

**E**

xtra

**C**

orporeal

**M**

embrane

**O**

xygenation

Dr. Alberto Díaz Seminario  
Médico Intensivista  
UCI 2° C – HNERM



**EQUIPAMIENTO**

Sistema de circulación cruzada utilizada en 1954 por C. W. Lillehei.

32 pacientes

40' -50'

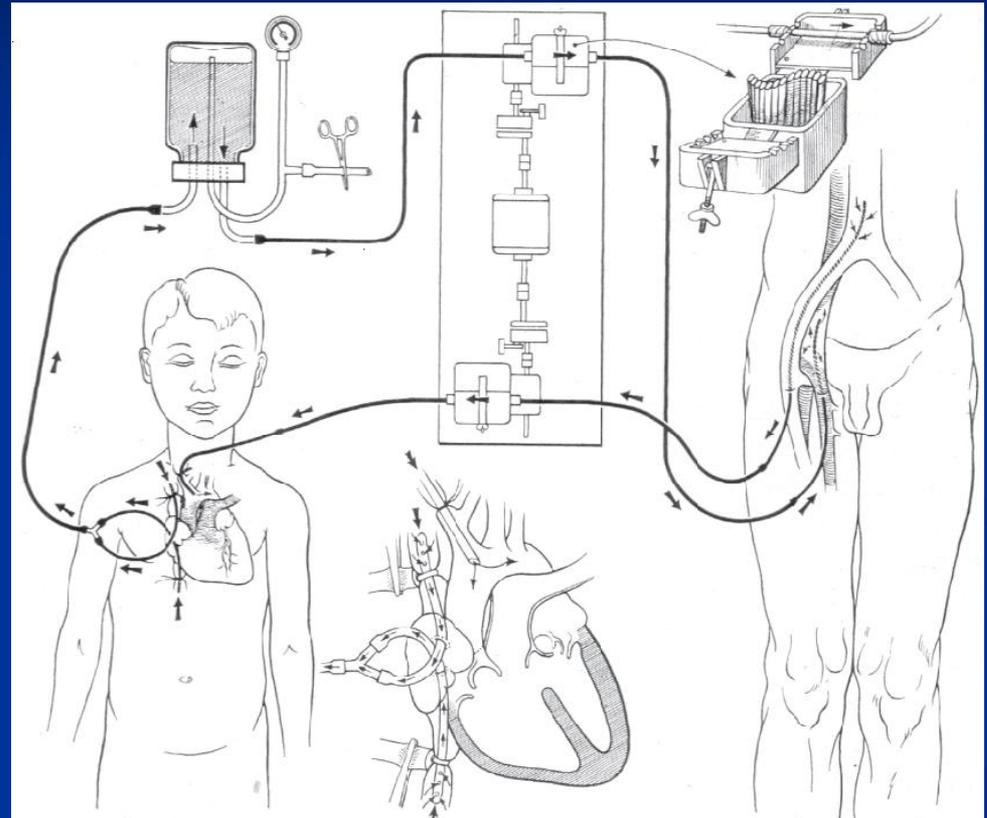


Cirugía a corazón abierto



Circulación cruzada controlada

Circulación extracorporea



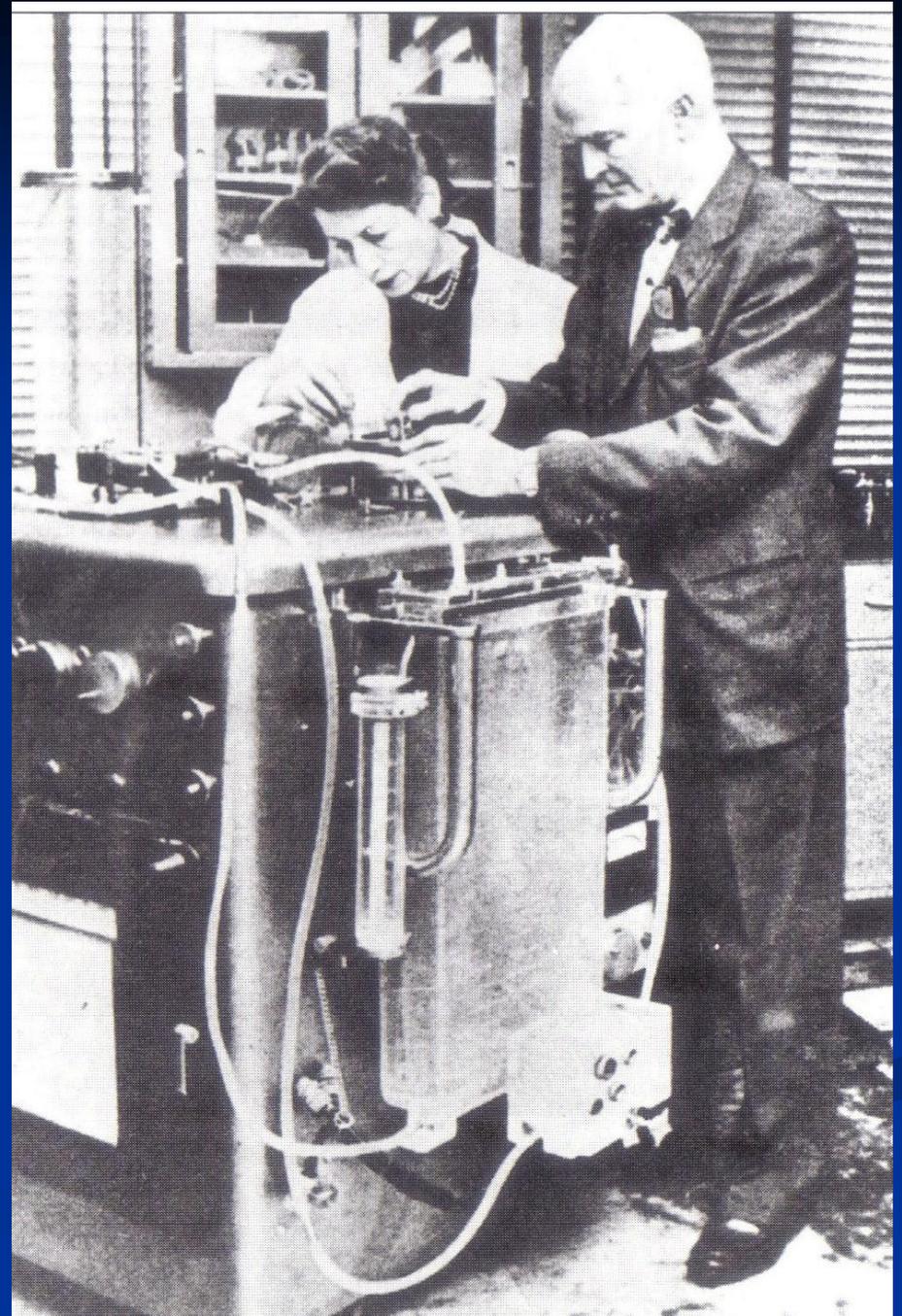
Esquema de circulación cruzada controlada, en la que un "donante", habitualmente el padre o la madre de un niño, servía como bomba y oxigenador para efectuar la cirugía a corazón abierto.

6 de Mayo de 1953

Dr. John H. Gibbon

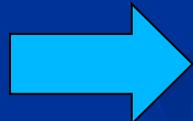
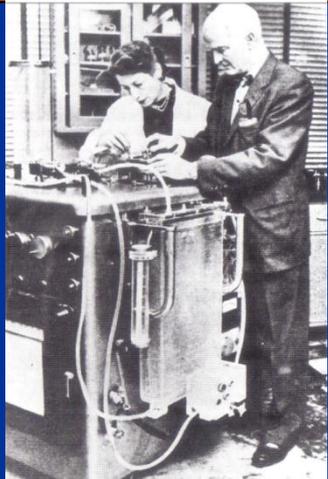
Hospital Jefferson en Filadelfia

1



1

6 de Mayo de 1953  
Dr. John H. Gibbon  
Hospital Jefferson en Filadelfia



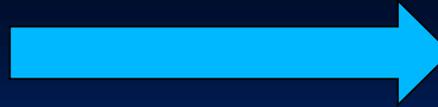
Cecilia Bavolek , 18 años

Comunicación  
interauricular (CIA)



26 minutos de circulación  
extracorpórea

1936  
Charles Best



Síntesis de heparina

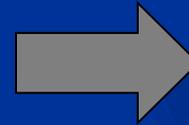
1939 ATS  
Dr. Gibbon



Supervivencia de 4  
animales de laboratorio  
sometidos a  
extracorpórea

1944 Thomas Watson  
IBM

6 de Mayo de 1953  
Dr. John H. Gibbon  
Hospital Jefferson en Filadelfia

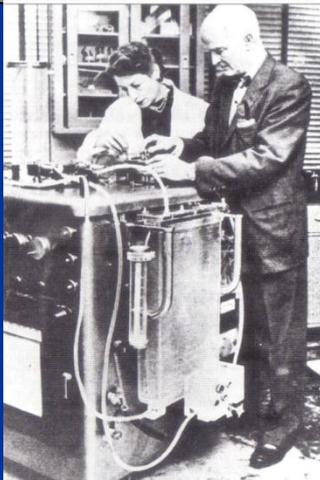


Cecilia Bavolek , 18 años

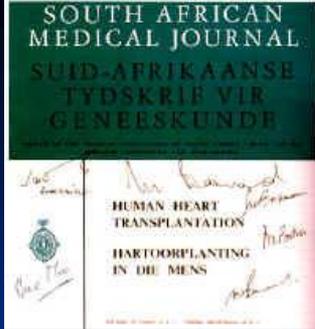
Comunicación  
interauricular (CIA)



26 minutos de circulación  
extracorpórea



1

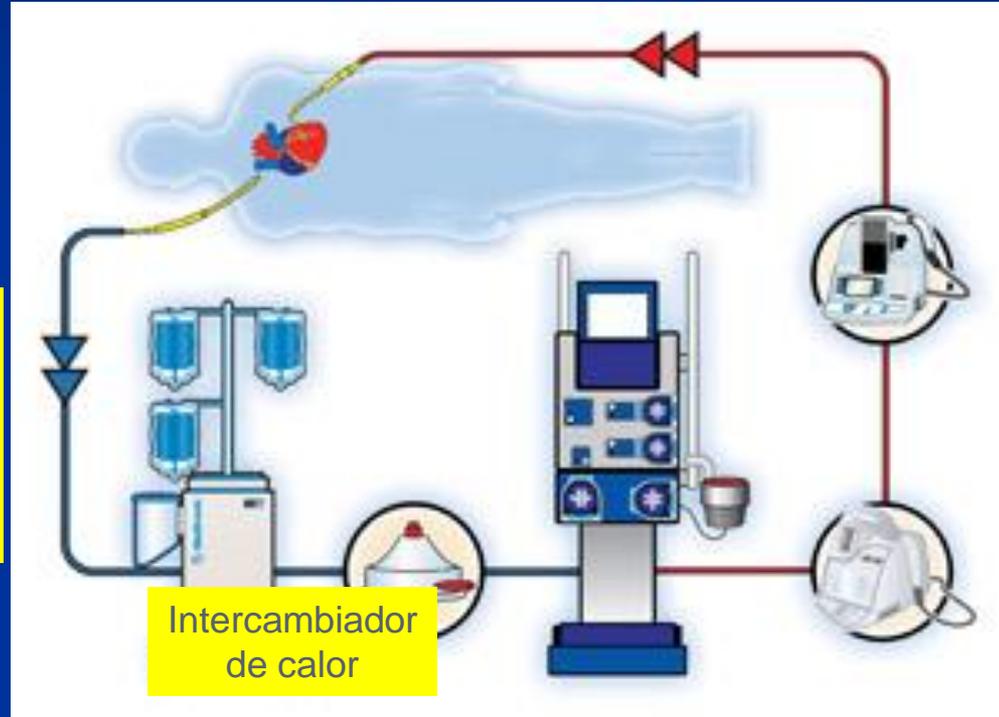
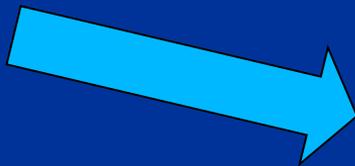


# Avances en cirugía cardiopulmonar Transplante cardiaco

Cirugía con corazón parado



Maquina circulación extracorpórea  
o  
Máquina de bypass  
cardiopulmonar



Intercambiador de calor

Oxigenador

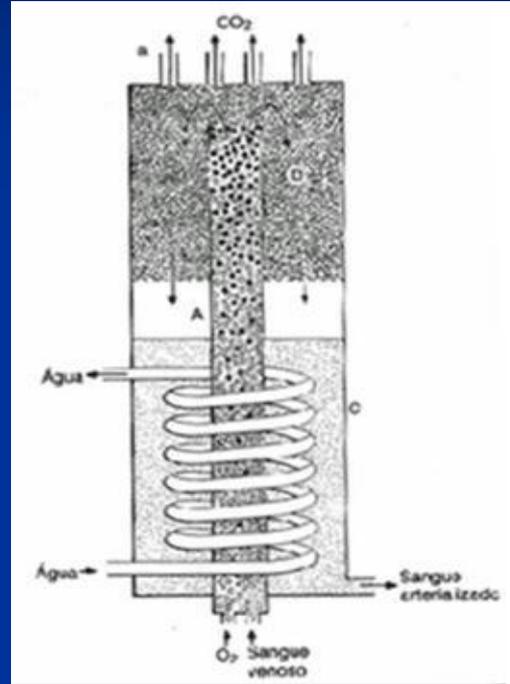
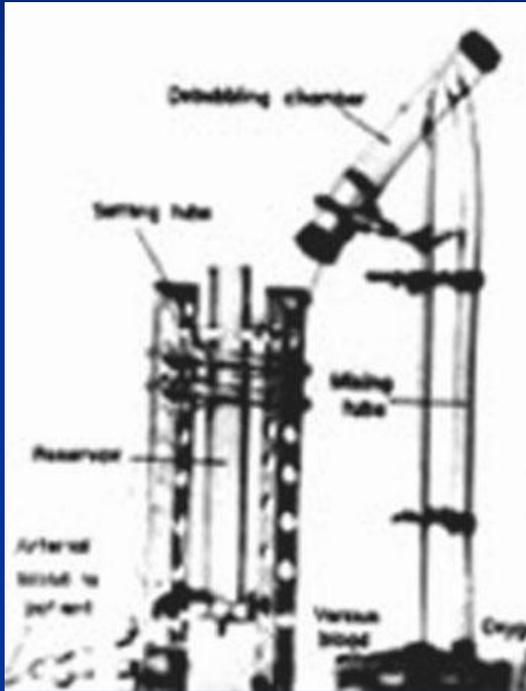
+

Bomba

PERFUSIÓN

La CEC permite sustituir la función de bombeo del corazón y el intercambio gaseoso de los pulmones. Su eficacia se traduce en una buena homeostasia tisular, con los menores efectos secundarios posibles.

# 1. Oxigenadores CEC



Oxigenador de burbujas

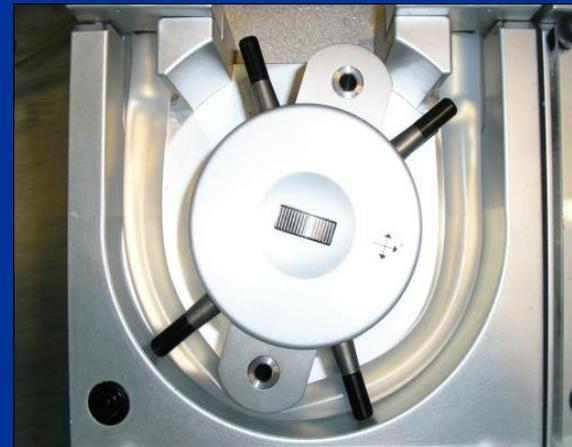
1° prototipo del oxigenador de burbujas( Wall-Lillehei). Compuesto del tubo intercambiador de oxígeno (a la derecha), el recipiente para desburbujear (sobre éste) y el reservorio de hélice (a la izquierda).

# Oxigenador de burbujas



# 2. Bombas

BOMBAS PERISTALTICAS  
DE RODILLO



## Bombas peristálticas:

Se basan en la compresión progresiva de un tubo elástico.

Las más conocidas son las bombas de rodillos que se utilizan habitualmente en circulación extracorpórea (CEC) y hemodiálisis

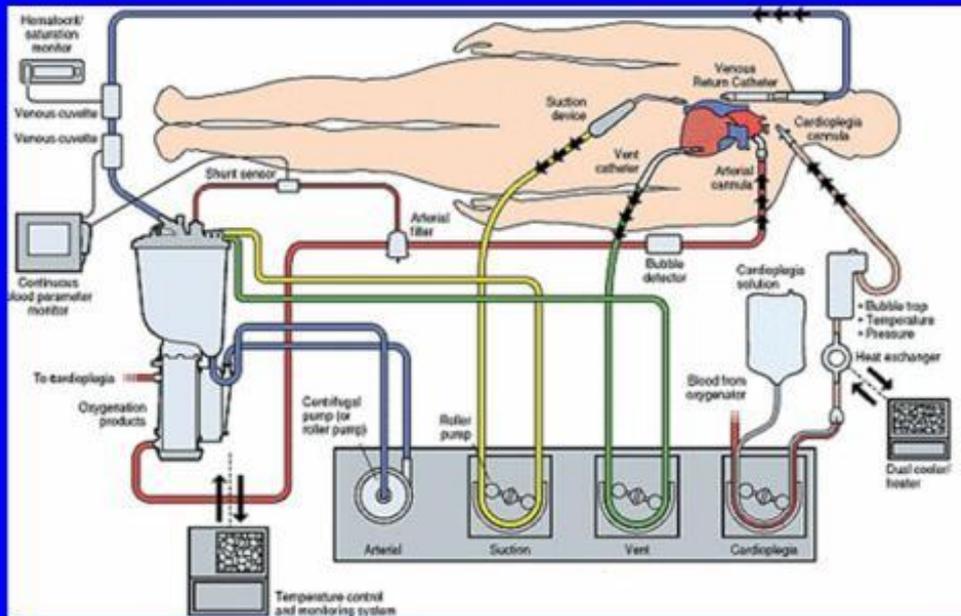


Su funcionamiento es muy sencillo, un motor eléctrico mueve un cabezal provisto de dos a más rodillos que comprimen un tubo elástico contra una carcasa rígida.

Tienen el inconveniente de su gran tamaño y el alto nivel de hemólisis que producen lo que limita su utilización a unas horas.

Generan flujo pulsátil.

# Evolución de los sistema de circulación extracorpórea



- Sangre en contacto con superficies no biológicas: induce respuesta inflamatoria sistémica
- Uso de heparina
- Hemodilución
- Hipotermia
- Bomba externa para impulsar el flujo sanguíneo : lo somete a diferentes tensiones físicas y deformaciones

# Evolución de los sistemas de circulación extracorpórea

Activación plaquetas

Hemolisis

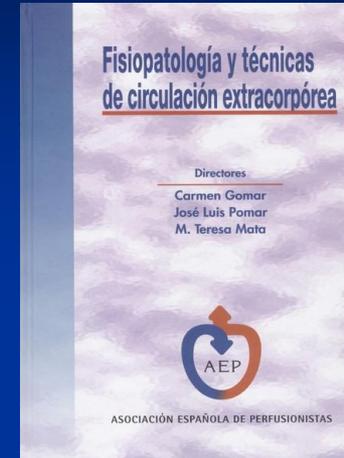
Activación complemento

Isquemia

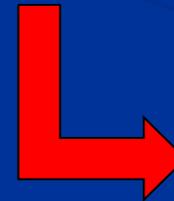
Daño por reperfusión

Liberación endotoxinas

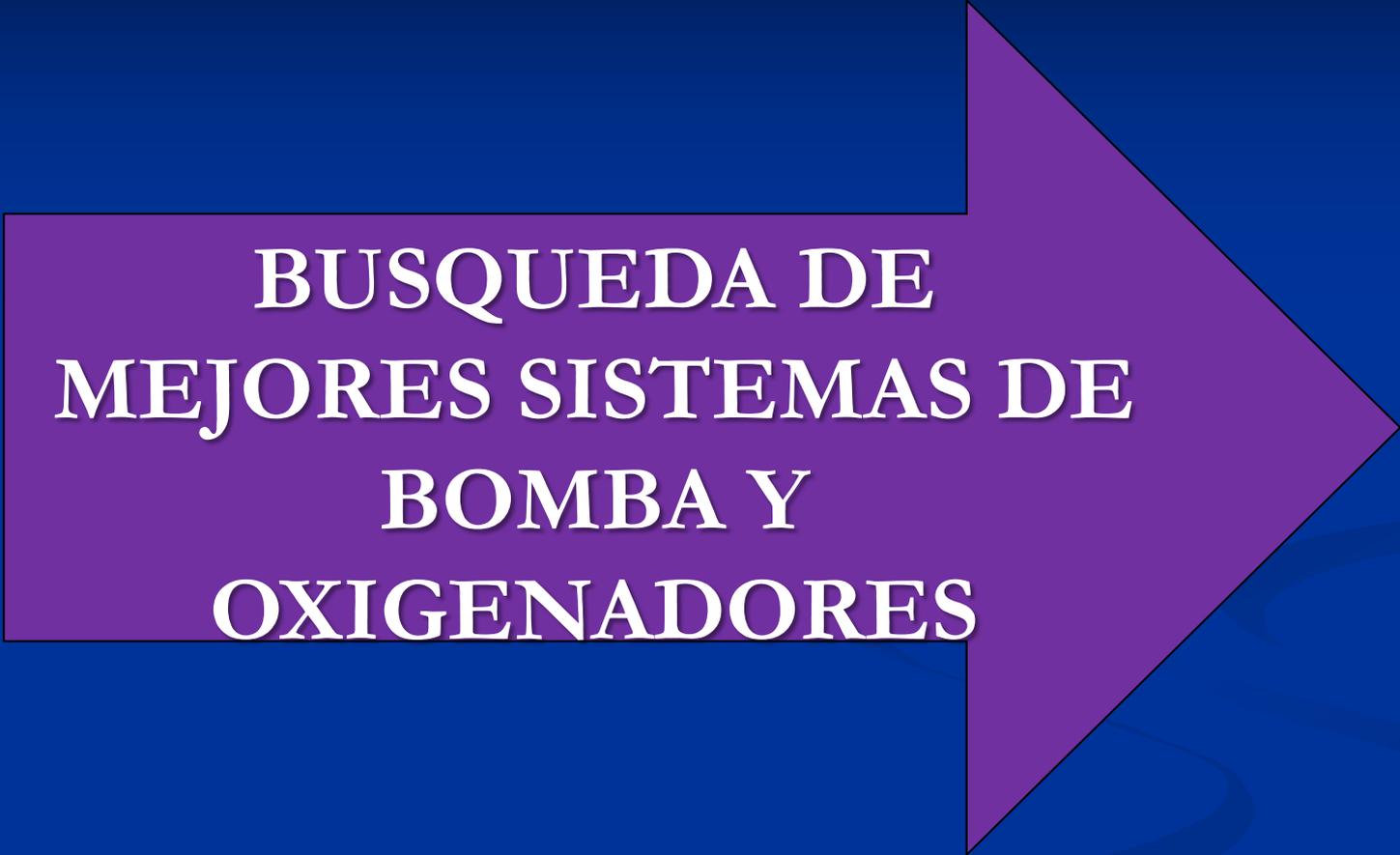
SIRS



Principal limitante:

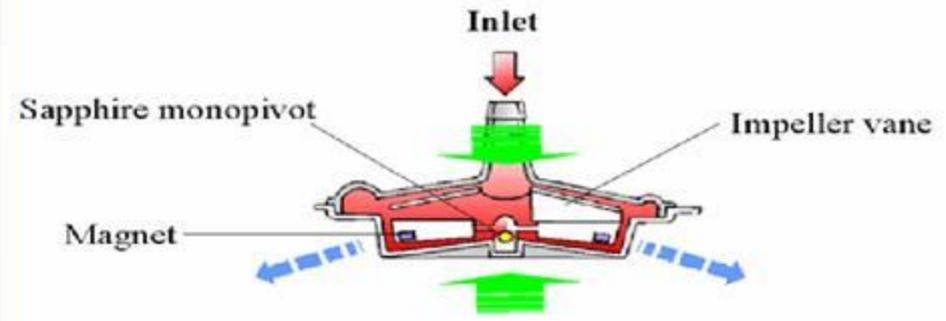
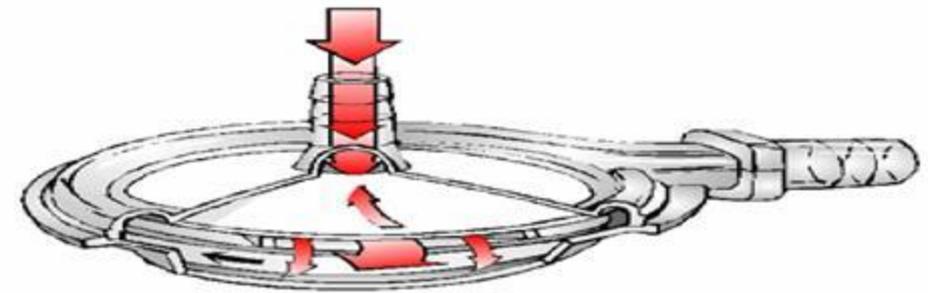


Tiempo de soporte  
reducido



**BUSQUEDA DE  
MEJORES SISTEMAS DE  
BOMBA Y  
OXIGENADORES**

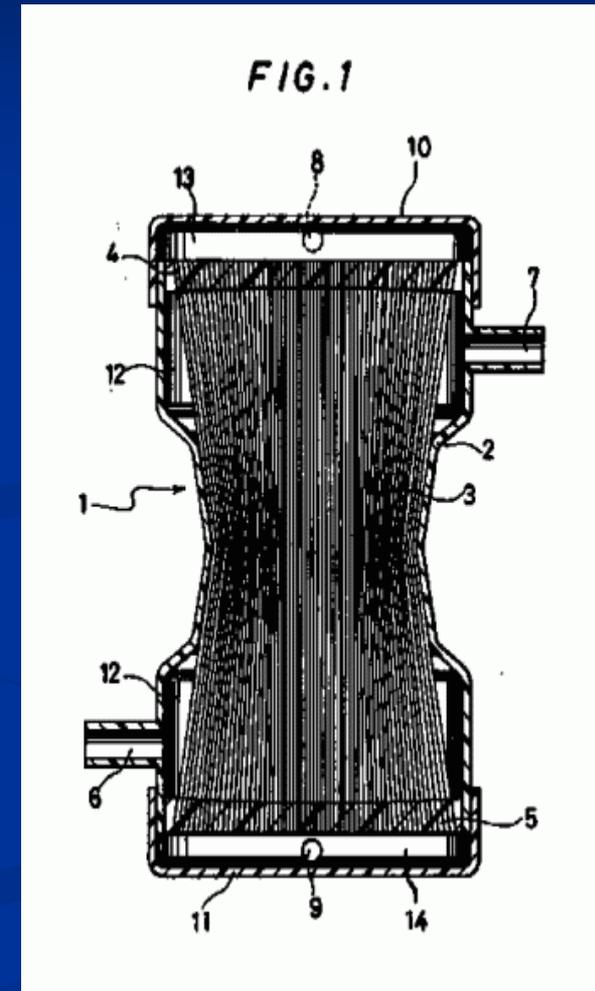
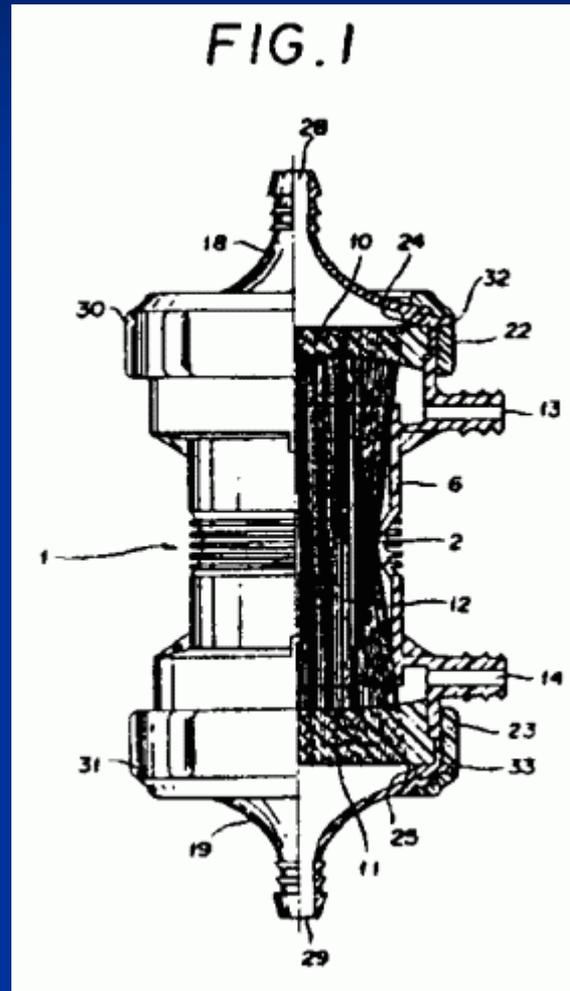
# BOMBAS CENTRIFUGAS



# Oxigenador de membrana

Corresponden a una membrana de caucho reforzada en silicona, envuelta en plástico con una separación en su interior.

En su exterior hay tubos de caucho y silicona plegados que transportan al interior el flujo de gas que circula de arriba hacia abajo

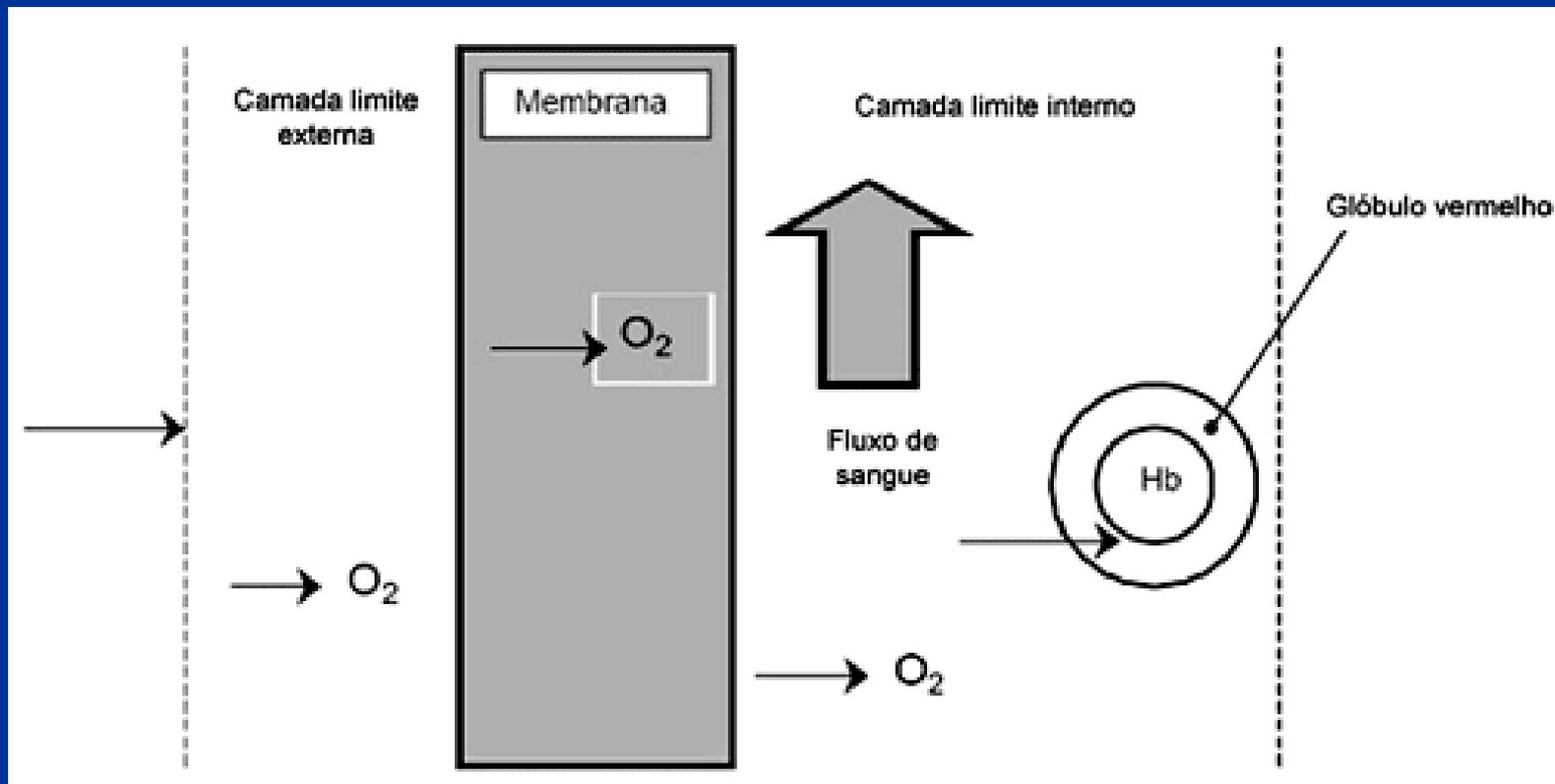


## Separación de las fases gaseosa y acuosa

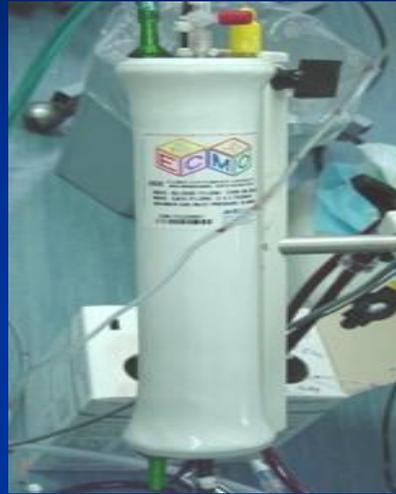
Difusión

Menor hemólisis

Permite tiempos prolongados de uso



# Oxigenador de membrana



# Evolución de los sistemas de circulación extracorpórea

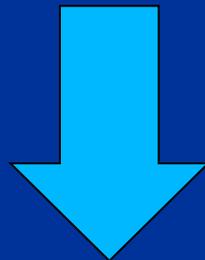
Mejoras en la interface

Intercambio gaseoso

Biocompatibilidad

Separación de fases hemática y gaseosa

oxigenador de membrana



Disminución del daño de los componentes de la Sangre

Tiempo más prolongado de perfusión

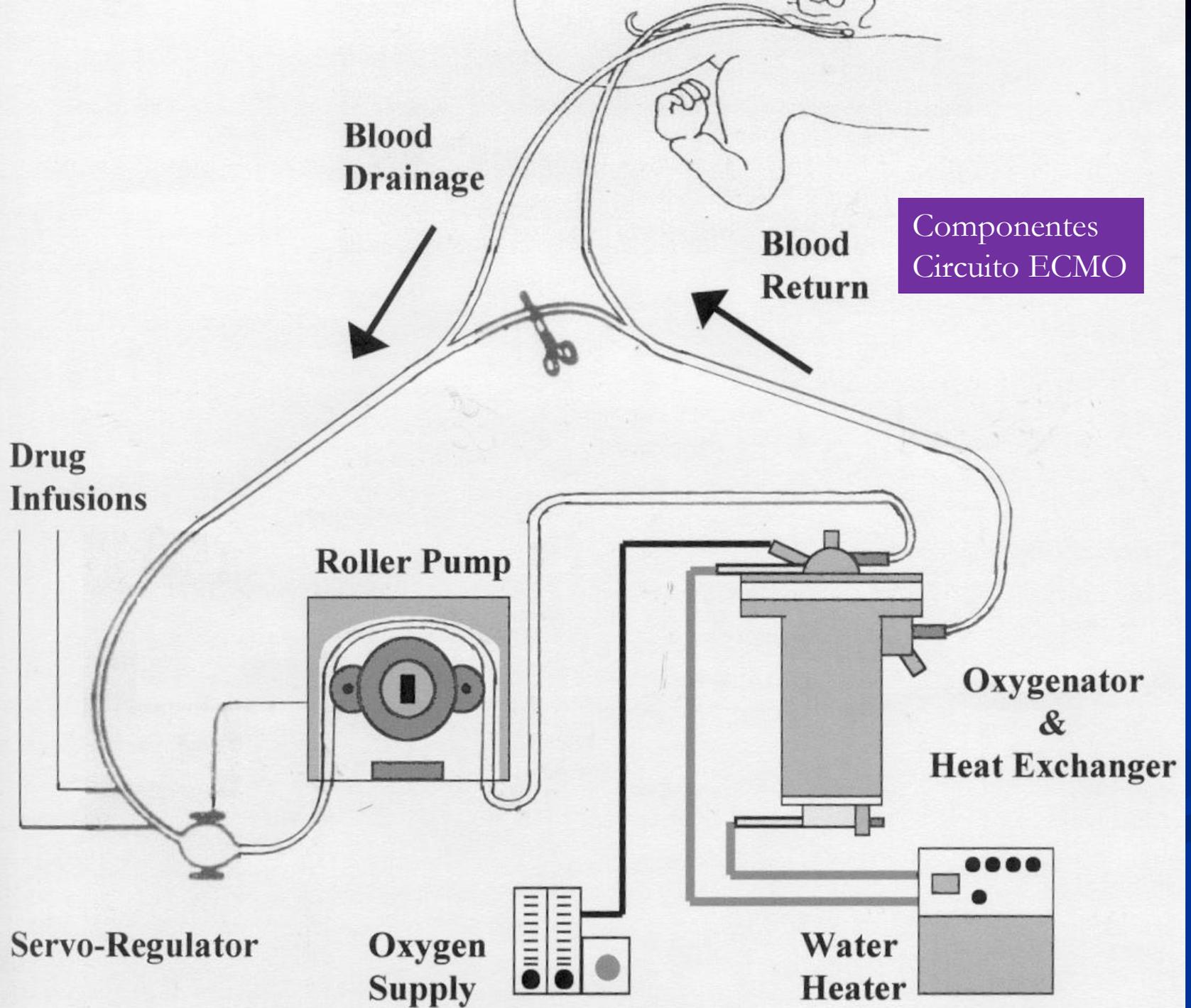


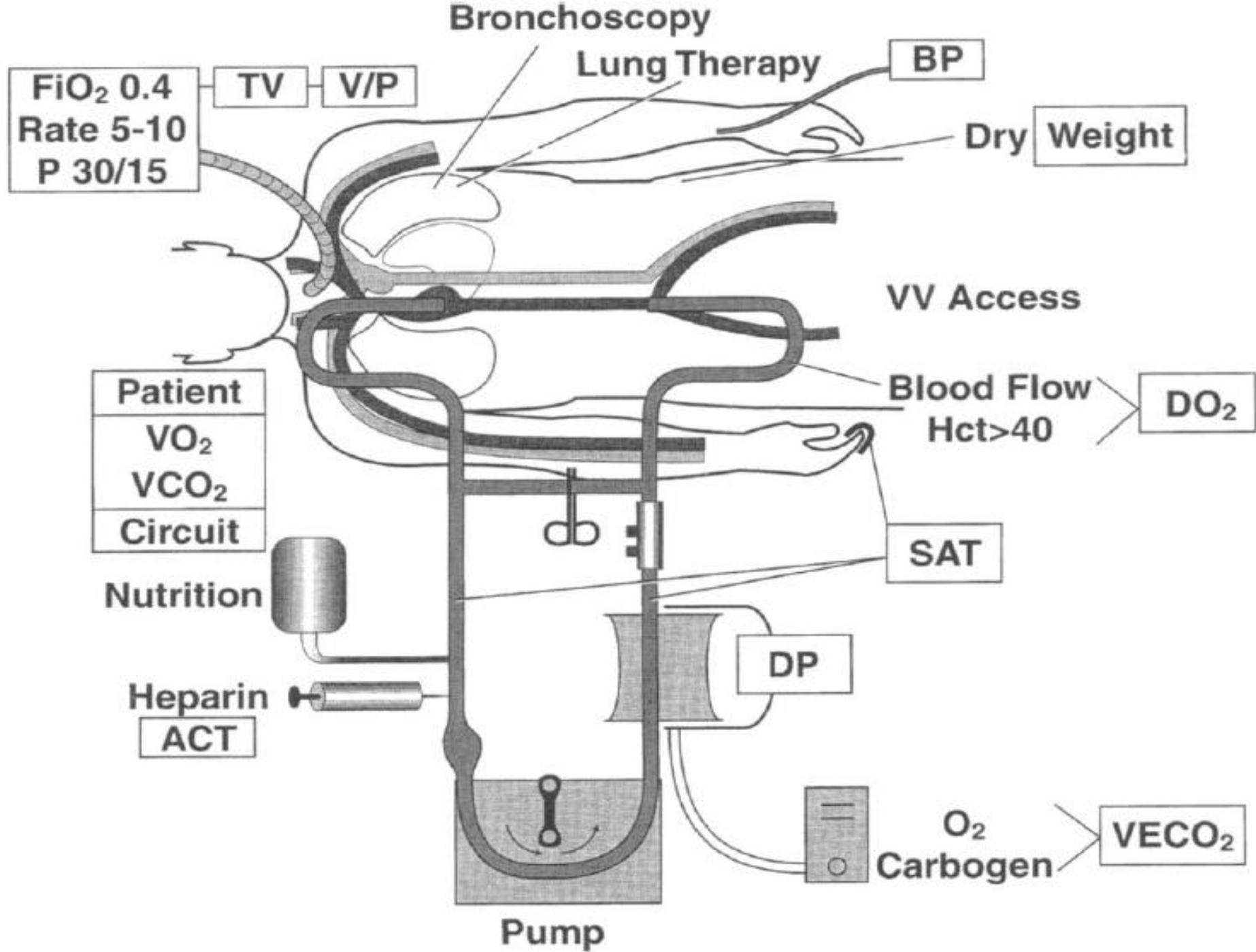
# Circuito ECMO





- El Circuito de ECMO es una extensión de la circulación del paciente
- compuesta por una tubuladura de silicona, cuyo tamaño depende del peso del paciente, que se conecta al lado venoso de la cánula de doble lumen o a la cánula venosa, dependiendo del tipo de ECMO.
- La sangre viaja por esta tubuladura hasta la vejiga o bladder, que es una especie de reservorio venoso, luego pasa a la bomba, que actúa como un corazón, dando las revoluciones por minuto programadas ,pasa al Oxigenador de membrana o pulmón artificial, donde se aporta el O<sub>2</sub> y se remueve el Co<sub>2</sub>, de ahí pasa al intercambiador de calor, donde adquiere la temperatura adecuada para volver al paciente, por el segundo lumen de la cánula venosa o por la cánula arterial





Bronchoscopy

Lung Therapy

BP

$FiO_2$  0.4  
Rate 5-10  
P 30/15

TV

V/P

Dry Weight

VV Access

Patient  
 $VO_2$   
 $VCO_2$   
Circuit

Blood Flow  
Hct > 40  
 $DO_2$

SAT

Nutrition

DP

Heparin  
ACT

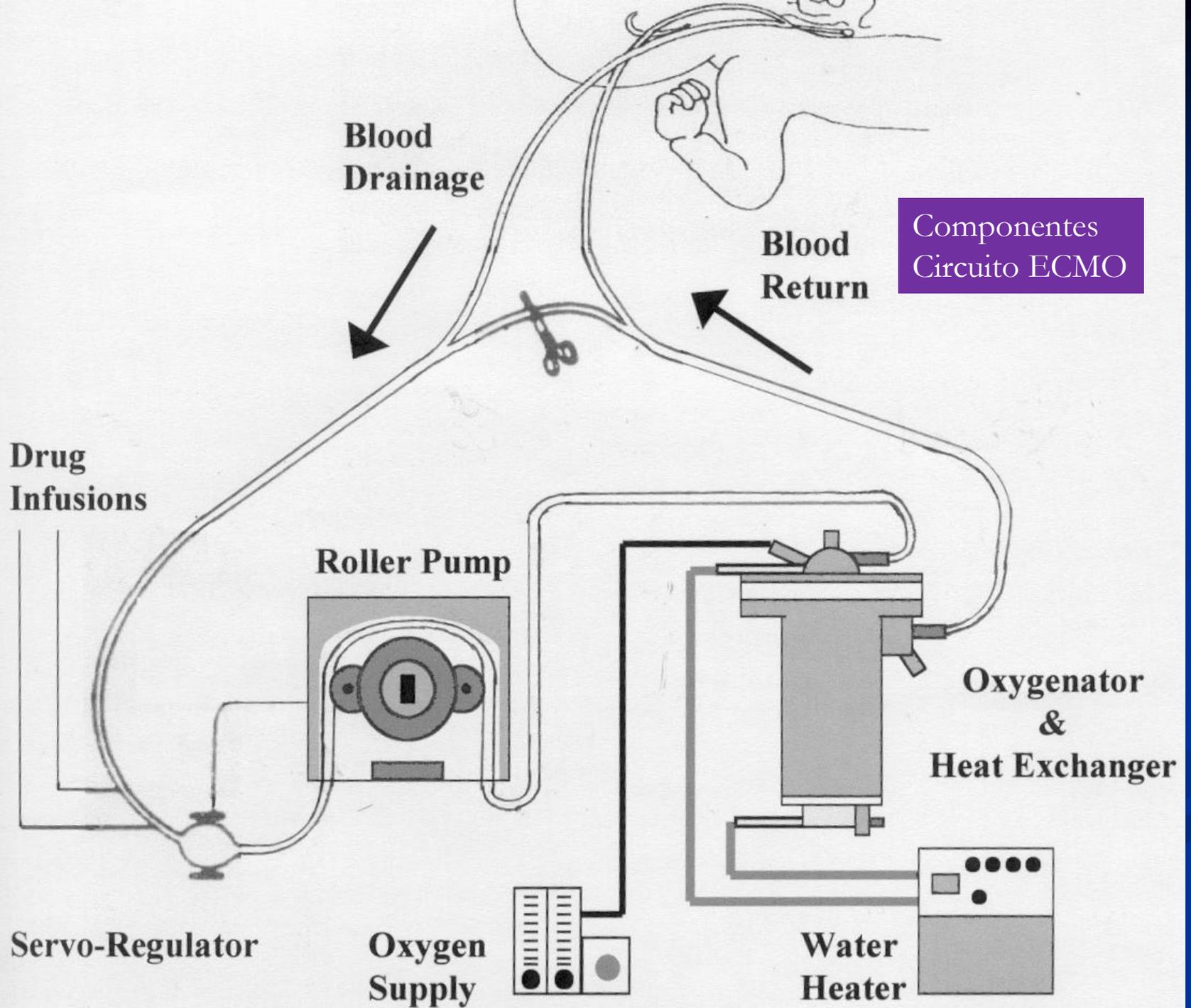
O<sub>2</sub>  
Carbogen  
 $VECO_2$

Pump





El Circuito de ECMO es una extensión de la circulación del paciente compuesta por una tubuladura de silicona, cuyo tamaño depende del peso del paciente, que se conecta al lado venoso de la cánula de doble lumen o a la cánula venosa, dependiendo del tipo de ECMO. La sangre viaja por esta tubuladura hasta la vejiga o bladder, que es una especie de reservorio venoso, luego pasa a la bomba, que actúa como un corazón, dando las revoluciones por minuto programadas, pasa al Oxigenador de membrana o pulmón artificial, donde se aporta el O<sub>2</sub> y se remueve el Co<sub>2</sub>, de ahí pasa al intercambiador de calor, donde adquiere la temperatura adecuada para volver al paciente, por el segundo lumen de la cánula venosa o por la cánula arterial



## TUBULADURAS

Tubuladuras por donde circula la sangre (neonatal 1/4", pediátrico 3/8", 1/2"), los más grandes permiten mas revoluciones por minuto.

La tubuladura que entra en la bomba es de un polímero duro llamado super tygon, el, cual es ideal para flujos altos y no tienen riesgo de ruptura , por la fricción con los rodillos de la bomba .

En el trayecto del circuito van incluidos algunos extensiones con llaves de tres pasos, los cuales permiten el acceso hacia él, de diferentes infusiones ( productos sanguíneos, NPT, heparina etc.).



# Intercambiador de temperatura

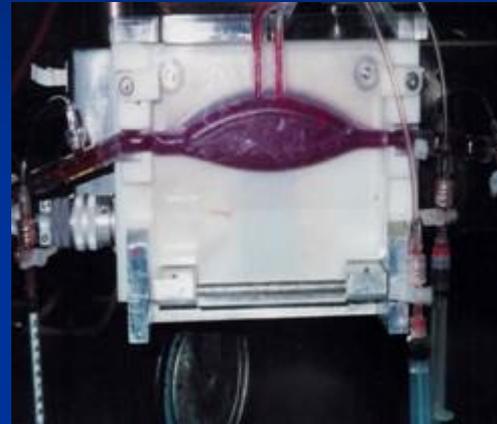
- Normotermia



La sangre que circula por el circuito va perdiendo calor en su recorrido, principalmente en su paso por el oxigenador; por esto debe calentarse la sangre a la temperatura corporal antes de regresar al niño.

El intercambiador de calor es un cilindro de policarbonato por donde circula el agua que calentará la sangre (agua que proviene de un dispositivo donde se calienta a la temperatura que se programe). En su interior existen tubos de acero inoxidable delgados por donde circula la sangre. El agua circula en contracorriente a la sangre, nunca se juntan, la sangre circula por dentro, de arriba hacia abajo, y, el agua por fuera, de abajo hacia arriba.

# Vejiga



Vejiga (bladder) y Monitor de Retorno Venoso: La vejiga sirve como una aurícula derecha desde la cual la bomba de ECMO saca sangre.

Este reservorio también mantiene una presión negativa que se aplica a la pared de los vasos y a la aurícula derecha

# Monitores

**Burbujas:** Es un sensor de ultrasonido y tecnología infrarroja que permite detectar el paso de pequeñas burbujas desde el circuito al niño, las burbujas son un problema crítico especialmente en el V-A, donde el aire en el sistema puede causar embolía en el paciente.

**Monitor de Saturación Venosa :** Refleja la cantidad efectiva del oxígeno entregado en V-A, de la recirculación venosa en V-V, ayudando a aumentar o disminuir el oxígeno que se entrega. Esto a través de una celda con luz infrarroja colocada en el lado venoso



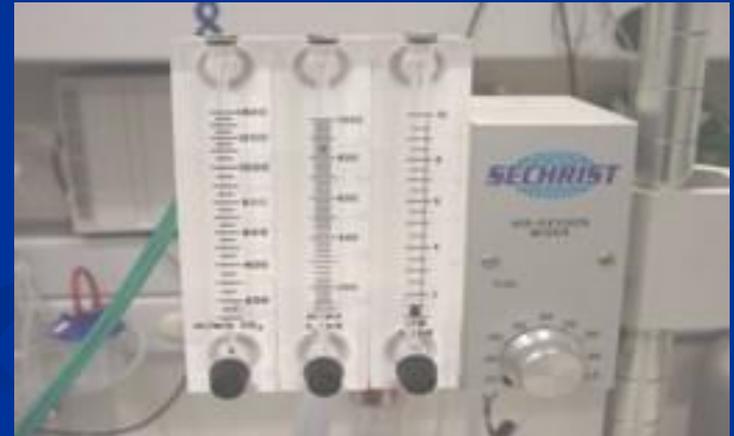
# Monitor de retorno venoso

El monitor de retorno venoso es un aparato de eléctrico que monitoriza el flujo de sangre desde el paciente al circuito de ecmo; tiene una alarma que detiene la bomba cuando el flujo venoso del paciente disminuye, causando una caída en el volumen de la vejiga. Por lo tanto el propósito del MRV., es asegurar que el flujo venoso del paciente es igual al flujo arterial de la bomba



# Sistema mesclador de gases

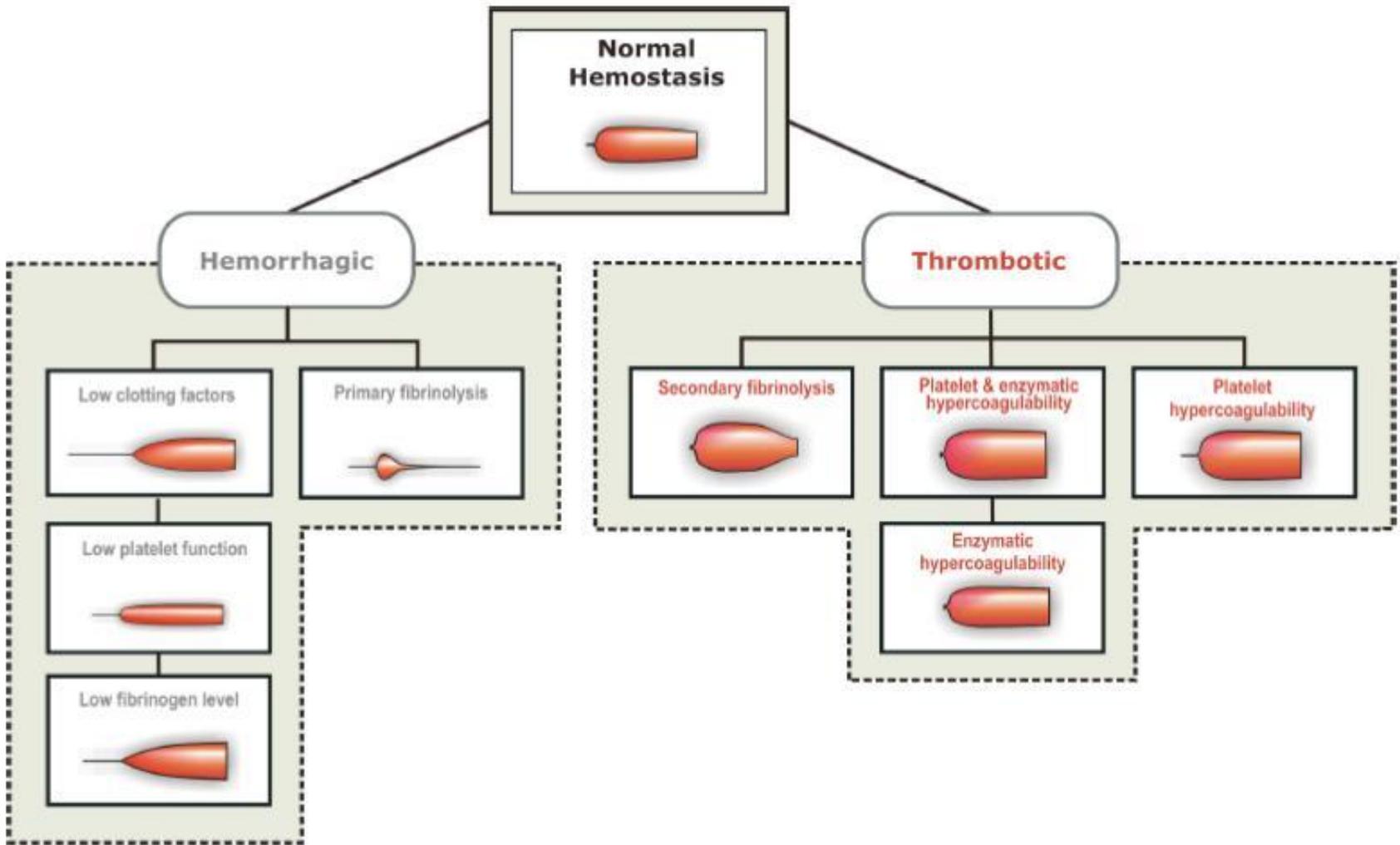
Sistema de Entrega de Gases Clínicos: Consiste en un flujómetro de aire/oxígeno, un microflujómetro de aire/oxígeno, un microflujómetro de CO<sub>2</sub> y un mezclador (blender) aire/O<sub>2</sub>. El mezclador realiza la mezcla de aire con O<sub>2</sub> para obtener el porcentaje de O<sub>2</sub> (FiO<sub>2</sub>) que se desea ingresar al oxigenador; de aquí pasa a los flujómetros, mediante los cuales se puede fijar el flujo total deseado de mezcla que se requiere para oxigenar la sangre que está pasando por la membrana y barrer el CO<sub>2</sub>.



# Analizador ACT

Hemochron : Analizador de ACT (Hemocron) : Es necesario mantener un rango de ACT( tiempo de activación del coágulo) dentro de lo programado para cada paciente. Es un instrumento que detecta el coágulo, el mecanismo de detección consiste en un magneto de precisión alineado dentro de un tubo test donde se echa la sangre, y un detector magnético dentro de la máquina.

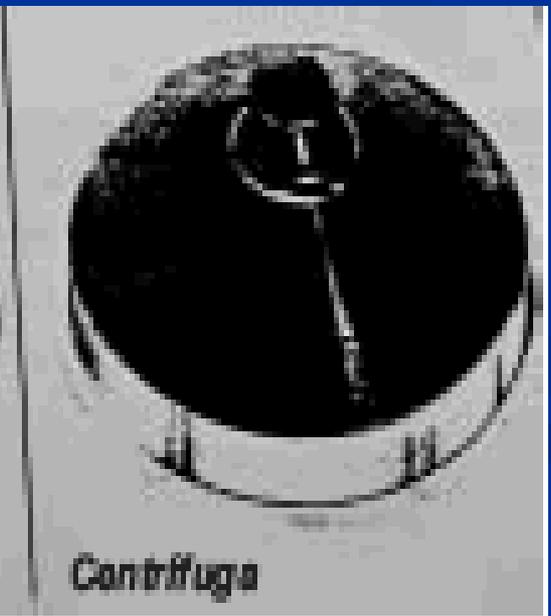




# Bomba

Bombas pulsátiles  
Bombas no pulsátiles

De rodillo  
Impeledor  
Centrífuga



# Bomba

## ■ De rodillo

- No pulsátil
- Un segmento de la tubería del circuito es posicionado dentro de un compartimento de metal circular o canal en el cual la tubería es comprimida por los rodillos
- La cantidad de presión de los rodillos comprimiendo la tubería contra el canal, es llamada “oclusión”, la cual genera un flujo continuo empujando un bolo de líquido en cada revolución; el flujo es controlado por la velocidad de rotación, longitud y diámetro de la tubería en el cabezal de la bomba
- Stoker - Shiley

# Bomba

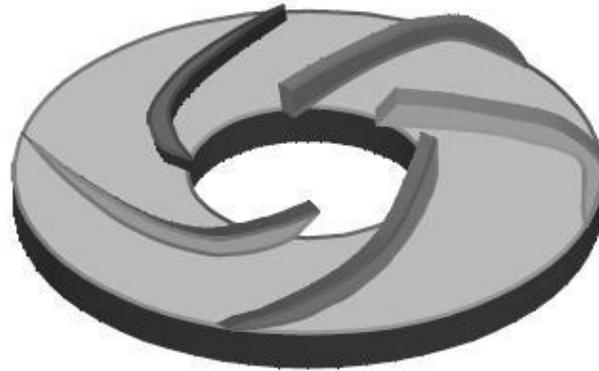
## ■ De rodillo

- No pulsátil
- Un segmento de la tubería del circuito es posicionado dentro de un compartimento de metal circular o canal en el cual la tubería es comprimida por los rodillos
- La cantidad de presión de los rodillos comprimiendo la tubería contra el canal, es llamada “oclusión”, la cual genera un flujo continuo empujando un bolo de líquido en cada revolución; el flujo es controlado por la velocidad de rotación, longitud y diámetro de la tubería en el cabezal de la bomba
- Stoker - Shiley

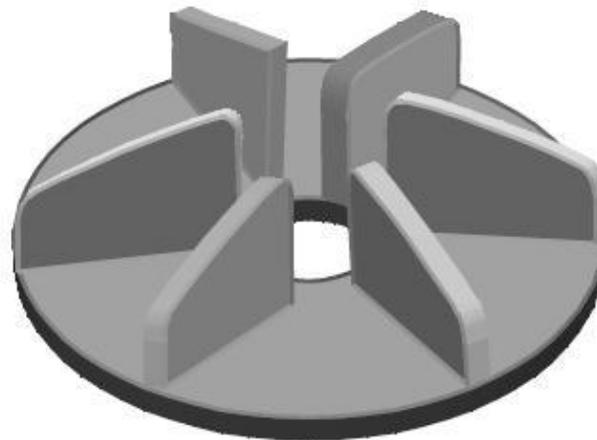


# Bomba

- De impeledor



(a)



(b)

# Bomba

## ■ Centrifugas

- Son un tipo de bomba rotativa (otro tipo. Axiales)
- La bomba centrífuga, no maneja oclusividad, generando presión negativa con riesgo importante de alteración sobre la membrana eritrocitaria representa da en hemólisis y trastornos iónicos



*Bombas centrífugas:* Constituidas por una cámara de forma más o menos cónica con un tubo de salida tangencial y un tubo de entrada central. En el interior de esta cámara se mueve un rotor que hace que el líquido gire a gran velocidad y sea impulsada, gracias a la fuerza centrífuga, por el tubo de salida

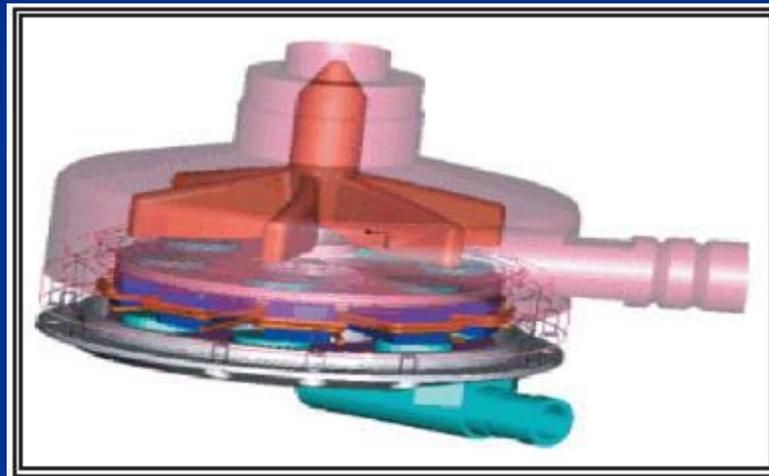
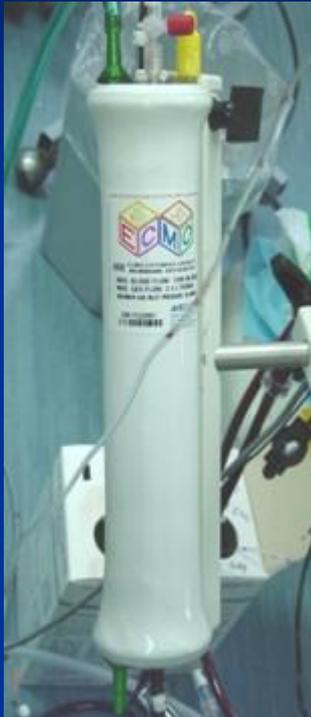


FIGURA 2. Esquema de una bomba rotativa centrífuga.

Las bombas rotativas producen menor hemólisis que las bombas de rodillos y algunas de ellas están diseñadas para asistencias de larga duración. Proporcionan flujo continuo y no requieren válvulas.

Son de tamaño pequeño, su funcionamiento es sencillo y se limita a controlar la velocidad de giro del rotor, el consumo de energía es bajo, son silenciosas

# Oxigenadores



Oxigenador Avecor Medtronic ): Corresponde a una membrana de caucho reforzada en silicona, envuelta en plástico con una separación en su interior. En su exterior hay tubos de caucho y silicona plegados transportan hacia en interior el flujo de gas que circula de arriba hacia abajo . Se enrolla en forma de carrete sobre sí misma, posee una entrada y salida del flujo sanguíneo que circula de abajo hacia arriba . Su tamaño depende de la superficie corporal.



