

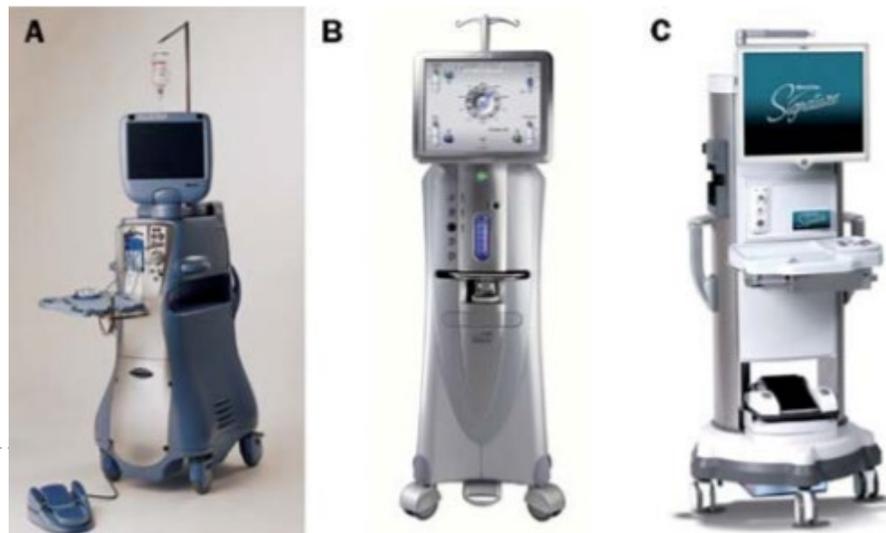
# Fluídica y facodinamia en cirugía de facoemulsificación

Rocío Melero

R2 Oftalmología, Hospital Universitario Torrecárdenas

# EQUIPO FACOEMULSIFICACIÓN

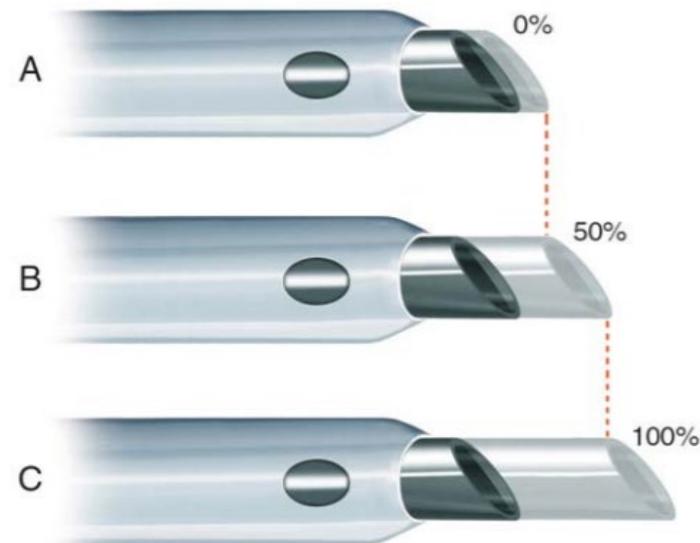
1. Botella irrigación: circula fluido con dispositivo valvular externo
2. Aparato facoemulsificación: contiene sistema de bomba y mecanismos que controlan todo el procedimiento.
3. Línea de aspiración: saca fluido y restos de cristalino.
4. Mango facoemulsificación: confluye línea de irrigación, aspiración y el sistema
5. Pedal: controlar paso de diferentes funciones para la cirugía.





# DINÁMICA DE SÓLIDOS

- ▶ Tip del faco ejerce potencia de frecuencia determinada sobre el cristalino.
- ▶ La potencia puede modificarse según el recorrido posible de la punta del faco.
- ▶ Control con el pedal dicha potencia → Máxima posición = máxima potencia.

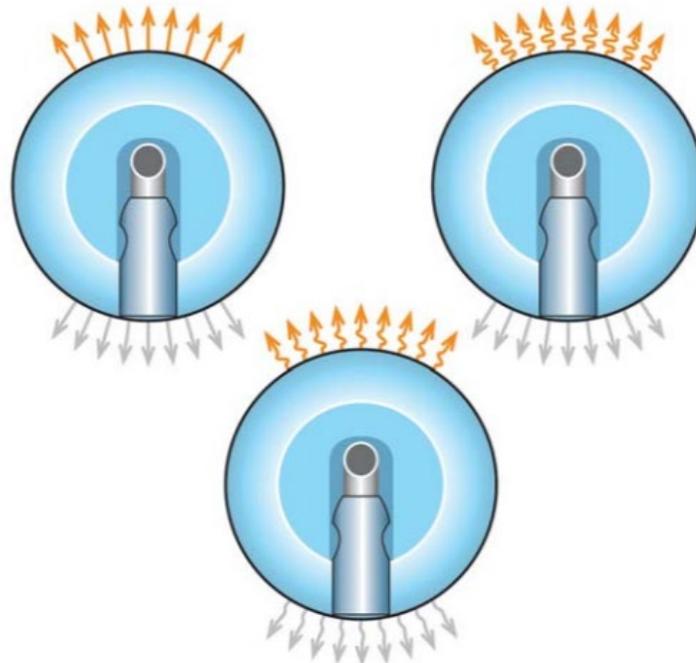




# DINÁMICA DE SÓLIDOS

## ▶ Fuerza = Potencia

- ▶ Potencia  $>$  Resistencia  $\rightarrow$  Destrucción sin desplazamiento
- ▶ Potencia  $<$  Resistencia  $\rightarrow$  Más desplazamiento que destrucción  $\rightarrow \uparrow R$   
**Desinserción zonular por tracción.**
- ▶ Potencia = Resistencia  $\rightarrow$  Destrucción + desplazamiento.





# DINÁMICA DE FLUIDOS

## IRRIGACIÓN

- ▶ Volumen que penetra en cámara anterior.
- ▶ Posición I del pedal.
- ▶ Cc/min
- ▶ Objetivos:
  - ▶ Mantener una PIO constante
  - ▶ Mantener formada la cámara anterior
  - ▶ Alejar la cápsula posterior
  - ▶ Atraer fragmentos al Tip del faco.

### Condiciones esenciales para flujo óptimo

Presión de infusión constante

Mínima fuga de líquidos

Flujo constante de aspiración





# DINÁMICA DE FLUIDOS

## IRRIGACIÓN

### ▶ Presión depende:

- ▶ Altura de la botella → ↑ Altura; ↑ Presión
  - ▶ Evitar la **hiperpresurización** → ↑R sufrimiento zonular, ↑ pérdidas incisionales y compromiso flujo sanguíneo
- ▶ Gravitacional
- ▶ Diámetro tubo irrigación
- ▶ Predeterminada de la máquina

Relación entre altura botella y PIO	
Altura botella irrigación	PIO
Cm	mm Hg
200	147,2
100	73,6
50	36,8
25	18,4
15	10,0



# DINÁMICA DE FLUIDOS

## IRRIGACIÓN

### EXCESIVA

- ▶ ↑ R sufrimiento zonular
- ▶ ↑ Salida líquido por incisiones
- ▶ Protusión iris por incisiones
- ▶ Compromiso flujo sanguíneo

### INSUFICIENTE

- ▶ ↓ Profundidad CA
- ▶ Aproximación CP
- ▶ ↓ Movilidad fragmentos
- ▶ **Peligro Surge o colapso**

### Sistema para aumentar flujo de irrigación

<i>Principal</i>	<i>Secundario</i>
Elevar la altura de la botella	Bajar altura cabeza del paciente
	Retirar sistemas antiburbujas
	Sistemas de irrigación forzada
	Reducir diámetro tip





# DINÁMICA DE FLUIDOS

## ASPIRACIÓN - VACÍO

- ▶ Extracción de líquidos del interior del ojo por succión.
- ▶ **Flujo de aspiración**
- ▶ **Vacío**
- ▶ **Surge**

Factores que condicionan salida de fluidos	
<i>Principal</i>	<i>Secundarios</i>
I. Extracción por vía de aspiración condicionada por:	I. Pérdidas incisionales
I.1 Tamaño incisión	
I.2. Diámetro tip y manguito $\rightarrow < tip < flujo \rightarrow \uparrow$ gradiente de presión	
I.3. Tipo Bomba y ajustes $\rightarrow$ Peristáltica (ajuste directo del flujo) Venturi (ajuste indirecto por modificaciones del vacío)	
I.4. Diámetro y compliance tubo	





# DINÁMICA DE FLUIDOS

---

## ASPIRACIÓN - VACÍO

### ▶ **Flujo de aspiración**

- ▶ Volumen de fluido que puede circular por la línea de aspiración x unidad de tiempo.
  - ▶ Controla forma en la que el material es atraído a la punta del faco.
  - ▶ Posición II del pedal
  - ▶ Cc/min.
  - ▶ No contempla las pérdidas incisionales.
  - ▶ ↑ Flujo → Mejora **followability** facilitando la orientación de los fragmentos hacia la punta del faco.
- 





# DINÁMICA DE FLUIDOS

## ASPIRACIÓN - VACÍO

### ▶ **Vacío**

- ▶ Presión negativa generada en la línea de aspiración
- ▶ Fuerza fluídica con la que el material es adherido a la punta del faco **ocluido** de forma completa.
- ▶ Posición II del pedal.
- ▶ mmHg.
- ▶ Sistema ABS® (Legacy Advantec e Infinity de Alcon)
  - ▶ Refrigeración tip
  - ▶ ↓R surge
  - ▶ ↓ vacío en la punta en relación con nivel preestablecido del equipo



# DINÁMICA DE FLUIDOS

## ASPIRACIÓN - VACÍO

### ▶ **Surge**

- ▶ Colapso CA por tasa de evacuación de líquidos > llenado de CA.
- ▶ Aplanamiento CA
- ▶ ↑R Rotura cápsula posterior → Prolapso vítreo → migración fragmentos
- ▶ Compromiso iridiano
- ▶ ↑R Fracaso endotelial

#### Control del surge

↑ Altura de la botella

↓ Valor de vacío

↓ Flujo de aspiración

Sistema ABS



# BOMBAS DE ASPIRACIÓN

## TIPOS DE BOMBA

- ▶ Responsables del vacío en el sistema

DE FLUJO	DE VACÍO	HÍBRIDAS
Peristálticas	Venturi	Ambos tipos
Scroll	Diafragmáticas	

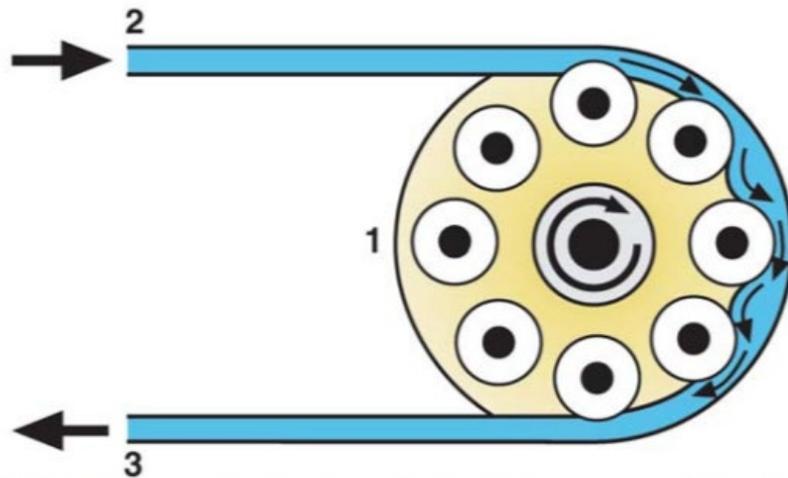




# BOMBAS DE ASPIRACIÓN

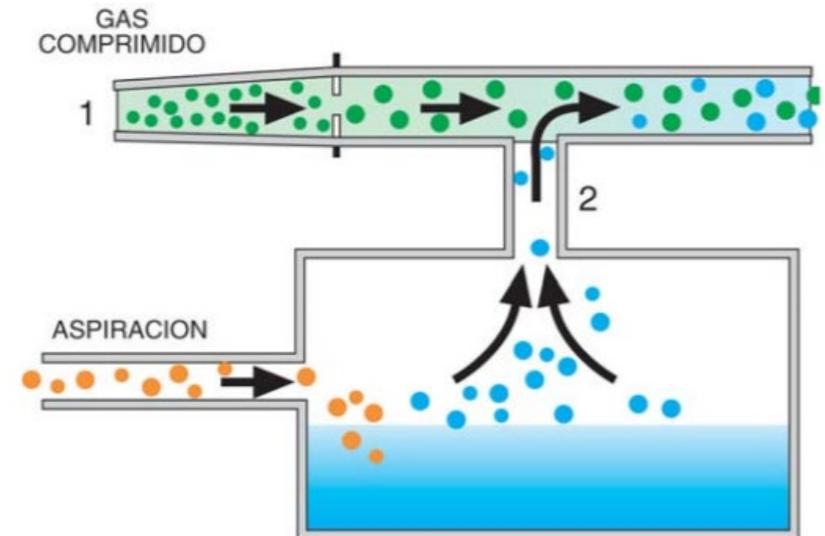
## TIPOS DE BOMBA

### PERISTÁLTICAS



**Fig. 3. Diagrama de bomba peristáltica.** Un sistema de rodillos (1) comprime de forma alternante el sistema de tubos y genera el movimiento de fluidos en su interior desde la línea de entrada (2) hasta la línea de salida o drenaje (3).

### VENTURI



**Fig. 5. Esquema bomba venturi.** Puede observarse como la circulación de un gas (1), facilitada por la apertura de un sistema valvular, genera una succión en el sistema de aspiración (2) haciendo circular los fluidos.



# BOMBAS DE ASPIRACIÓN

## DIFERENCIAS

### PERISTÁLTICAS

- ▶ Control indep flujo y vacío.
- ▶ Vacío generado al ocluir tip
- ▶ Flujo es constante hasta oclusión
- ▶ El flujo de salida depende de la velocidad de la bomba

### VENTURI

- ▶ No posible control indep flujo y vacío
- ▶ Vacío generado automáticamente a traves de una bomba
- ▶ Flujo varía con el vacío
- ▶ El flujo de salida es lineal



# BOMBAS DE ASPIRACIÓN

## RELACIÓN ENTRE BOMBA Y PARÁMETROS

Bombas de flujo			
Parámetro	Ajuste	¿Oclusión?	Efecto
Flujo (cc/min)	↑	No	Mejora <b>followability</b>
		Sí	Mejora <b>rise time</b> (tiempo para alcanzar el nivel de vacío cuando oclusión completa)
Vacío (mmHg)	↑	No	Ninguno
		Sí	Favorece la sujeción en el tip

Bombas de vacío			
Parámetro	Ajuste	¿Oclusión?	Efecto
Flujo (cc/min)	No es posible		
Vacío (mmHg)	↑	No	Controla flujo, mejora followability
		Si	Favorece sujecion en el tip





# ULTRASONIDOS

---

- ▶ Movimiento generado a partir del estímulo de un cristal piezo eléctrico con energía eléctrica.
- ▶ Efecto destructivo sobre el cristalino.
- ▶ Pedal en posición III
- ▶ Potencia del faco → Frecuencia + recorrido longitudinal del tip.
  - ▶ **Frecuencia** → velocidad mov aguja (Hz). 27kHz – 54kHz
  - ▶ **Recorrido longitudinal** → distancia de desplazamiento de la punta desde su posición inicial hasta la mas avanzada.
- ▶ Mecanismos que actúan en la facoemulsificación:
  1. **Impacto mecánico directo**
  2. **Ondas generadas por partículas y fluido**
  3. **Cavitación**
  4. **Onda acústica**



# ULTRASONIDOS

---

## IMPACTO MECÁNICO DIRECTO

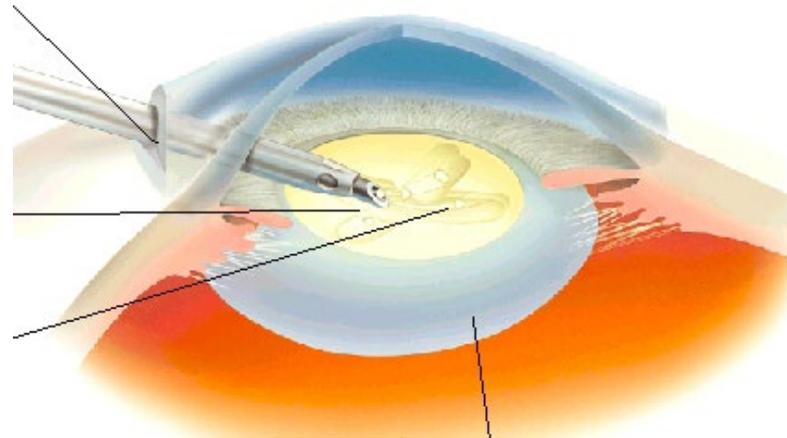
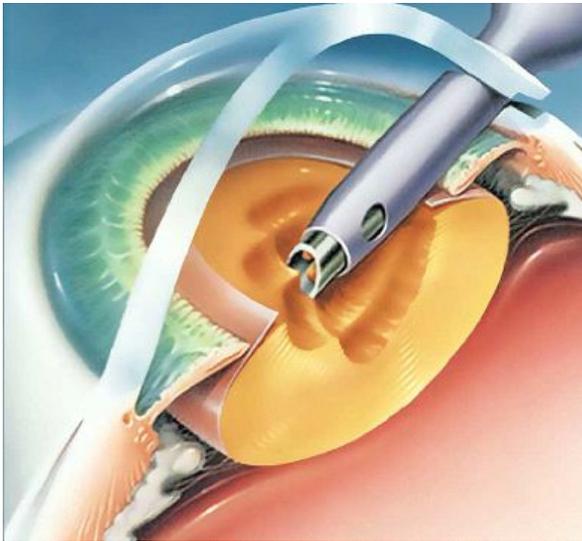
- ▶ Efecto directo de la punta del faco según sus características y recorrido:
  - ▶ Punta aguda proporciona fuerza  $>$  punta roma.
  - ▶ Mayor recorrido  $\rightarrow$  mayor aceleración, impacto y capacidad destructiva.
- ▶ Efecto mecánico es mejor en formas pulsadas que en las continuas debido a la repulsión de fragmentos en esta última.



# ULTRASONIDOS

## ONDAS GENERADAS POR PARTÍCULAS Y FLUÍDOS

- ▶ Fluido a alta velocidad + partículas destruidas del cristalino → ondas de choque → destrucción de más material en la punta del tip.

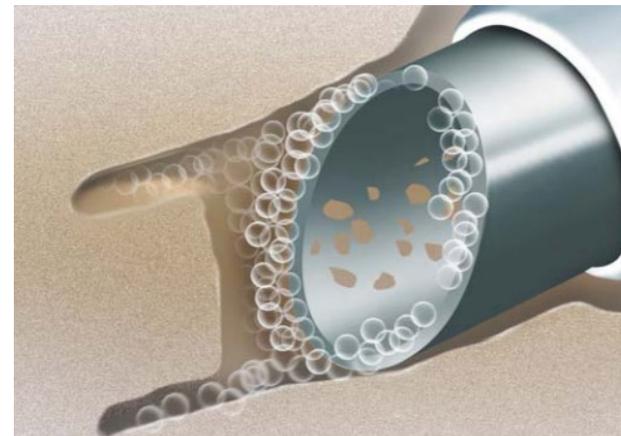
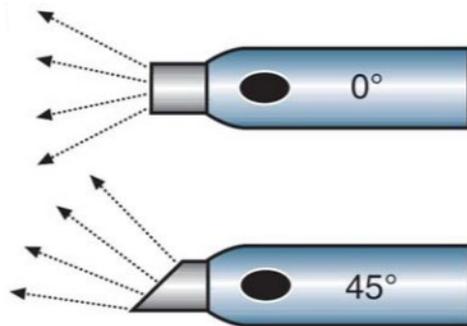




# ULTRASONIDOS

## CAVITACIÓN

- ▶ Implosión de burbujas en la punta del faco debido al área de baja presión que se genera alrededor → Libera gran cantidad de energía
- ▶ Aumenta el poder de corte ultrasónico.
- ▶ Puntas anguladas → **Puede orientar hacia endotelio!**  
Importante verticalizar!!



# ULTRASONIDOS

## CAVITACIÓN

### ▶ 2 tipos de cavitación:

- ▶ Transitoria → al inicio del US ↘
- ▶ Estable → Burbujas vibran pero no fenómeno de implosión. Decece la eficacia.

Modo facoemulsificación	Cavitación		Eficacia cavitación
	Transitoria	Estable	
Contínuo	+	+++	Mínimo
Pulsado	++	++	Moderado
Ráfagas/Burst	++	++/+++	Moderado
Hiperpulsos	+++	+	Máxima



# ULTRASONIDOS

## MODULACIÓN ENERGÍA

- ▶ **Máxima eficacia con mínimo consumo de energía para:**
  - ▶ Menor efecto térmico posible
  - ▶ Mínimo daño sobre estructuras adyacentes (endotelio, incision, iris..)
  - ▶ Rápida rehabilitación visual posible.
- ▶ **2 formas:**
  - ▶ **Modo control panel** → toda la potencia en pedal 3 (no se usa actualmente)
  - ▶ **Modo control lineal** → mayor potencia conforme se pisa el pedal. Mejor control.

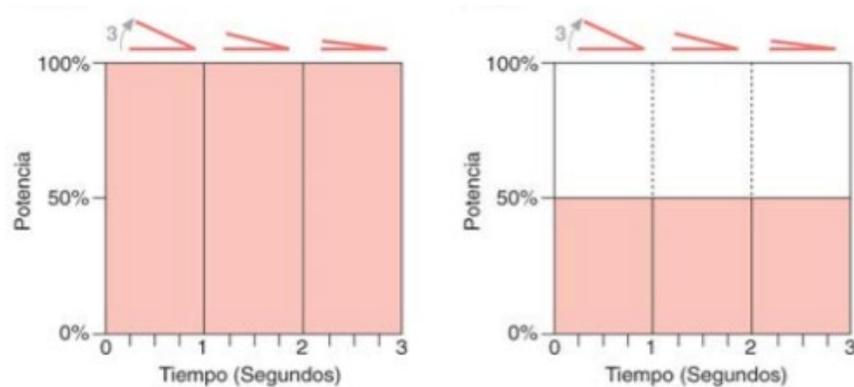


# ULTRASONIDOS

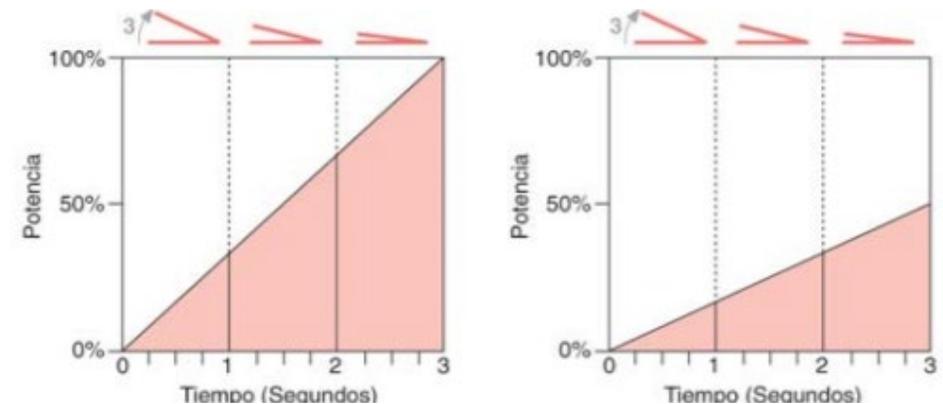
## MODULACIÓN ENERGÍA

### MODO CONTÍNUO

- ▶ Oscilación permanente de la amplitud prefijada.
- ▶ Útil durante el tallado del cristalino.
- ▶ **Técnicas de oclusión (chop o similares) → ↑ potencia → ↑ repulsión → ↑ compensación fluidica**



**Modo control panel**



**Modo control lineal**

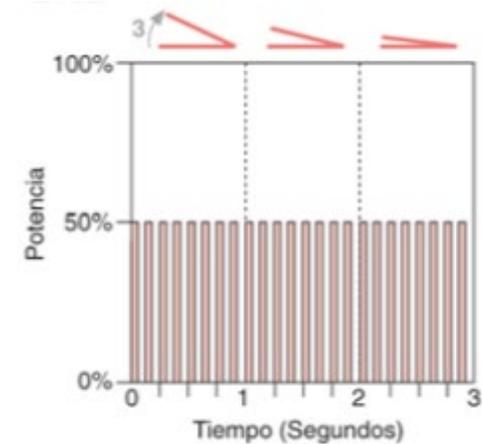
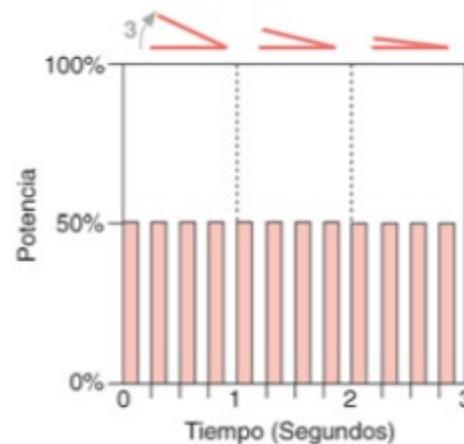
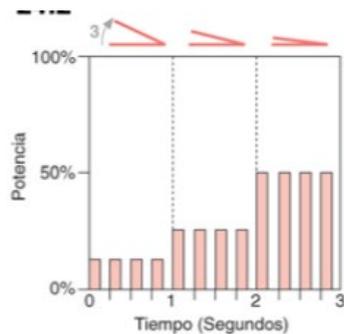
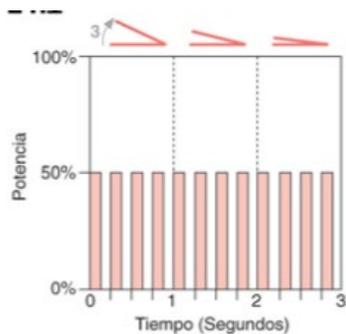


# ULTRASONIDOS

## MODULACIÓN ENERGÍA

### MODO PULSADO

- ▶ Oscilación en forma de pulsos con periodos de actividad (on) y de reposo (off)
- ▶ ↓ uso de energía y generación de calor, favorece mantenimiento CA, sujeción más firme de fragmentos en el tip.
- ▶ Preestablecer pulsos por segundo (1-20seg). Si ↑ n° pulsos → ↑ n° reposo.

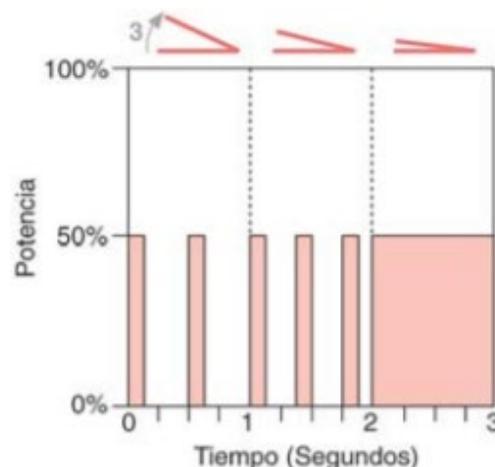


# ULTRASONIDOS

## MODULACIÓN ENERGÍA

### MODO RÁFAGA/BURST

- ▶ Liberación de US modo continuo (porcentaje fijo de potencia) con intervalos de descanso controlados linealmente conforme se pisa el pedal
- ▶ Máxima posición 3 → “modo continuo” → **no reposo, no refrigeración**
- ▶ Técnica chop
- ▶ Inconveniente → no puede usa modo control lineal.



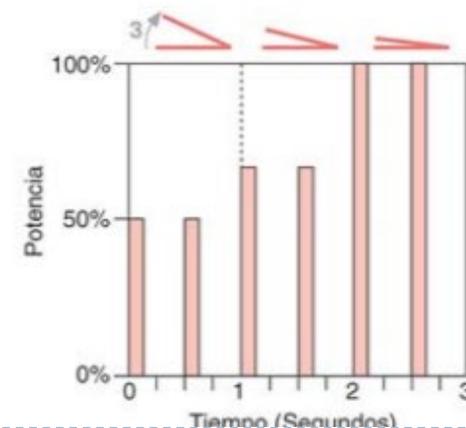


# ULTRASONIDOS

## MODULACIÓN ENERGÍA

### HIPERPULSOS

- ▶ Combinación modo pulsado + Burst.
- ▶ Variación modo pulsado → control de potencia que permite elegir periodos más cortos de pulsos con mayores periodos “off”
- ▶ Mejora followability y protección térmica incisión.
- ▶ Facoemulsificación bimanual → por menor posibilidad de refrigeración por no usar manguito de irrigación alrededor del tip





# ULTRASONIDOS

## MODULACIÓN ENERGÍA

MODO US	VENTAJAS	INCONVENIENTES	USOS
CONTÍNUO		Sin protección térmica Mayor uso energía Mayor chattering	Fase de tallado
PULSADO	Control lineal potencia Protección térmica Mejor followability	Contraindicado para tallado de surco → daño zónula	Técnica de Chop
RÁFAGAS/ BURST	Protección térmica Mejor followability	Potencia del faco fija, no control lineal CI tallado surco	Al empalar en técnicas de Chop
HIPERPULSOS	Máxima protección termica Mejor followability Mayor cavitación transitoria		Técnicas microincisionales bimanuales



¡MUCHAS GRACIAS!

