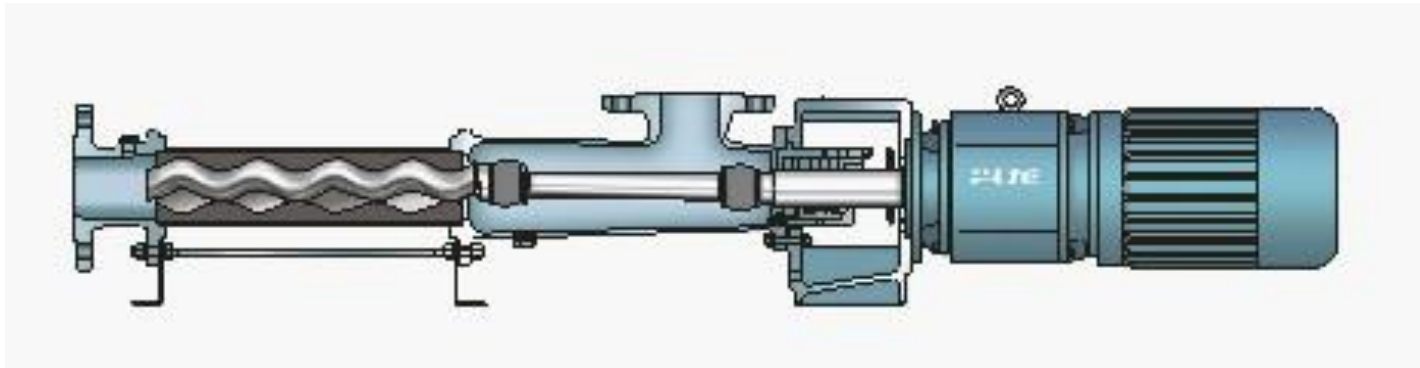
<https://www.youtube.com/watch?v=m-ZWPnvC0wc>



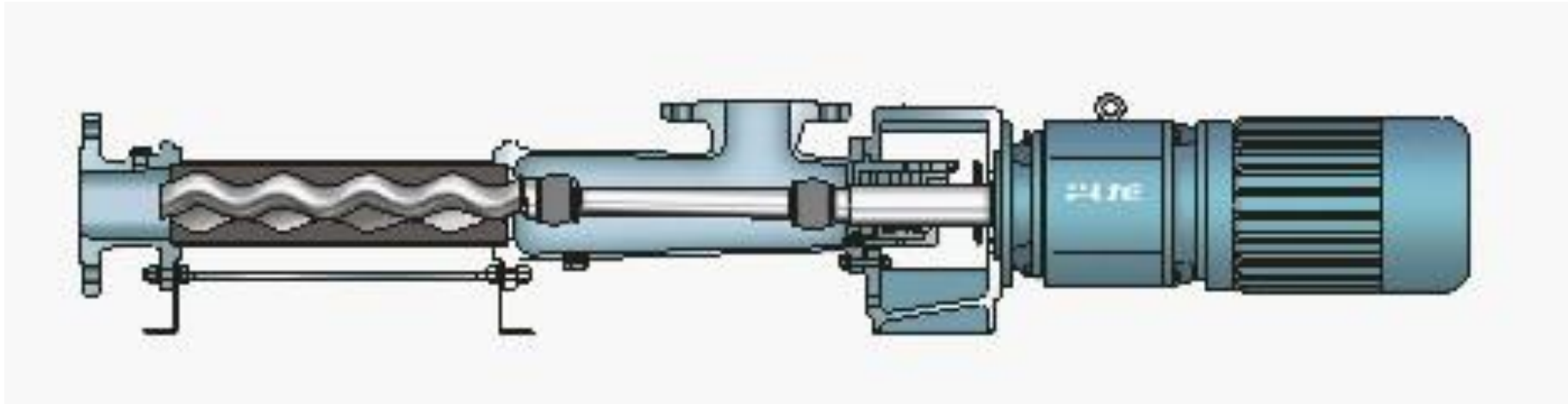
# 2. ESTÁTICAS

## 2.2. ROTATIVAS

### 2.2.3 HELICOIDAL



# Bomba Helicoidal



# Bomba Helicoidal





¿Como funciona una bomba helicoidal o de rotorstator) Animación 3D por PFT.webm

[https://www.youtube.com/watch?v=x9F4uO3cc1c&list=PLt8fli\\_\\_u7y-mT\\_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=5](https://www.youtube.com/watch?v=x9F4uO3cc1c&list=PLt8fli__u7y-mT_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=5)



how does a it works pump cavity.webm

[https://www.youtube.com/watch?v=NwMSDF9cjRQ&list=PLt8fli\\_\\_u7y-mT\\_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=NwMSDF9cjRQ&list=PLt8fli__u7y-mT_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=4)



Monoflo Compact C Pump PhoenixPumpscom.webm

[https://www.youtube.com/watch?v=x9F4uO3cc1c&list=PLt8fli\\_\\_u7y-mT\\_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=5](https://www.youtube.com/watch?v=x9F4uO3cc1c&list=PLt8fli__u7y-mT_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=5)



Progressing Cavity Pump Animation from Fluid Research Corp.webm

[https://www.youtube.com/watch?v=hNOPjzkz4Rc0&list=PLt8fli\\_\\_u7y-mT\\_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=3](https://www.youtube.com/watch?v=hNOPjzkz4Rc0&list=PLt8fli__u7y-mT_KHWz-62KfofMJNPwvD&index=3)



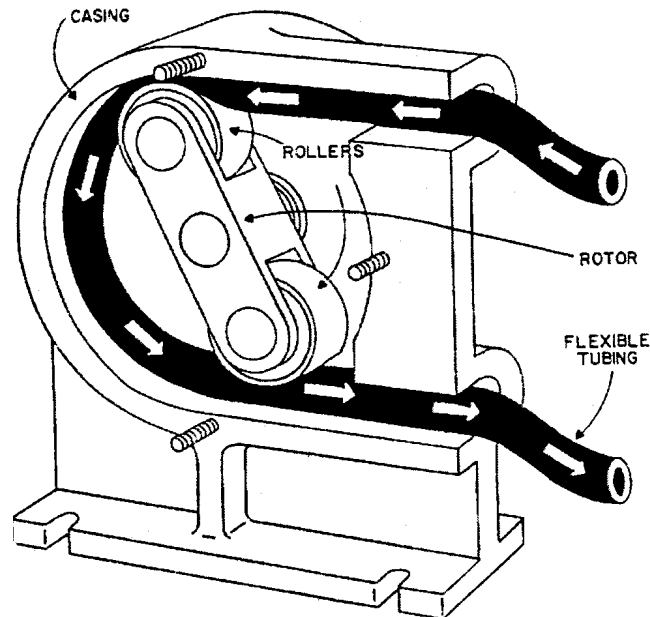
Progressive Cavity Pump Metering System Demonstration.webm

[https://www.youtube.com/watch?v=vNYm2\\_0zGNA&index=6&list=PLt8fli\\_\\_u7y-mT\\_KHWz-62KfofMJNPwvD](https://www.youtube.com/watch?v=vNYm2_0zGNA&index=6&list=PLt8fli__u7y-mT_KHWz-62KfofMJNPwvD)

# 2. ESTÁTICAS

## 2.2. ROTATIVAS

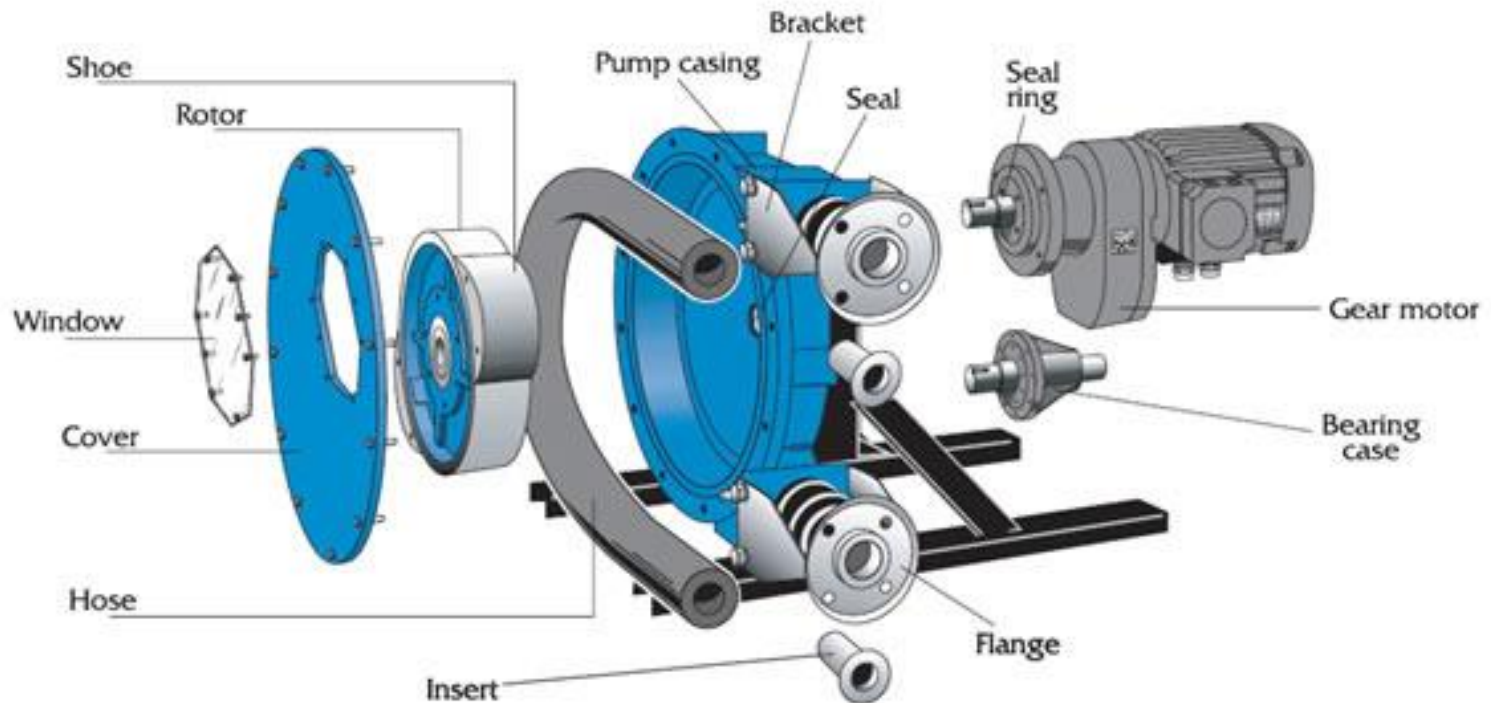
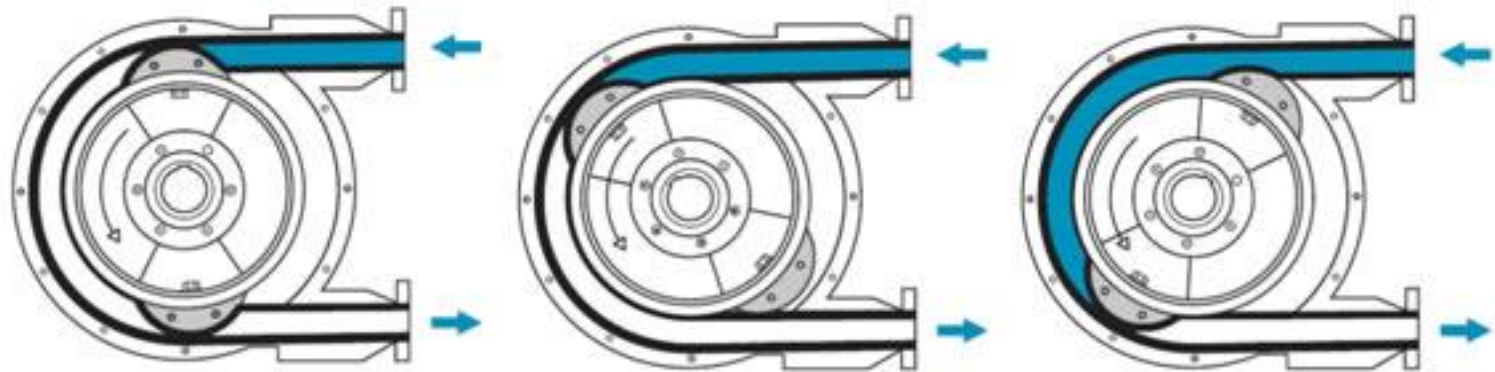
### 2.2.4 PERISTÁLTICA



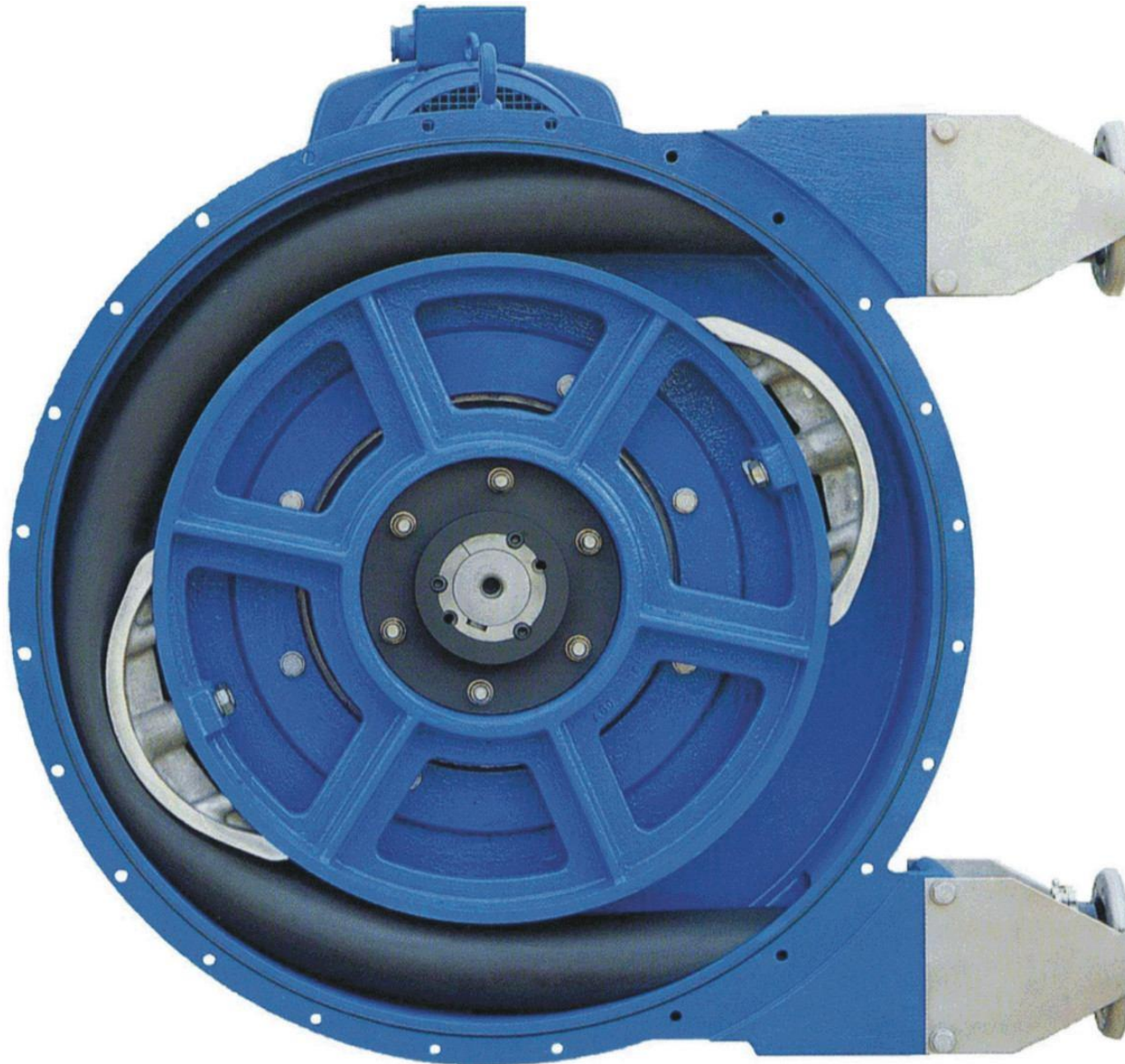




# Bomba Peristáltica



# Bomba Peristáltica





Bomba Peristaltica Hua Yun.webm

<https://www.youtube.com/watch?v=4ufscUcvgJM>



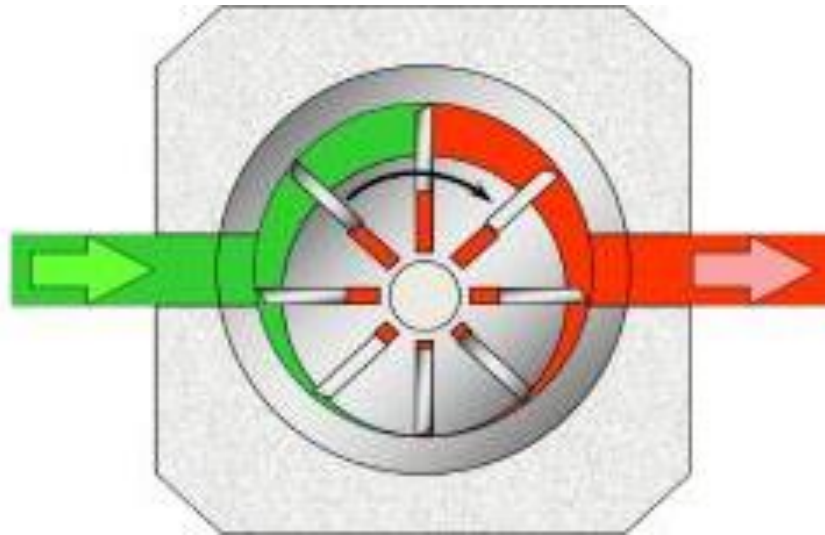
HOSE REP FMP3040.mp4

<https://www.youtube.com/watch?v=GDraW-16lqw>

# 2. ESTÁTICAS

## 2.2. ROTATIVAS

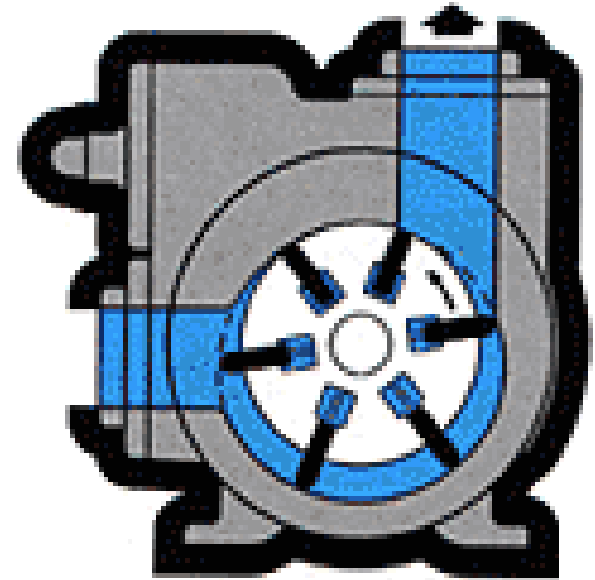
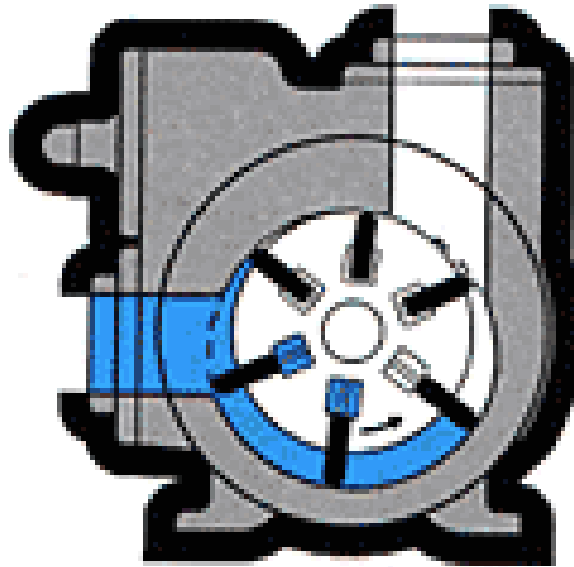
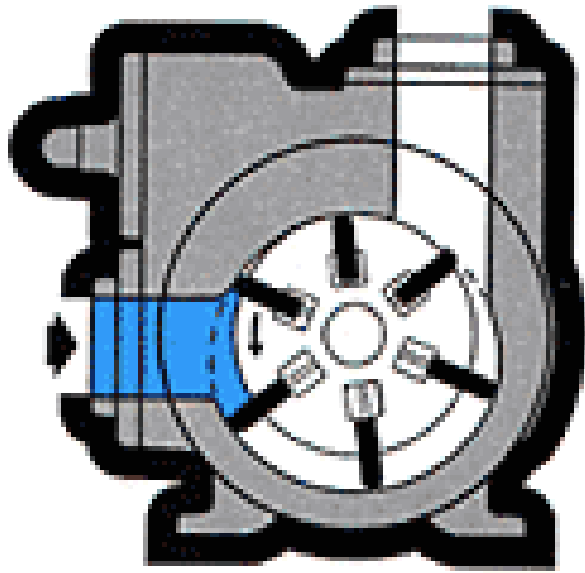
### 2.2.5 PALHETAS



# Bomba de palhetas



# Bomba de palhetas





# Bomba de palhetas





Bomba de Palhetas Curso Simples Rotor excentrico.webm

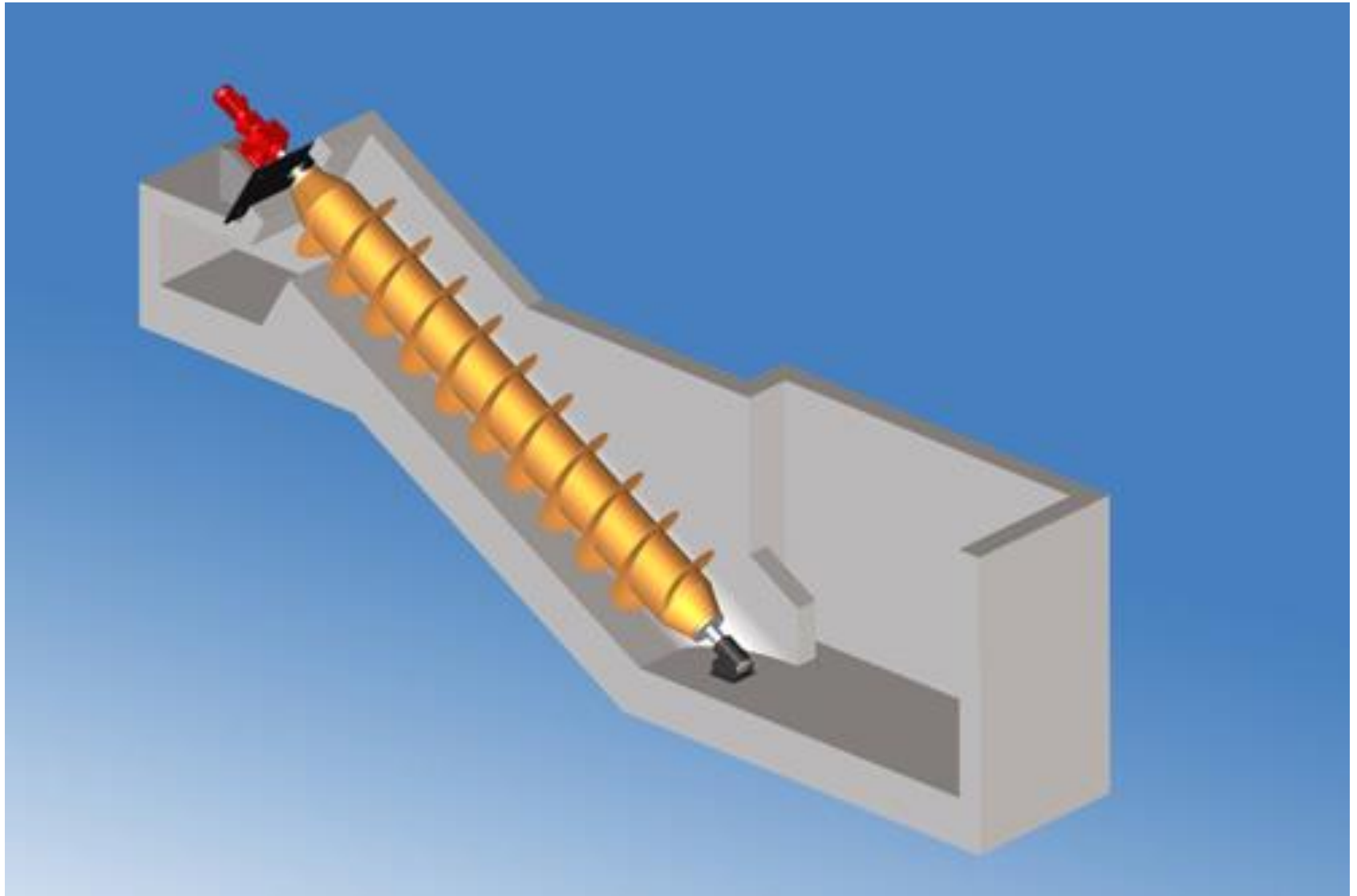
<https://www.youtube.com/watch?v=XNac5EX5zW0>

**OUTRAS BOMBAS  
VOLUMÉTRICAS  
ESPECIAIS**

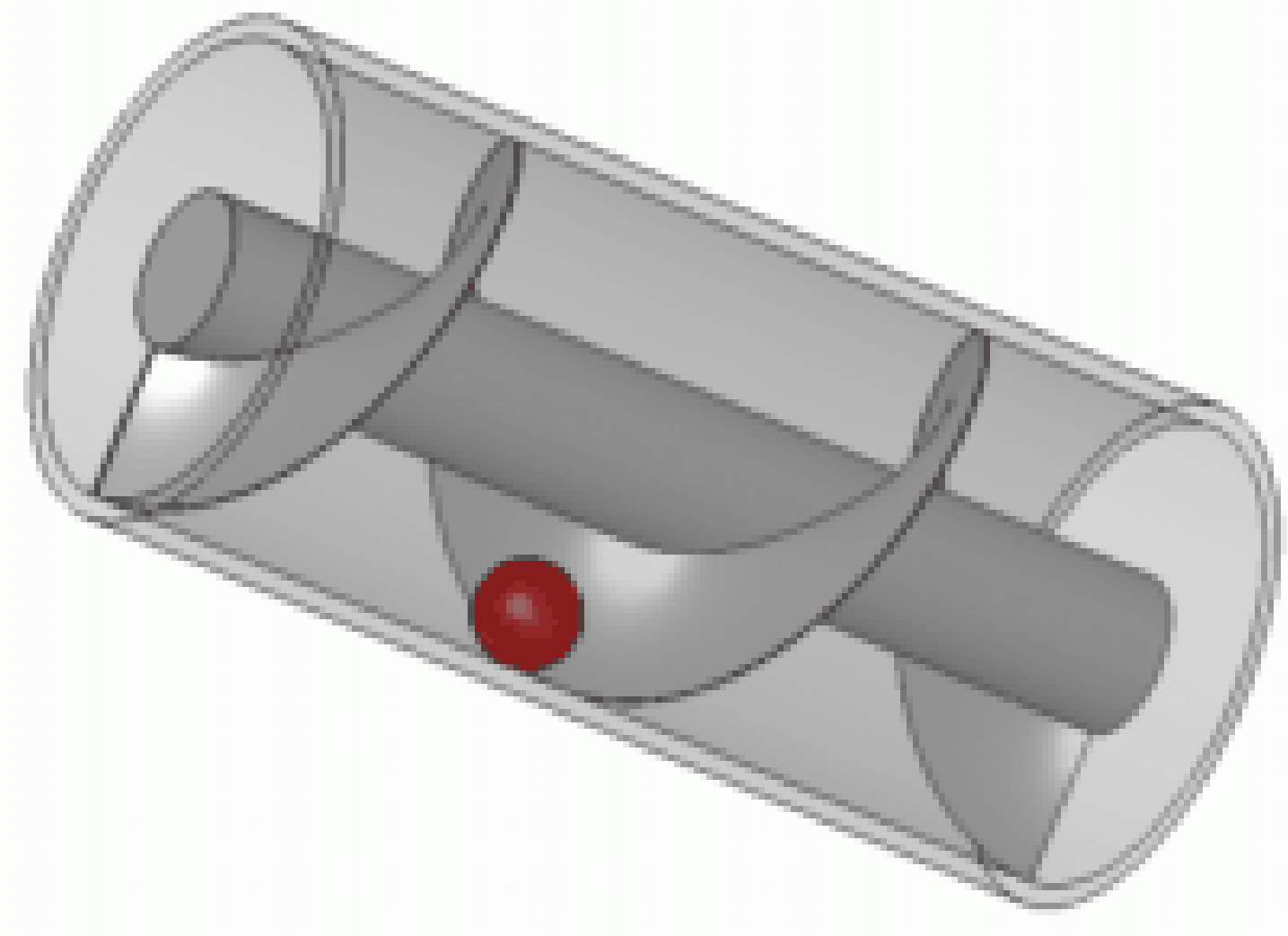
# Bomba parafuso de Archimedes



# Bomba parafuso



# Bomba parafuso



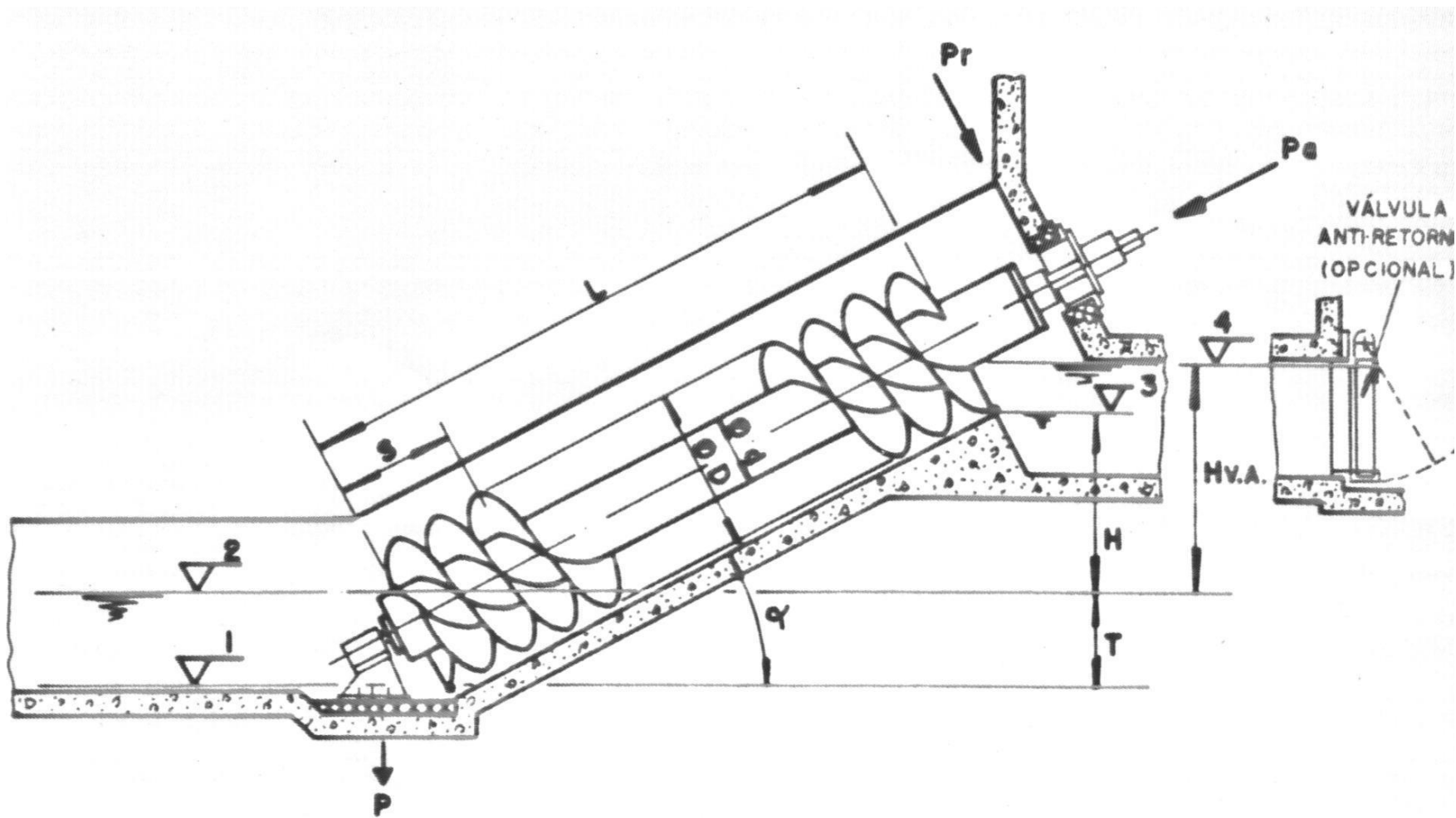




Tomillo de Arquímedes Archimedes.webm

<https://www.youtube.com/watch?v=5gq3Vm4vifU>

# Bomba parafuso



# Bomba parafuso



# Bomba parafuso





# Bomba parafuso



# **MÁQUINAS DE FLUXO**

## **EXPERIÊNCIA Nº 2**

### **ESTUDO DAS BOMBAS VOLUMÉTRICAS**

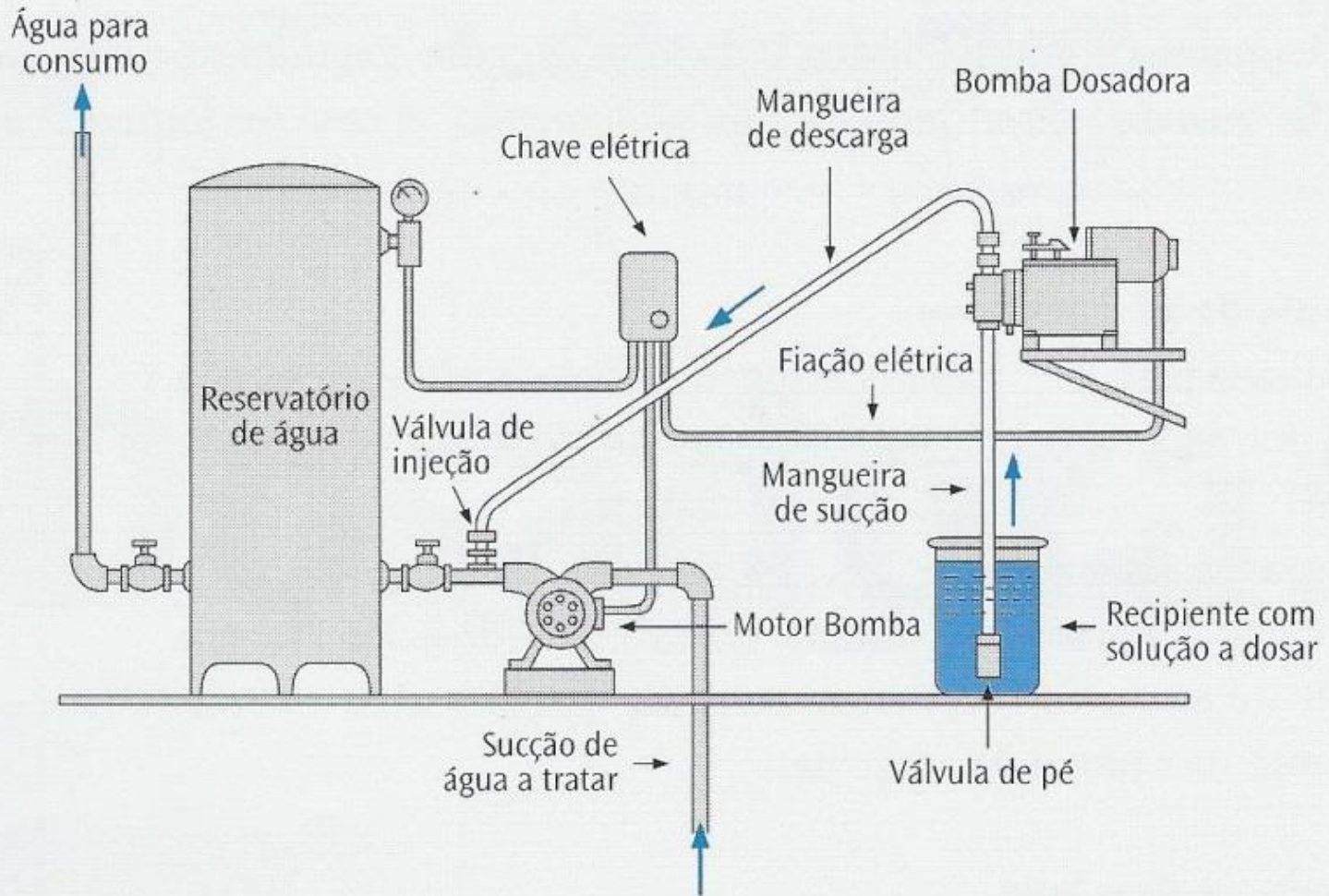
#### **ANÁLISE DE UMA BOMBA DOSADORA DE DIAFRÁGMA**

**PROF. SÉRGIO ROBERTO CECCATO**

**2022**



## Sistema de Dosagem



### Campos de Aplicação

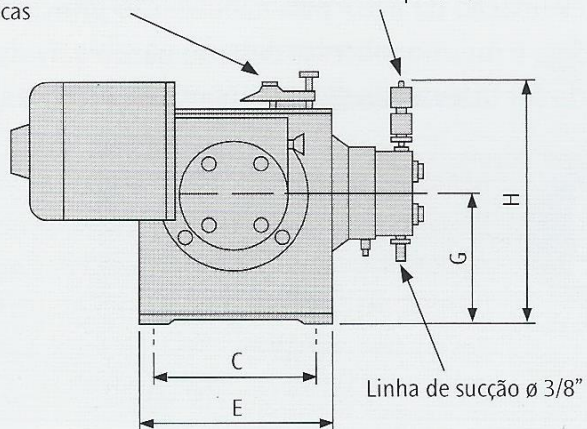
Produto	Concentração %	Produto	Concentração %
Ácido fosfórico	20	Hipoclorito de sódio	12,5
Ácido nítrico	10	Hipoclorito de cálcio	2
Ácido muriático	15	Polifosfatos	20
Ácido acético	50	Salmoura em geral	15
Bissulfito de sódio	20	Soda cáustica	15
Bicromato de sódio	15	Solução de amoníaco e compostos de amônia	15
Calgon	20	Sulfato de alumínio	10
Carbonato de sódio	6	Sulfato de cobre	18
Cloreto férrico	30	Sulfato férrico	15
Fluoreto de sódio	3	-	-

## Dimensões

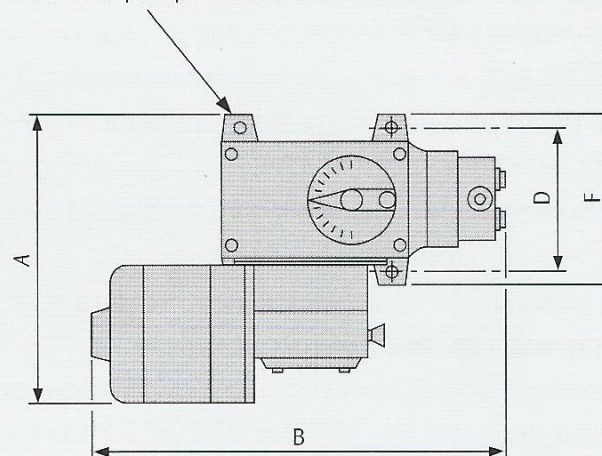
### Bomba Dosadora Modelo 67-68

Alavanca graduadora  
de dosagem de soluções  
químicas

Linha de recalque  $\varnothing 3/8"$

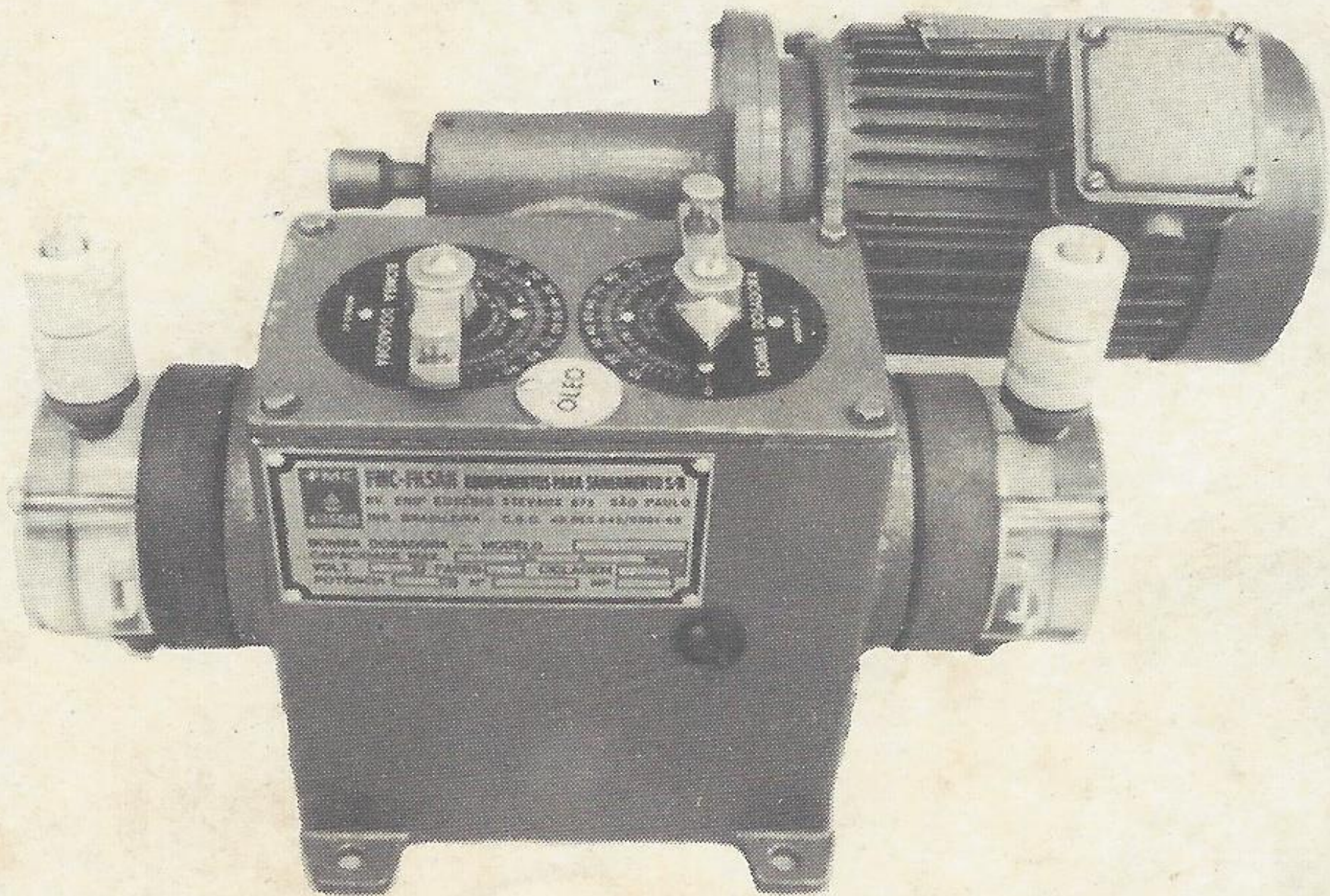


4 Furos  $\varnothing 5/16"$  para parafusos  $\varnothing 1/4"$



Código	Modelo	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm
114-01-01	BD-67NS	260	415	141	140	173	160	105	210
114-01-02	BD-67ND	260	415	141	140	173	160	105	210
114-01-03	BD-68NS	260	425	141	140	173	160	105	210
114-01-04	BD-68ND	260	425	141	140	173	160	105	210





**OLEO**

**MOTOR PRESS**

**SERVO PRESS**

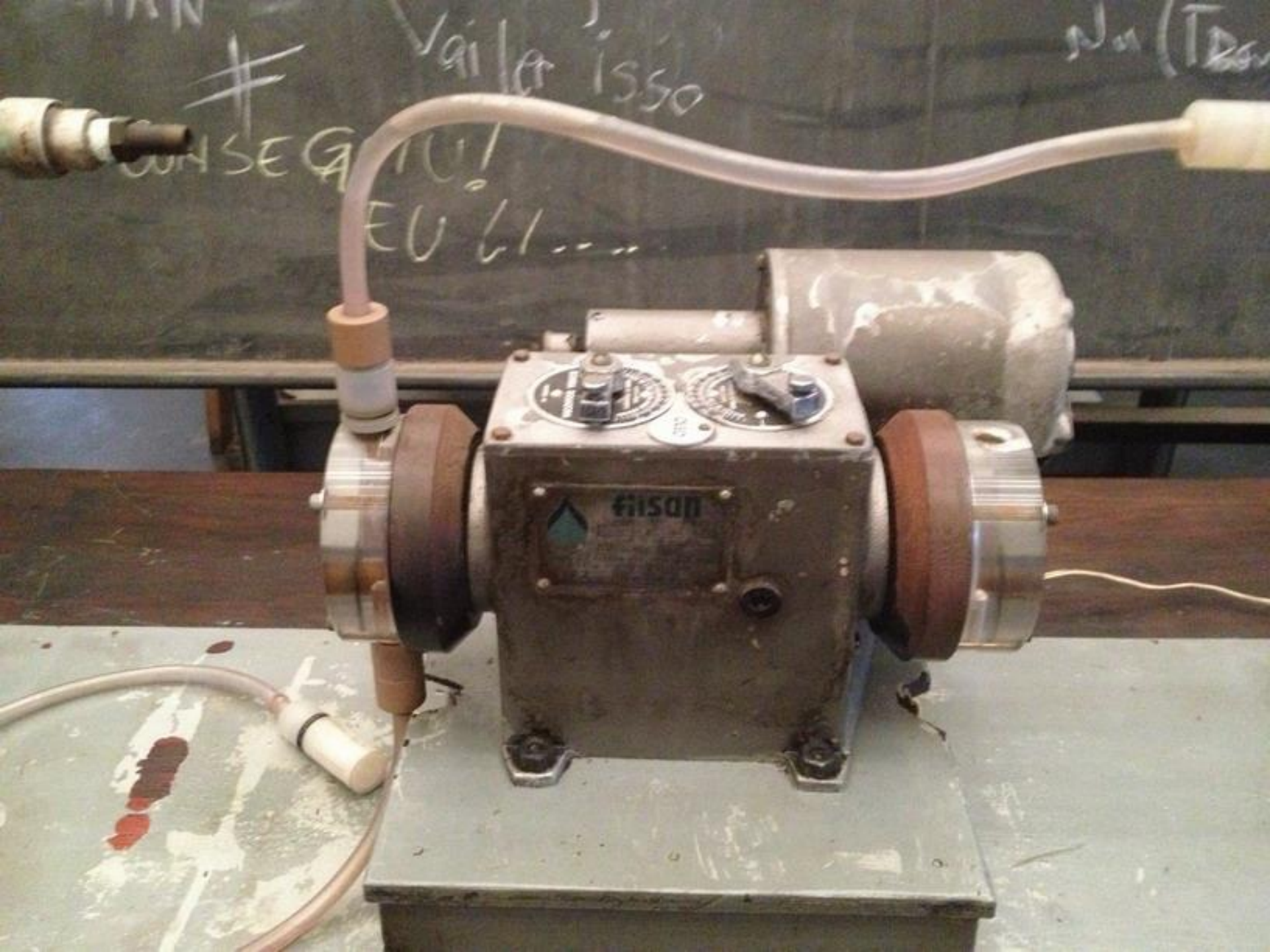
**OLEO**

**HYDRA-PUMP** **COMPLEMENTO PER SERRAMENTI S.8**  
BY EMP. CONTROL SYSTEM S.P.A. S.80 PAOLO  
S.P.A. BRANCONA S.P.A. S.80 PAOLO

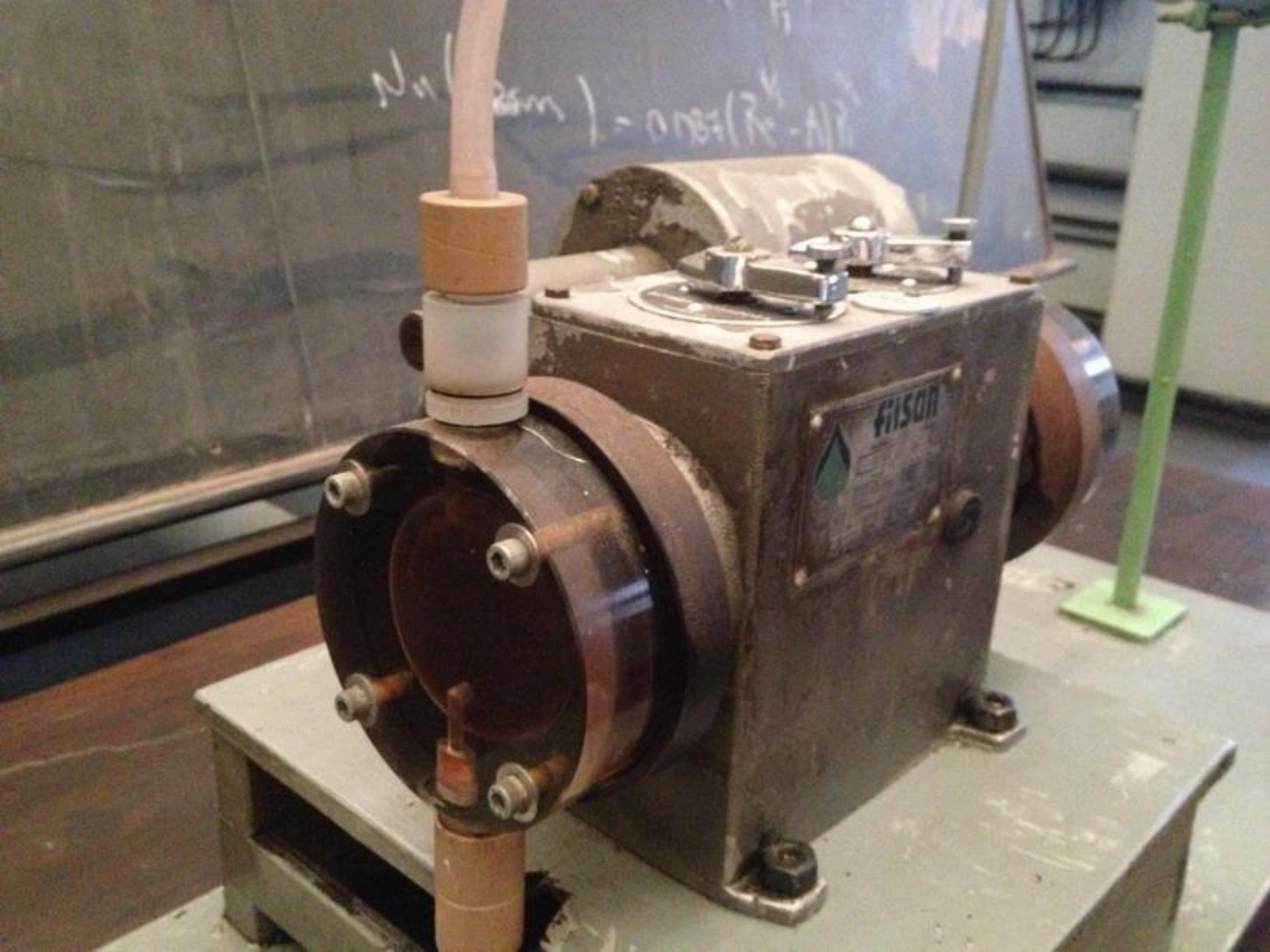
RENDERI SERRAMENTI S.80 S.80 PAOLO  
S.80 PAOLO S.80 PAOLO

MODELLO	
NUMERO	
DATA	
OPERAZIONE	
PROVA	













ÓLEO



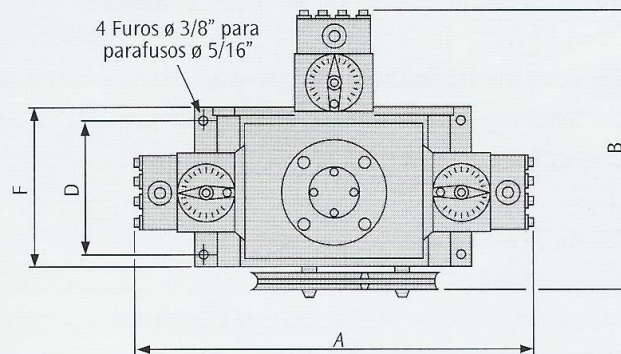
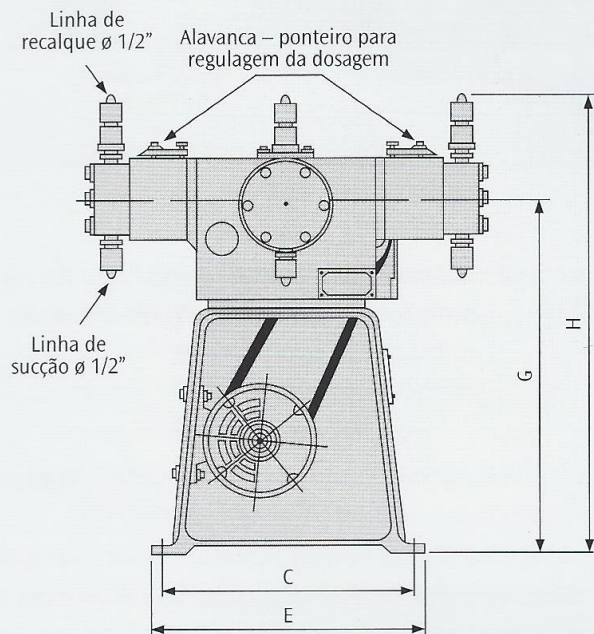








## Bomba Dosadora Modelo 69-70-71



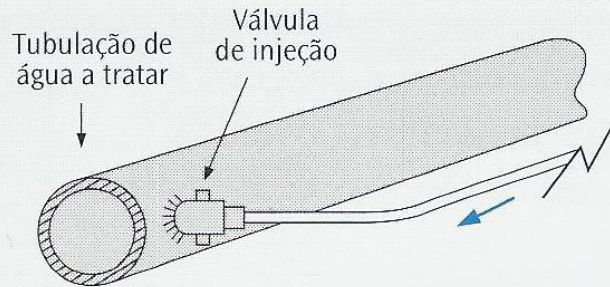
Código	Modelo	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm
114-01-05	BD-69NS	370	250	280	160	300	200	395	520
114-01-06	BD-69ND	440	250	280	160	300	200	395	520
114-01-07	BD-69NT	440	365	280	160	300	200	395	520
114-01-08	BD-70NS	395	250	280	160	300	200	395	535
114-01-09	BD-70ND	490	250	280	160	300	200	395	535
114-01-10	BD-70NT	490	365	280	160	300	200	395	535
114-01-11	BD-71NS	395	250	280	160	300	200	395	535
114-01-12	BD-71ND	490	250	280	160	300	200	395	535
114-01-13	BD-71NT	490	370	280	160	300	200	395	535



## Instalação Hidráulica (2 tipos)

1

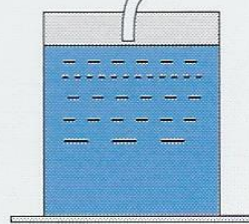
### Em Linha Pressurizada



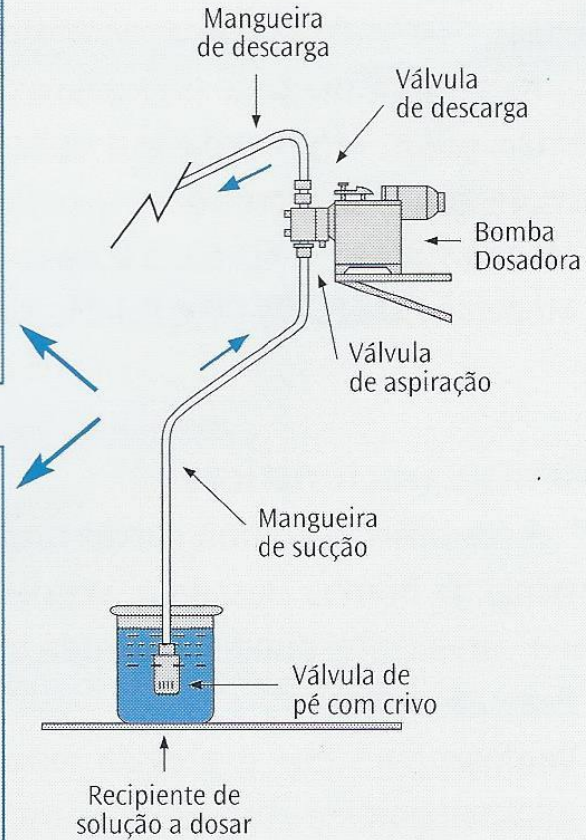
2

### Por Pressão Atmosférica

Recipiente de Dosagem  
(calha por exemplo)



Não existe  
válvula de  
injeção



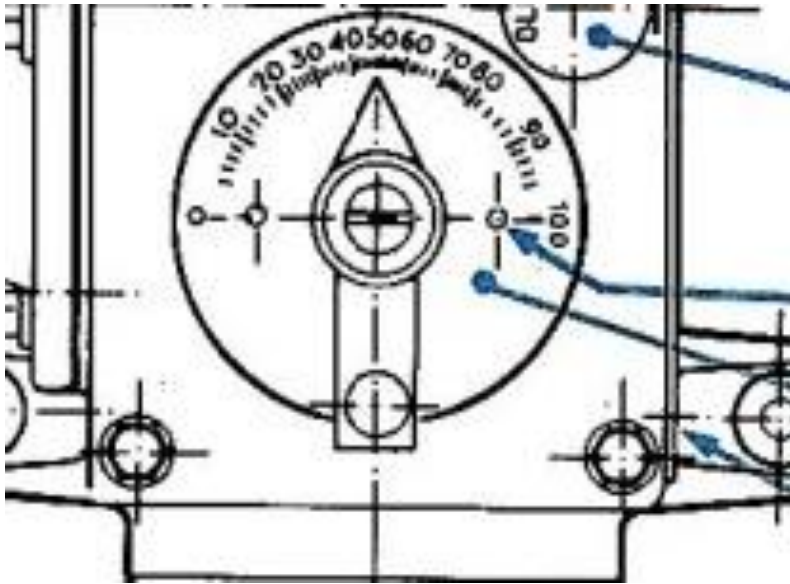
# DE “ZERO” A “100%” DA VAZÃO



**“ZERO”**

**“100%”**

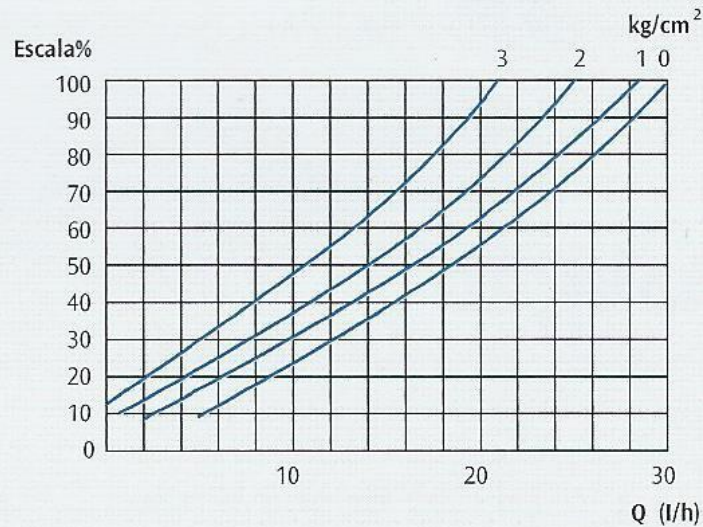




Exemplo de Aplicação:

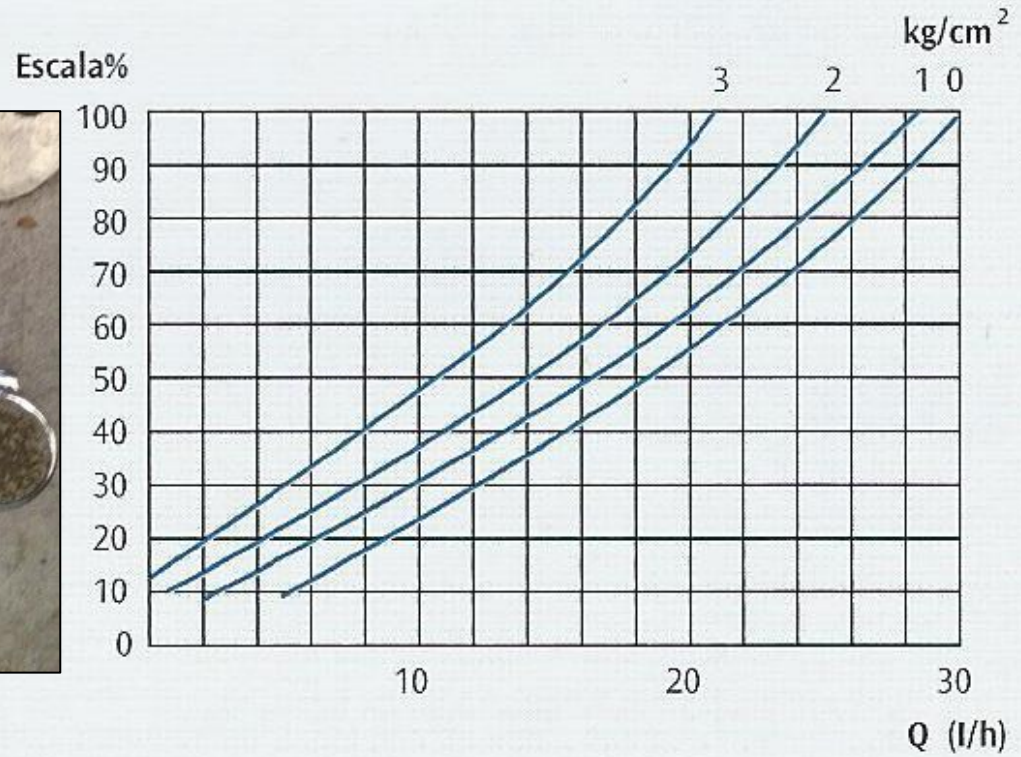
Em uma casa de química aonde as bombas são destinadas para a dosagem de produtos químicos em uma Estação de Tratamento de Água (ETA).

### Bomba Dosadora Modelo 68

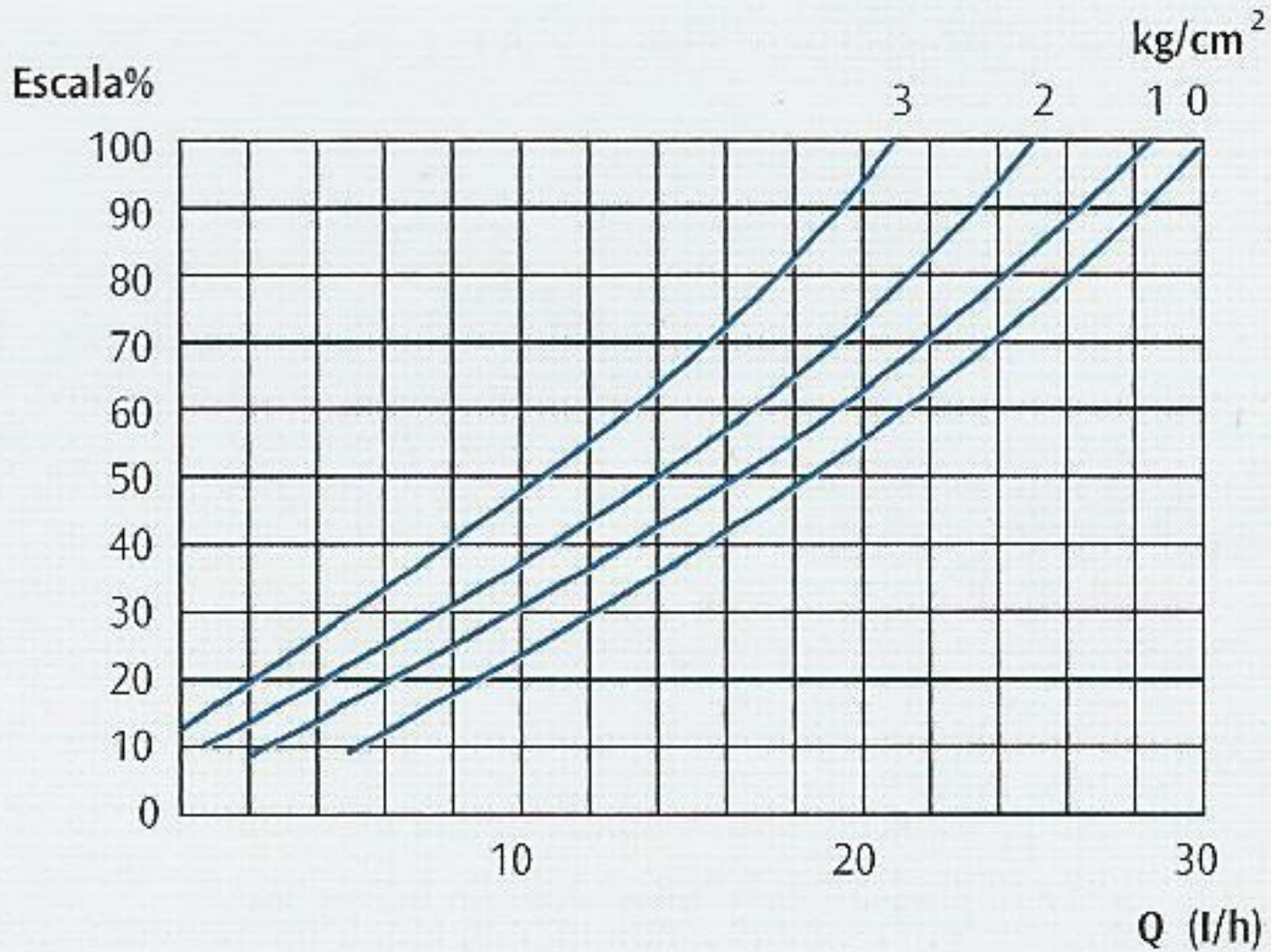


Próximo à bomba fica o gráfico de dosagem, semelhantes ao da figura ao lado, para que o operador, sabendo a contra pressão, possa a regular a vazão corretamente ajustando o ponteiro na porcentagem correspondente indicada.

## Bomba Dosadora Modelo 68

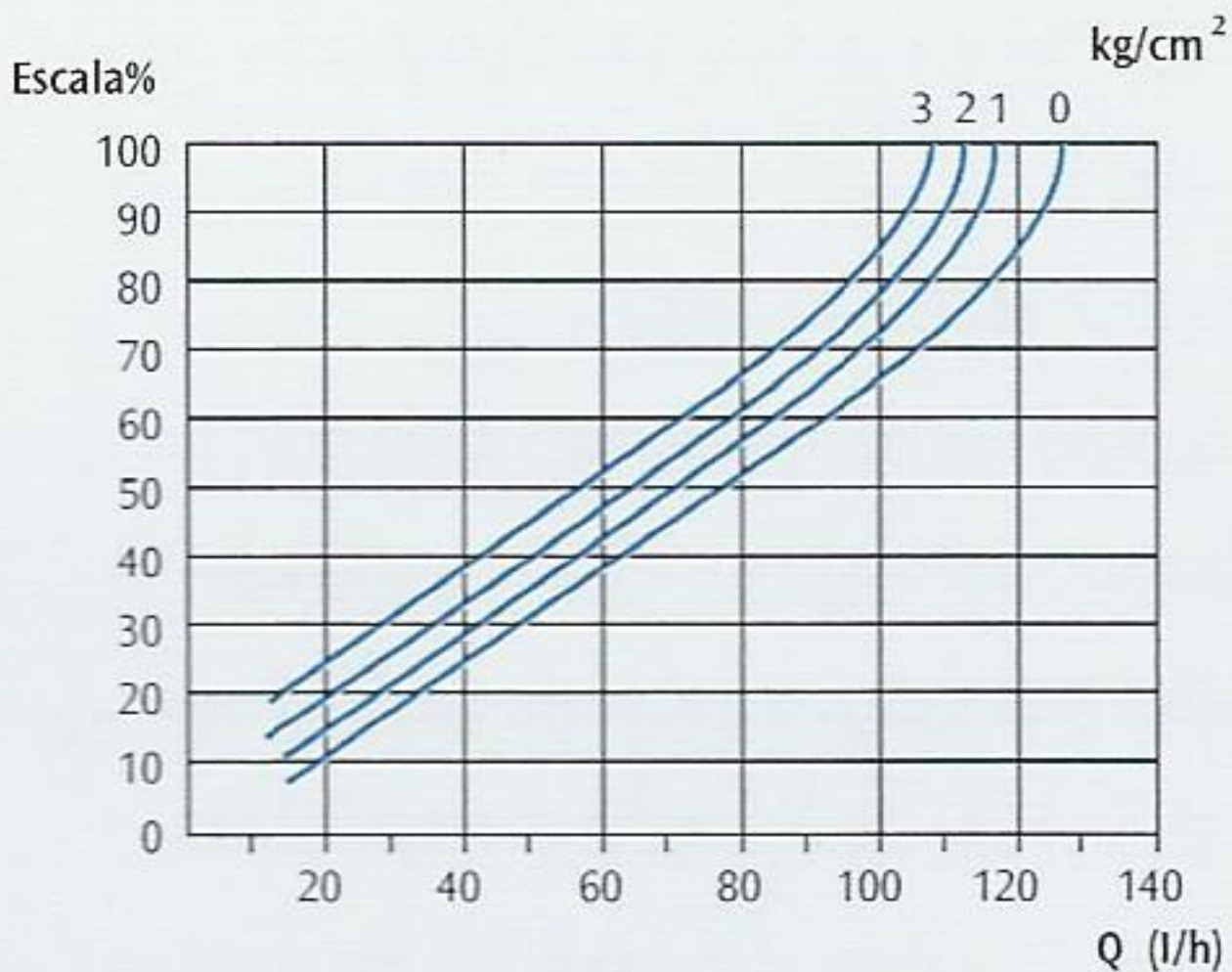


# Bomba Dosadora Modelo 68

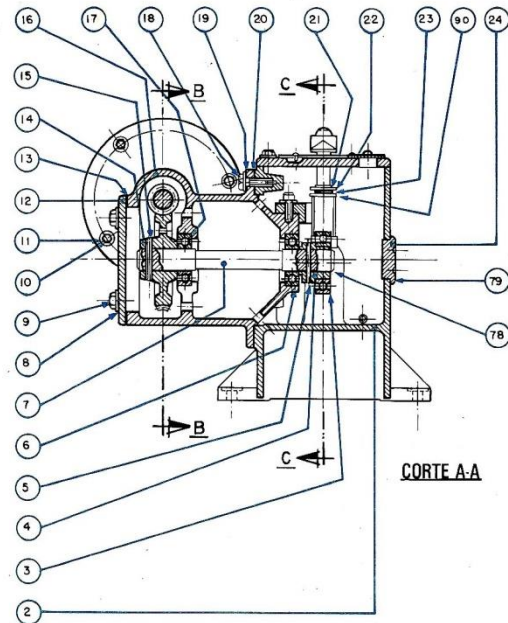
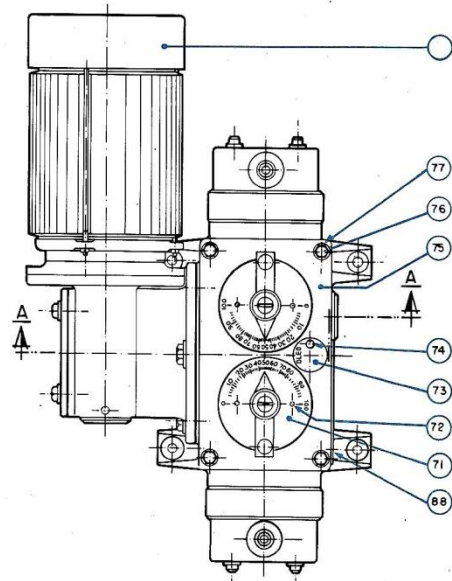




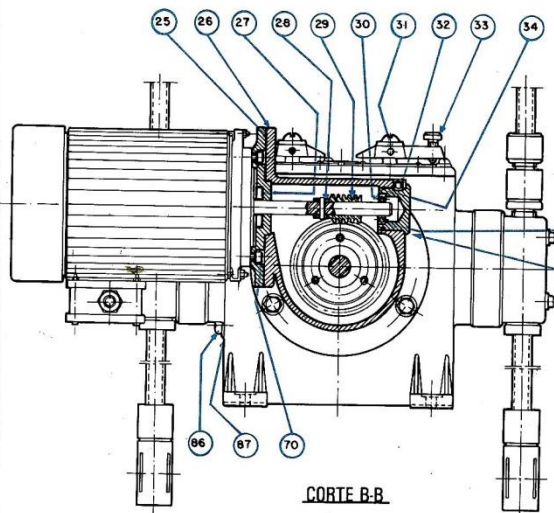
# Bomba Dosadora Modelo 70



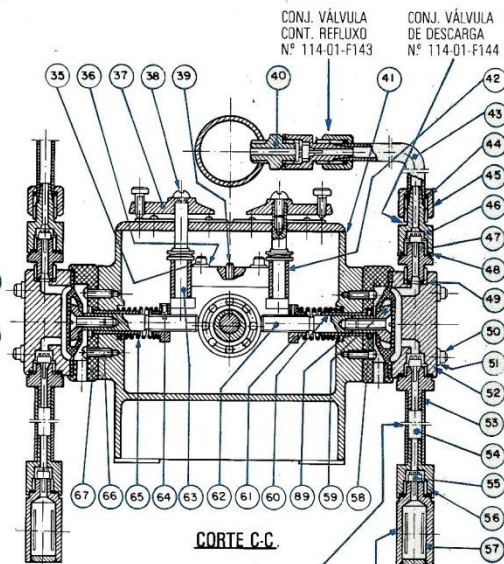
# BOMBAS DOSADORAS MODS. 67 - 68



CORTE A-A



CORTE B-B



CORTE C-C

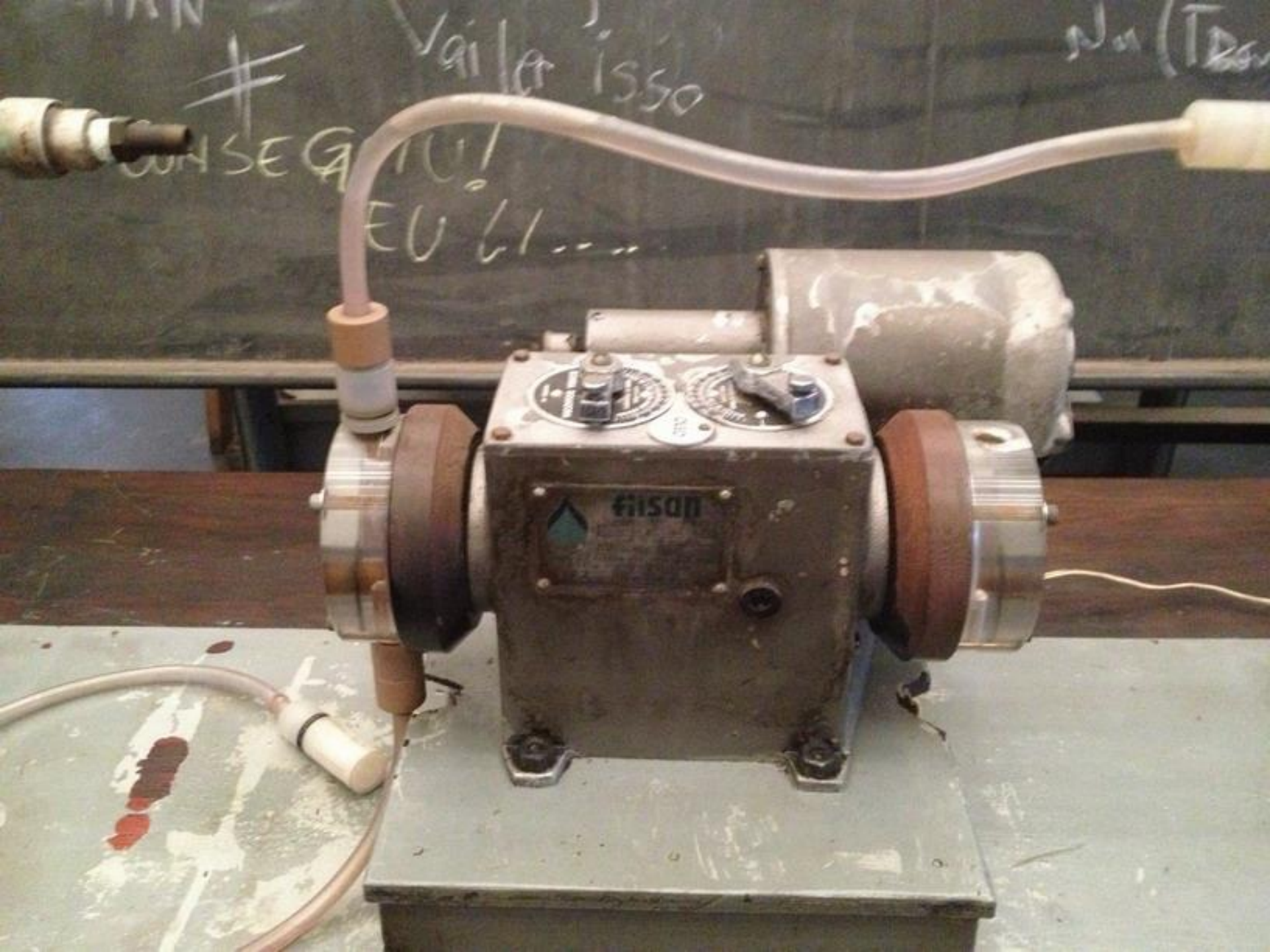
CONJ. VÁLVULA  
CONT. REFLUXO  
Nº 114-01-F143

CONJ. VÁLVULA  
DE DESCARGA  
Nº 114-01-F144

CONJ. VÁLV. DE  
ASPIRAÇÃO  
Nº 114-01-F145

CONJ. VÁLVULA DE PÉ  
Nº 114-01-F146

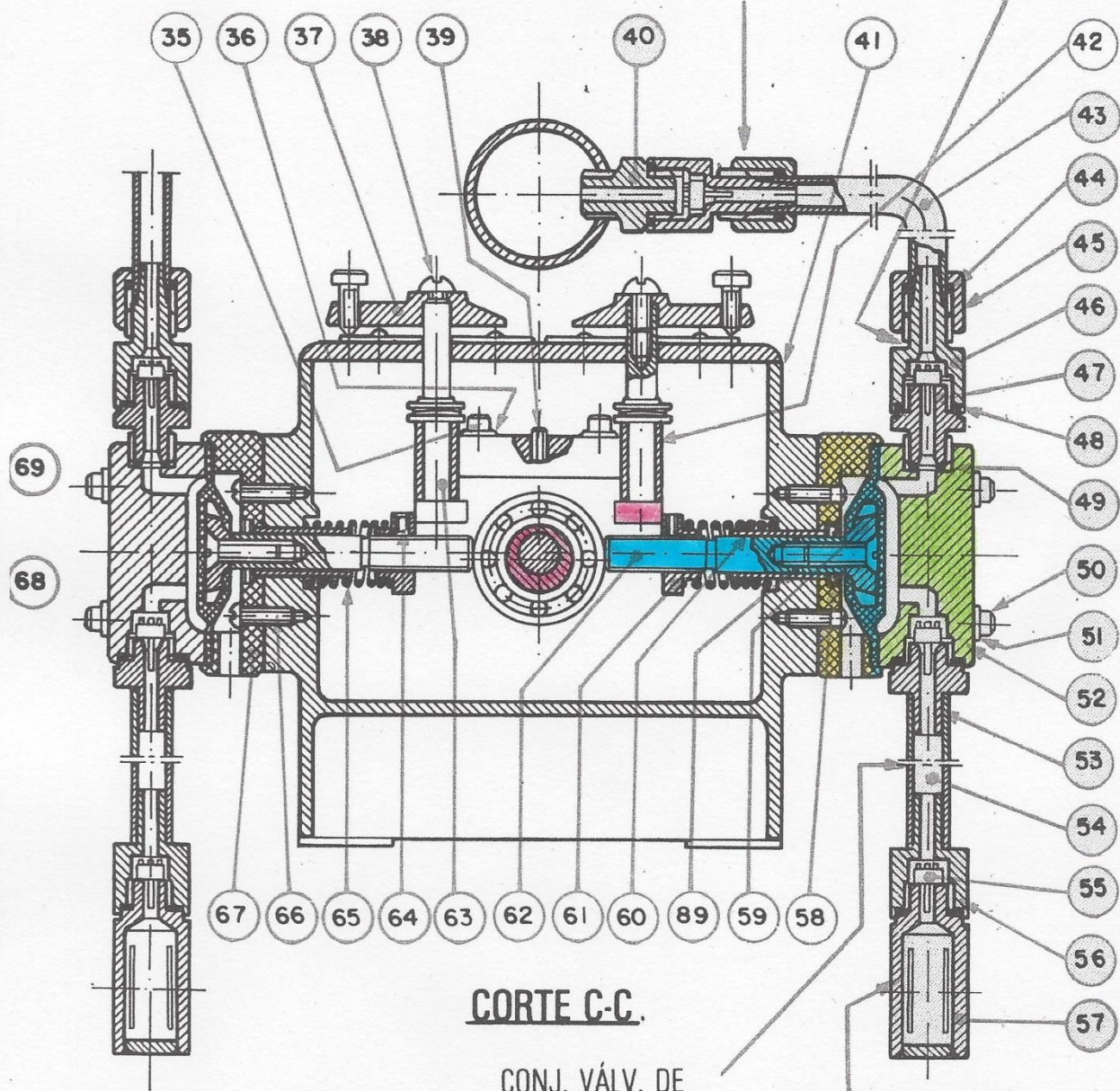






CONJ. VALVULA  
CONT. REFLUXO  
Nº 114-01-F143

CONJ. VALVULA  
DE DESCARGA  
Nº 114-01-F144



**CORTE C-C.**

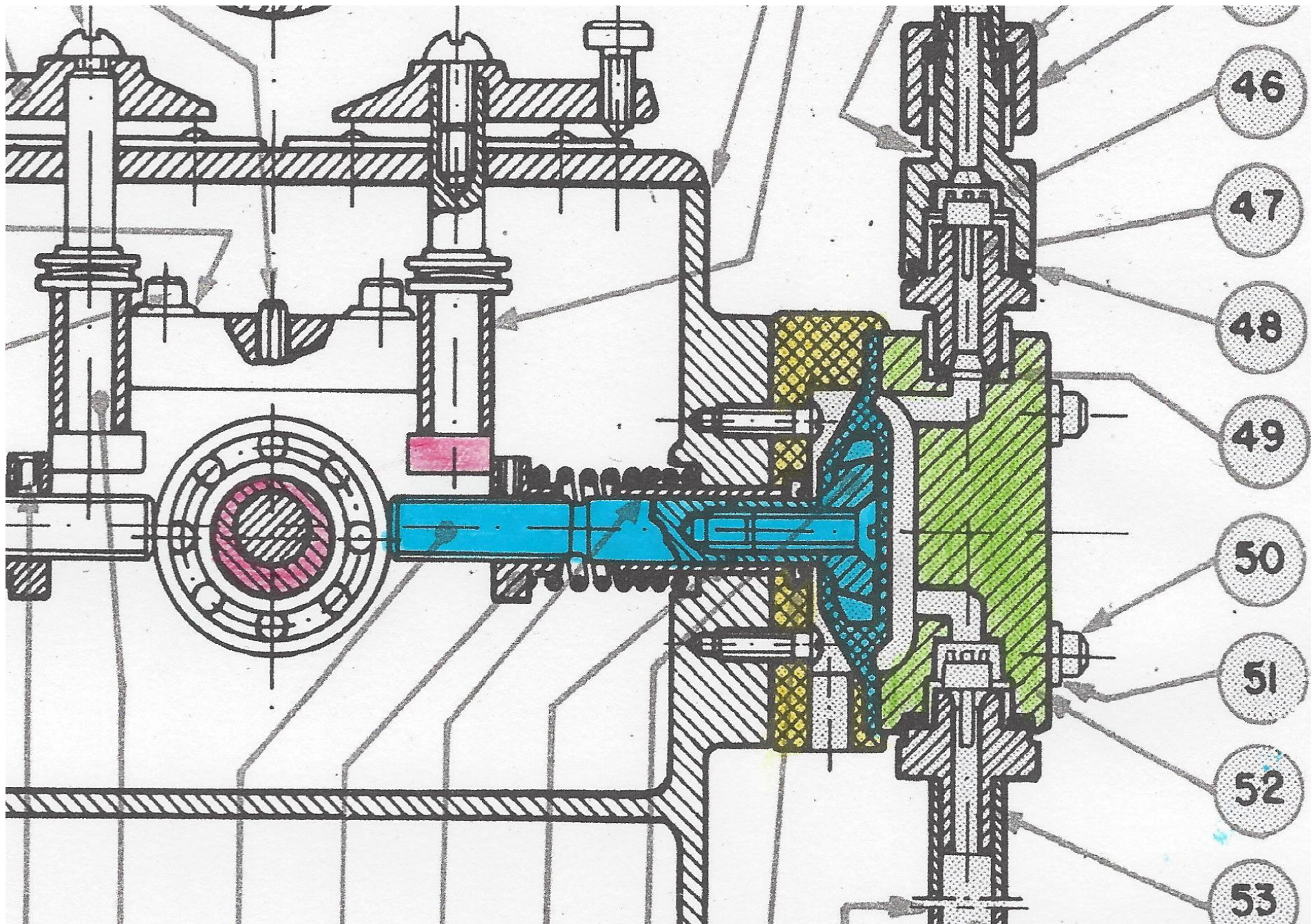
CONJ. VALV. DE  
ASPIRAÇÃO  
Nº 114-01-F145

CONJ. VÁLVULA DE PÉ  
Nº 114-01-F146





# Bomba dosadora de diafragma

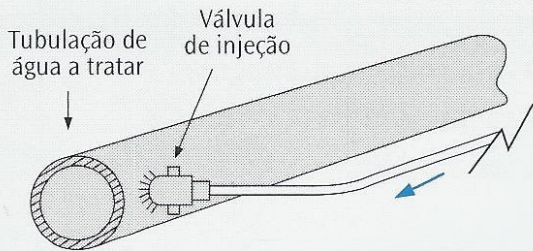




## Instalação Hidráulica (2 tipos)

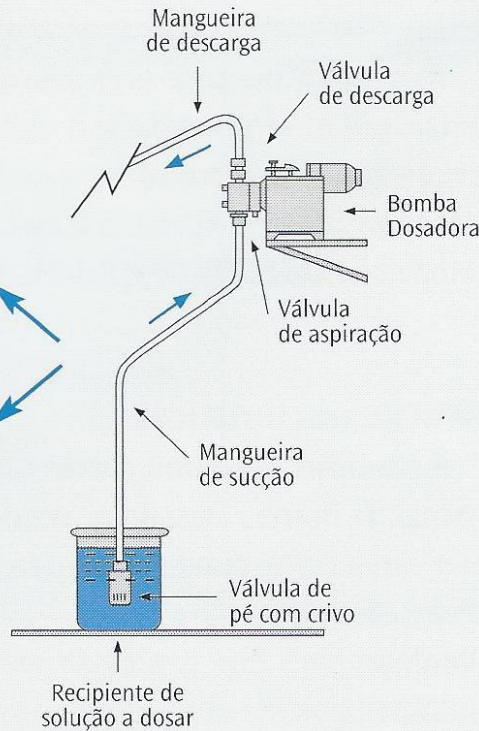
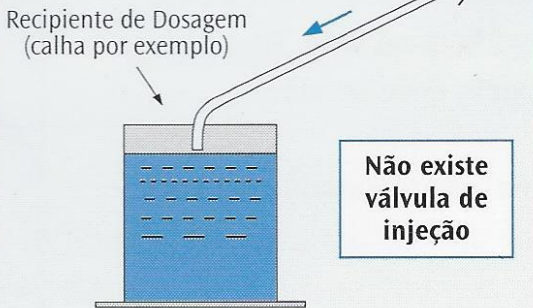
1

### Em Linha Pressurizada



2

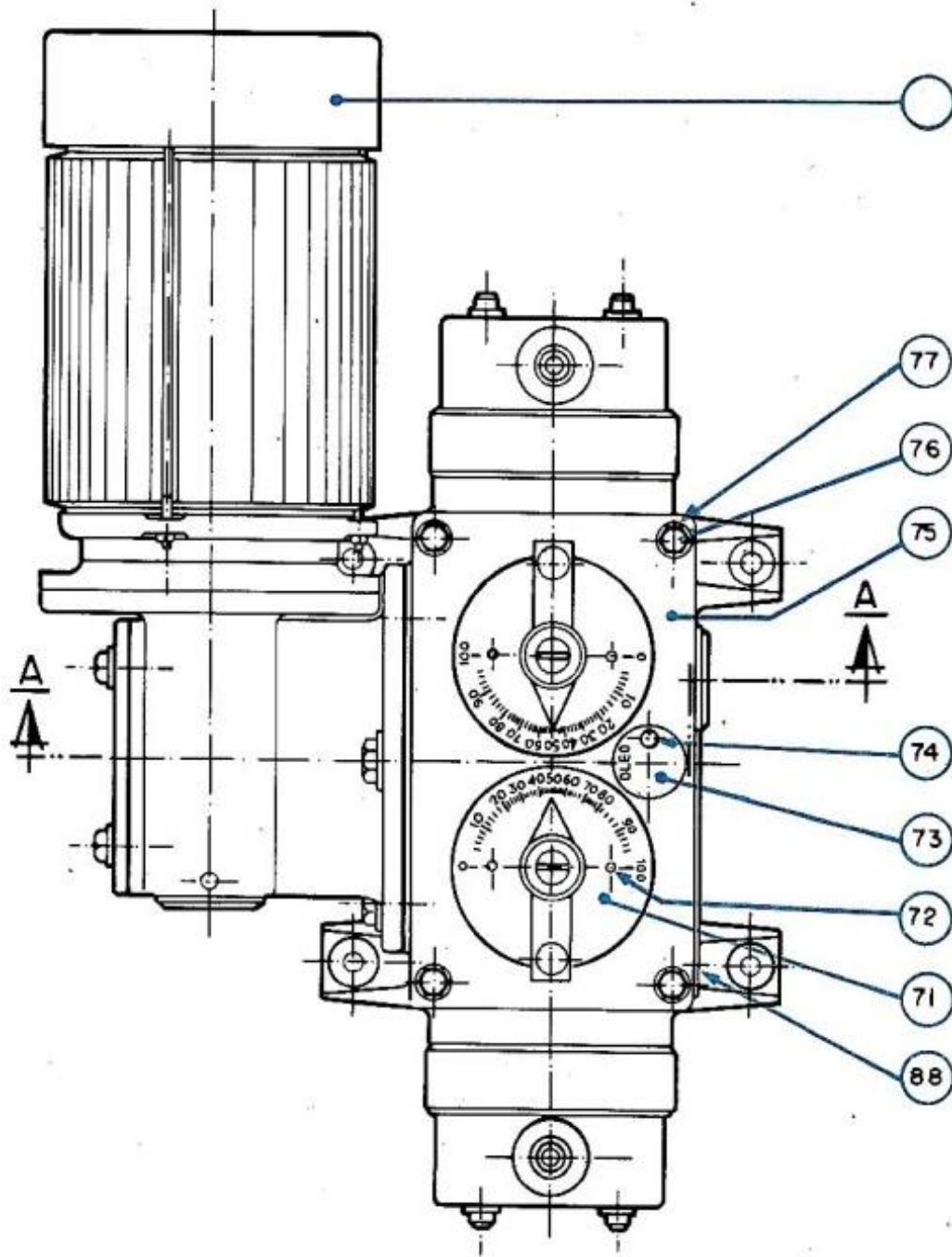
### Por Pressão Atmosférica



Duas possibilidades de dosagem de produtos químicos em uma determinada aplicação, ou seja:

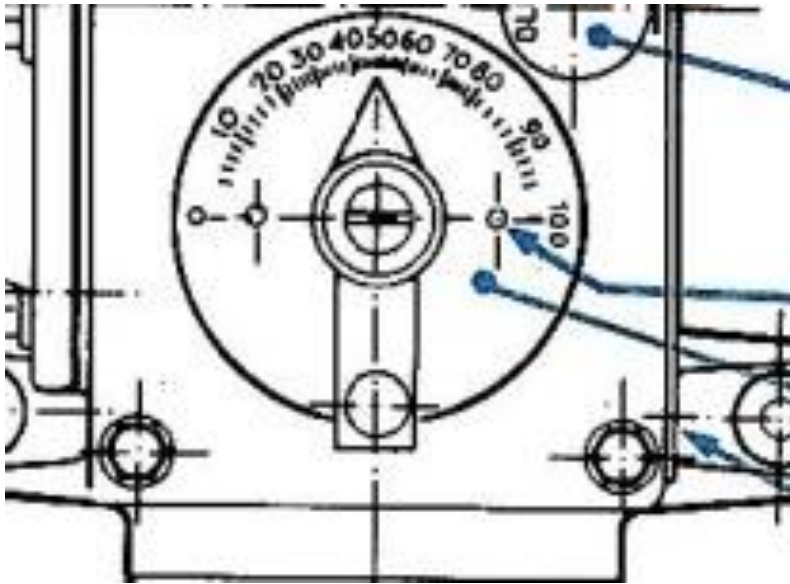
**1- Em Linha Pressurizada,** situação em que a contra pressão deforma cada vez mais o diafragma à medida que a contra pressão aumenta, situação esta em que a bomba oferece gradativamente menos vazão com o aumento da contra pressão.

**2- Por Pressão Atmosférica,** situação em que a bomba tem o seu diafragma com deformações das menores possíveis oferecendo portanto a maior gama de vazões possíveis conforme a regulagem do ponteiro das vazões.



A presente Bomba Dosadora tem duas cabeças de dosagem independentes para possibilitar a dosagem de produtos químicos diferentes.

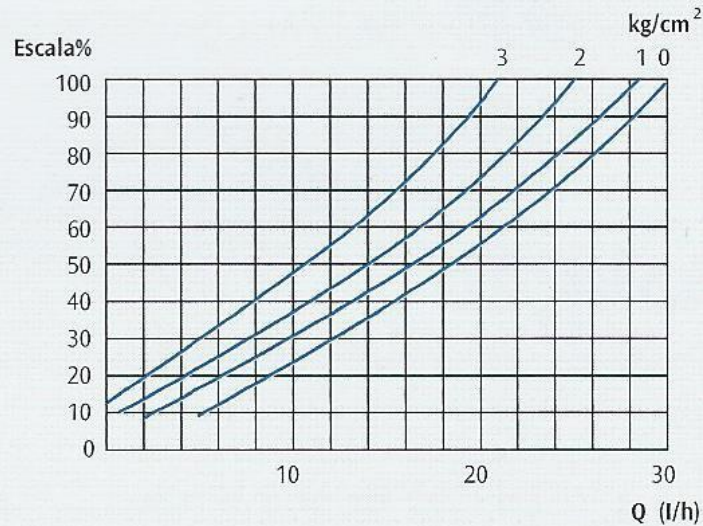
Observe que os ponteiros de dosagens são regulados em uma escala de porcentagens de 0 a 100 %, isto porque a bomba pode dosar em ambientes pressurizados e consequentemente quanto maior a contra pressão maior é a deformação do diafragma fornecendo portanto menos vazão.



Exemplo de Aplicação:

Em uma casa de química aonde as bombas são destinadas para a dosagem de produtos químicos em uma Estação de Tratamento de Água (ETA).

### Bomba Dosadora Modelo 68



Próximo à bomba fica o gráfico de dosagem, semelhantes ao da figura ao lado, para que o operador, sabendo a contra pressão, possa a regular a vazão corretamente ajustando o ponteiro na porcentagem correspondente indicada.



**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**PME-3453 – MÁQUINAS DE FLUXO – LABORATÓRIO**

**EXPERIÊNCIA N° 3**

**BOMBAS VOLUMÉTRICAS**

**BOMBA DOSADORA DE DIAFRÁGMA**

**PROF. SÉRGIO ROBERTO CECCATO**

ALUNO : \_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

N° USP : \_\_\_\_\_

DATA : \_\_\_\_\_

VISTO : \_\_\_\_\_

**DADOS EXPERIMENTAIS**

PONTEIRO (%)	VOL. ( )	TEMPO (s)	VAZÃO (l/h)
0			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

**DADOS COMPLEMENTARES:**

---

---

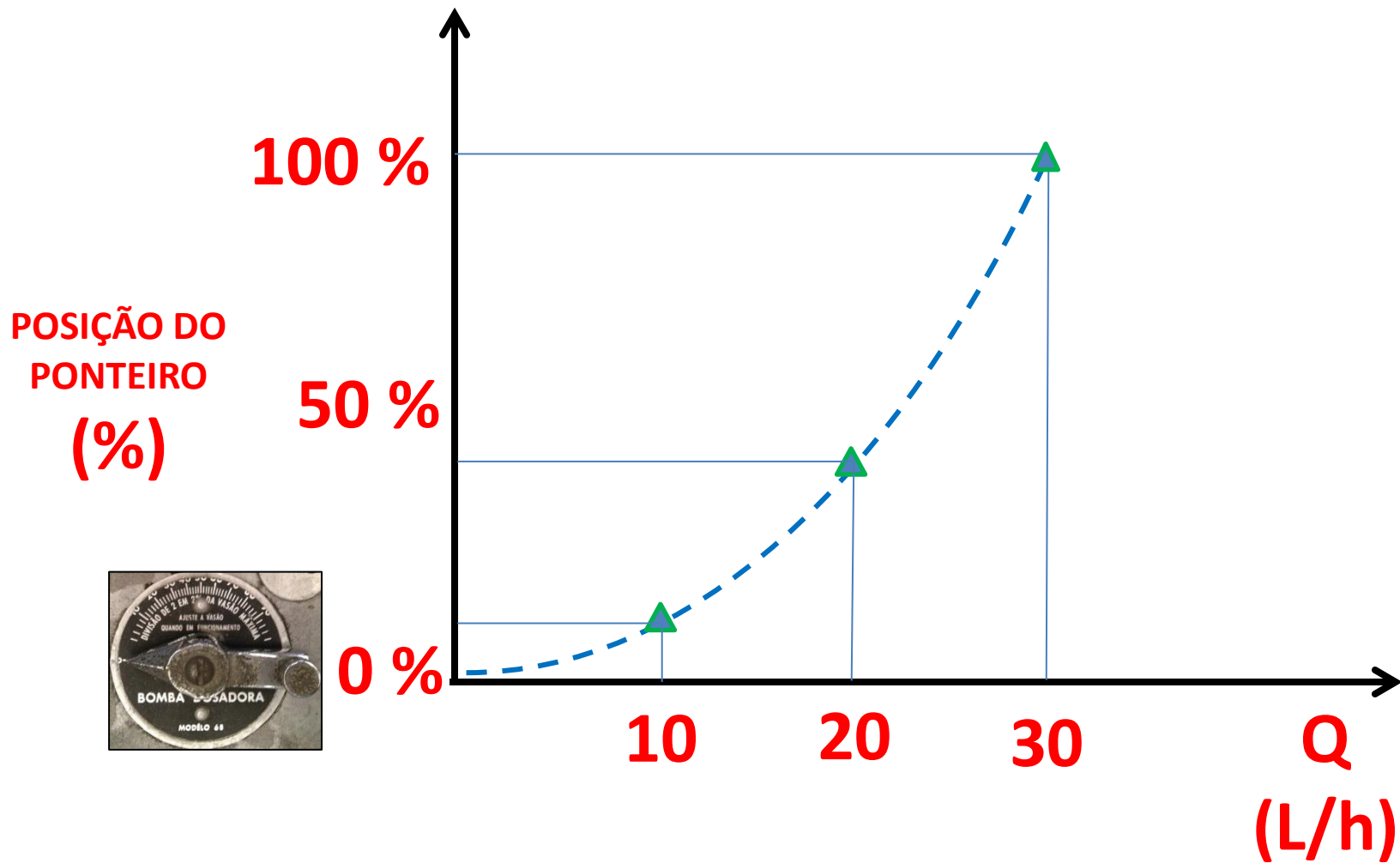
---

# DADOS COLETADOS NO LABORATÓRIO A SEREM USADOS PARA A EXECUÇÃO DO RELATÓRIO

Os presentes dados foram coletados de 10% em 10% da regulação da vazão com a bomba dosando água com a descarga à pressão atmosférica.

%	Vol (ml)	t (s)	Q (l/h)
0	—	—	0
10	100	534	6,74
20	100	320	11,3
30	150	370	14,6
40	200	400	18,0
50	200	324	22,2
60	200	285	25,3
70	200	269	26,8
80	200	265	27,2
90	200	267	27,0
100	200	266	27,1



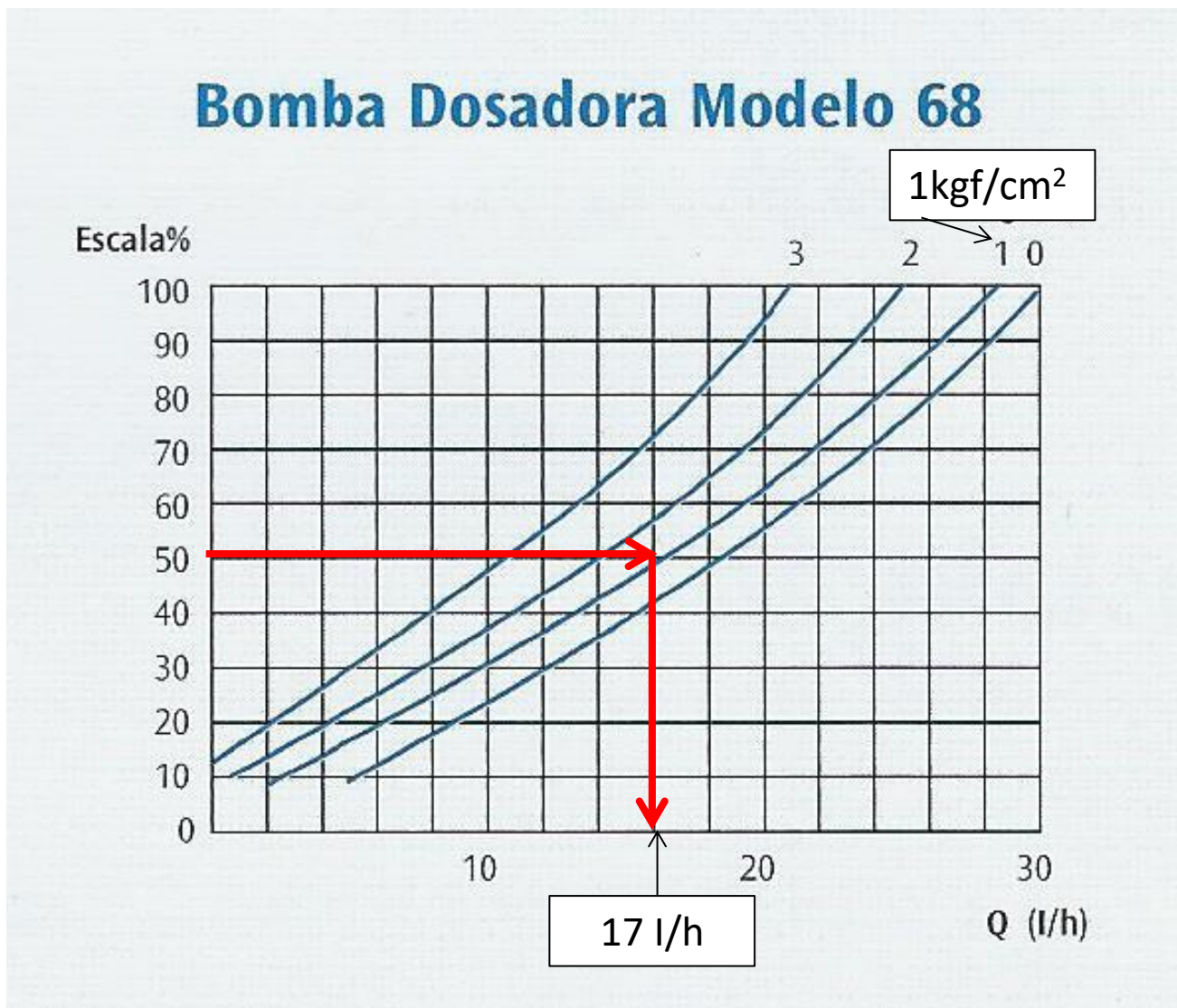


# DESENVOLVIMENTO DO RELATÓRIO

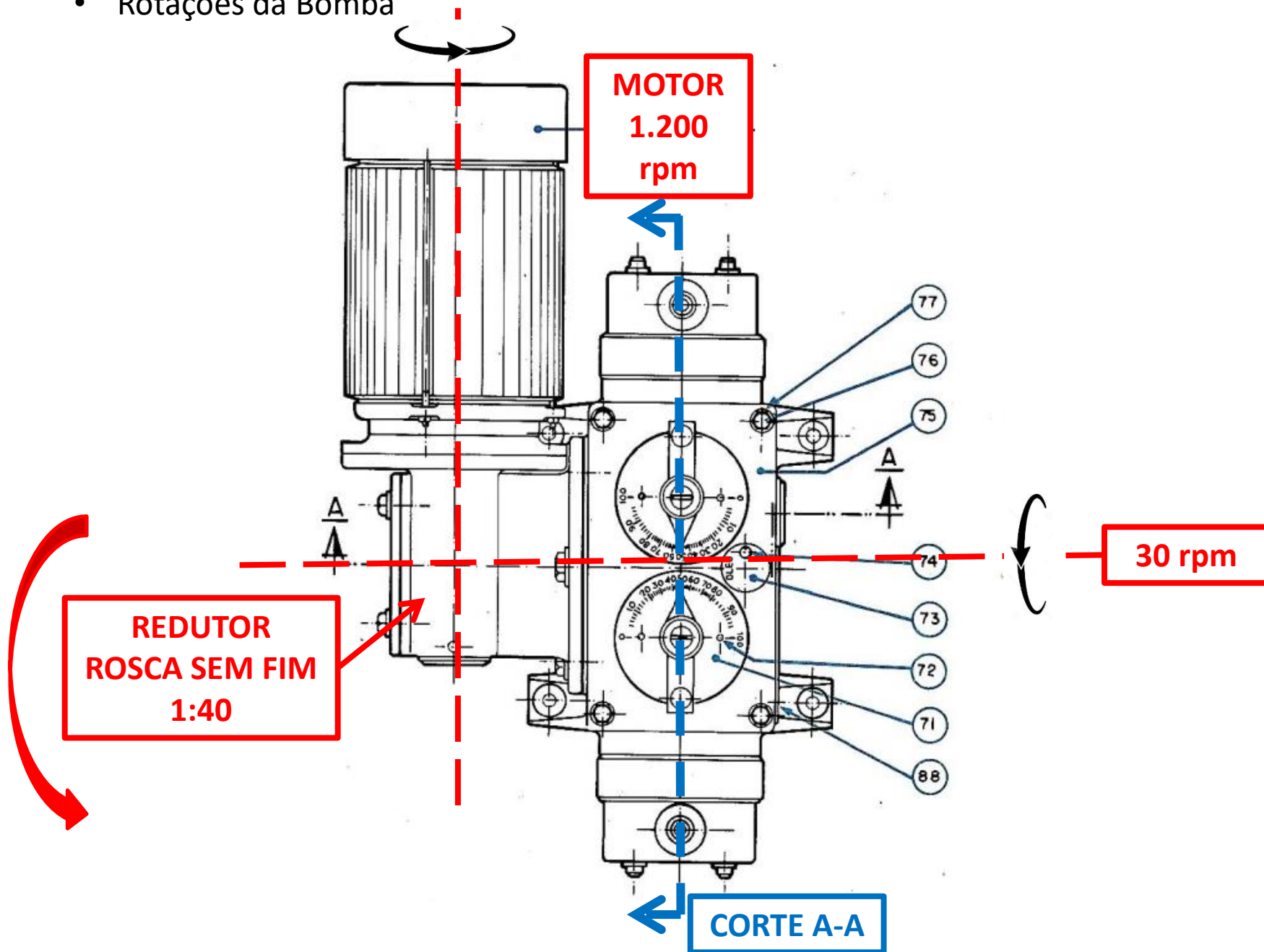
1. Apresentar um estudo sobre **BOMBAS ESTÁTICAS** ou **VOLUMÉTRICAS** ou **DE DESLOCAMENTO POSITIVO**, com descritivos e figuras;
2. Com os dados do LABORATÓRIO, coletados em aula, desenvolver o relatório, acompanhado da curva característica de dosagem de água, (**Regulagem do Registro %** em função da **Vazão Q**) considerando o fato de que os dados foram levantados com a descarga da água em um tanque aberto sob pressão atmosférica.
3. Calcular a **ROTAÇÃO ESPECÍFICA ( $n_q$ )** considerando a hipótese de que:
  - Bomba Dosadora Modelo 68 mesma do ensaio. Utilizar o gráfico da bomba nova a seguir.
  - Considerar o Rendimento Máximo ocorrendo para a vazão regulada em  $\sim 50\%$ .



- A Bomba está injetando produto químico em uma tubulação com pressão relativa de  $1\text{kgf/cm}^2$

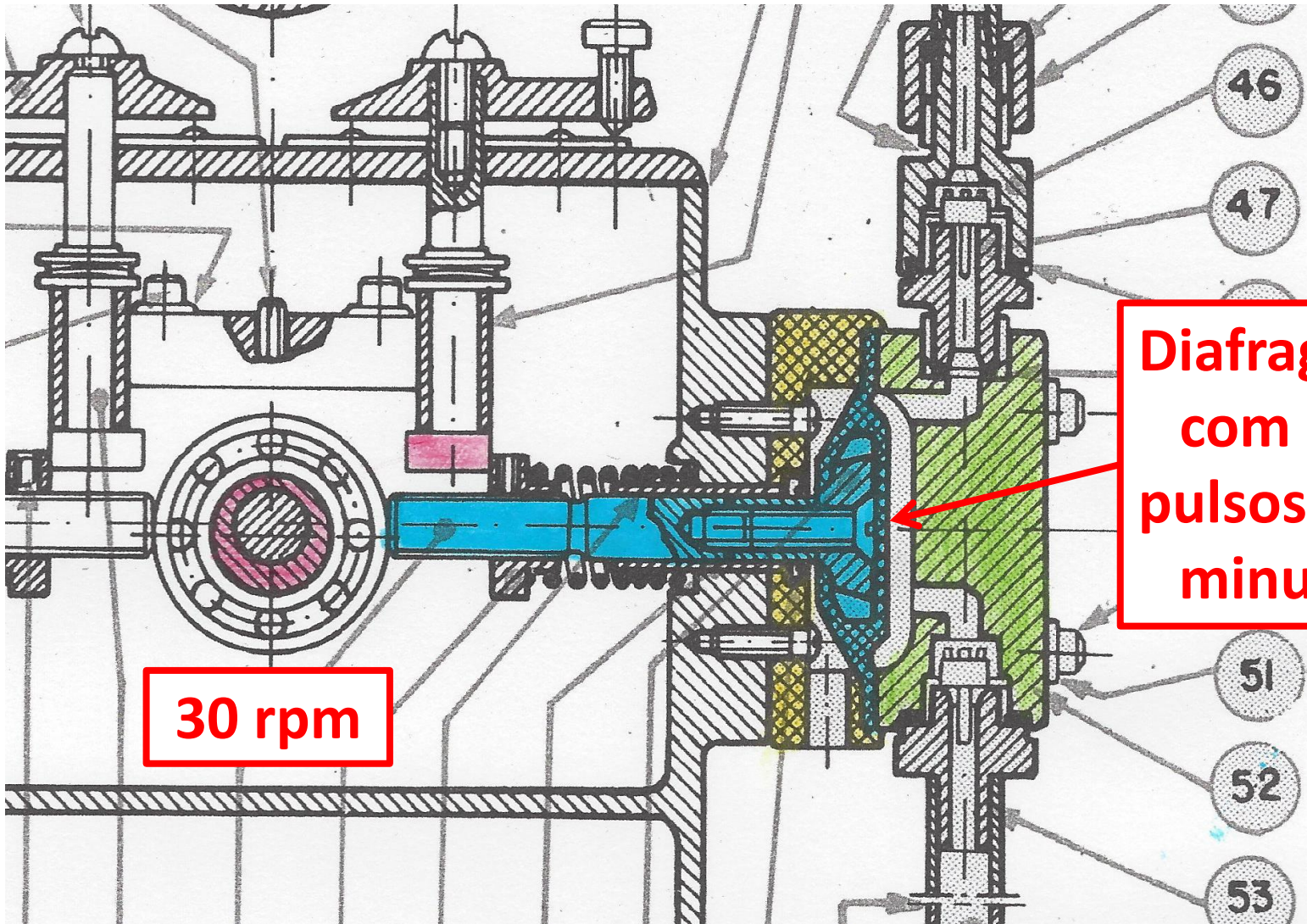


- Rotações da Bomba





- Diafragma com 30 pulsos por minuto



30 rpm

Diafragma  
com 30  
pulsos por  
minuto

CORTE A-A