

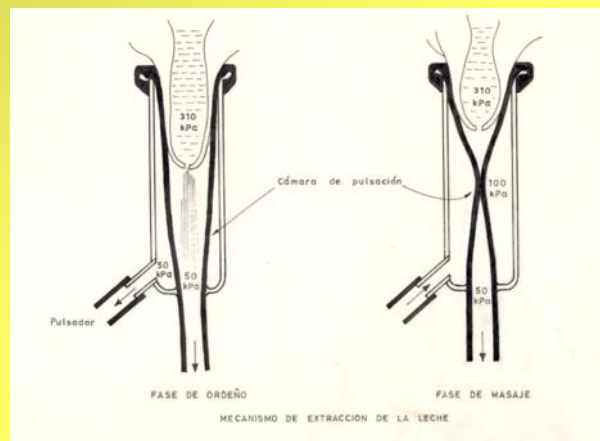
Tema 2

FUNDAMENTOS FÍSICOS DEL ORDEÑO MECÁNICO.



Mecanismo de extracción de la leche

La máquina de ordeño extrae la leche de las vacas de forma similar a como lo hacen las crías, es decir, mediante una succión o vacío



La extracción de leche/masaje se realiza 60 veces por minuto

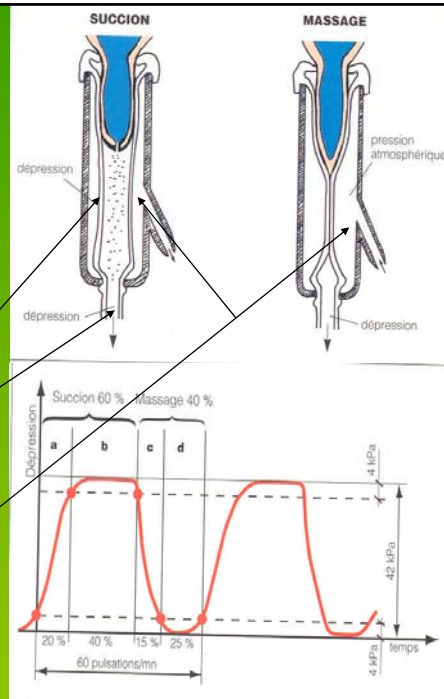
OBJETIVO DE LA MÁQUINA:

Imitar los movimientos de la cría al mamar

Esto se consigue con un manguito de caucho o silicona, flexible, embutido en una copa rígida.

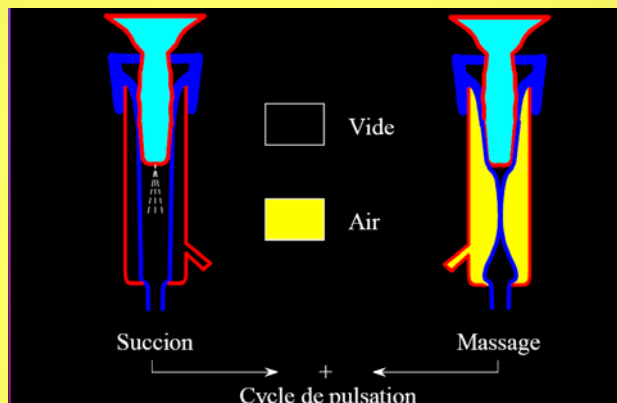
Dentro del manguito se aplica un vacío constante.

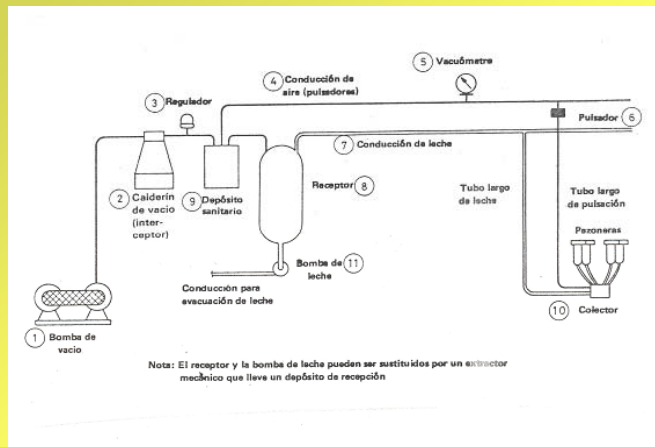
Entre el manguito y la copa queda un espacio (cámara de pulsación), donde, alternativamente, se aplica vacío o presión atmosférica



Por lo tanto, para conseguir que funcione una máquina de ordeño hay que contar con:

- a) Una fuente productora de vacío,
- b) Un dispositivo para mantener un vacío constante en el interior del manguito
- c) Un sistema de pulsación.





Esquema de una máquina de ordeño con los principales componentes

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| 1) Bomba de vacío | 7) Conducción de leche |
| 2) Interceptor | 8) Receptor |
| 3) Receptor | 9) Depósito sanitario |
| 4) Conducción principal de aire | 10) Unidad de ordeño |
| 5) Vacuómetro | 11) Bomba de leche |
| 6) Pulsador | |

Presión

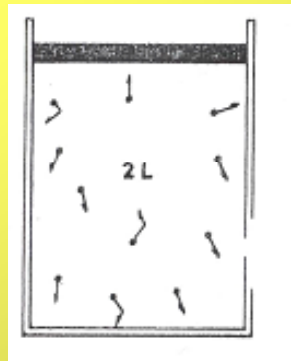
Las moléculas de los gases, por ejemplo el **aire**, están moviéndose constantemente en todas las direcciones. Si consideramos un recipiente cerrado y lleno de aire, sus moléculas están golpeando constantemente las paredes y ejercen una fuerza por unidad de superficie, que se llama **presión absoluta**.

Cuantas **más moléculas de aire** hay en el recipiente, mayor es su masa y la **presión aumenta**.

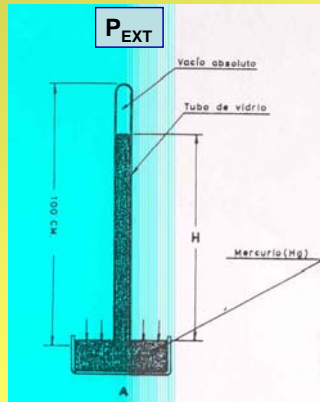
Si se bombea aire fuera del recipiente, habrá **menor número de moléculas** y la **presión disminuye**.

Aumenta la temperatura → **Mayor presión**

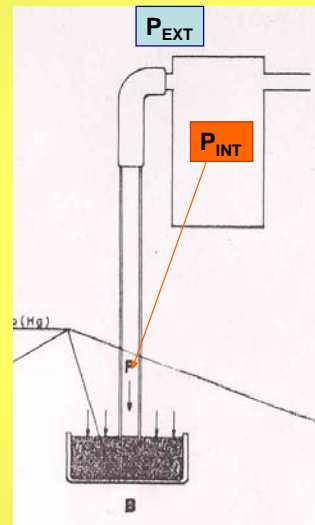
Disminuye la temperatura → **Menor presión**



La presión que en un determinado punto ejerce la capa de aire que rodea la tierra se conoce como **presión atmosférica**.



P_{EXT} : presión atmosférica
 H: altura columna Hg, en cm
 Si P_{EXT} : 101,3 kPa, H: 76 cm Hg



Se considera que la presión atmosférica normal al nivel del mar es de 76 cm de Hg ó 101,3 kPa. (en la práctica se toman 100 kPa).

El Pascal (Pa) se define como la presión que ejerce una fuerza de un Newton en un metro cuadrado (N/m²).

Por razones prácticas, en ordeño se utiliza el **kilopascal (kPa)**, igual a 1000 Pa.

La norma UNE 68050 de "Instalaciones de ordeño. Construcción y funcionamiento" recomienda que para todo lo relacionado con las instalaciones de ordeño se utilicen las siguientes presiones atmosféricas de referencia

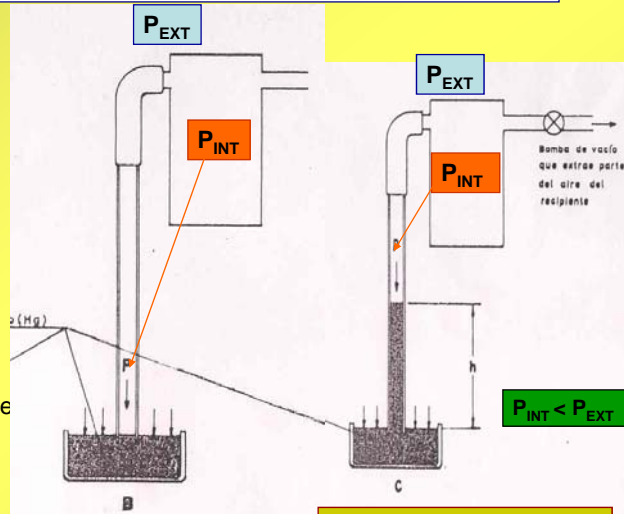
Altitud (m)	Presión atmosférica de referencia (kPa)
< 300	100
de 300 a 700	95
de 700 a 1200	90
de 1200 a 1700	85
de 1700 a 2200	80

Se define como "**vacío**" toda presión inferior a la atmosférica reinante en una determinada situación.

La disminución de la presión interior del recipiente (o incremento del vacío) es proporcional al número de moléculas que se han extraído

Depresión = vacío

Medida de vacío diferencial: diferencia entre la presión atmosférica y la del recipiente



$$V \text{ (kPa)} = P \text{ (kPa)} - p \text{ (kPa)}$$

P_{int} : Presión absoluta en el interior del recipiente
V: Nivel de vacío del recipiente

$$p = P - V$$

p = presión interior recipiente

P = presión atmosférica

V = vacío interior recipiente

Caso 1 (nivel del mar)

$P = 100 \text{ kPa}$;

$V = 50 \text{ kPa}$;

$p = 100 - 50 = 50 \text{ kPa}$

Caso 2 (altitud 300 -700 m)

$P = 95 \text{ kPa}$;

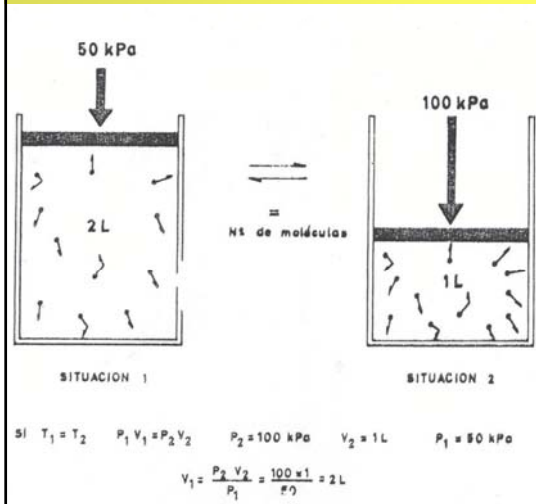
$V = 50 \text{ kPa}$;

$p = 95 - 50 = 45 \text{ kPa}$

MEDIDA EN UNIDADES DE:		SITUACION
PRESION (kPa)	VACIO (kPa)	
100	0	Nivel del mar
75	25	
50	50	Mitad de escala
25	75	
0	100	Vacío absoluto

ECUACIÓN GENERAL DE LOS GASES

En un gas ideal las propiedades físicas de volumen, presión y temperatura están relacionadas entre si, por la ecuación general de los gases, que se puede expresar: "para una masa dada de gas, el producto de su presión por su volumen, dividido por la temperatura absoluta es una constante".



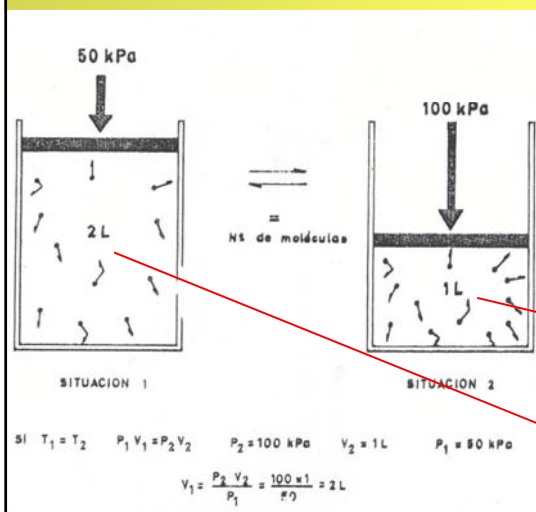
$$\frac{P \times V}{T} = cte$$

P = presión absoluta

V = volumen

T = temperatura absoluta ($t \text{ } ^\circ\text{C} + 273$)

Cuando se pasa de una situación inicial a otra, la ecuación se puede expresar de la forma siguiente:



$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

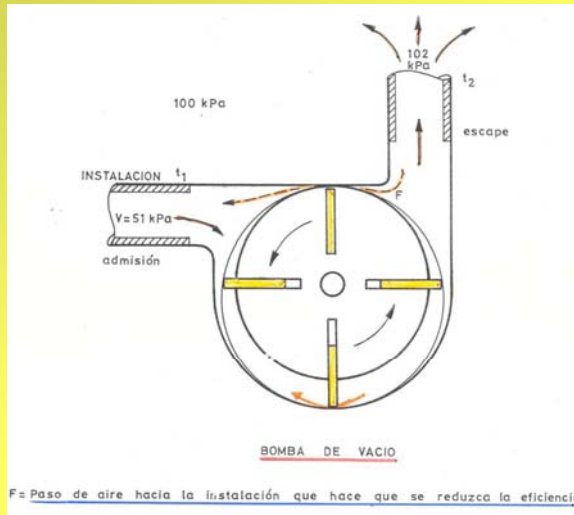
$$T_1 = T_2$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

aire libre: aire a presión atmosférica

aire expandido: aire a presión inferior a la atmosférica

Bomba de Vacío



$$V_1 = \frac{P_2 \times V_2}{P_1}$$

$$V_1 = \frac{102 \times 1}{49} = 2,08 \text{ L}$$

El rendimiento (caudal de aire libre) de una bomba es menor cuanto más altitud tiene el lugar en que está trabajando.

Suponiendo una bomba situada a una altitud de 500 m (presión atmosférica de referencia de 95 kPa), si se aplica la ecuación general de los gases se obtiene una proporción de 2,2:1, es decir se tiene un rendimiento aproximadamente un 10% inferior al que se obtendría si trabajase a nivel del mar.

V = vacío de trabajo = 50 kPa

$$P_1 = 95 - 51 = 44 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 97 \text{ kPa}$$

$$V_2 = 1 \text{ L}$$

$$V_1 = \frac{97 \times 1}{44} = 2,2 \text{ L}$$

El nivel de vacío de trabajo tiene importancia pues cuanto más bajo es, mayor es el caudal útil de la bomba.

Si consideramos una instalación de ordeño a nivel del mar y con un nivel de vacío de 44 kPa, aplicando la ecuación general de los gases obtenemos una proporción de 1,85 L, es decir un 7% más de rendimiento que cuando se trabaja a un vacío de 50 kPa.

V = vacío de trabajo = 44 kPa

$$P_1 = 100 - 45 = 55 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 102 \text{ kPa}$$

$$V_2 = 1 \text{ L}$$

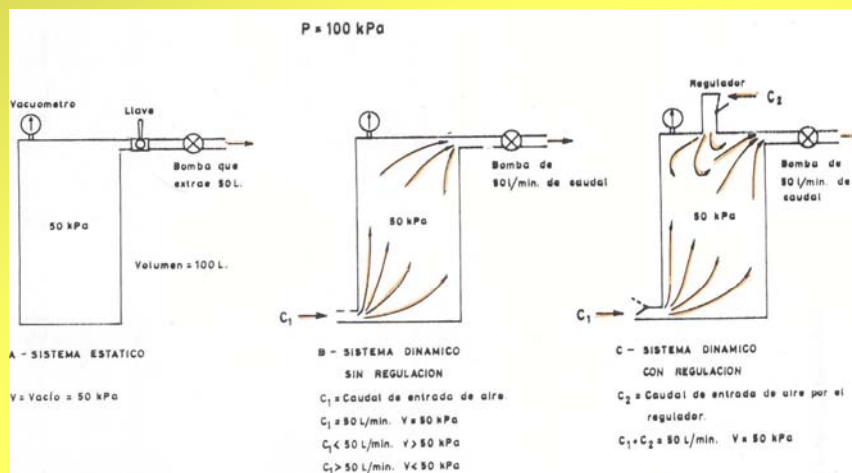
$$V_1 = \frac{102 \times 1}{55} = 1,85 \text{ L}$$

SISTEMAS DE VACIO

A.- Sistema estático

B.- Sistema dinámico sin regulación

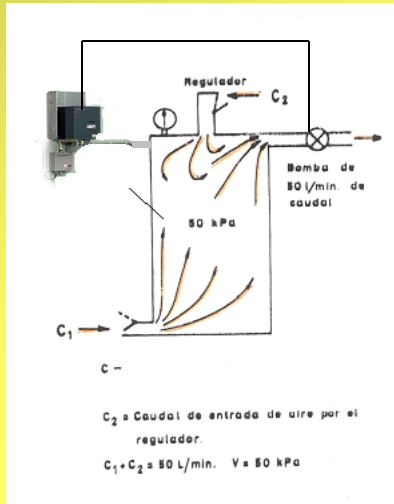
C.- Sistema dinámico con regulación



SISTEMAS DE VACIO

D.- Sistema dinámico con regulación y control de las revoluciones de la bomba

$$C_1 = C$$



$C_1 = \text{Caudal de la bomba que cambia según las necesidades de la instalación}$

Regulador

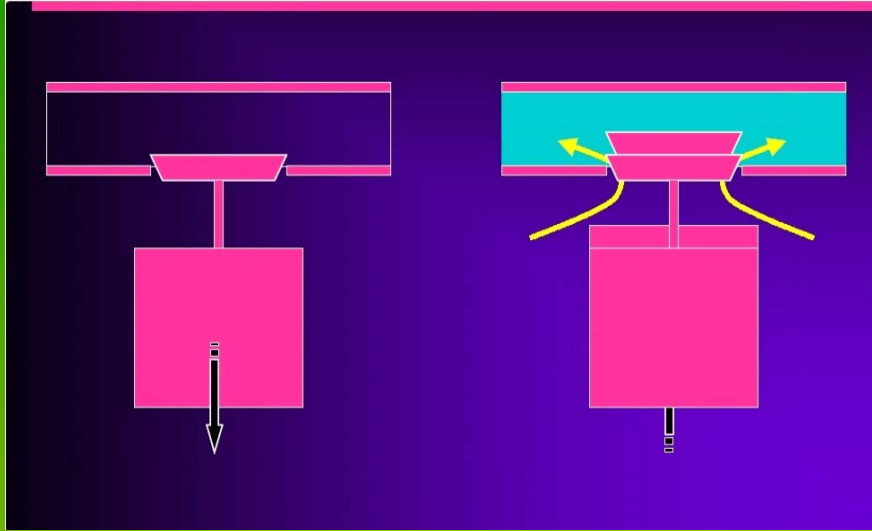
Dispositivo encargado de mantener constante el vacío de la instalación

Sistema tradicional

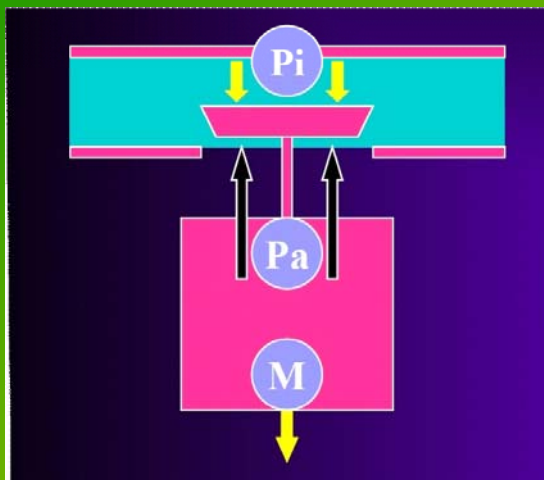
El regulador tiene un orificio conectado con el exterior (presión atmosférica), en el que se ajusta una válvula con un peso (un muelle o una combinación de peso y membranas), cuyo movimiento puede cerrar la entrada de aire o dejarla abierta, parcial o totalmente. Por otra parte, el regulador está conectado directamente a la conducción principal de aire.



Principio de la regulación



¿Cómo funciona el regulador?



P_a : Presión atmosférica
 P_i : Presión Interior
 M : Masa contrapeso

En el equilibrio

$$P_a = P_i + M$$

$P_a \times S = M + P_i \times S$

$M = P_a \times S - P_i \times S$

$M = S \times (P_a - P_i)$

↑ **Peso** ↑ **Nivel de vacío**

M

$(P-p) = V = \frac{M}{S}$

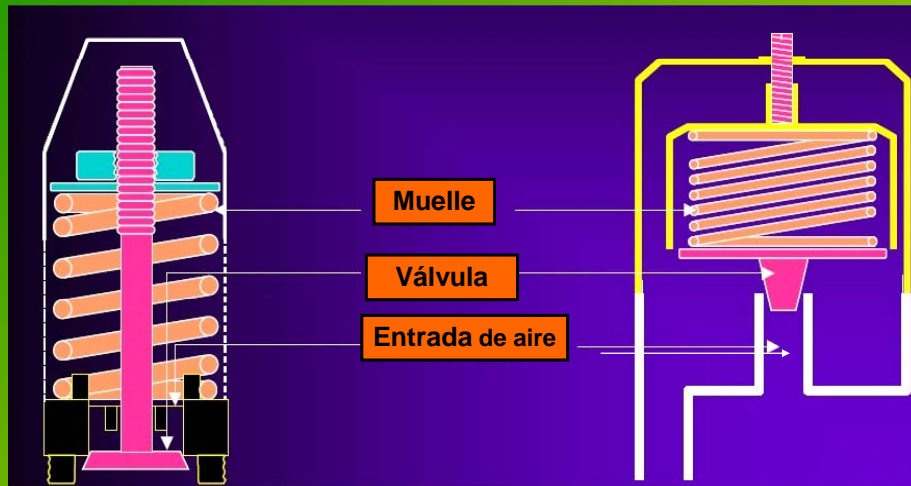
$S = \text{área del orificio de entrada}$

El vacío se regula variando el peso

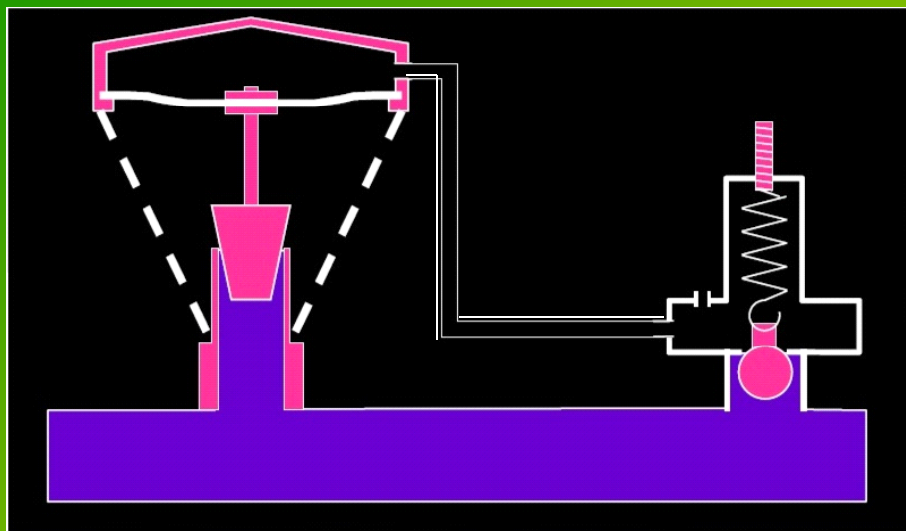
REGULADOR DE CONTRAPESO

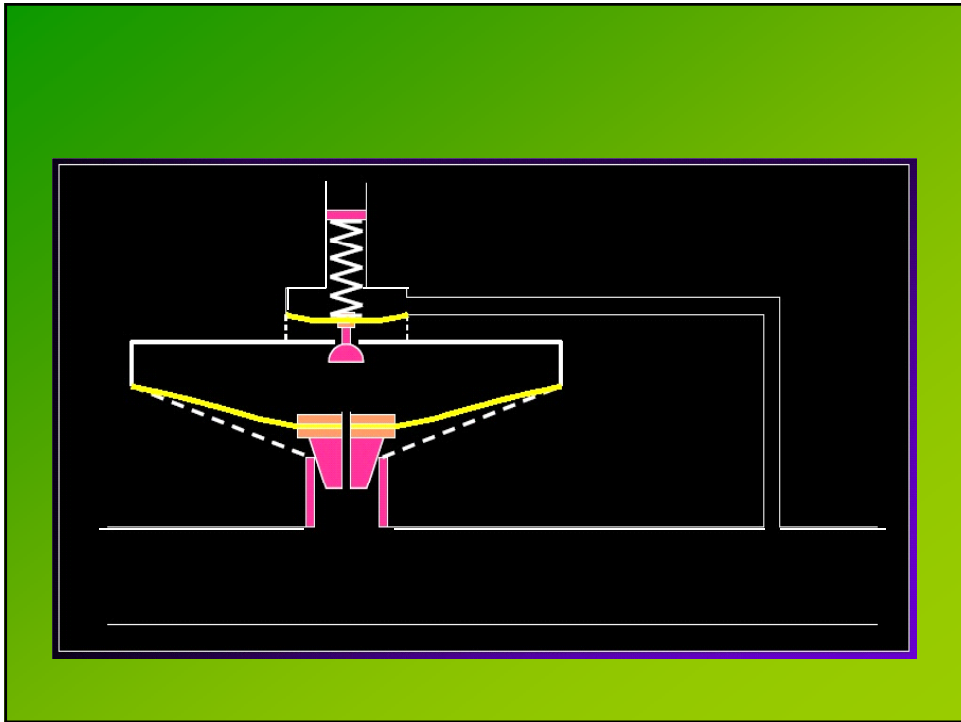
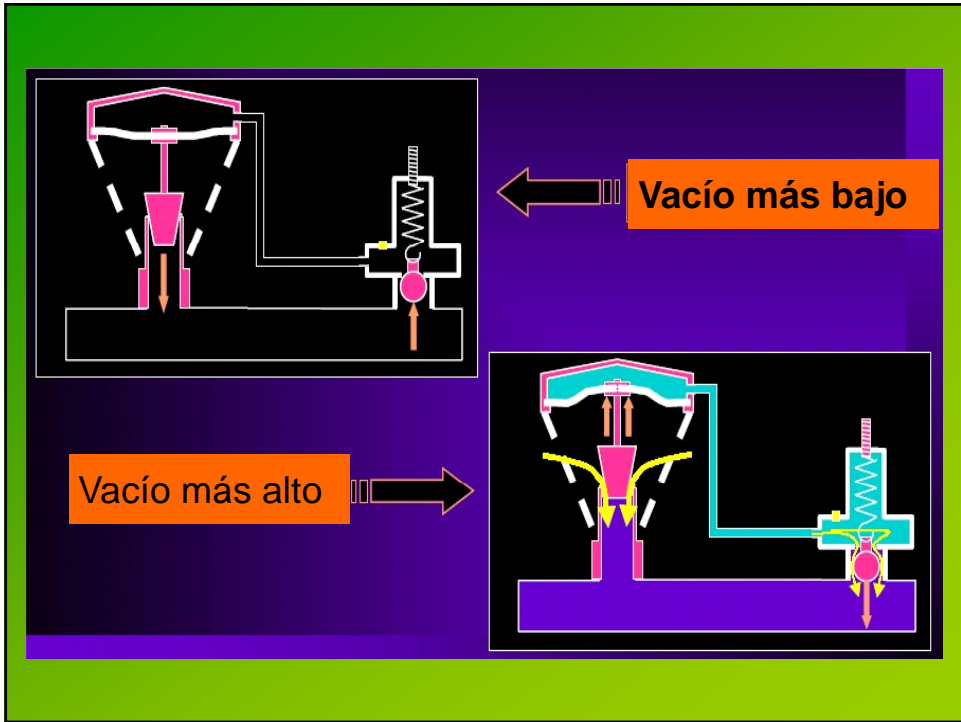
- Carcasa del regulador
- Peso
- Válvula
- Entrada de aire
- Tubería de vacío

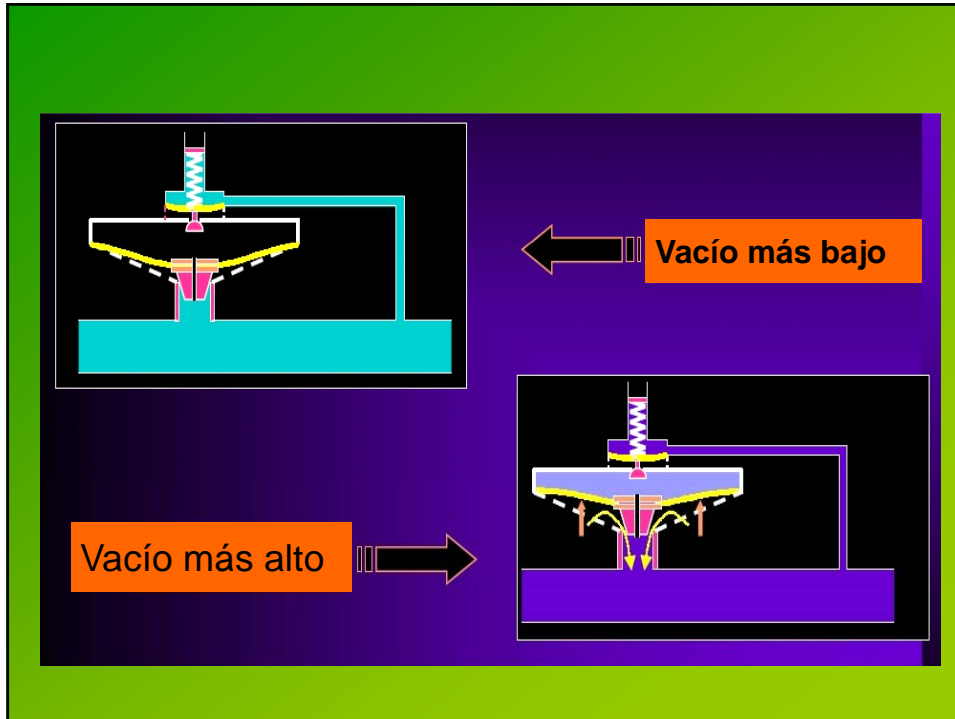
REGULADOR DE MUELLE



SERVOREGULADOR







Conducciones de aire

En el sistema de vacío hay una corriente constante de aire expandido desde todas las entradas hasta la bomba de vacío. Durante este recorrido el aire, como cualquier otro fluido, está sujeto a una serie de fenómenos físicos tales como, pérdidas de energía por rozamiento, aumento de su velocidad en los estrechamientos, cambios de la presión, etc.

Estrechamientos, codos, piezas en T, diámetros pequeños producen caídas de vacío.



Las fugas en la conducción de aire son en primer lugar absorbidas por el regulador, si son muy altas, superiores a la reserva real, el nivel de vacío cae por debajo del vacío de trabajo.

En una conducción la caída de vacío varía según la siguiente expresión:

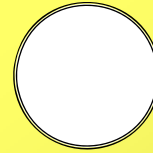
$$V \text{ varía según } \frac{C^2 \times L}{D^5}$$

V = nivel de vacío

C = caudal de aire que pasa por la instalación

D = diámetro de la conducción

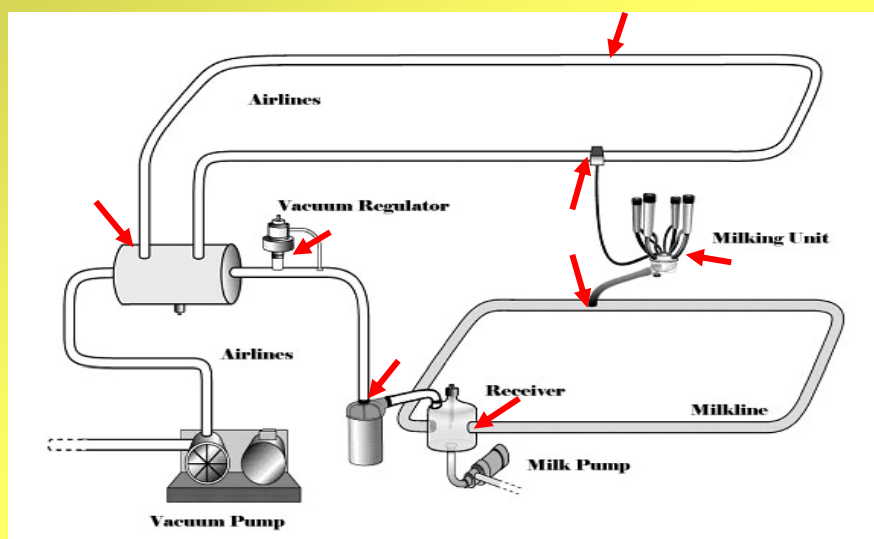
L = longitud de la conducción



- ◆ Es decir, cuanto **MAYOR SEA LA LONGITUD** de la conducción de aire **MAYOR DIFERENCIA DE VACÍO** habrá entre los extremos de ésta.
- ◆ Por otra parte, si se **REDUCE A LA MITAD EL CAUDAL DE AIRE** que pasa por una conducción (por ejemplo, al realizar una anillo), la **CAÍDA DE VACÍO EN ESE TRAMO SE DIVIDE POR CUATRO**.
- ◆ Si se **DUPLICA EL DIÁMETRO INTERNO** de la conducción con el mismo caudal de aire, **LA CAÍDA DE VACÍO SE DIVIDE POR 32**.

FUGAS Y CAIDAS DE VACÍO

Entradas de aire constantes no previstas en la instalación

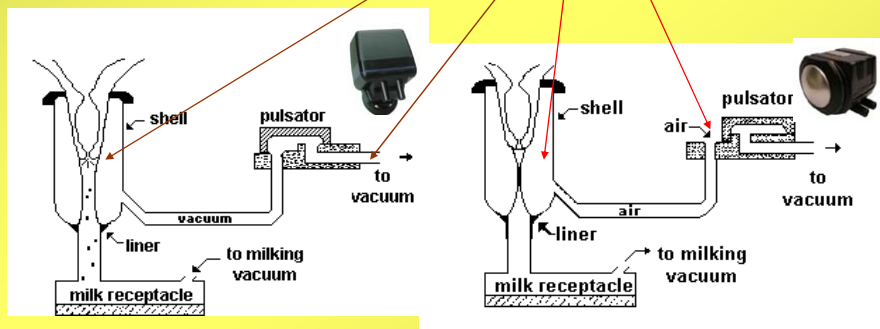


Las fugas son indeseables y hacen que la instalación tenga menor rendimiento (menor reserva real). Si son superiores a la reserva real, hacen caer el vacío.

Los diámetros pequeños de las conducciones de aire y leche, así como las restricciones, hacen que el vacío vaya disminuyendo

Sistema de pulsación

El mecanismo de la pulsación se realiza en el pulsador que es un dispositivo que produce **cambios cíclicos de presión atmosférica y vacío**, **transmitiéndolos a la cámara de pulsación** a través del tubo largo de pulsación, distribuidor del colector y tubo corto de pulsación.

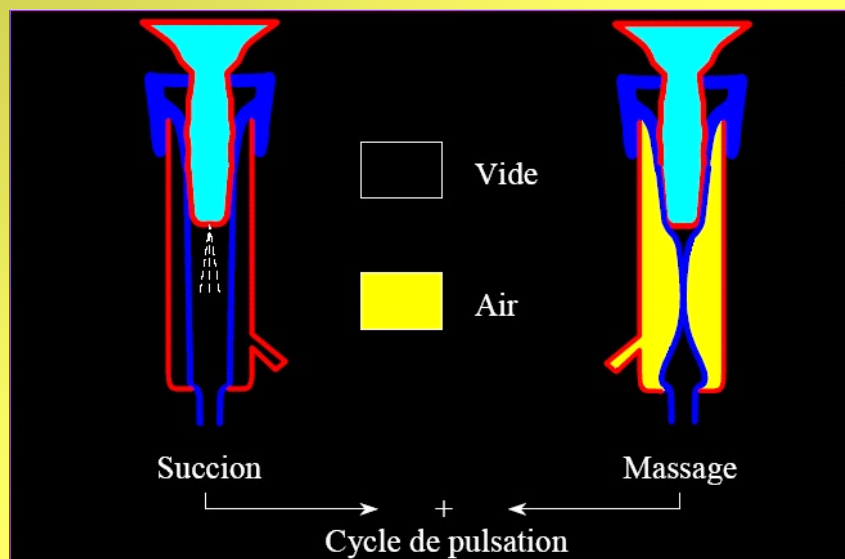


Fase de ordeño

Fase de masaje

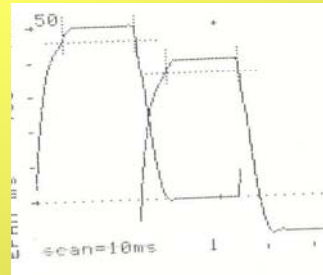
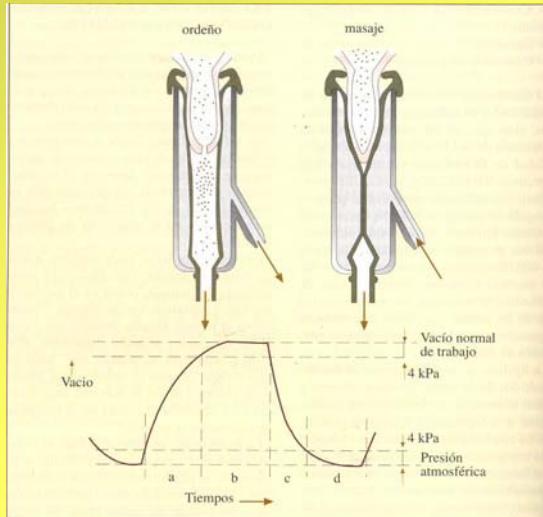
PULSACIÓN

- Si el pezón está sometido a un vacío constante:
 - *Se imposibilita el ordeño completo del animal*
 - *El riesgo de lesiones en el pezón es muy alto*
 - *El ordeño es doloroso*
- Se necesita restablecer el riego sanguíneo en el pezón



Ciclo de pulsación

Se llama ciclo de pulsación a una secuencia completa de los movimientos del manguito de ordeño. Este ciclo se puede obtener gráficamente mediante un registrador de vacío colocado a la entrada de la cámara de pulsación.

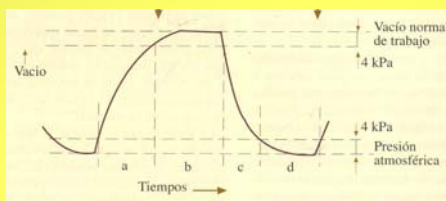


FASES

Si se analiza la gráfica se pueden definir las cuatro fases siguientes:

$$\text{a) Aumento de vacío} = \frac{a}{a + b + c + d} \times 100 (\%)$$

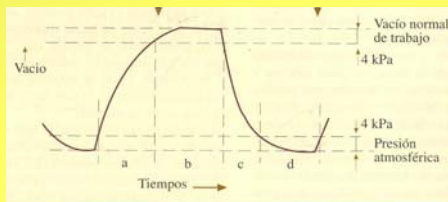
$$\text{b) Vacío máximo (ordeño)} = \frac{b}{a + b + c + d} \times 100 (\%)$$



La duración de cada fase expresada en porcentaje del ciclo total está definida en la norma UNE 68050 por los puntos de intersección del gráfico con los niveles de vacío correspondiente a 4 kPa por debajo del vacío normal de trabajo y por encima de la presión atmosférica.

$$\text{c) Fase de disminución de vacío} \frac{c}{a + b + c + d} \times 100 (\%)$$

$$\text{d) Fase de vacío mínimo (masaje)} \frac{d}{a + b + c + d} \times 100 (\%)$$



Las características del funcionamiento del pulsador vienen definidas por los parámetros siguientes:

FRECUENCIA DE PULSACIÓN: número de ciclos de pulsación por minuto.

RELACIÓN DE PULSACIÓN: porcentaje de los tiempos de aumento de vacío y vacío máximo, referido a la duración del ciclo de pulsación, registrado en la cámara de pulsación, es decir:

$$\frac{a + b}{a + b + c + d} \times 100 (\%)$$

PULSACIÓN SIMULTANEA: los movimientos cíclicos de todos los manguitos de ordeño de un juego de pezoneras se producen al mismo tiempo.

PULSACIÓN ALTERNADA: los movimientos cíclicos de la mitad de los manguitos de ordeño de un juego de pezoneras se alternan con la otra mitad.

COJEO: diferencia, en unidades de porcentaje, entre las relaciones de pulsación de los dos lados de un pulsador con pulsación alternada

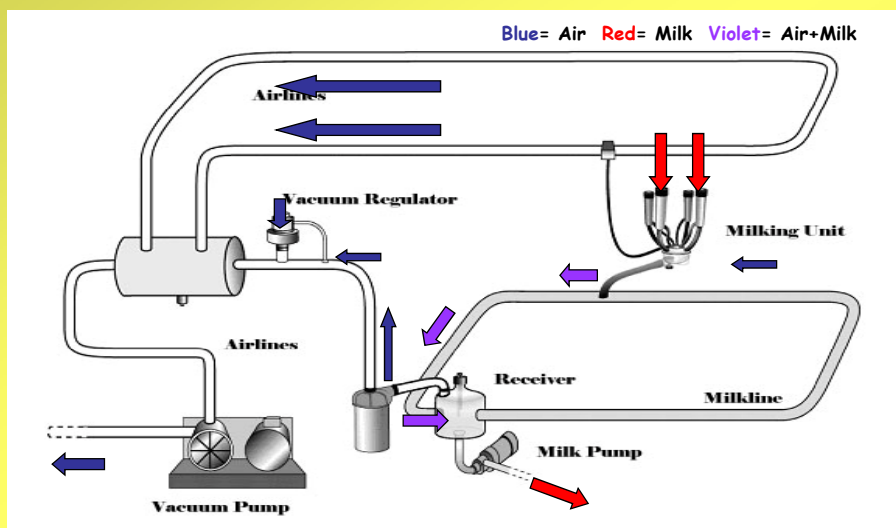
D 22/07/92

Pulsator # 002

Pulse 54.1 1/min \bar{x}
(S C) 50.2 kPa

	CH1	CH2
BALANCE	0.4	
A+B %	51.1	50.7
A %	15.0	14.9
B %	36.1	35.8
C %	10.4	10.2
D %	38.5	39.1
A+B ms	566	562
A ms	166	165
B ms	400	397
C ms	116	113
D ms	427	434
EFAM ms	405	413

Circulación de aire y leche en una instalación



Circulación de la leche por las conducciones

