

Claves para elegir la mejor máquina de anestesia.

Dra. Marina Soro



Servicio de Anestesiología,
Reanimación y
Terapéutica del Dolor

Hospital Clínico Universitario de Valencia



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
12 de Mayo de 2015

Mejor máquina de anestesia....

Usuario anestesista: La que sea más cómoda de utilizar..

Enfermera de quirófano: La que menos veces tenga
que cambiar la cal sodada..

Jefe de Servicio: Mejor dos por el precio de una...

Gerente: la que no tengo que comprar

Paciente: La que mejor sepa usted utilizar....



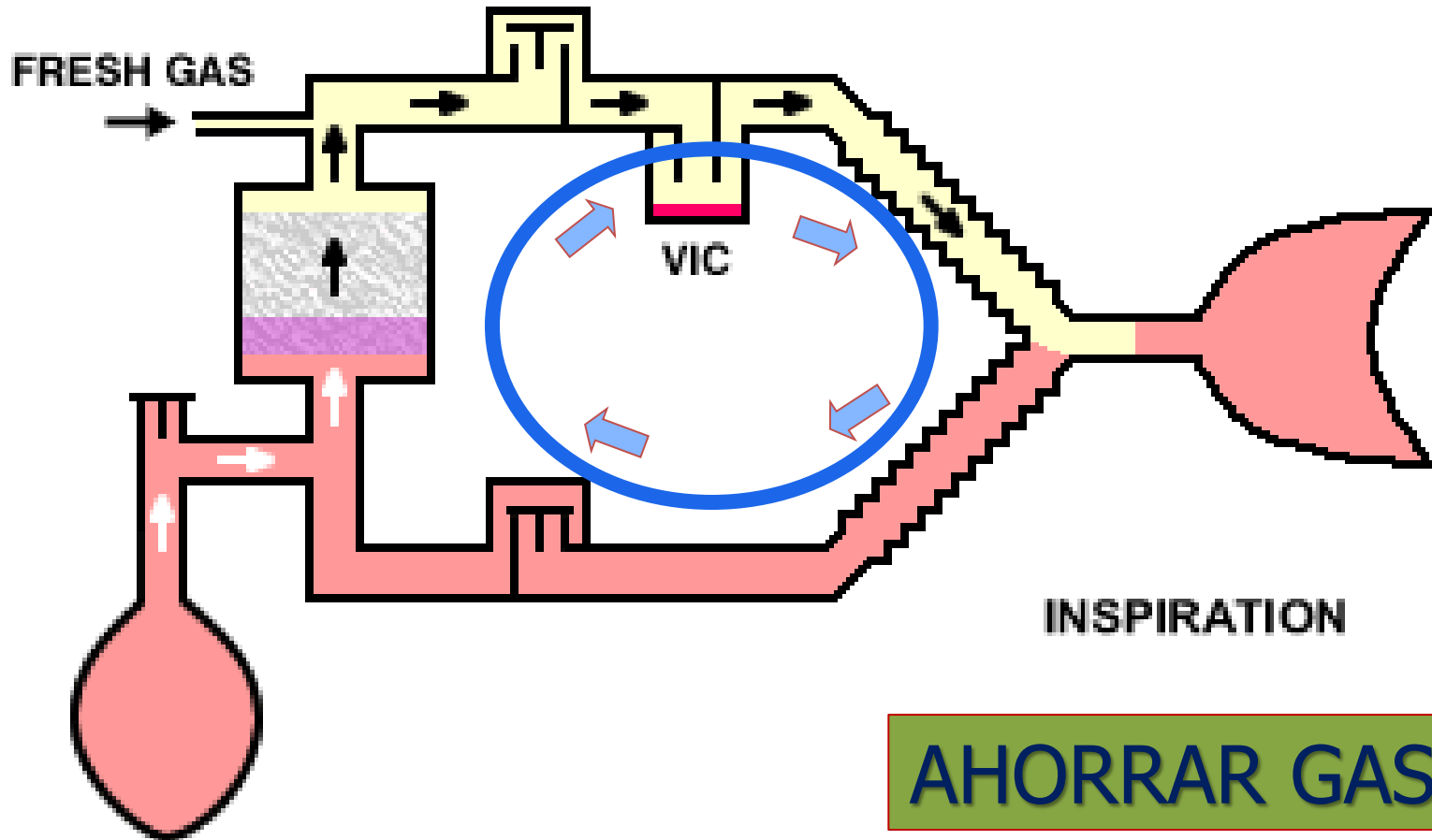
Circuito anestésico

Calidad: Seguridad, Fiabilidad



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
12 de Mayo de 2015

Circuito circular



Clasificación

~~Circuito abierto~~

~~Semi-abierto~~

~~Semi-cerrado~~

~~Cerrado~~

(????)



Clasificación clínica

- Anestesia con flujos altos:
FGF \approx volumen minuto ventilatorio (VE).
- Anestesia con flujos bajos (Foldes, 1954)
FGF = 1,0 L/min
- Anestesia con flujos mínimos (Virtue, 1974)
FGF = 0,5 L/min





Contents lists available at ScienceDirect

Current Anaesthesia & Critical Care

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cacc



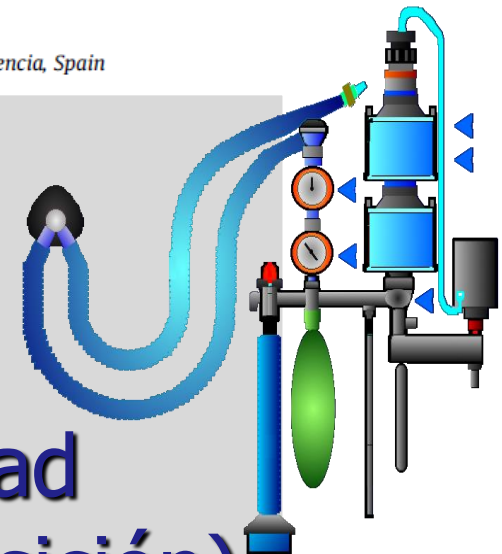
FOCUS ON: MECHANICAL VENTILATION

Functional characteristics of anesthesia machines with circle breathing system

Marina Soro*, F. Javier Belda, María Luisa García-Perez, Gerardo Aguilar

Department of Anesthesiology and Critical Care. Hospital Clínico Universitario de Valencia, Avenida Blasco Ibáñez, 17, 46010 Valencia, Spain

Composición del gas inspirado
Utilización del gas fresco
Constante de tiempo
Volumen interno: compresibilidad
Componentes del circuito (y posición)



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
12 de Mayo de 2015

Composición del gas inspiratorio

Flujo y composición del gas fresco

Fugas

Absorción
del anestésico

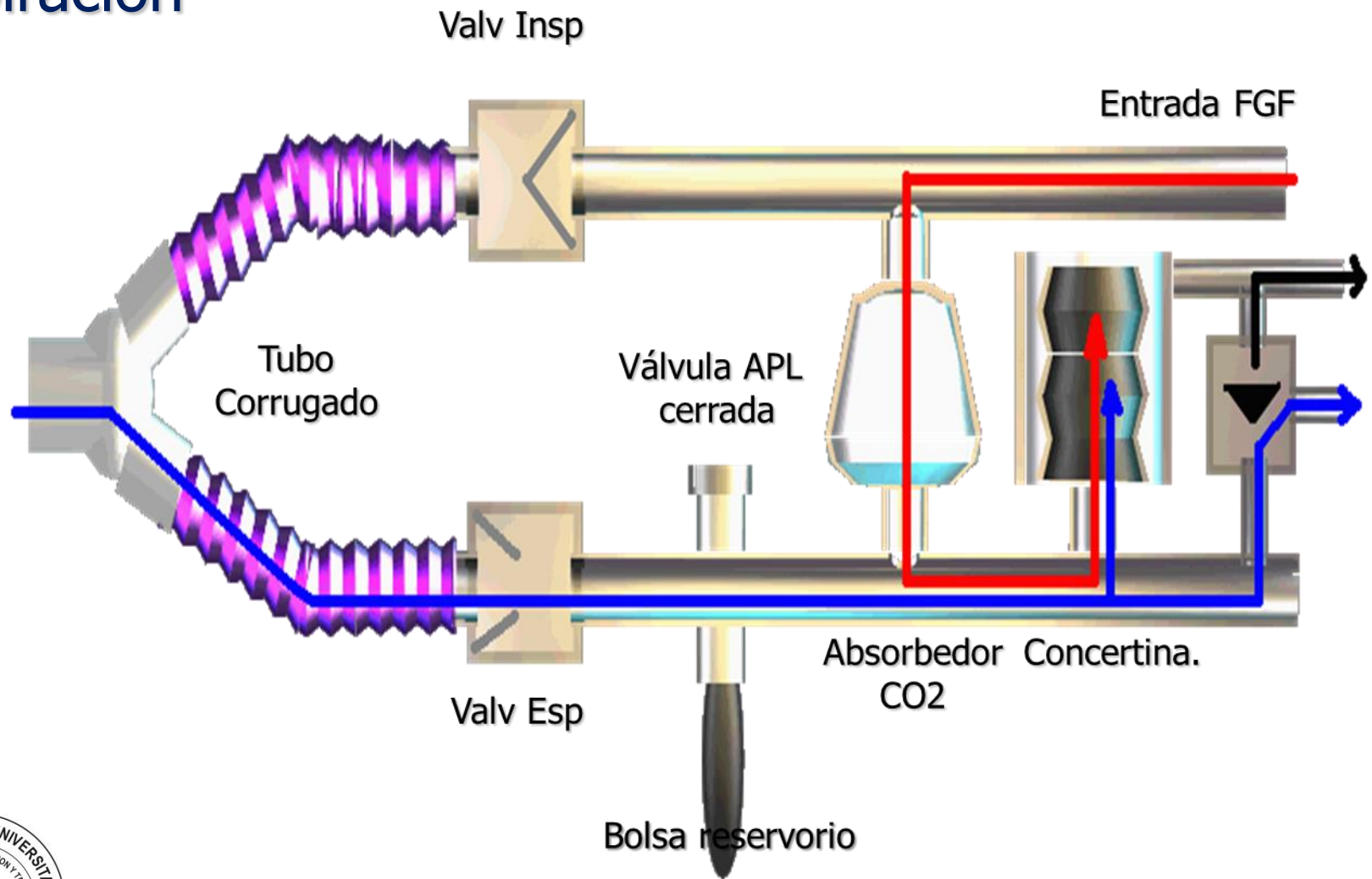


Reinhalação



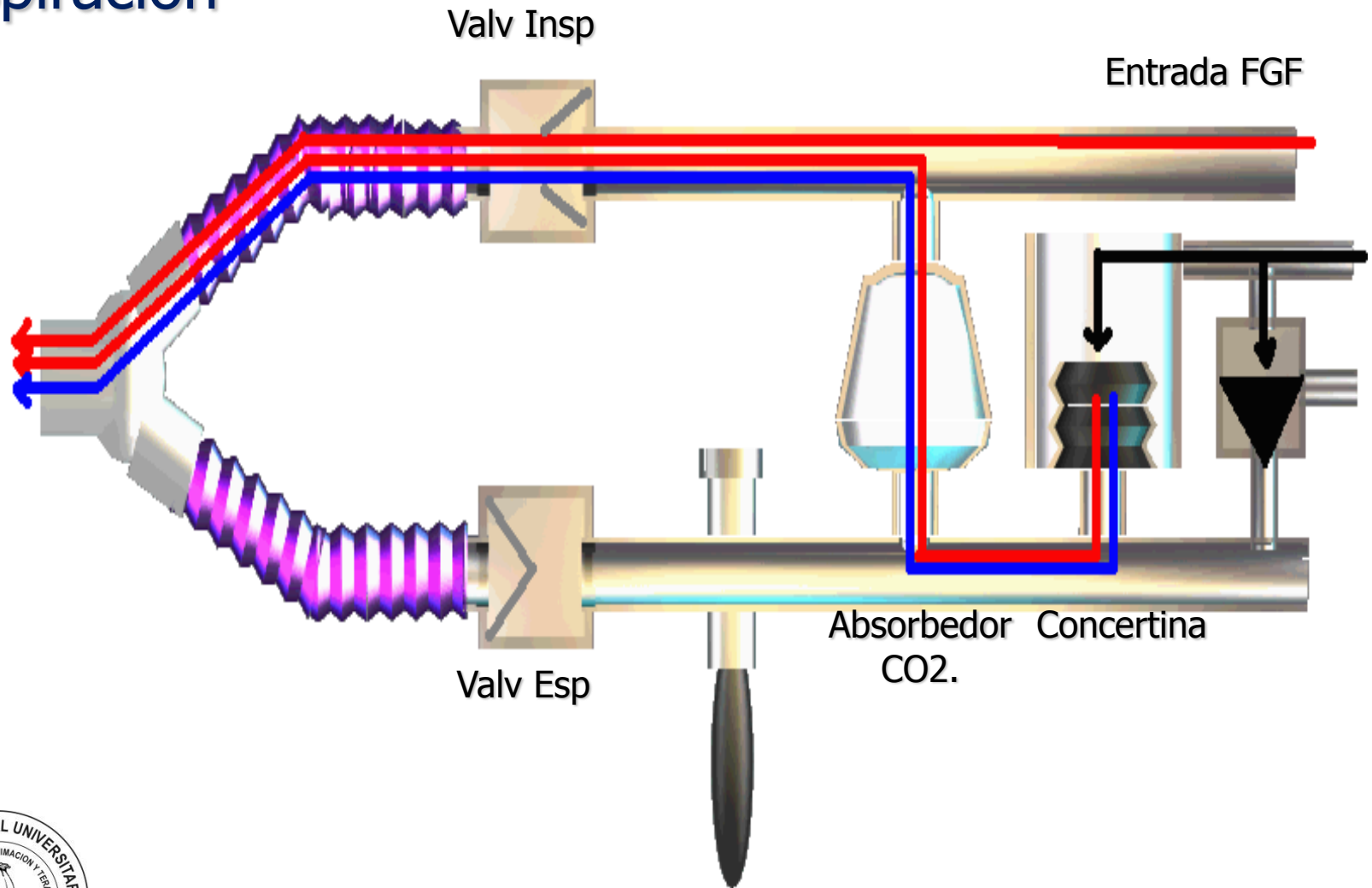
Composición del gas inspiratorio

Espiración



Composición del gas inspiratorio

Inspiración



Efecto de dilución del gas inspiratorio

- Hecho:

- FI ajustada \neq FI entregada.

- Causas:

- Reinalación

- Desnitrogenización

- Absorción de Oxígeno y anestésico

Solubilidad anestésica

Relación V/Q

Concentración venosa:

Absorción en los tejidos: GC, perfusión

Metabolismo, aclaramiento.

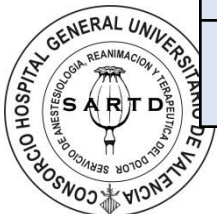




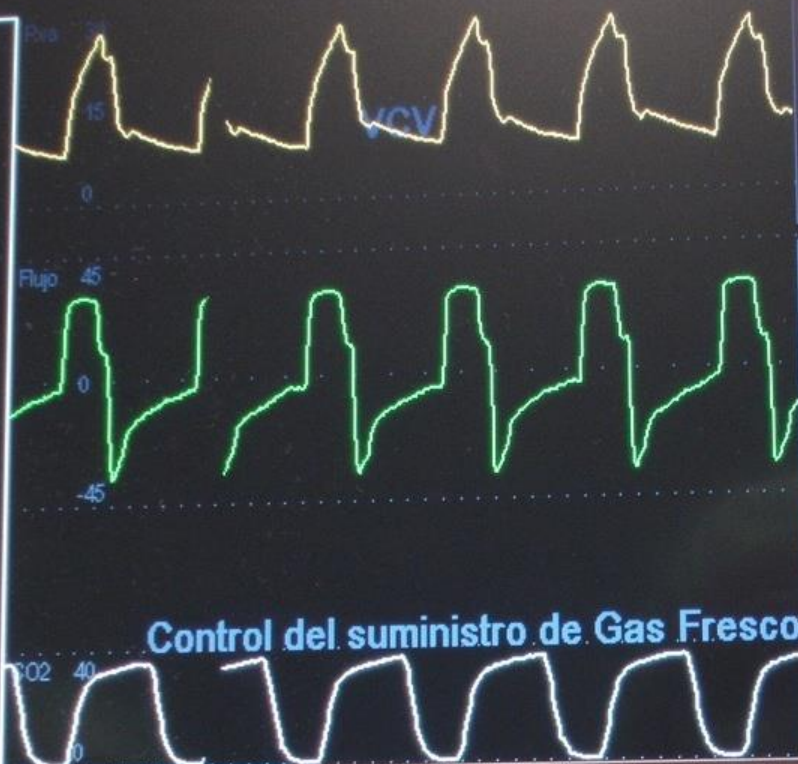
Efecto en la FiO_2

(Consumo $N_2O = 0$)

Ajuste de caudalímetros		%FiO ₂ esperada	%FiO ₂ medida
O ₂ L/min	N ₂ O L/min		
0.5	1.0	33%	23
1.0	2.0	33%	28.6
2.0	4.0	33%	31
0.5	0.5	50%	37.5
1.0	1.0	50%	44.4
2.0	2.0	50%	47.4



Medido



Ppico	27	60	Ppausa	23
PEEP	8		FR /min	16
			Dcst	Dcst
VM /min	8.3	10,0		
VTemp ml	525	2,0		
		1000		
		Dcst		
EtCO2 mmHg	36	60	FICO2 mmHg	0
		23		Dcst
EiO2 %	73		FIO2 %	77
		Dcst		Dcst
		Dcst		21

Gas fresco: O2-Aire			Control Volumen: Vent. activo, I:E = 1:2			Gases CAM 4y= 0,9		
O2 %	Flujo total l/min	Sev %	VT ml	FR /min	PEEP cmH2O	% Sev	Et	Fi
80	11,00	2,1	500	16	8	1,8	2,0	8,0
						Dcst	Dcst	Dcst

Config. Alarmas

Ayuda

Tendencias

Menú Principal

Comprob.

Inicio/Fin Caso

Config. Gas

Config. Vent.

Espiromet.

Pantalla Normal

Alarmas VM/VT

c./Parar cronó

Cero cronó

ol Et

Config. Alarmas

Ayuda

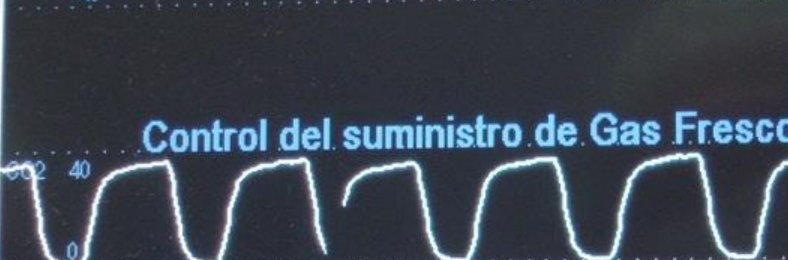
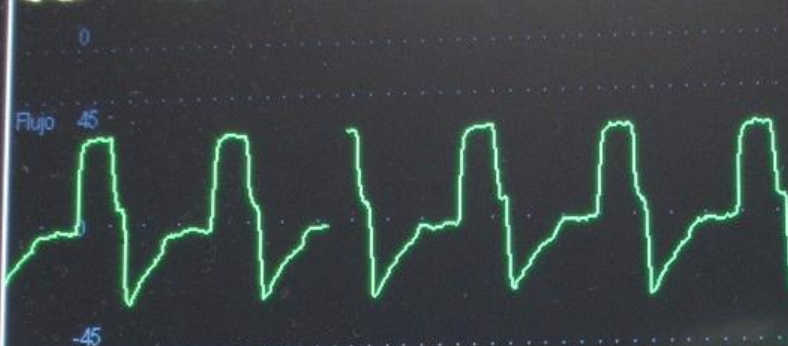
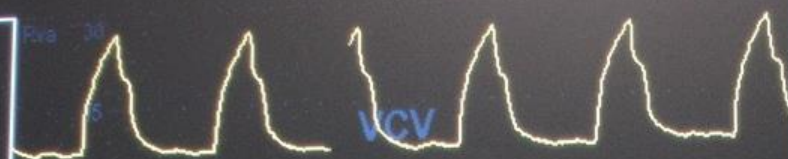
Tendencias

Menú Principal

Comprob.

Inicio/Fin Caso

Medido



P v a
F l u j o
C O 2 / O 2

cmH2O
Ppico 27 60 Ppausa 19
PEEP 8 FR l/min 16
Dscst Dscst

VM l/min 7.5 10.0 2.0
VTesp ml 398 1000
Dscst Dscst

EtCO2 mmHg 36 60 23 FICO2 mmHg 0 Dscst
EtO2 % 72 Dscst FiO2 % 77 Dscst 21

Gas fresco: O2-Aire			Control Volumen: Ventil. activo, I:E = 1:2			Gases CAM 4y= 0,9		
O2 %	Flujo total l/min	Sev %	VT ml	FR l/min	PEEP cmH2O	% Et	Fi	
80	5,00	2,1	500	16	8	Sev 1,7 Dscst	2,0 Dscst	8,0 Dscst

Config. Gas

Config. Vent.

Espiromet.

Pantalla Normal



Alarmas VM/VT

Parar cronó

Cero cronó

Et

Config. Alarmas

Ayuda

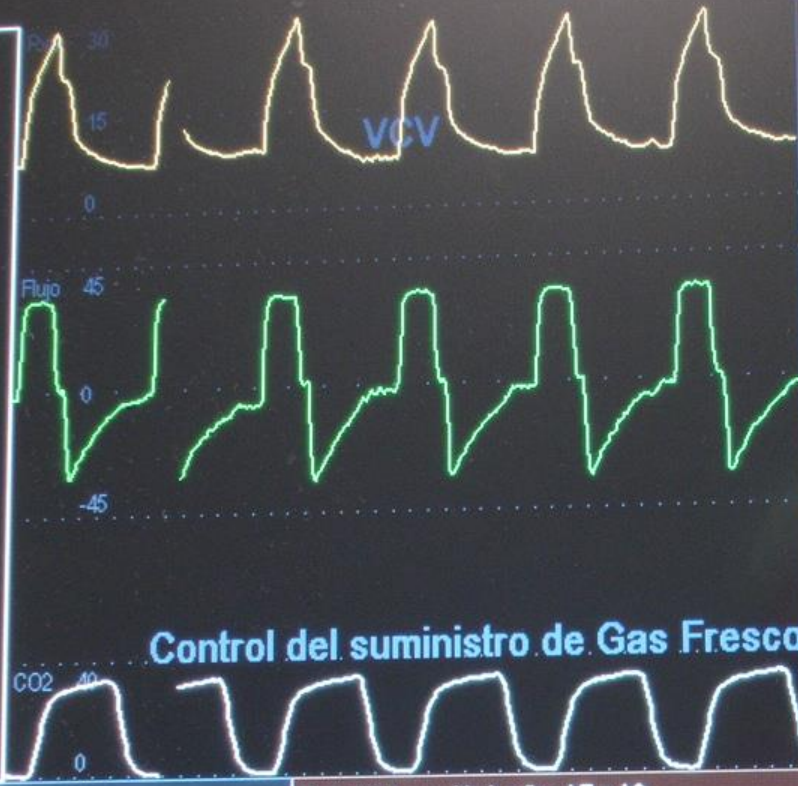
Tendencias

Menú Principal

Comprob.

Inicio/Fin Caso

Medido



P v a

Ppico 29 cmH2O
PEEP 7
Ppausa 21
FR /min 16
Dsc 16
Dsc

F l u j i o

VM l/min 8.2
VTesp ml 471
10,0
2,0
1000
Dsc

↑ C O 2 / O 2

EtCO2 mmHg 33
FiCO2 mmHg 0
60
23
Dsc
EtO2 % 71
FiO2 % 75
Dsc
Dsc
21

Control del suministro de Gas Fresco

Gas fresco: O2 + Aire			Control Volumen: Vent. activo, I:E = 12			↑ Gases CAM 4y= 0,8		
O2 %	Flujo total l/min	Sev %	VT ml	FR /min	PEEP cmH2O	%	Et	Fi
80	1,00	2,1	500	16	8	Sev	1,7	1,8
							Dsc	Dsc
							Dsc	8,0
								Dsc

Config. Gas

Config. Vent.

Espiromet.

Pantalla Normal



Soluciones

NormEN 7140 (1999)

- Monitorización precisa de la FiO_2
 - Imposibilidad de entregar mezclas hipóxicas.
 - Autochequeo de la fuga con un nivel mínimo de tolerancia
-
- Trabajar con un circuito con alta EFICACIA



Eficacia del circuito:

Coeficiente de utilización del gas fresco

Relación entre
el volumen de gas fresco
que entra en los pulmones con respecto
al volumen de gas fresco
que entra en el circuito

Eficacia

Coeficiente de utilización de gas fresco (UGF)

$$\text{UGF (\%)} = \text{FGF}_{\text{inspirado}} / \text{FGF}_{\text{aportado}}$$



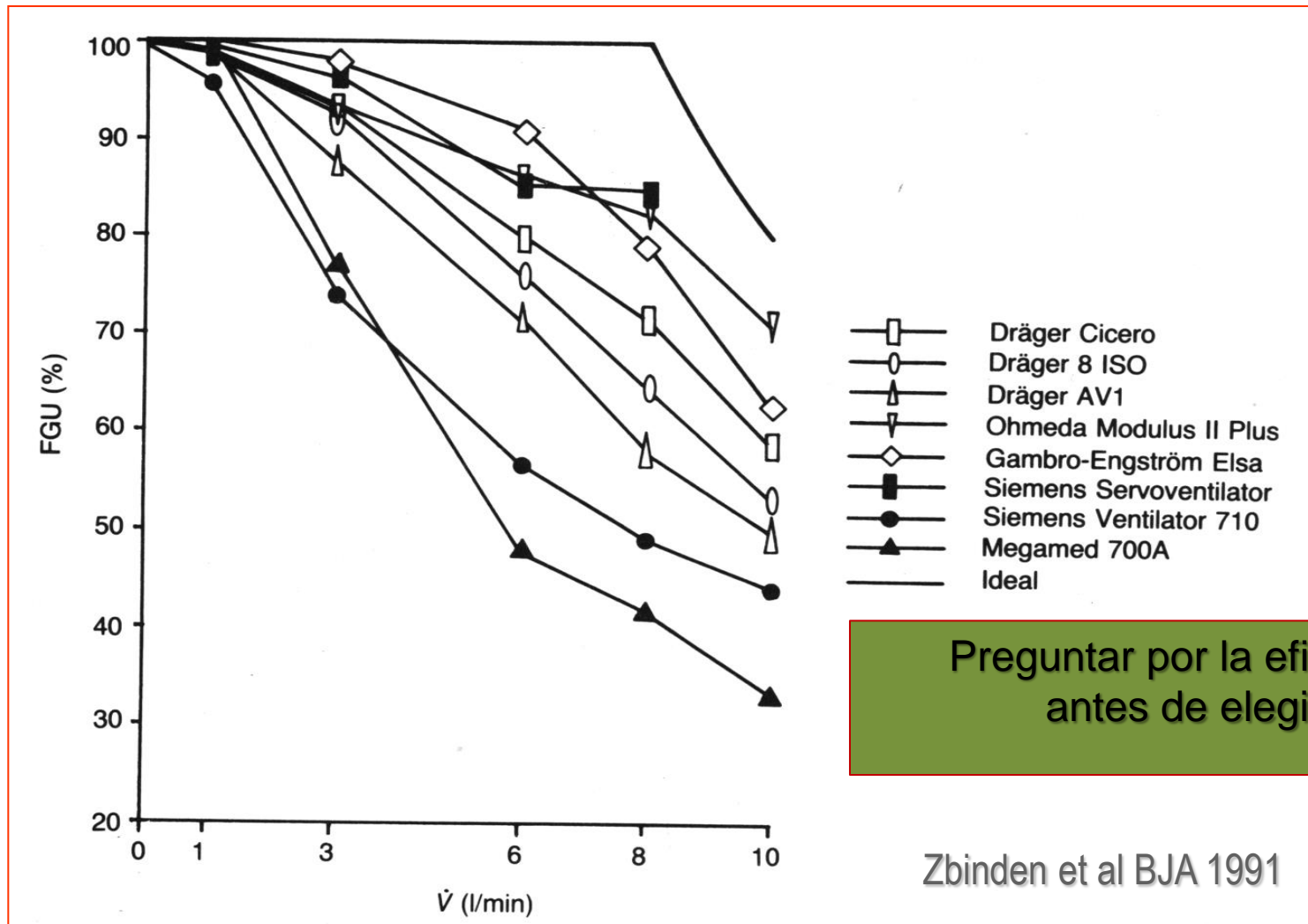
Eficacia

$UGF = 1 (100\%)$

Todo el gas gresco (FGF) llega a los pulmones

El exceso de gas (VE-FGF)
eliminado por la válvula APL debería estar
compuesto exclusivamente por gas
exhalado.





Preguntar por la eficacia antes de elegir

Zbinden et al BJA 1991

UGF depende de: Maquina, FGF y VE



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
12 de Mayo de 2015

Soluciones al efecto dilución de gases

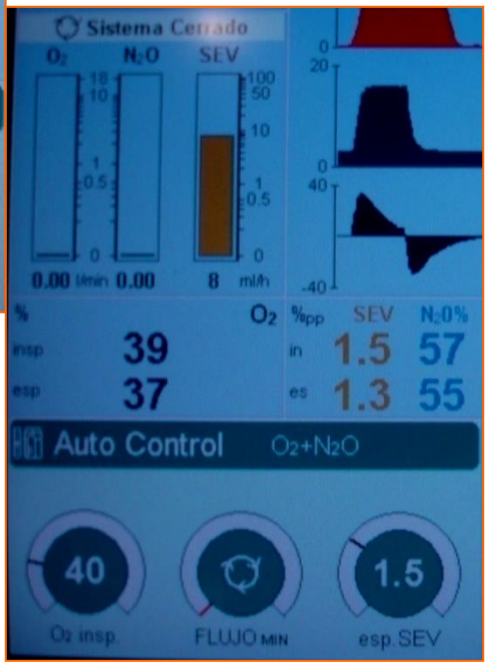
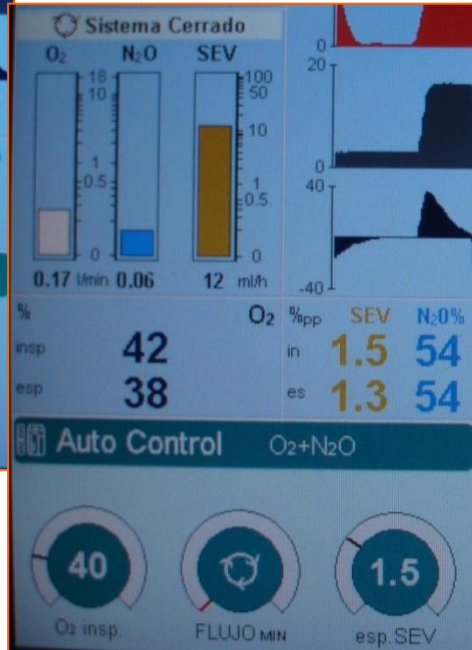
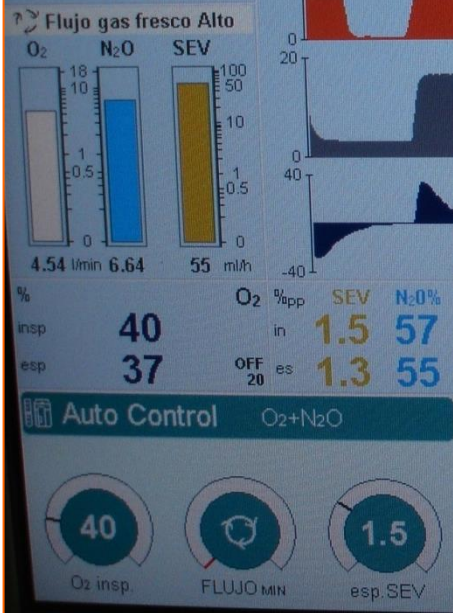
NormEN 7140 (1999)

- Monitorización precisa de la FiO_2
- Imposibilidad de entregar mezclas hipóxicas.
- Autochequeo de la fuga con un nivel mínimo de tolerancia
- **Alta eficacia:** Supra (Temel): FGF directo al generador
- **Autoajuste de bucle cerrado**

Fi entregada (medida) = Fi Ajustada

Fet medida = Fet ajustada





Auto-Control



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
12 de Mayo de 2015

Volumen interno

Compresibilidad
Constante de tiempo



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
12 de Mayo de 2015

CICERO



VOLUMEN INTERNO

2 tubos externos de 1 m:	0,9 L
Circuito interno:	0,6 L
Absorbedor de cal sodada:	2,0 L
Bolsa Reservorio:	1,5 L
Conexiones de los tubos:	0,5 L
Volumen de la concertina:	0,7 L
TOTAL	6,2 L



Compresibilidad

Volumen comprimido dentro del circuito
por cada cmH₂O de aumento de presión

$C = \text{volumen} / \text{presión}$

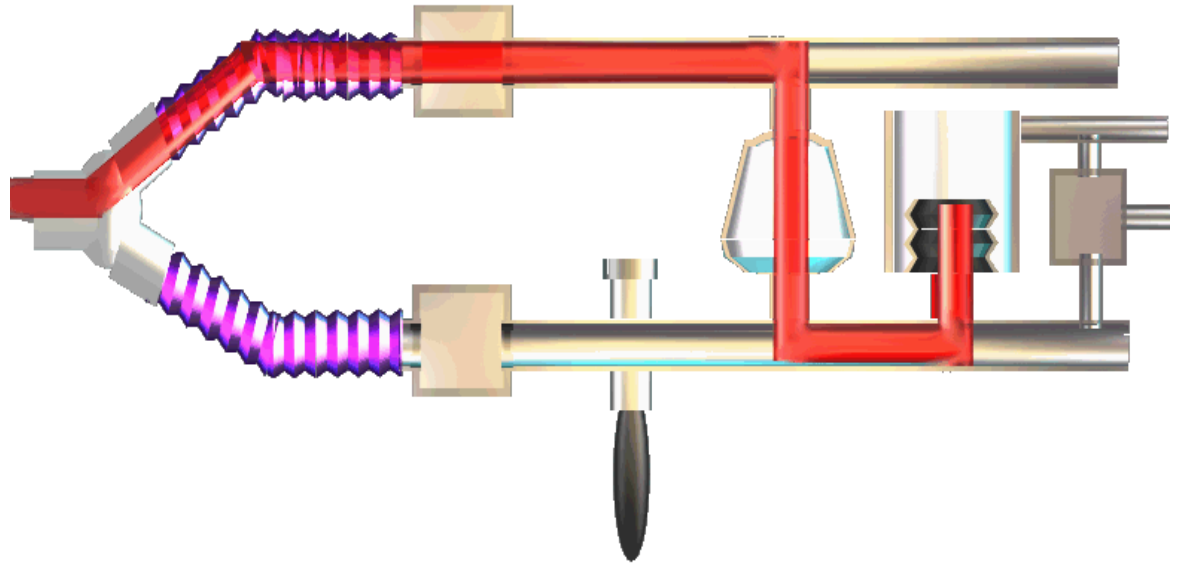
Compliancia Interna

Tubo de 0.5 L: Compresibilidad 0.5 ml/cmH₂O

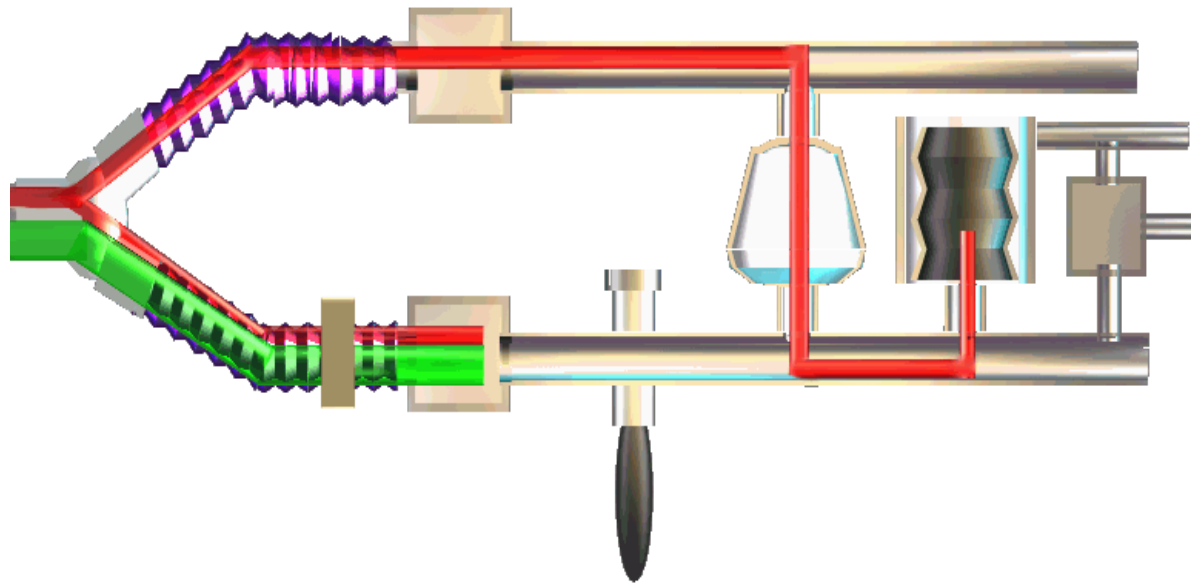
Tubo de 0.5 L: Compliancia 0.5 ml/cmH₂O



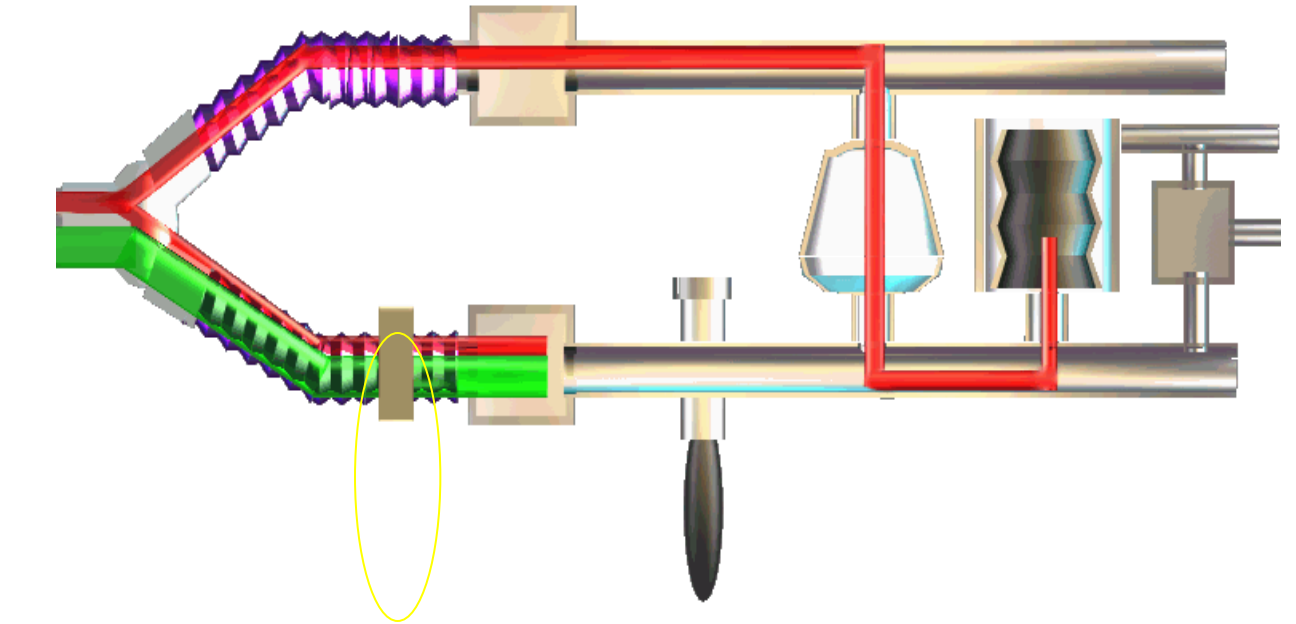
Insuflación



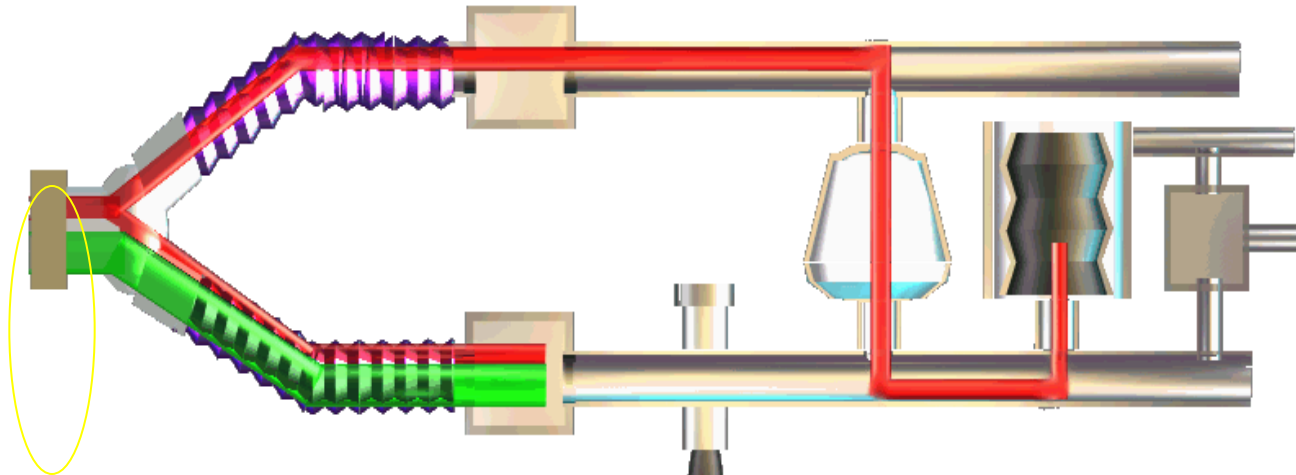
Espiración



Espirómetro
tras rama
expiratoria



Espirómetro
tras TET



Ejemplo:

Paciente ventilado con una máquina de anestesia con circuito circular; VT ajustado de 500 ml

CI circuito = 5 ml/cmH₂O (Volumen interno: 5 L)

Paw_{plateau} = 20 cmH₂O

Gas comprimido en el circuito = $20 \times 5 = 100$ ml

Por lo tanto: 100 ml son comprimidos en el circuito.
400 ml son entregados a los pulmones.





SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
12 de Mayo de 2015

Efecto Volumen Compresible

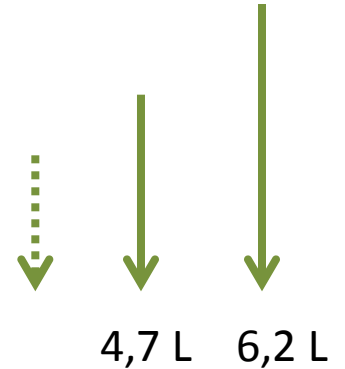
Rodriguez F, Belda FJ. Are circular circuits safe?
Quantifying undelivered tidal volume in pediatrics patients.
8th European Congress of Intensive Care Medicine. 1995.

- Pacientes
 - 14 niños (2 - 10 años).
 - Cirugía electiva
 - ASA I.
- VT ajustado: 451 ± 126
- VT entregado: 288 ± 120 ($p < 0,001$)
- % pérdida de VT: 24 - 64 %



Soluciones al Volumen Interno

PRIMUS



VOLUMEN INTERNO

2 tubos externos de 1 m:	0,9 L
Circuito interno:	0,1 L
Absorbedor de cal sodada:	2,0 L
Bolsa Reservorio:	1,5 L
TOTAL	4,5 L



Reducciones del Volumen Interno

Efecto en la compresibilidad del circuito

Aespire, Avance, Aisys (GE)

Duo-flow: Medida del Vti cada ciclo y compensación
Seguridad Vt \pm 5% para Vt 100 ml



Fabius, Primus (Dräger)

Mide la compresibilidad durante el checking inicial
Añade volumen cada ciclo
Seguridad Vt \pm 5% para Vt 200 ml



Zeus (Dräger)

Mide la compresibilidad durante el checking inicial
Sensor de Flujo en la pieza en Y: Compensa el volumen
Seguridad Vt \pm 5% para Vt 200 ml



Do New Anesthesia Ventilators Deliver Small Tidal Volumes Accurately During Volume-Controlled Ventilation?

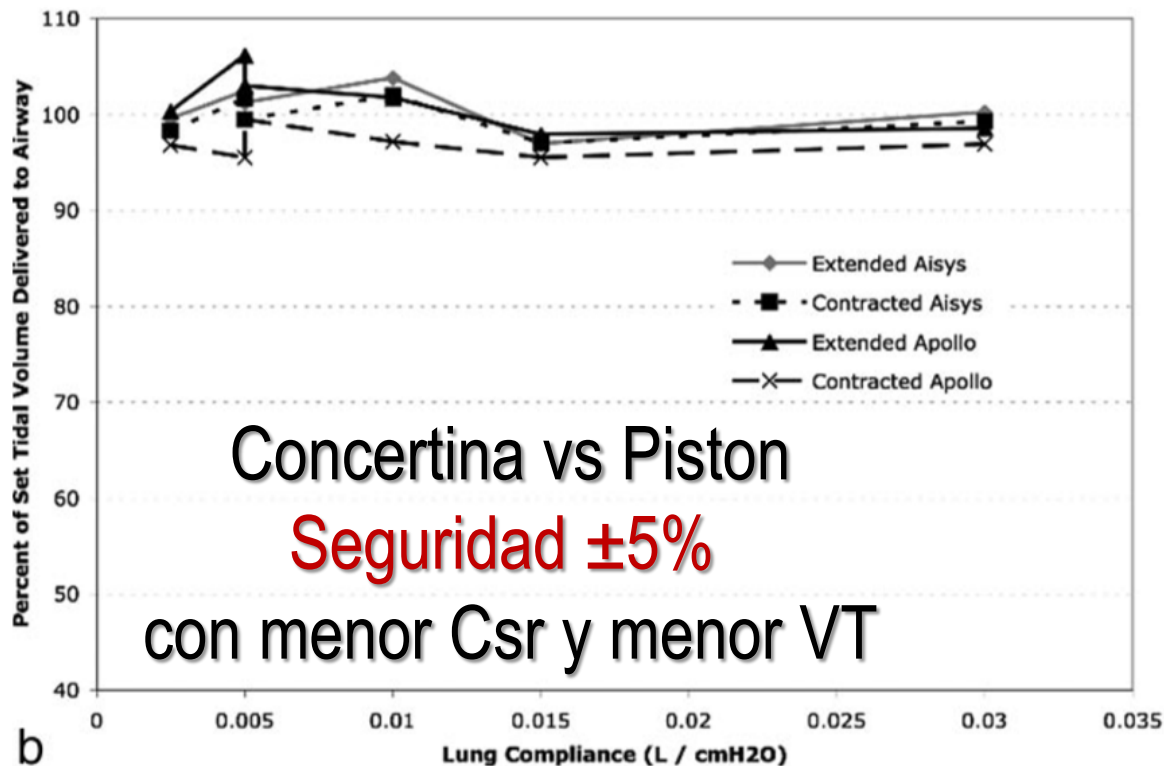
Bachiller PR, McDonough JM, Feldman JM.

Anesth Analg. 2008;106:1392-400

VT: 100, 200, y
500 mL

Csr: 0.0025 a 0.03
L/cm H2O.

Comparison of Volume Delivered to the Airway by Machines with Compliance Compensation



Concertina vs Piston
Seguridad $\pm 5\%$
con menor Csr y menor VT



Volumen interno

Compresibilidad

Constante de tiempo



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
12 de Mayo de 2015

Constante de Tiempo

Volumen: 10 L



Flujo: 1 L/min

$$\text{Volumen/Flujo} = 10 \text{ min} = \tau$$

$1\tau = 10 \text{ min}$
(63 %)



$2\tau = 20 \text{ min}$
(86 %)

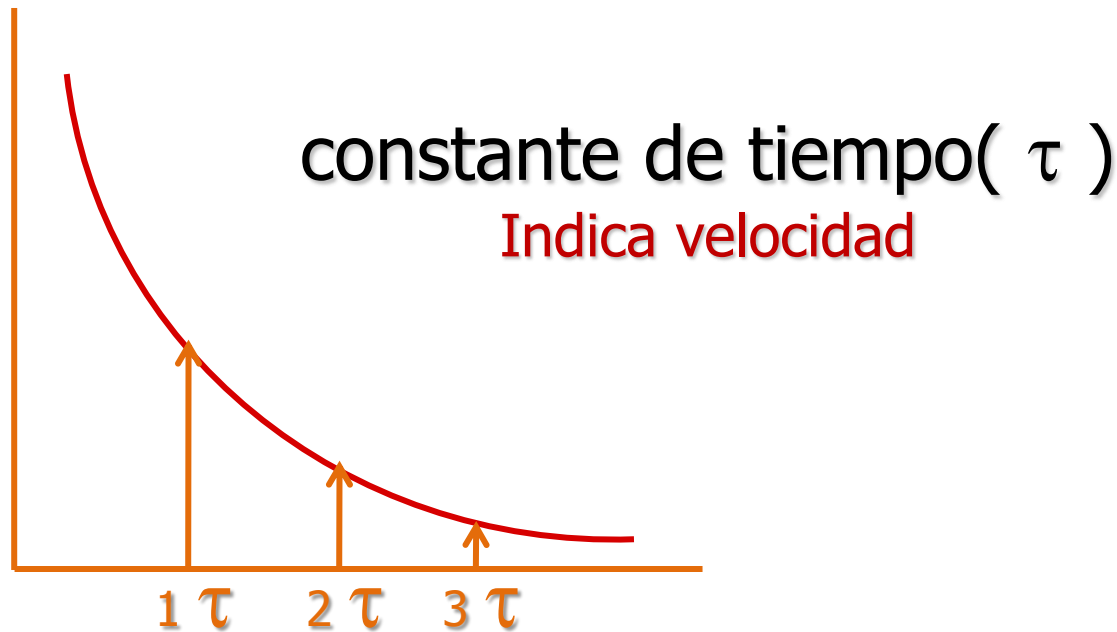


$3\tau = 30 \text{ min}$
(95 %)



Constante de Tiempo

Proceso de mezcla: exponencial



Después 1τ el proceso se ha completado un **63%**

Después 2τ el proceso se ha completado un **86%**

Después 3τ el proceso se ha completado un **95%**



Efecto de la Constante de Tiempo

$$\tau = \frac{\text{V. Circuit + CRF}}{\text{Flujo de Gas Fresco}}$$

$$\frac{(6,2 + 2,4)}{8 \text{ L/min}} = 1,1 \text{ min} \times 3 = 3,3 \text{ min}$$

$$\frac{(6,2 + 2,4)}{2 \text{ L/min}} = 4,3 \text{ min} \times 3 = 12,9 \text{ min}$$

$$\frac{(6,2 + 2,4)}{0,5 \text{ L/min}} = 17,2 \text{ min} \times 3 = 51,6 \text{ min}$$



Efecto de la Constante de Tiempo

- **Hecho:**
 - Cambios en la composición del gas son lentos.
- **Efecto:**
 - Cambios rápidos en la concentración no son efectivos.
 - Ej.: Abrir, cerrar el vaporizador.
- **Manejo Clínico:**
 - Incrementar el FGF después de cada modificación.



Solución a la CT:

Reducciones del Volumen interno

Aespire, Avance, Aisys (GE)

Concertina 1.5 L, absorbedor 1 L, circuito interno 300 ml

FGF 1 L/min τ : 2-3 min.

Fabius, Primus (Dräger)

Volumen interno 4.5 L (absorbedor +bolsa+circuito)

FGF 1 L/min τ : 4-5 min.

Aisys (GE)

Control Et

(Inyección automática).

FGF ? τ : 180 seg.

DIVA (Dräger)

Control Et

(Inyección directa).

FGF ? τ : 60 seg.





Contents lists available at ScienceDirect

Current Anaesthesia & Critical Care

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cacc



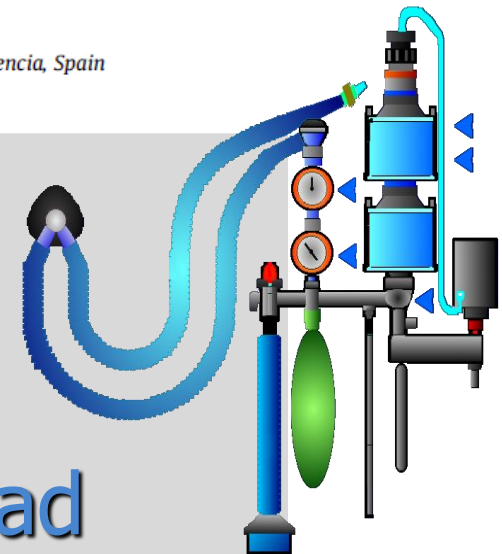
FOCUS ON: MECHANICAL VENTILATION

Functional characteristics of anesthesia machines with circle breathing system

Marina Soro*, F. Javier Belda, María Luisa García-Perez, Gerardo Aguilar

Department of Anesthesiology and Critical Care. Hospital Clínico Universitario de Valencia, Avenida Blasco Ibáñez, 17, 46010 Valencia, Spain

Composición del gas inspirado
Utilización del gas fresco
Constante de tiempo
Volumen interno: compresibilidad
Componentes del circuito (y posición)



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
12 de Mayo de 2015

Claves para elegir la mejor máquina de anestesia.



1. Conocer el funcionamiento del c. circular



2. Elegir el de mayor calidad



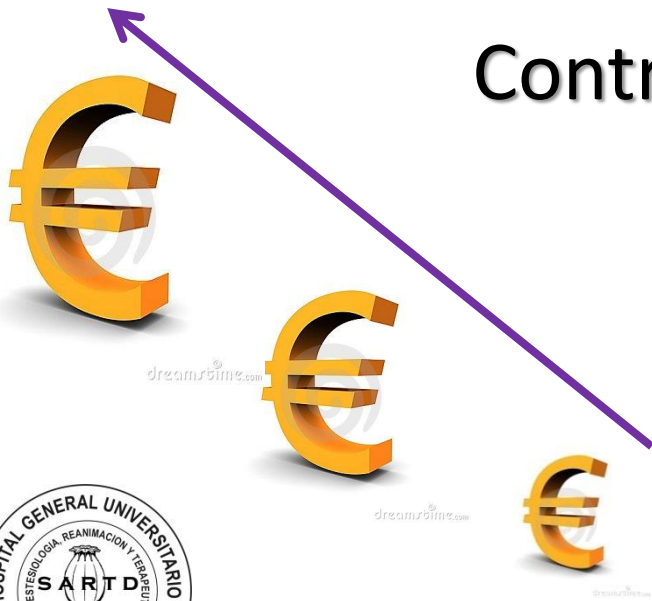
Calidad de un circuito anestésico

Volumen interno mínimo

- . Baja Constante de Tiempo
- . Seguridad en el VT

Alto Coeficiente de Utilización del Gas Fresco

Control Et automático



Ahorra costes

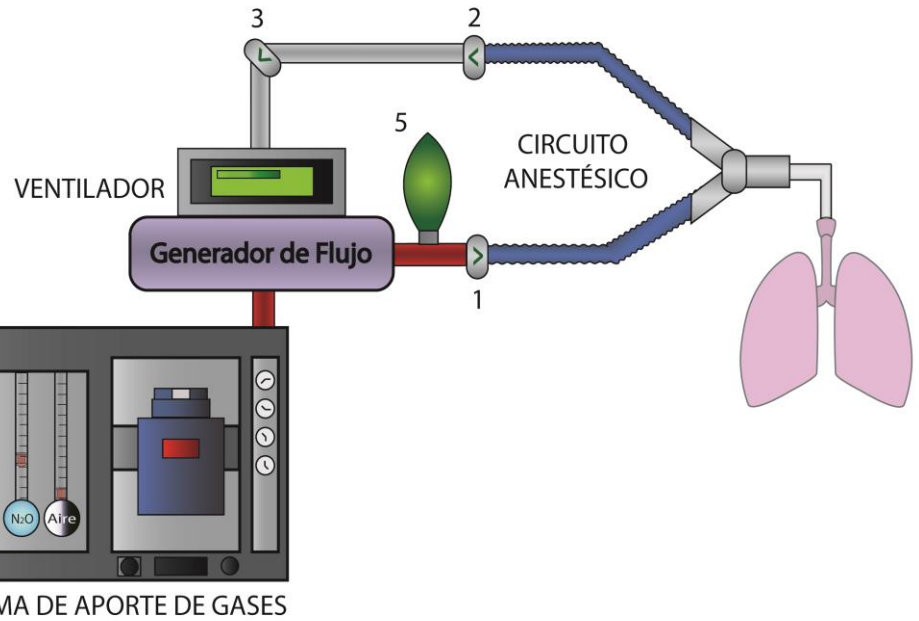
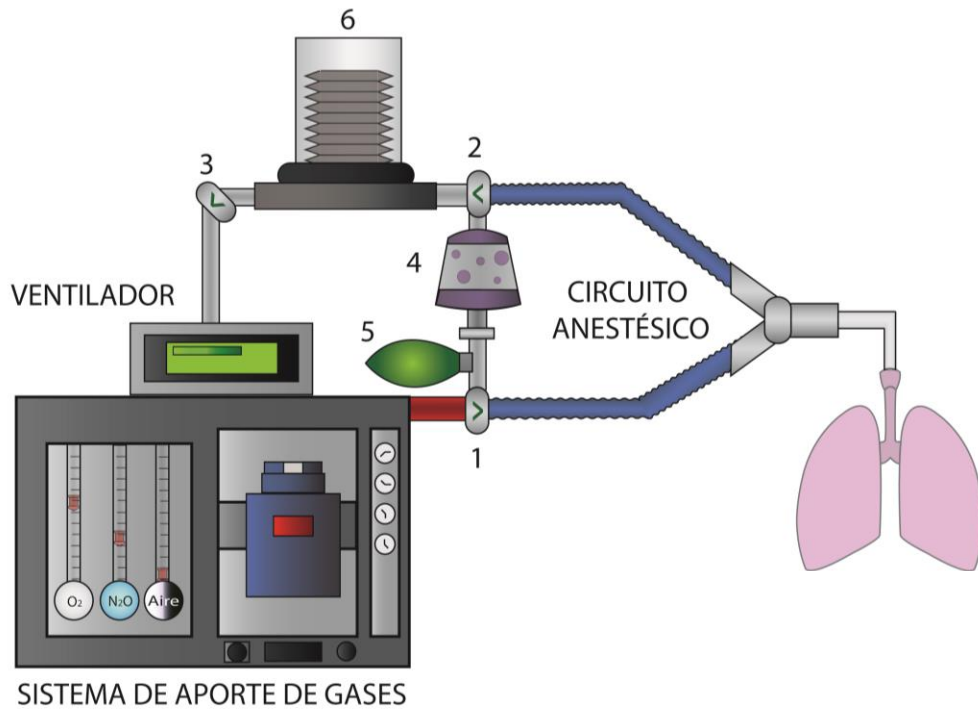


1980 Modulus II



2010 Aisys
carestation





Efecto de dilución del gas inspiratorio

- **En clínica:**
 - Caída FiO_2 , FiN_2O ...
 - Descenso en % insp Halogenado.
- **Manejo:**
 - Previa desnitrogenización (pre-intubación)
 - Administración de alta FiO_2 .
 - Administración de alto FGF al inicio.



Datos Tecnicos

8.1 (cont.)

BOMBA DE ASISTENCIA RESPIRATORIA

Volumen de flujo constante: Adulto (0-1500 ml). Pediátrico (opcional)(0-400 ml)
Válvula de presión positiva expiratoria : Escala de 0 a 20 cm.H₂O

SISTEMA CIRCULAR

Compliance: Aproximadamente 5 ml/cm.H₂O
Volumen: Aproximadamente 5 litros
Resistencia: ADULTOS @ ~~60L/min=20 Pa/L/min~~
 NIÑOS @ 30L/min=11 Pa/L/min
 NEONATAL El aparato no es apropiado para ventilación neonatal

DIMENSIONES

Alto : 1460 mm (excluyendo ventilador y monitores)
Ancho : 810 mm (incluyendo la bomba de asistencia respiratoria)
Grueso : 640 mm (excluyendo las botellas de gas de reserva)
Peso : 150 kg (aproximadamente, según la especificación)



Soluciones al efecto dilución de gases

NormEN 7140 (1999)

- Monitorización precisa de la FiO₂
 - Imposibilidad de entregar mezclas hipóxicas.
 - Autochequeo de la fuga con un nivel mínimo de tolerancia

 - Alta eficacia

 - Autoajuste de bucle cerrado
- Fi entregada (medida) = Fi Ajustada
Fet medida = Fet ajustada



Autoajuste manual : Eco-Flow

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
12 de Mayo de 2015

EcoFlow: seguridad y ahorro



Example

FGF	Cost/hour (ml/h)	Ahorro
5 liters	€26,04	
2 liters	€11,07	58% Ahorro
0,5 liters	€3,9	99% Ahorro

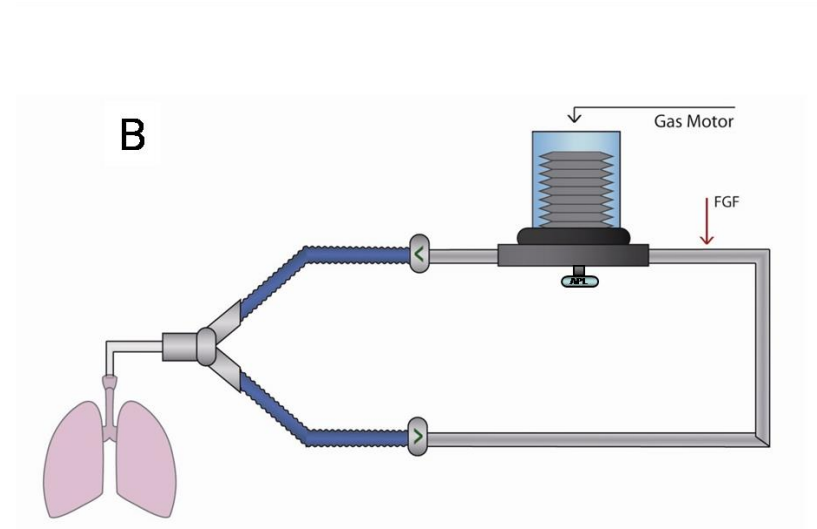
MAC40=1
 Vap at t 4%
 Price Sevoflurane /ml € 0,5

DOC1205479



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
 12 de Mayo de 2015

Componentes del circuito



Ventilador
Circuito único

Ventilador
Doble circuito



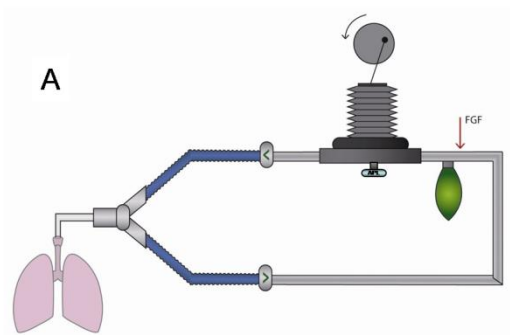
Componentes del circuito (y posición)

- Bolsa reservorio/concertina

Bolsa simple

Monitorización del volumen?

Añade volumen interno

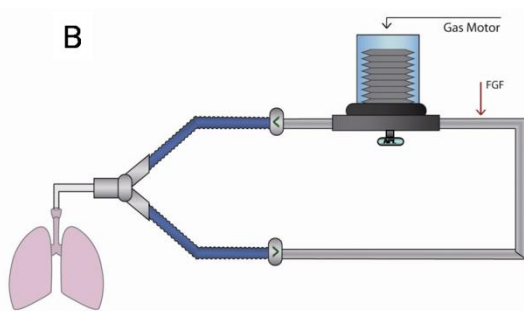


Concertina descendente

No monitorización

Presión negativa

Aspira aire ambiente



Concertina ascendente

Monitorización VT

Monitorización de las fugas



Componentes del circuito (y posición)

Entrega de FGF al circuito

– Entrega continua (I y E):

- Reduce CT
- Interfiere Vt insp, produce PEEP (transitoria)

– Desacoplamiento (no durante inspiración):

- Reduce Eficiencia
- No afecta a la CT, Vt insp

• Posición de entrada en el circuito

- Antes del canister: desecación de la cal sodada.



Otras características importantes:

- Modos ventilatorios:
 - VCV, PCV.
 - IMV, PSV.
- Monitorización:
 - Hemodinámica: Standard + PPV
 - Ventilación: Variables, curvas y bucles
 - Variables anestésicas:
 - MAC y efectos: BIS o Entropia
 - Analgesia: (SPI)
 - Relajación: TOF

