

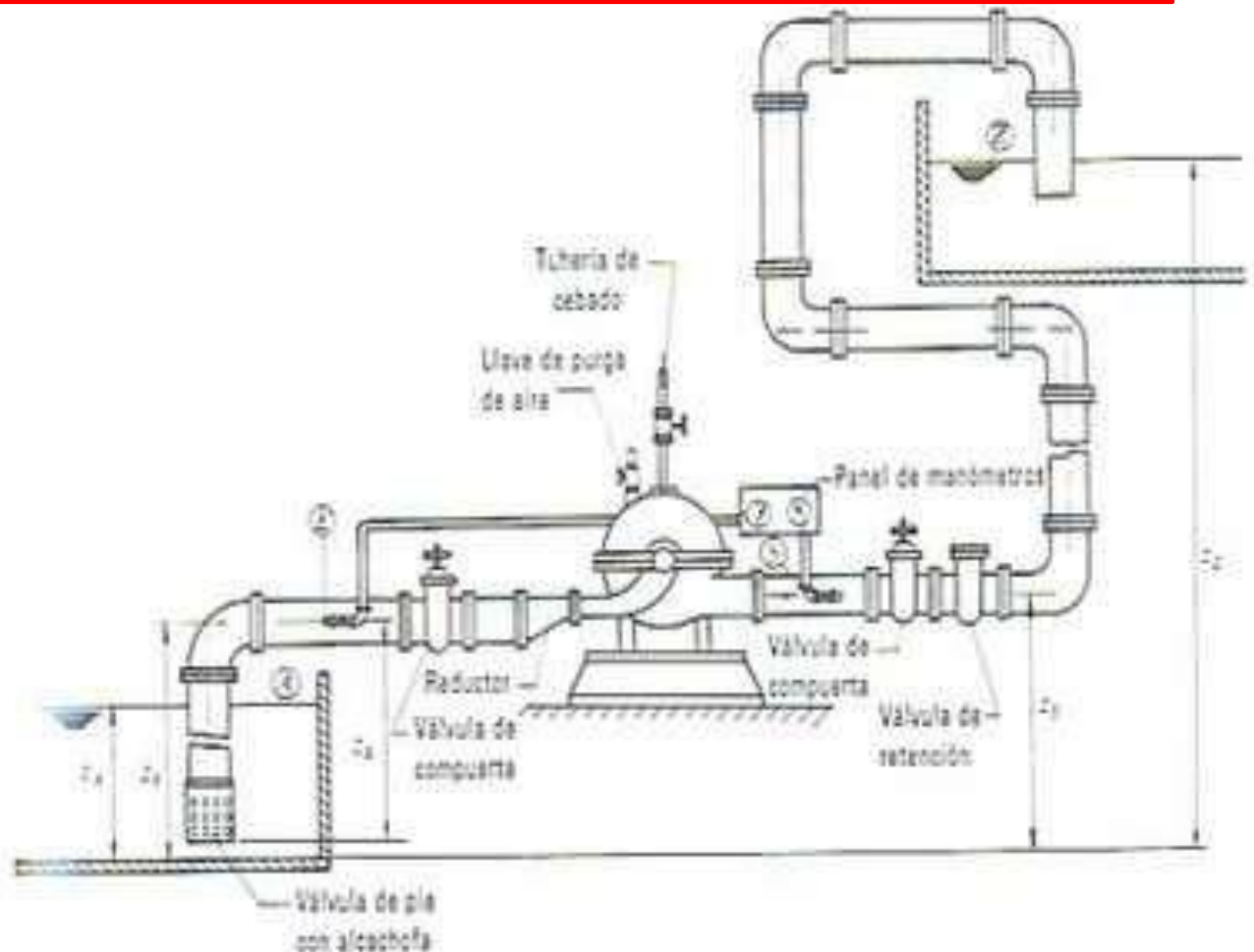
EQUIPOS E INSTALACIONES INDUSTRIALES

Unidad 2

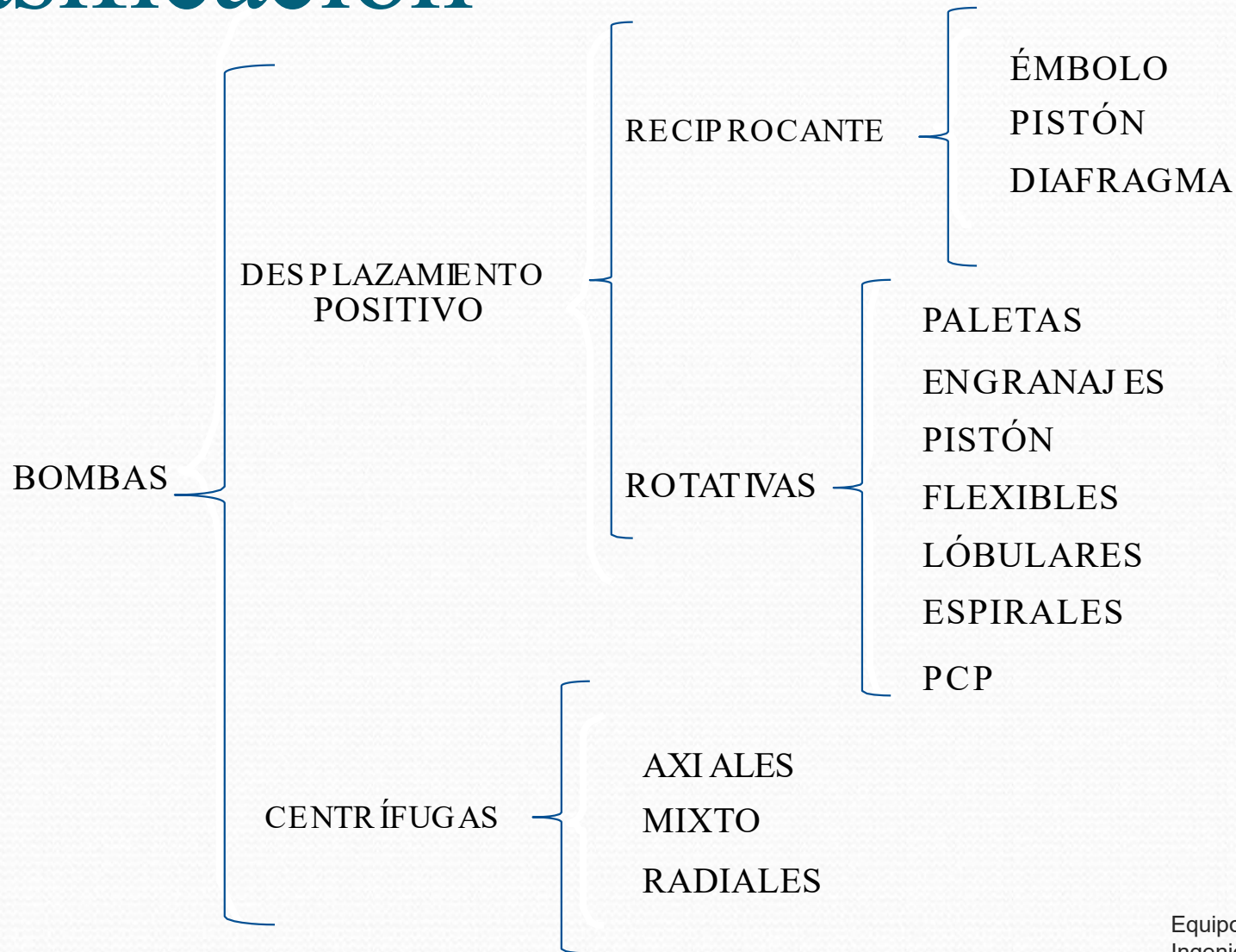
BOMBAS INDUSTRIALES

Bombas

Son máquinas que absorben energía mecánica y la restituyen al fluido que la atraviesa en forma de energía hidráulica.



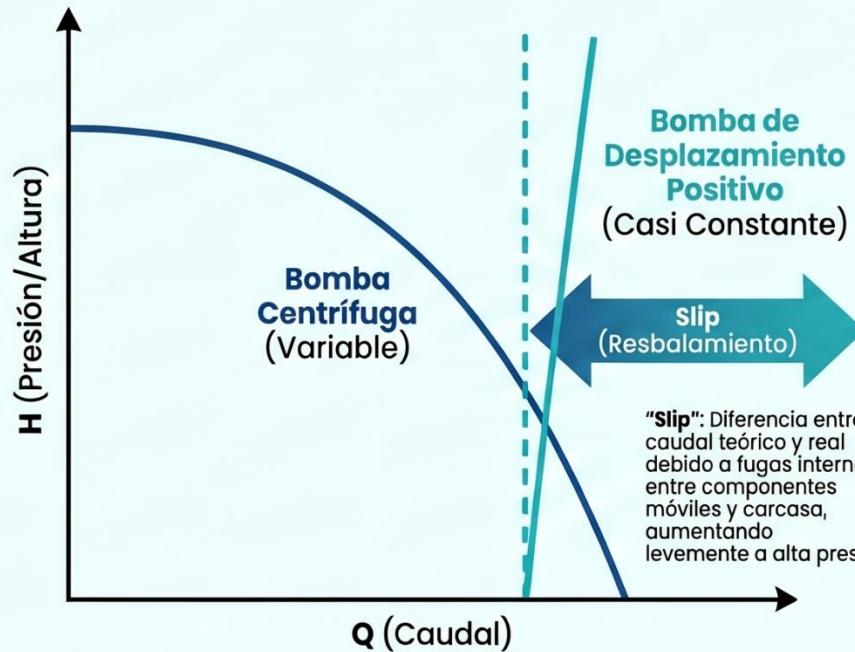
Clasificación



Curvas Características de Bombas: Centrífugas vs. Desplazamiento Positivo

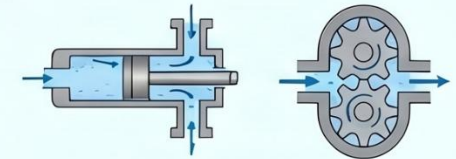
Comportamiento de Bombas Centrífugas

- **Curva Característica Descendente:** La presión (H) disminuye gradualmente a medida que aumenta el caudal (Q).
- **Sensibilidad a la Presión del Sistema:** El flujo de salida varía significativamente si cambian las condiciones de resistencia en la tubería de descarga.



Comportamiento de Bombas de Desplazamiento Positivo

- **Curva Prácticamente Vertical:** Entrega caudal constante independientemente de la presión, desplazando un volumen fijo por ciclo.
- **Ideal para Alta Viscosidad y Precisión:** Su flujo repetible es ideal para medición y manejo de líquidos espesos.



- **Eficiencia Volumétrica: -95%** (en bombas con excelente mantenimiento, con solo un 5% de pérdida por Slip).

Característica	Bomba Centrífuga	Bomba de Desplazamiento Positivo
Relación H vs. Q:	Descendente (Variable)	Casi Vertical (Constante)
Tipo de Flujo:	Continuo	Cíclico / Constante
Viscosidad:	Preferible para baja viscosidad	Excelente para alta viscosidad
Autocebante:	Generalmente No	Sí

Bombas centrífugas

$Q = f()$ No imponen caudal

- El punto de operación surge de:

$$H_{bomba}(Q) = H_{sistema}(Q)$$

Bombas de desplazamiento positivo

$$Q \approx V_d \cdot N$$

- El caudal es:
 - geoméricamente definido
 - corregido por η_v

Variable	Efecto en centrífuga	Efecto en BDP
Viscosidad	↓ Q (muy fuerte)	↑ n_v (generalmente)
Presión	modifica punto de operación	↓ Q (por fugas)
Velocidad	$Q \propto N$	$Q \propto N$ (más directo)

eficiencia volumétrica

$$\eta_v = \frac{Q_{real}}{Q_{teórico}}$$

Considera: fugas internas + compresibilidad + deformaciones

Impacto de variables operativas

- En bombas centrífugas se “calcula el caudal”.
- En bombas de desplazamiento positivo se “calcula el volumen desplazado”.

1- Bomba de desplazamiento positivo

- Entregan una cantidad fija de líquido por cada carrera del pistón o del accesorio móvil.
- Las bombas de desplazamiento positivo (PD) mueven un fluido encerrando repetidamente un volumen fijo y moviéndolo mecánicamente a través del sistema. La acción de bombeo es cíclica y puede ser impulsada por pistones, tornillos, engranajes, rodillos, diafragmas o paletas.

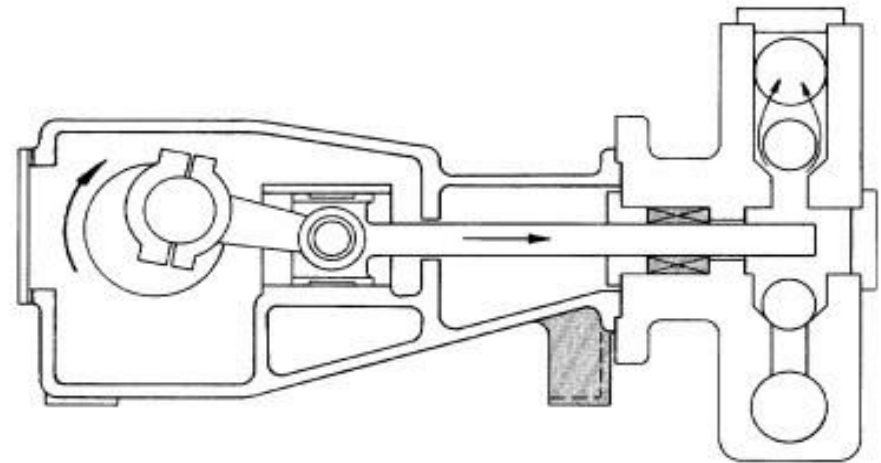
1- Bomba de desplazamiento positivo

- Alta Viscosidad
- Autocebantes
- Altas Presiones
- Flujos Pequeños
- Alta Eficiencia
- Baja Velocidad
- Baja Tensión de Corte
- Capacidad de manejo de sólidos frágiles
- Bombeo sin sellos
- Preciso, medición del flujo repetible
- Flujo Constante/ presión del sistema variable
- Flujo en dos fases

1.1 - Bombas Reciprocantes

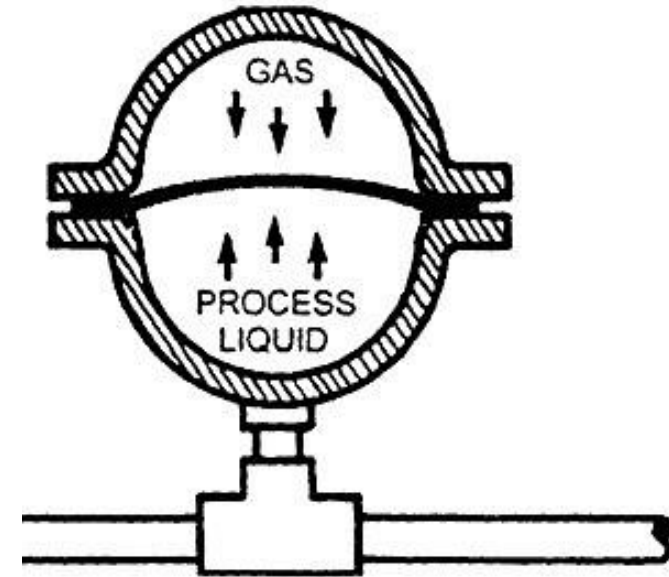
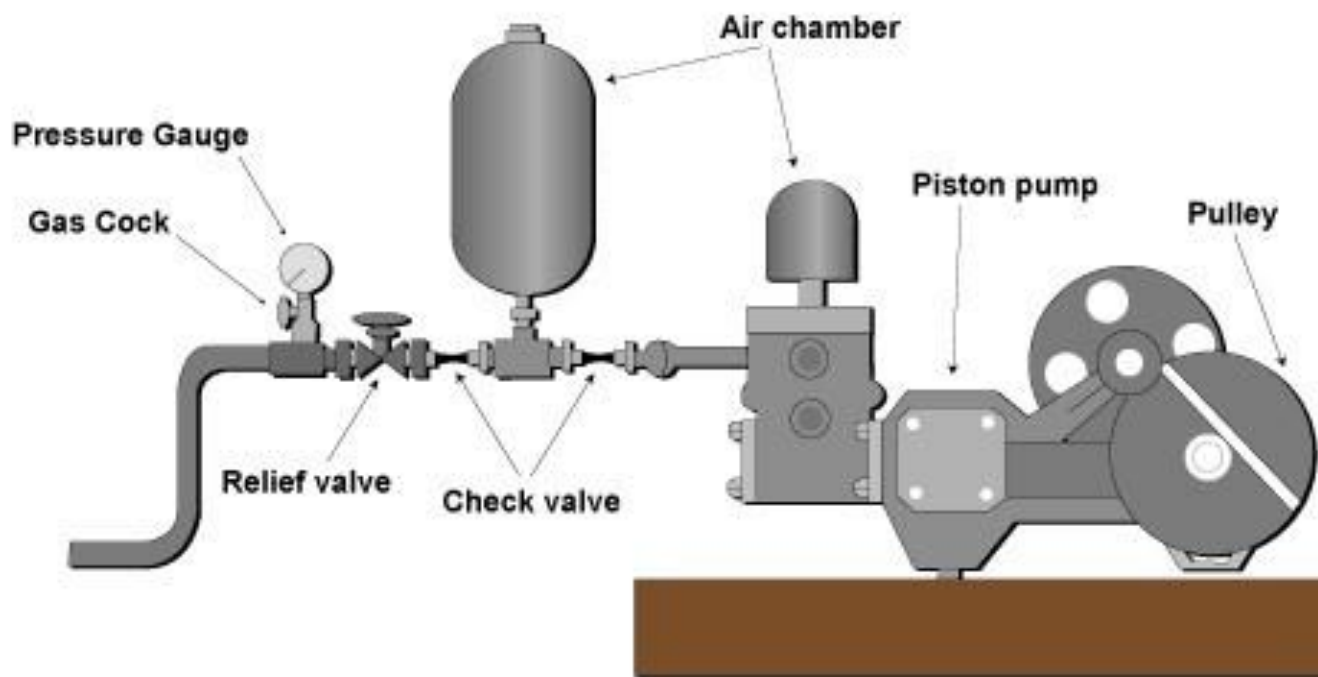
Son unidades que descargan una cantidad definida de líquido durante la carrera o movimiento del pistón o del émbolo.

- Utiliza sistema biela-manivela
- El suministro real puede ser menor que el volumen barrido debido a las fugas observadas al paso del pistón y a las fallas de llenado del cilindro.
- La eficiencia volumétrica en bombas con buen mantenimiento 95%.

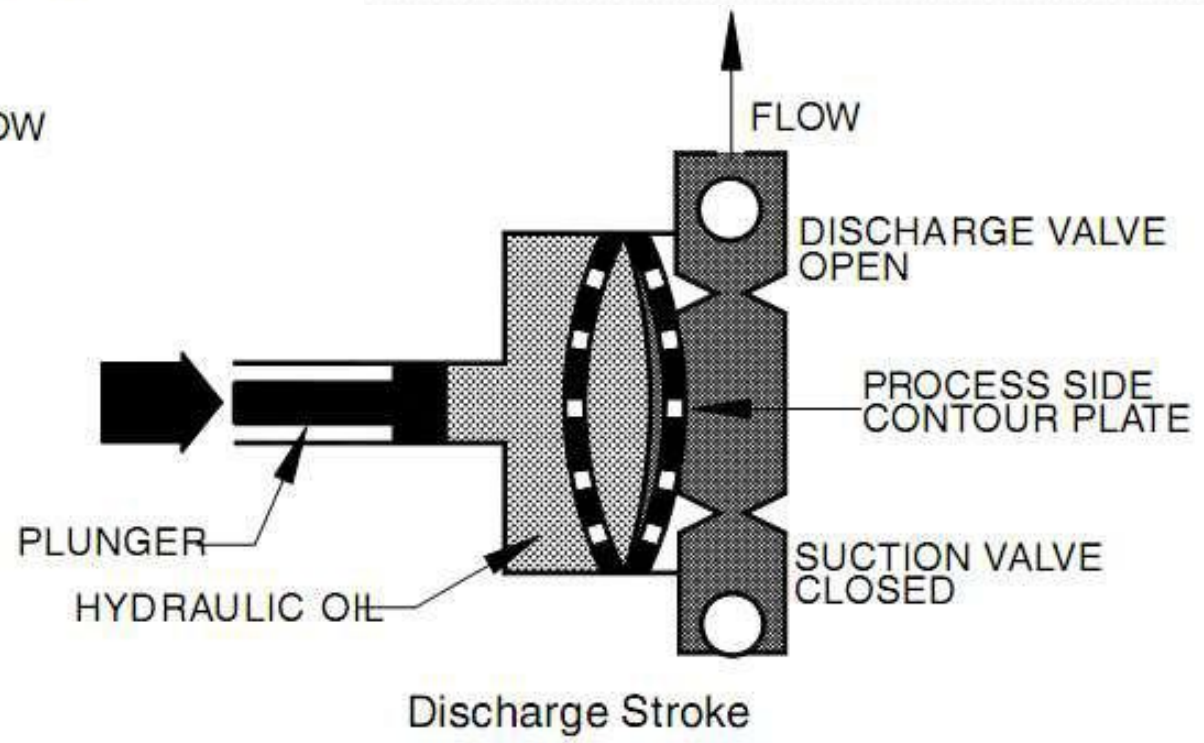
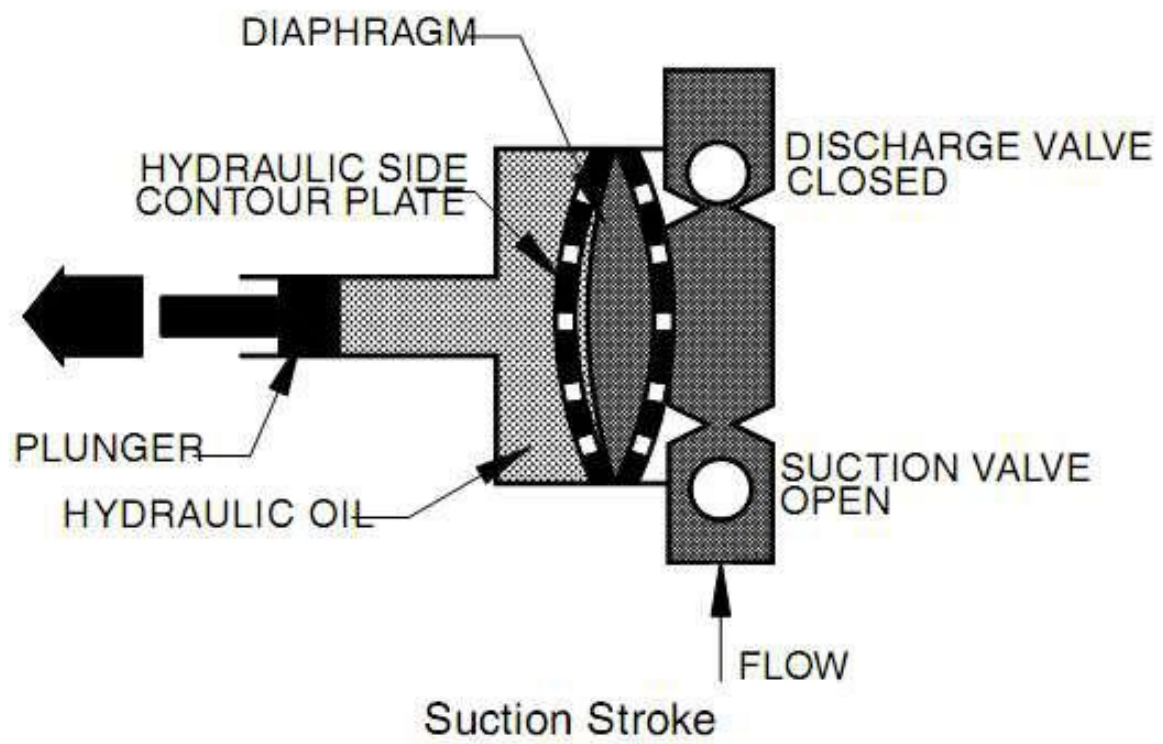


Compensación de Pulsos

Piston Pump



De Diafragma



1.2- BOMBAS ROTATORIAS

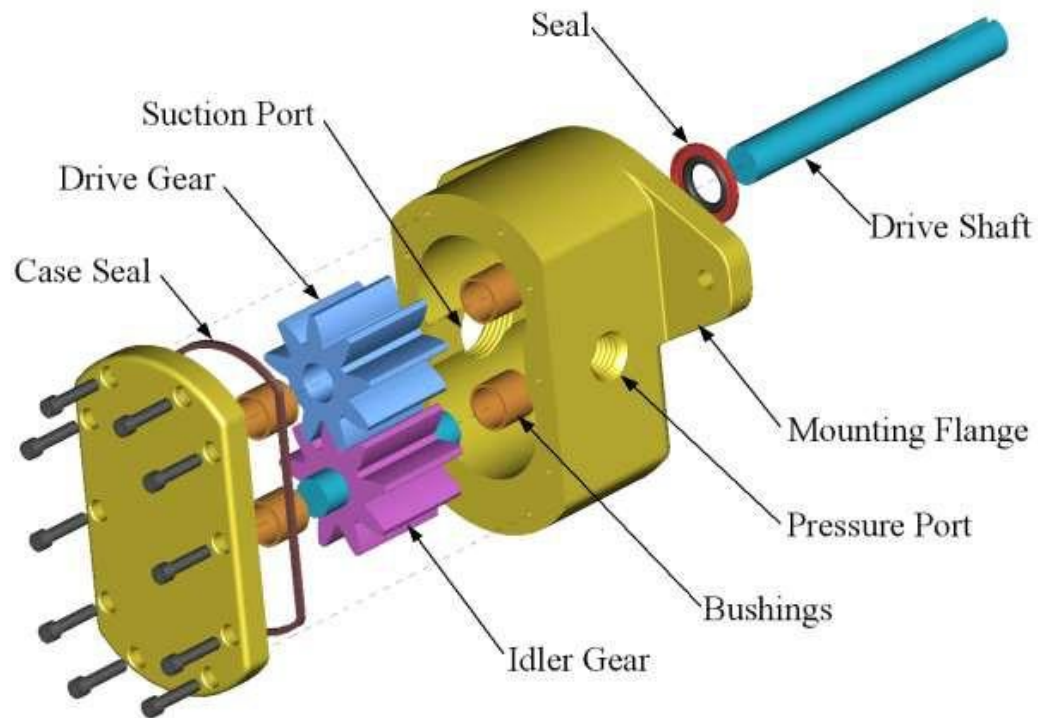
Son unidades que poseen engranajes, pistones, levas, tornillos, etc,

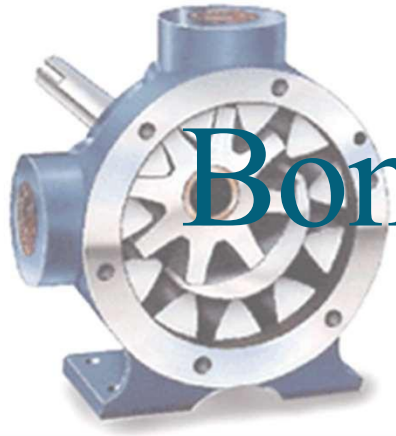
- Operan de manera tal que al girar crean una presión reducida en la entrada haciendo que la presión externa empuje el líquido dentro de la carcasa de la bomba para que luego con una nueva rotación es obligado a salir de esta.

Características:

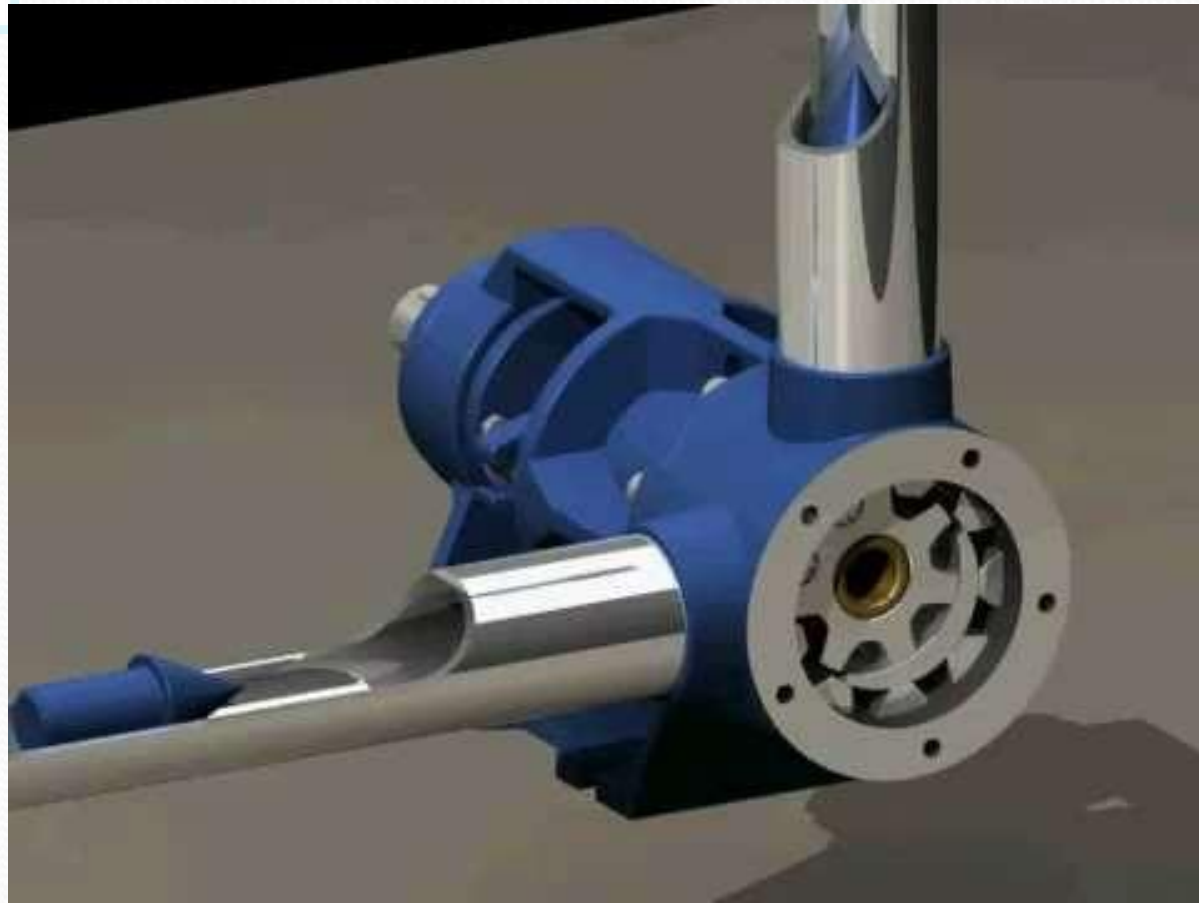
- Tipo de descarga continuo
- Maneja líquidos viscosos y no abrasivos
- Elevación normal de succión: 6,6 m

1.2.1- Bomba de Engranajes Externos



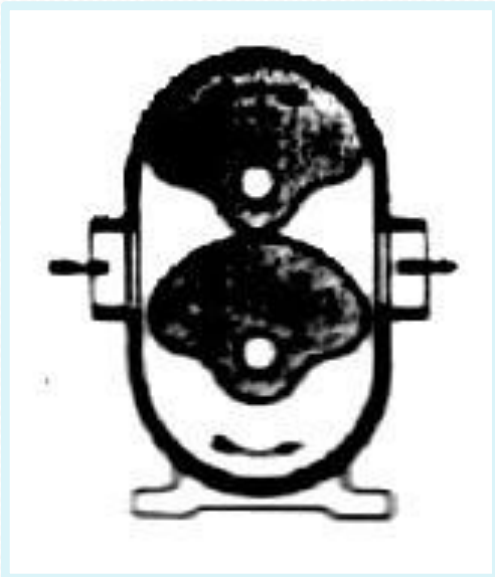


Bomba de Engranajes Internos

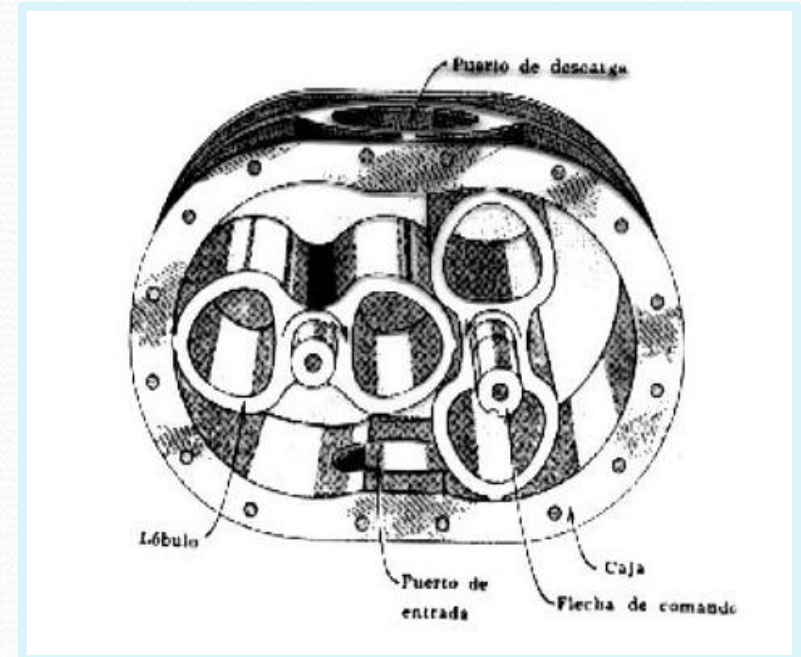


1.2.3- Bomba Lobular

Monolobular



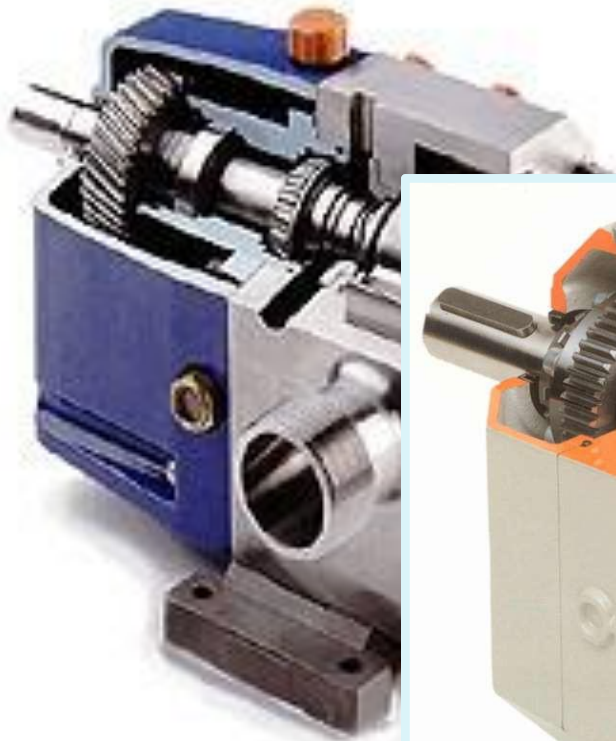
Bilobular



Trilobular



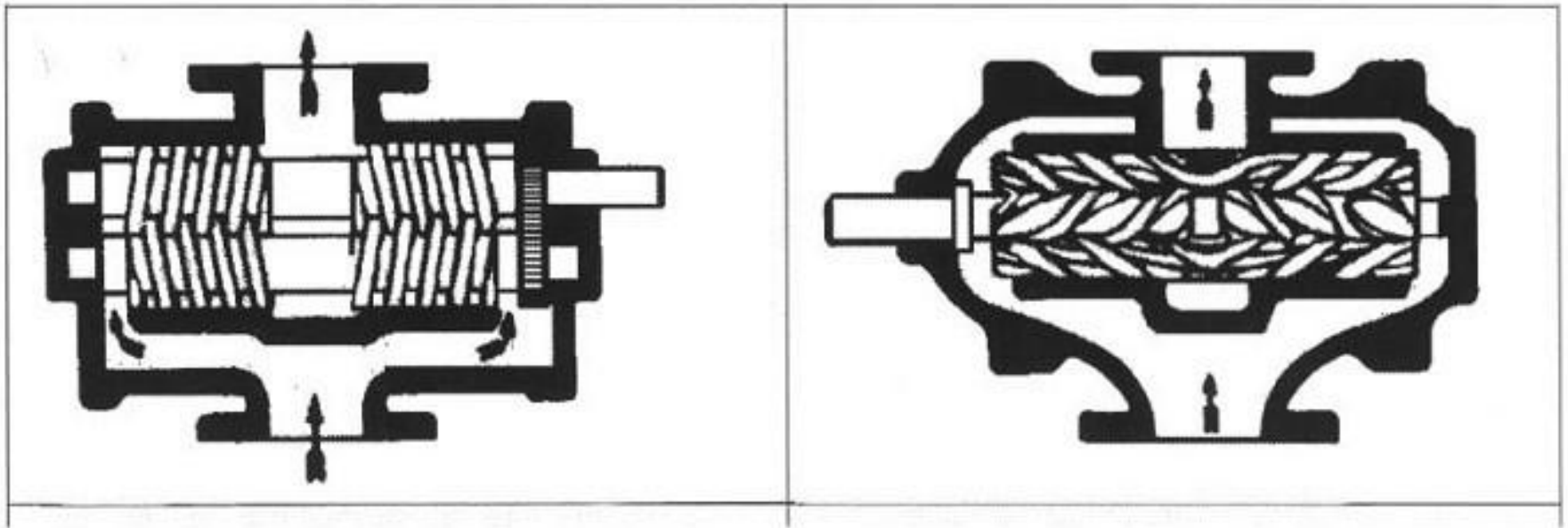
1.2.3- Bomba Lobular



Bomba estándar con rotores de tres lóbulos, enteramente fabricada en acero inoxidable AISI 316 y montada sobre un soporte de transmisión de fundición proteaido

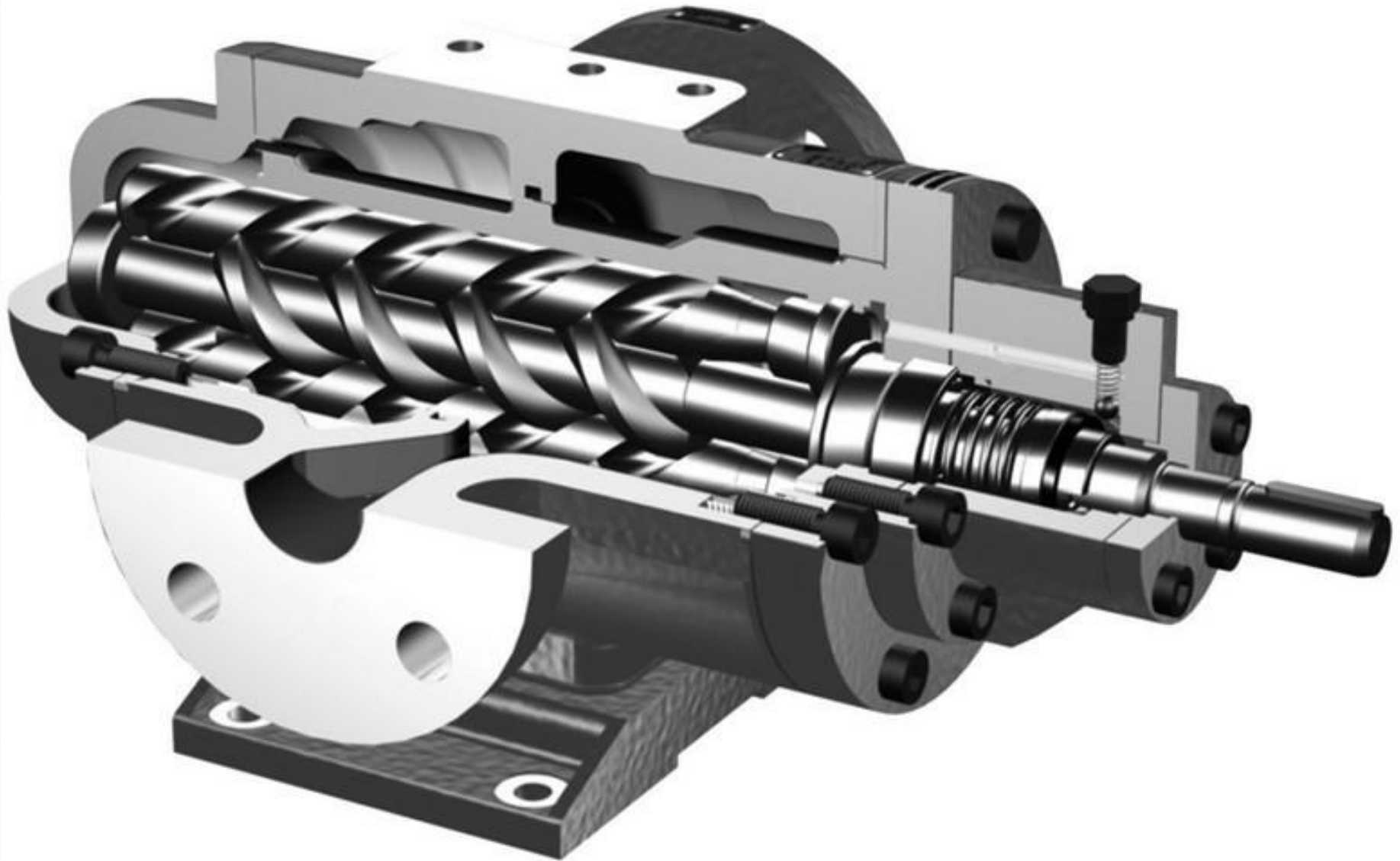


1.2.3- Bomba Tornillo

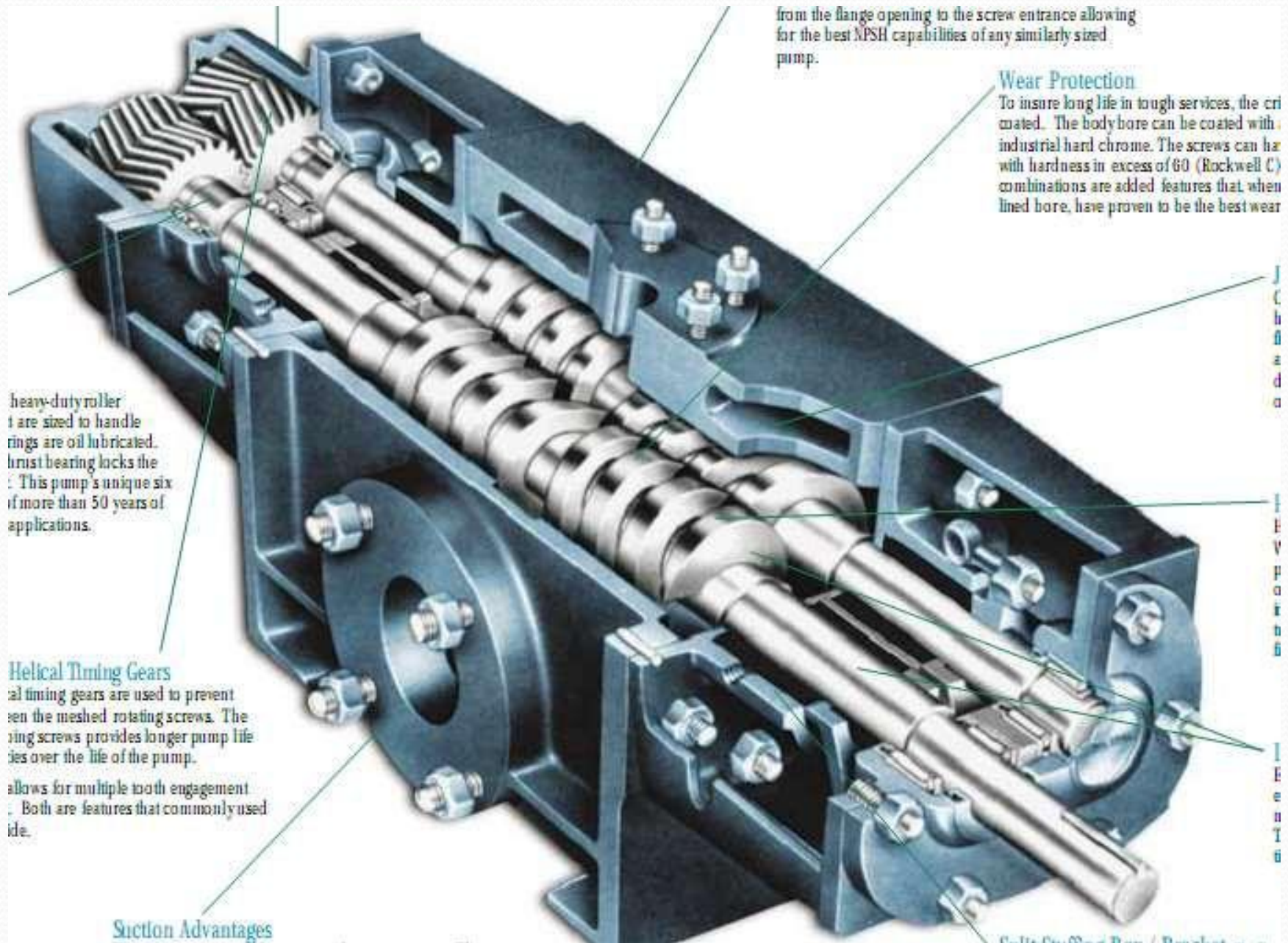


Figures 6 and 7: Two-screw pump (left) and Three-screw pump (right)

1.2.3- Bomba Tornillo

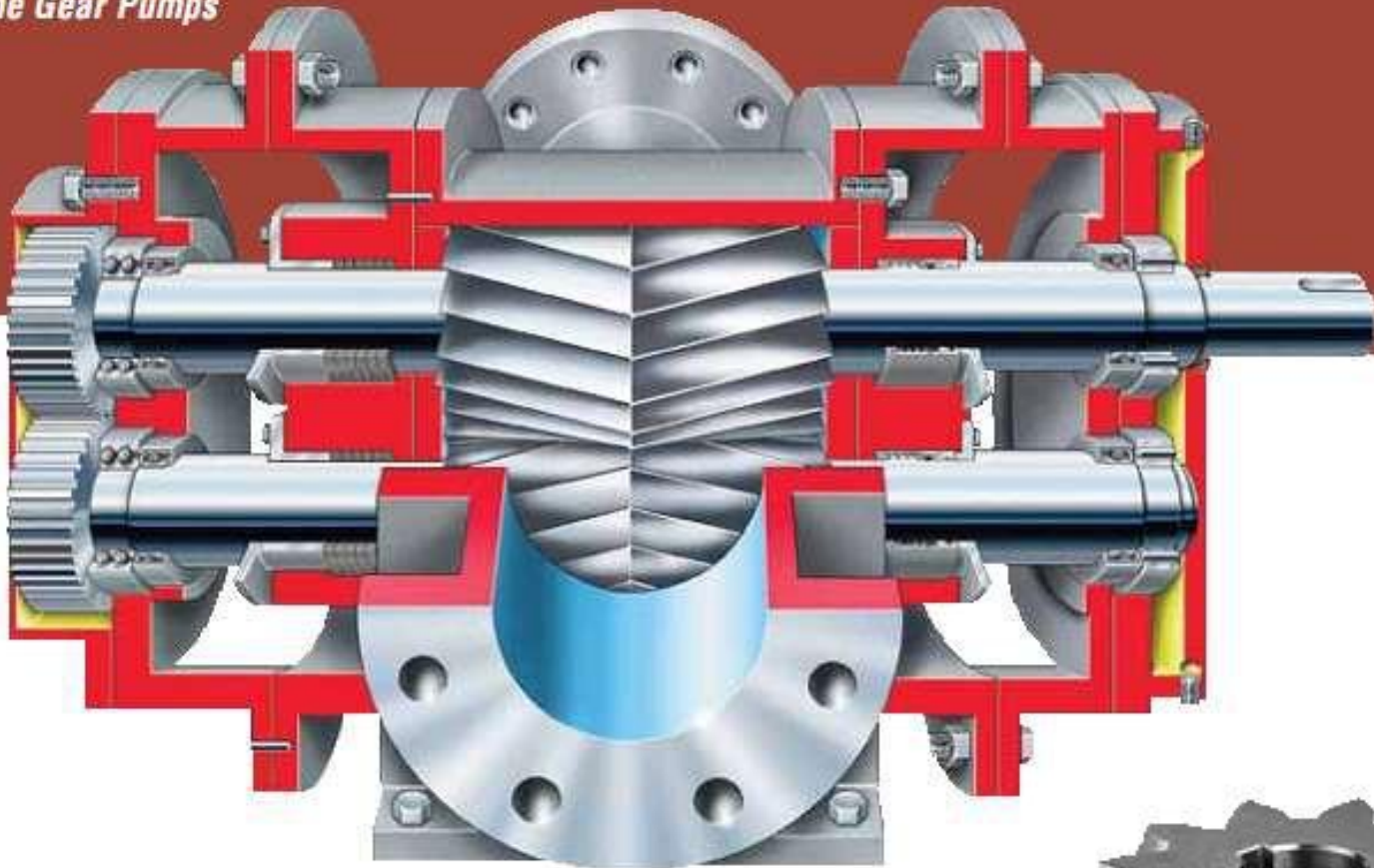


1.2.3- Bomba Tornillo



1.2.3- Bomba Tornillo

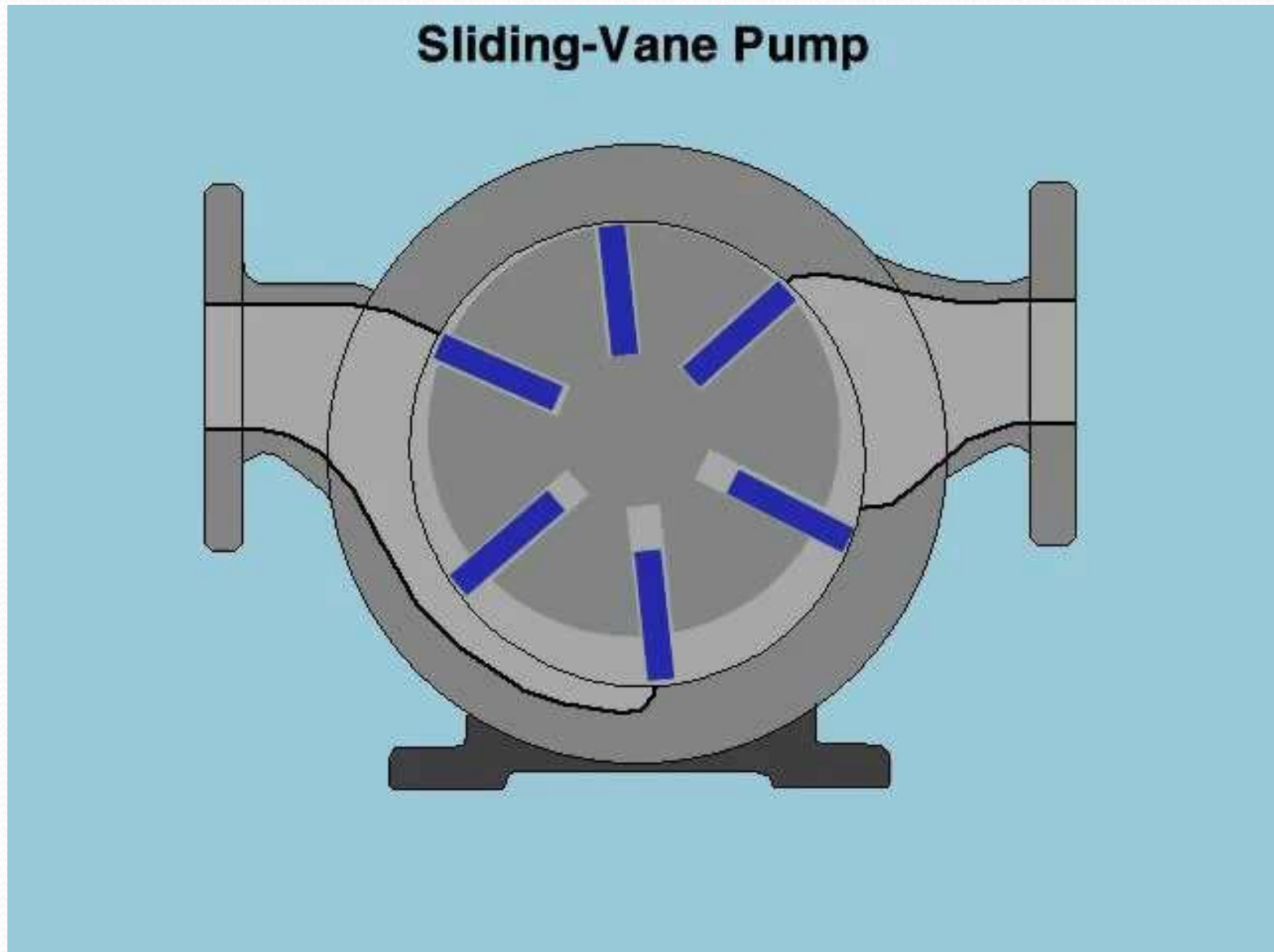
*Between Bearings,
Herringbone Gear Pumps*



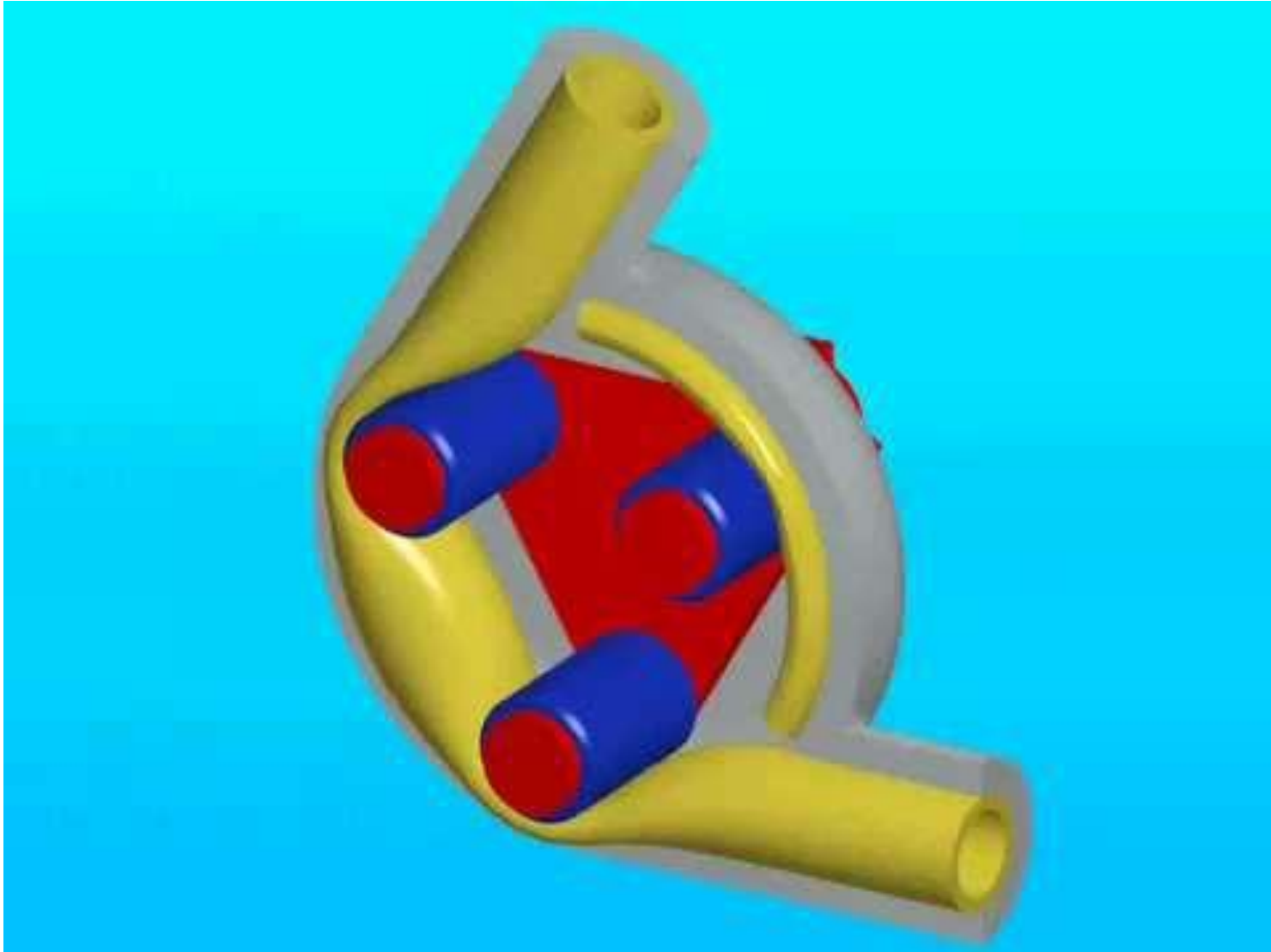
Bomba Tornillo



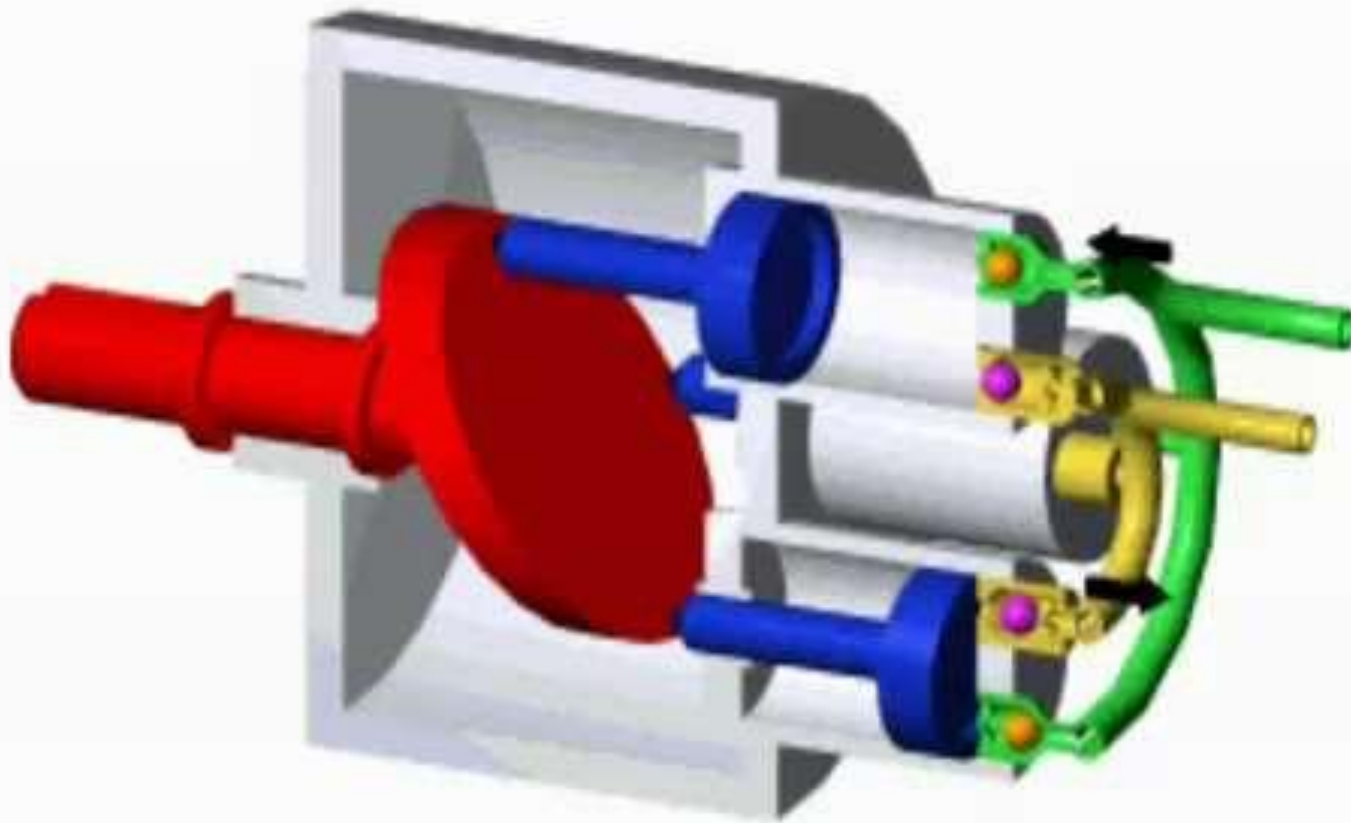
Bombas de Paletas deslizantes



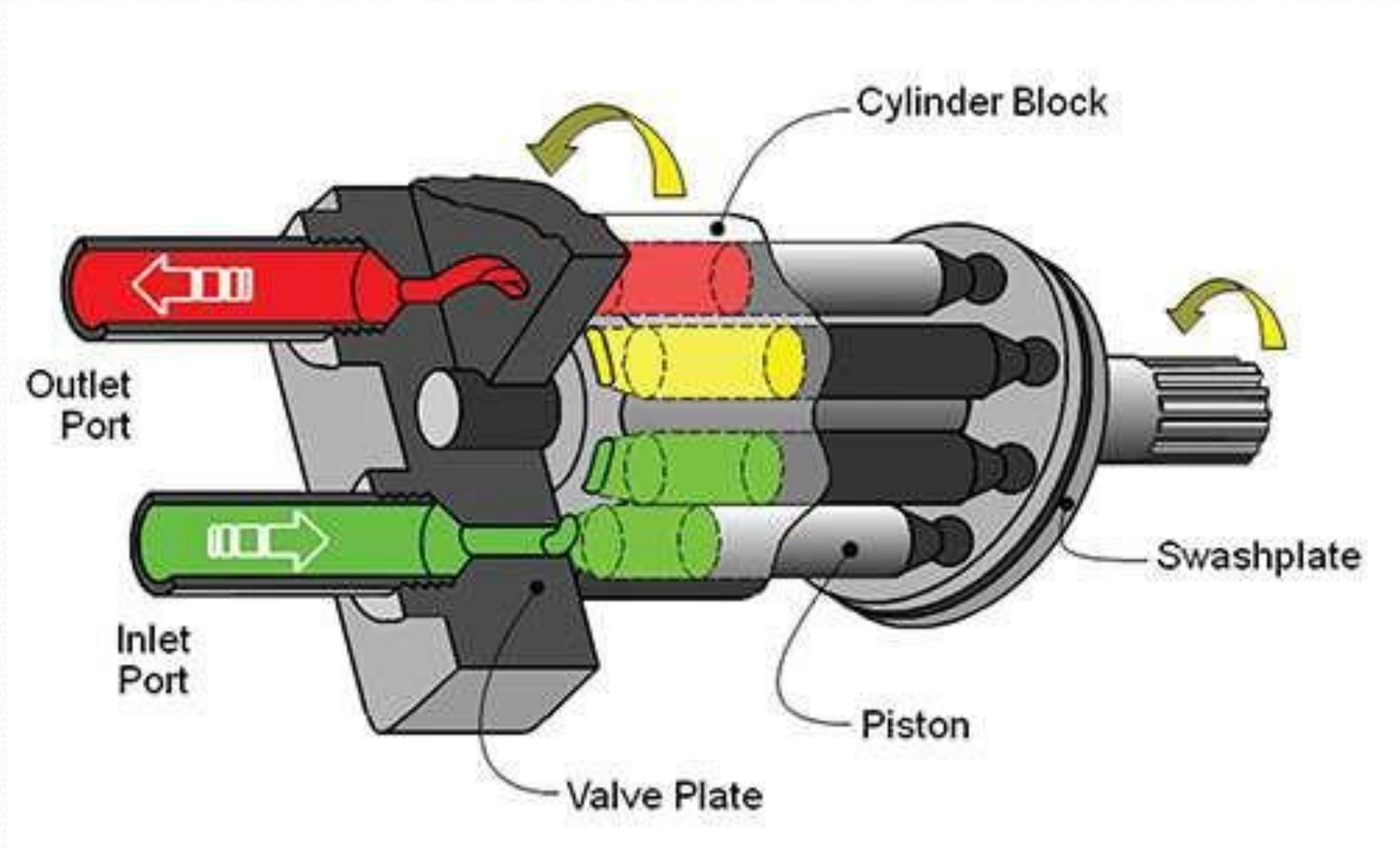
Bomba peristáltica



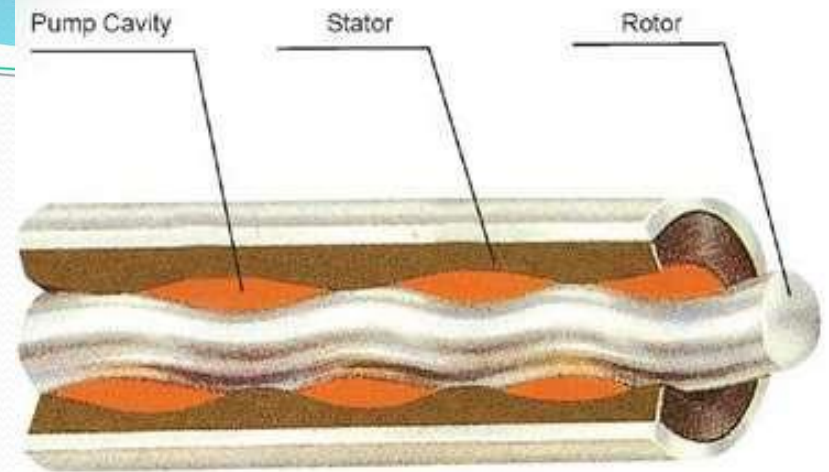
Bomba de Embolo Axiales



Bomba de Embolo Axiales



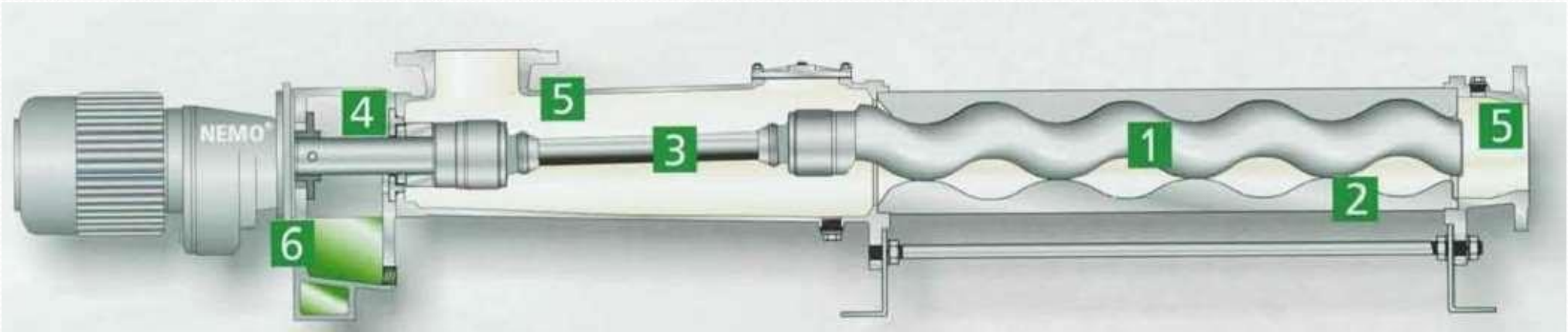
Bomba PCP



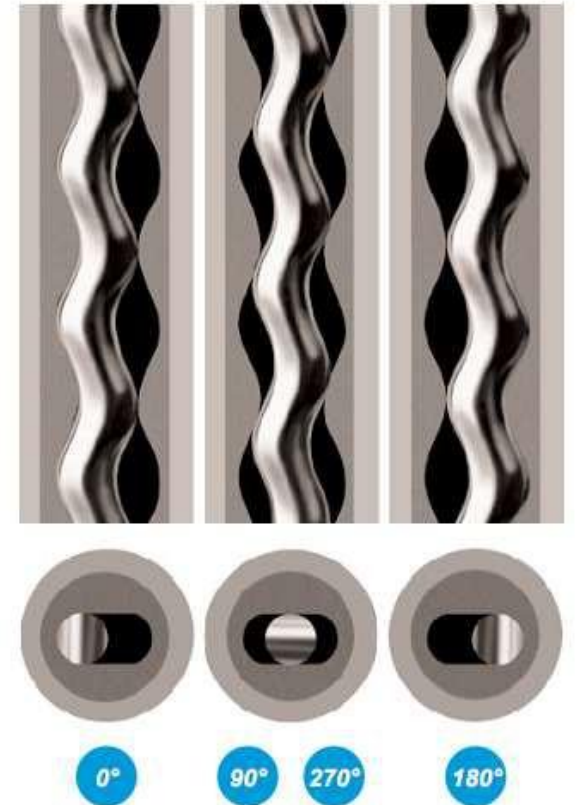
PC Pump



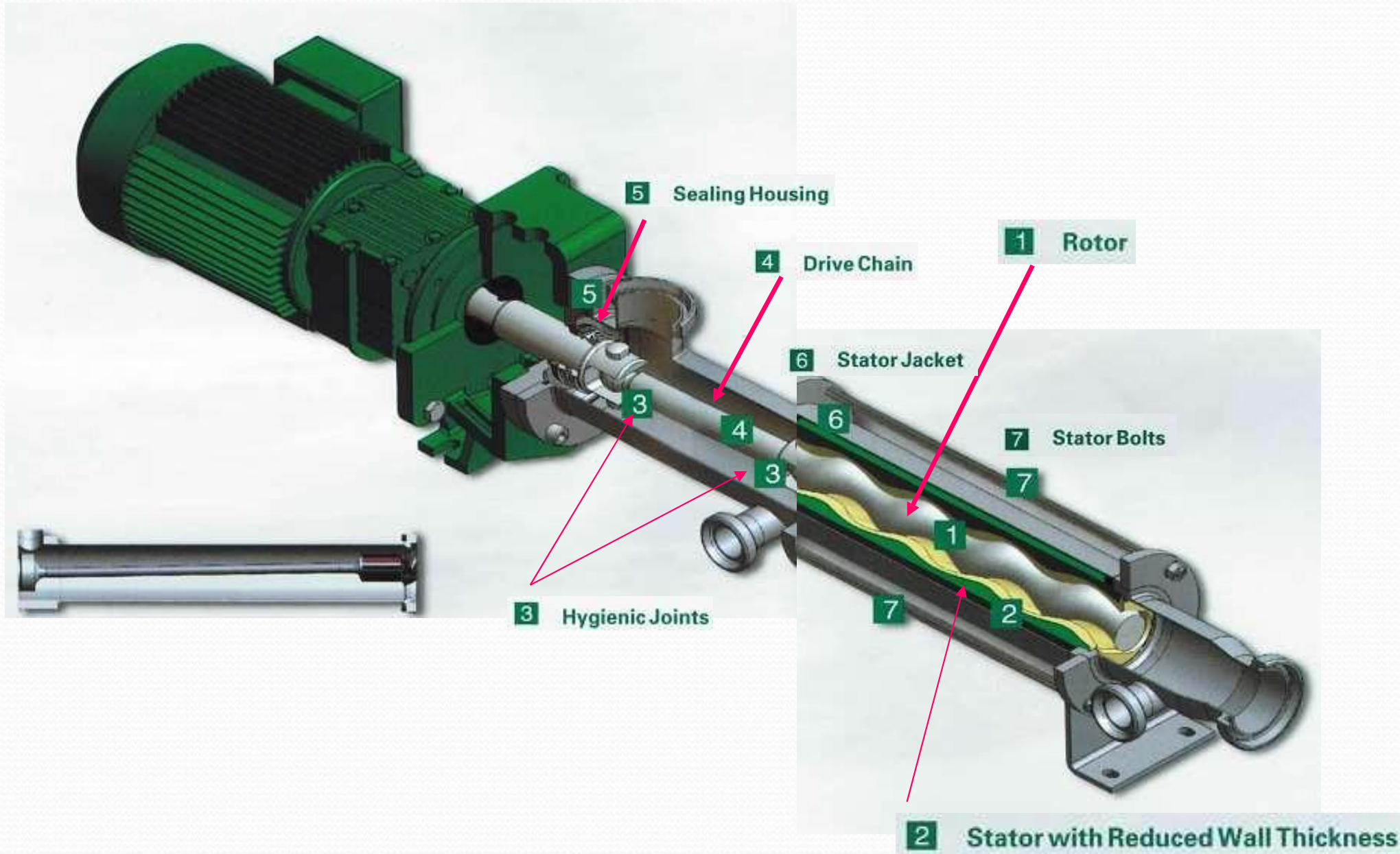
Bomba PCP



- 1 Rotor
- 2 Estator
- 3 Transmisión
- 4 Sellado del eje
- 5 Cuerpo de bomba y zócalo de descarga
- 6 Ejecución monobloque



Bomba PCP



Cálculo de potencias de bombeo para distintos dispositivos

Tecnología	Cálculo de caudal	Cálculo de potencia	Coefficientes relevantes	Observaciones técnicas	Rangos de aplicación recomendados
Centrífuga	intersección curva bomba-sistema: $Q = f(H_{bomba}, H_{sistema})$ Aproximación: $Q \sim \phi ND^3$	$P = \frac{\rho g Q H}{\eta}$ Adim: $P = N_p \rho N^3 D^5$	- ϕ (coef. caudal) - ψ (coef. altura) - N_p - Re	- Caudal no impuesto - Depende del sistema - Sensible a viscosidad - BEP define operación óptima	- $\mu < 100\text{--}200$ cP - Q alto (>5 m ³ /h) - P baja-media (<15 bar) - Fluidos limpios
Pistón (alternativa)	$Q = A \cdot L \cdot N \cdot \eta_v$	$P = \frac{Q \Delta p}{\eta}$	- η_v, η_m - $\phi \approx \frac{V_d}{D^3}$ - N_p	- Caudal impuesto por geometría - Flujo pulsante - Independiente de viscosidad	- μ : cualquiera - Q bajo-medio - P muy alta (>50 bar) - Dosificación
Engranajes	$Q = V_d \cdot N \cdot \eta_v$ con: $\eta_v = 1 - k \frac{\Delta p}{\mu N}$	$P = \frac{Q \Delta p}{\eta}$	- $\eta_v(\mu, \Delta p)$ - Slip interno - N_p	- Caudal casi constante - Alta cizalla - Mejora con viscosidad - Sensible a sólidos	- μ : 100–100,000 cP - Q bajo-medio - P media (<20 bar) - Aceites
Lobular	$Q \approx V_d \cdot N \cdot \eta_v$ (mayor slip que engranajes)	$P = \frac{Q \Delta p}{\eta}$	- η_v - Slip moderado - N_p	- Baja cizalla - Cavidades grandes - Diseño sanitario - Manejo de sólidos	- μ : 500–50,000 cP - Q medio-alto - P media (<15 bar) - Alimentos
Diafragma	$Q = V_d \cdot N \cdot \eta_v$ (\approx constante)	$P = \frac{Q \Delta p}{\eta}$	- $\eta_v \approx 1$ - η_m - N_p	- Sin fugas - Flujo pulsante - Alta confiabilidad - Limitación de caudal	- μ amplia - Q bajo-medio - P media-alta - Químicos
Cavidad progresiva (PCP)	$Q = C \cdot N \cdot \eta_v$ con: $\eta_v = f(\mu, \Delta p)$	$P = \frac{Q \Delta p}{\eta}$	- $\eta_v(\mu, \Delta p)$ - Slip axial - N_p - Re local	- Caudal casi lineal con N - Muy baja cizalla - Excelente para no newtonianos - Sensible a desgaste	- μ : 1,000–1,000,000 cP - Q medio - P media (hasta ~ 24 bar/etapa) - Crudos, pulpas
Peristáltica	$Q = V_{tubo} \cdot N \cdot \eta_v$	$P = \frac{Q \Delta p}{\eta}$	- η_m - Compresión del tubo	- Flujo por compresión externa - Muy baja cizalla - Sin contaminación - Pulsante	Flujo por compresión externa - Muy baja cizalla - Sin contaminación - Pulsante

Instalación, servicios auxiliares y puesta en marcha de bombas industriales

Etapa	Actividades principales	Servicios auxiliares involucrados	Verificaciones / criterios técnicos	Observaciones críticas
1. Ingeniería básica / detalle	- Definición de tipo de bomba - Cálculo de caudal, TDH o Δp - Selección de materiales - Definición de layout	- Datos de proceso - Especificaciones eléctricas	- Compatibilidad fluido-material - Verificación NPSH - Punto de operación cercano a BEP (centrifugas)	Error en esta etapa impacta toda la instalación
2. Diseño de piping asociado	- Dimensionamiento de succión e impulsión - Minimización de pérdidas - Diseño de soportes	- Aire comprimido (válvulas) - Instrumentación	- Velocidad en succión baja - Evitar cavitación - Longitudes rectas previas	Succión mal diseñada → falla recurrente
3. Obras civiles y fundaciones	- Base de hormigón - Placas de anclaje - Nivelación	—	- Rigidez estructural - Absorción de vibraciones	Fundamental para vida útil de rodamientos
4. Montaje mecánico	- Instalación de bomba y motor - Alineación preliminar - Montaje de acoples	- Lubricantes - Grasas	- Alineación axial y angular - Tolerancias del fabricante	Desalineación → principal causa de falla
5. Instalación de piping	- Conexión succión/descarga - Instalación válvulas - Colocación de filtros	- Juntas - Sellos	- Sin esfuerzos sobre la bomba - Correcta orientación válvulas	Piping no debe transmitir cargas
6. Instalación eléctrica	- Conexionado motor - Tablero eléctrico - Variador de frecuencia (VFD)	- Energía eléctrica - Puesta a tierra	- Protección térmica - Sentido de giro - Consumo nominal	Error de giro puede destruir la bomba
7. Servicios auxiliares (instalación)	- Sistema de sellos (flush) - Refrigeración - Calefacción (tracing) - Lubricación	- Agua de enfriamiento - Vapor / resistencias - Aire comprimido	- Caudales de flush - Temperaturas - Presiones auxiliares	Críticos en bombas de proceso continuo
8. Instrumentación y control	- Instalación de manómetros - Caudalímetros - Sensores de vibración/temperatura	- Sistema de control (PLC/SCADA)	- Calibración instrumentos - Señales estables	Permite diagnóstico temprano

Servicios auxiliares críticos

Servicio	Función	Aplicación típica
Lubricación	Reducir fricción	Todas las bombas
Flush de sellos	Evitar sobrecalentamiento	Centrífugas, PCP
Refrigeración	Control térmico	Fluidos calientes
Calefacción (tracing)	Reducir viscosidad	Crudos, alimentos
Aire comprimido	Accionamiento válvulas	Automatización
VFD (variador)	Control de caudal	PCP, centrífugas

Actividades de mantenimiento

Críticas (impacto inmediato en operación/seguridad)

Rutinarias (frecuencia alta, inspección básica)

Preventivas (programadas, anticipan falla)

Ocasionales (intervenciones mayores o por condición)

Mantenimiento por tipo de bomba

Tecnología	Actividades críticas	Rutinarias	Preventivas	Ocasionales / mayores
Centrífuga	- Control de cavitación (NPSH) - Estado del sello mecánico - Vibraciones (desbalance/desalineación)	- Lectura de presión y caudal - Temperatura de rodamientos - Inspección de fugas	- Lubricación de rodamientos - Revisión de alineación - Limpieza de impulsor	- Cambio de sello mecánico - Reemplazo de rodamientos - Balanceo de impulsor - Recubrimiento por erosión
Pistón (alternativa)	- Estado de válvulas de succión/descarga - Integridad del pistón/empaquetaduras - Control de pulsaciones	- Inspección de fugas - Verificación de carrera - Control de presión	- Reemplazo de empaquetaduras - Lubricación de mecanismos - Ajuste de válvulas	- Cambio de pistón o camisa - Reacondicionamiento de válvulas - Revisión de bielas/cigüeñal
Engranajes	- Control de desgaste entre dientes - Control de fugas internas (slip) - Temperatura (riesgo gripado)	- Verificación de caudal - Ruido/vibración - Inspección de fugas	- Lubricación - Control de holguras - Revisión de alineación	- Reemplazo de engranajes - Rectificado de carcasa - Cambio de sellos
Lobular	- Integridad de lóbulos - Sincronización de rotores - Estado de sellos sanitarios	- Limpieza (CIP) - Inspección visual - Control de caudal	- Verificación de sincronización - Reemplazo de juntas - Lubricación de caja de engranajes	- Cambio de lóbulos - Ajuste de tolerancias - Reemplazo de sellos mecánicos
Diafragma	- Integridad del diafragma (riesgo ruptura) - Válvulas internas - Estanqueidad	- Inspección de fugas - Control de ciclos - Verificación de presión	- Reemplazo periódico de diafragma - Limpieza de válvulas - Ajuste de carrera	- Cambio de diafragma por fatiga - Reemplazo de válvulas - Revisión de actuador
Cavidad progresiva (PCP)	- Estado rotor-estator - Control de desgaste (slip) - Temperatura (riesgo de daño elastómero)	- Control de caudal - Inspección de vibraciones - Verificación de torque	- Lubricación - Control de alineación - Inspección de elastómero	- Reemplazo de estator - Cambio de rotor - Reacondicionamiento por abrasión
Peristáltica	- Estado del tubo (fatiga/rotura) - Presión de compresión - Detección de fugas	- Inspección visual del tubo - Control de caudal - Ruido	- Reemplazo programado de tubo - Ajuste de rodillos - Lubricación externa	- Cambio completo del tubo - Reemplazo de rodillos - Ajuste del sistema de compresión