

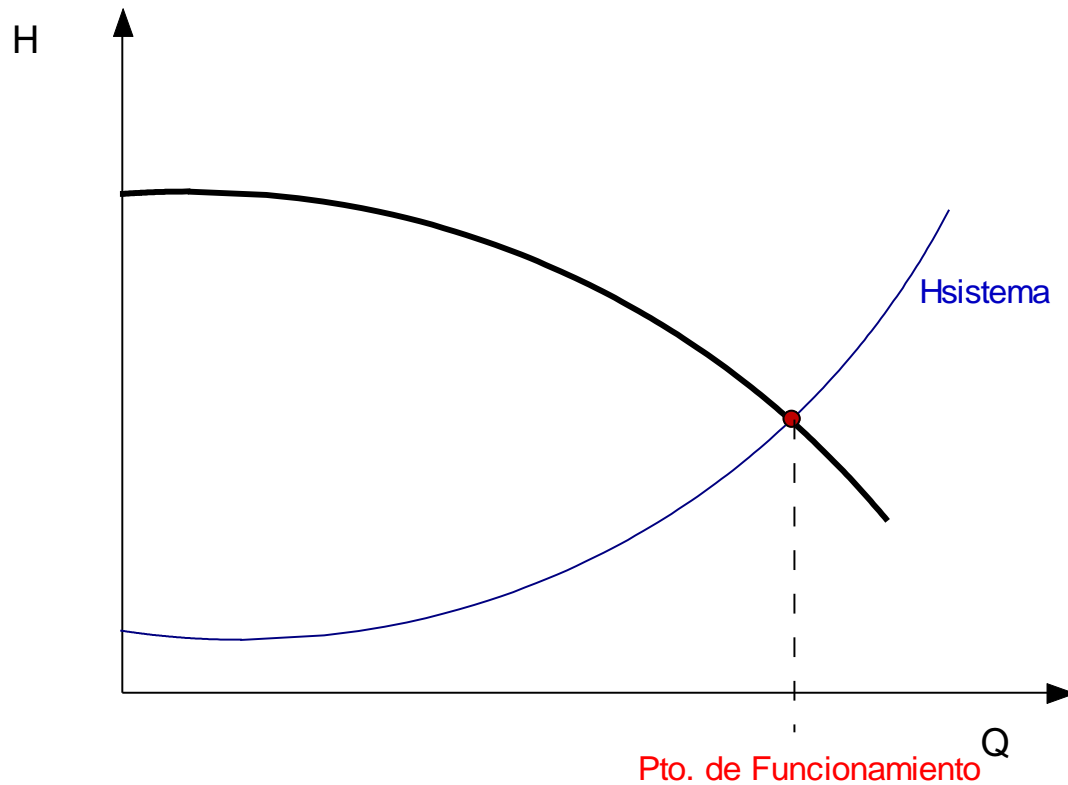
INTRODUCCIÓN A LAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS

Prof. Jesús DE ANDRADE
Prof. Miguel ASUAJE

Febrero 2010

FUNCIONAMIENTO EN SERIE Y EN PARALELO DE UNA BC

Una BC



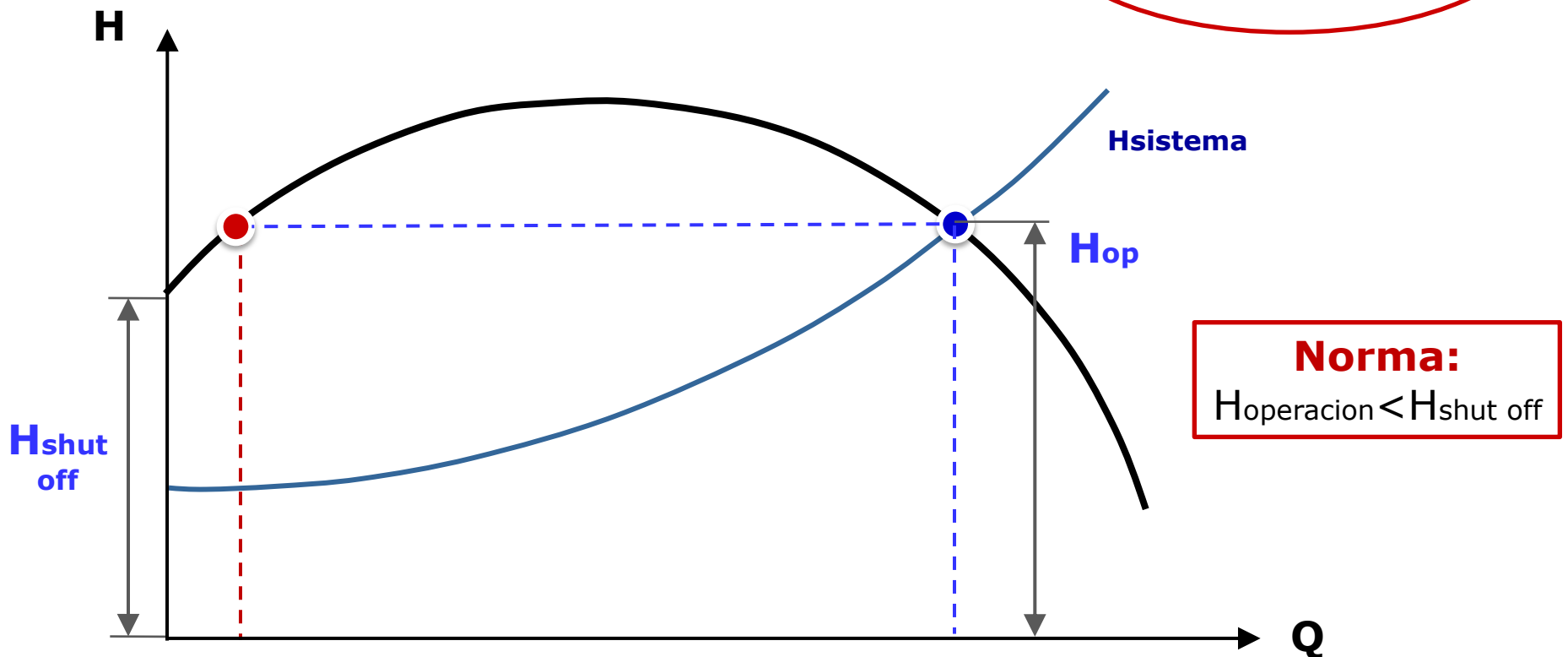
H es energía y existe Un solo punto de corte (pto de operación) estable

Las bombas axiales y mixtas no tienen este tipo de curva!

Un H y dos Caudales

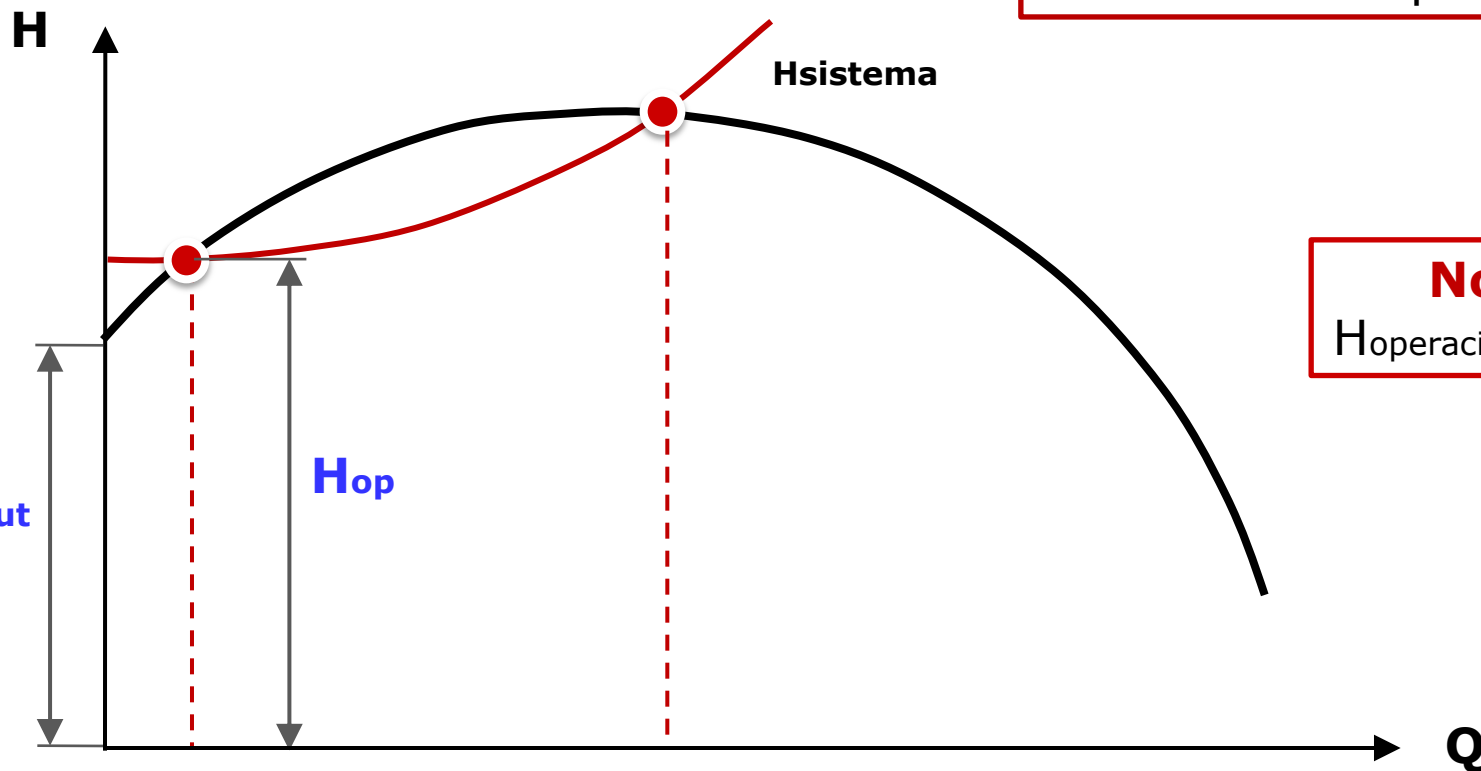
Existen curvas de bombas con curvas en las cuales existen dos caudales para el mismo poder energético

Estas bombas tienen muy alta eficiencia!!



Dos H y dos Caudales

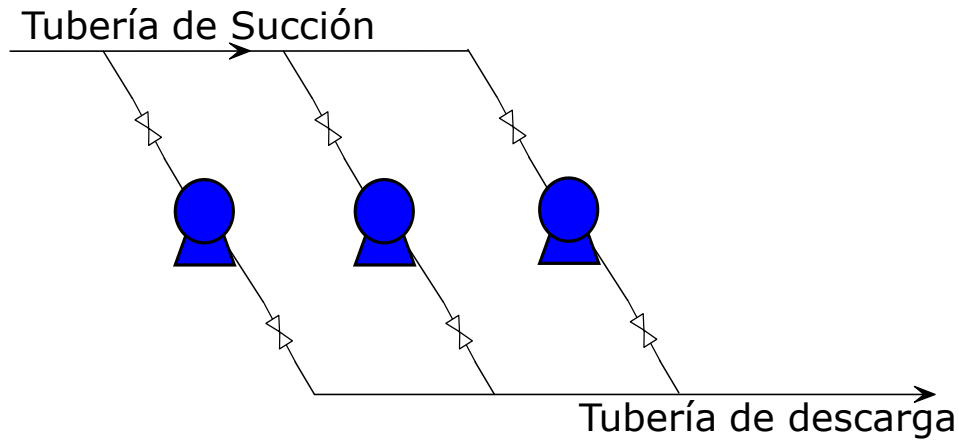
Para el sistema rojo rojito, no se sabe en qué altura y caudal opera!!!



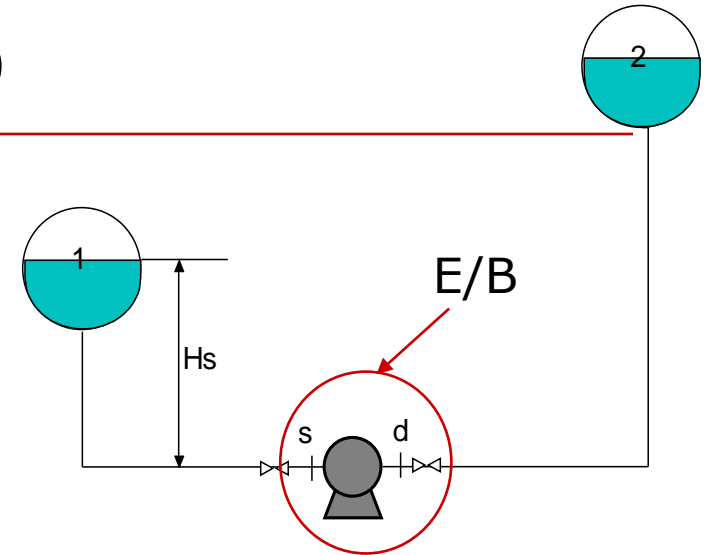
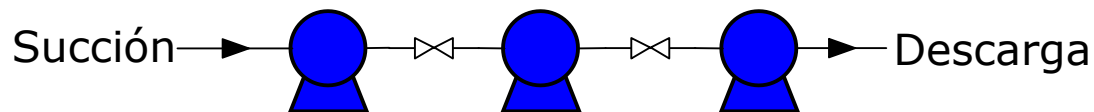
Norma:
 $H_{operacion} < H_{shut\ off}$

Estación de Bombeo

PARALELO



SERIE

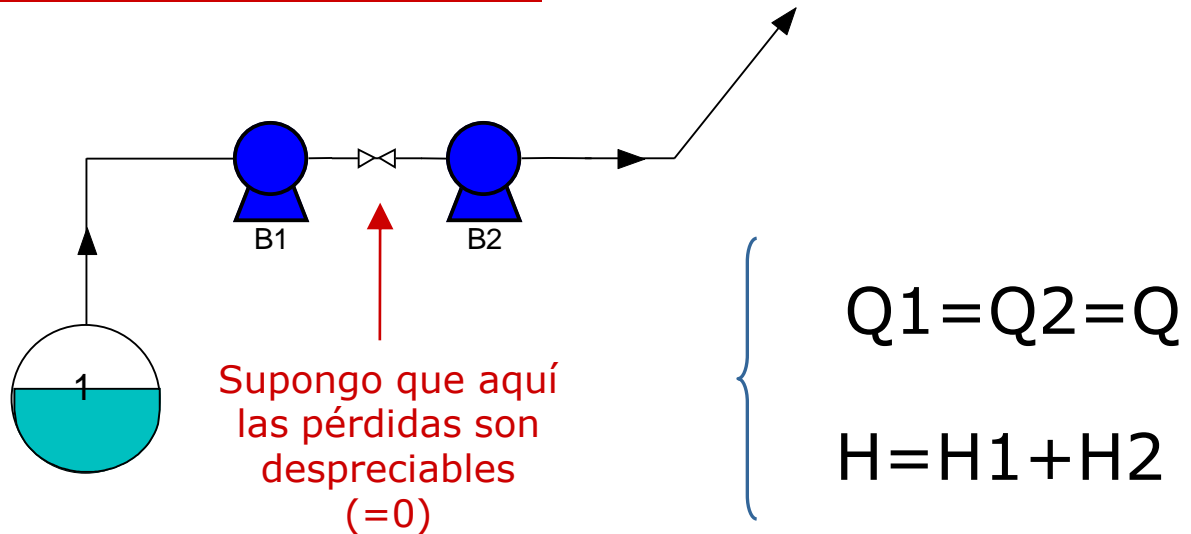


Se busca que las bombas sean idénticas (igual curva característica), pero muchas veces no es así. (ej.: la bomba está discontinuada)

Bombas en Serie

Caso General

B1 ≠ B2

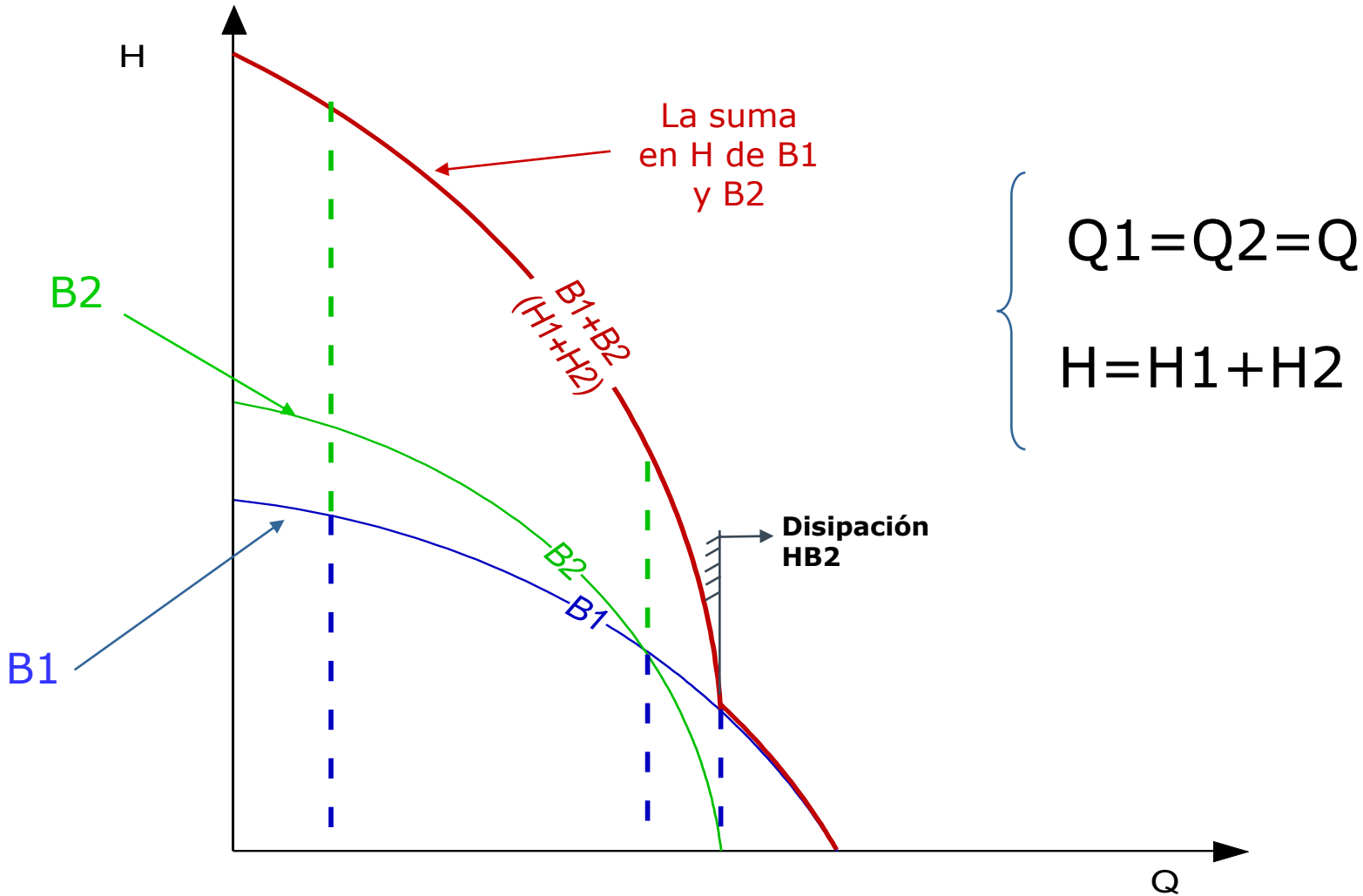
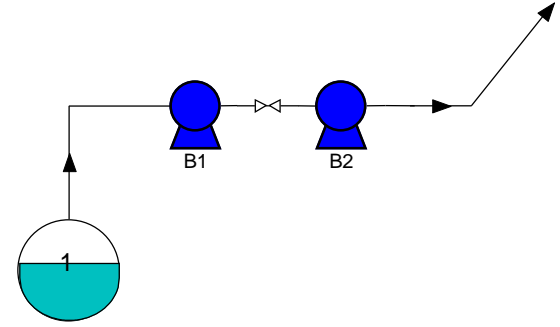


¿Qué me interesa conocer?

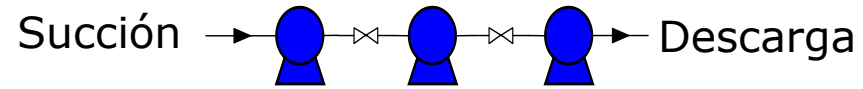


La Curva de Operación de las Bombas

Bombas en Serie



Bombas en Serie



Para bombas idénticas, matemáticamente se puede hacer fácilmente:

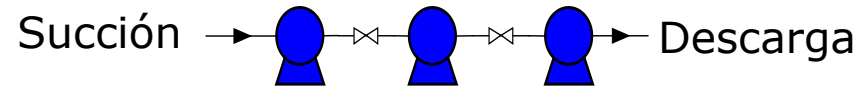
N: Número de Bombas

$H=A+BQ+CQ^2$ → **Curva de Una Bomba**

Entonces la altura de la estación es:

$$H=(A + B \times Q + C \times Q^2) \times N$$

Bombas en Serie



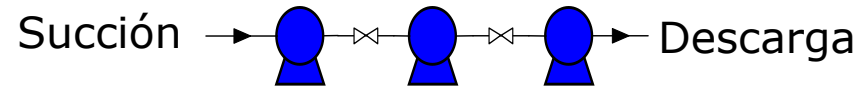
Rendimiento de la Estación de Bombeo:

$$\eta_{E/B} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{sumi}}} = \frac{\cancel{\gamma QH}^{\text{total}}}{P_{B1} + P_{B2}} = \frac{\cancel{\gamma QH}}{\frac{\cancel{\gamma QH}_1}{\eta_{B1}} + \frac{\cancel{\gamma QH}_2}{\eta_{B2}}} = \frac{H}{\frac{H_1}{\eta_{B1}} + \frac{H_2}{\eta_{B2}}}$$

$$H = H_1 + H_2$$

$$\eta_{E/B} = \frac{H_1 + H_2}{\frac{H_1}{\eta_{B1}} + \frac{H_2}{\eta_{B2}}}$$

Bombas en Serie



Si son bombas idénticas:

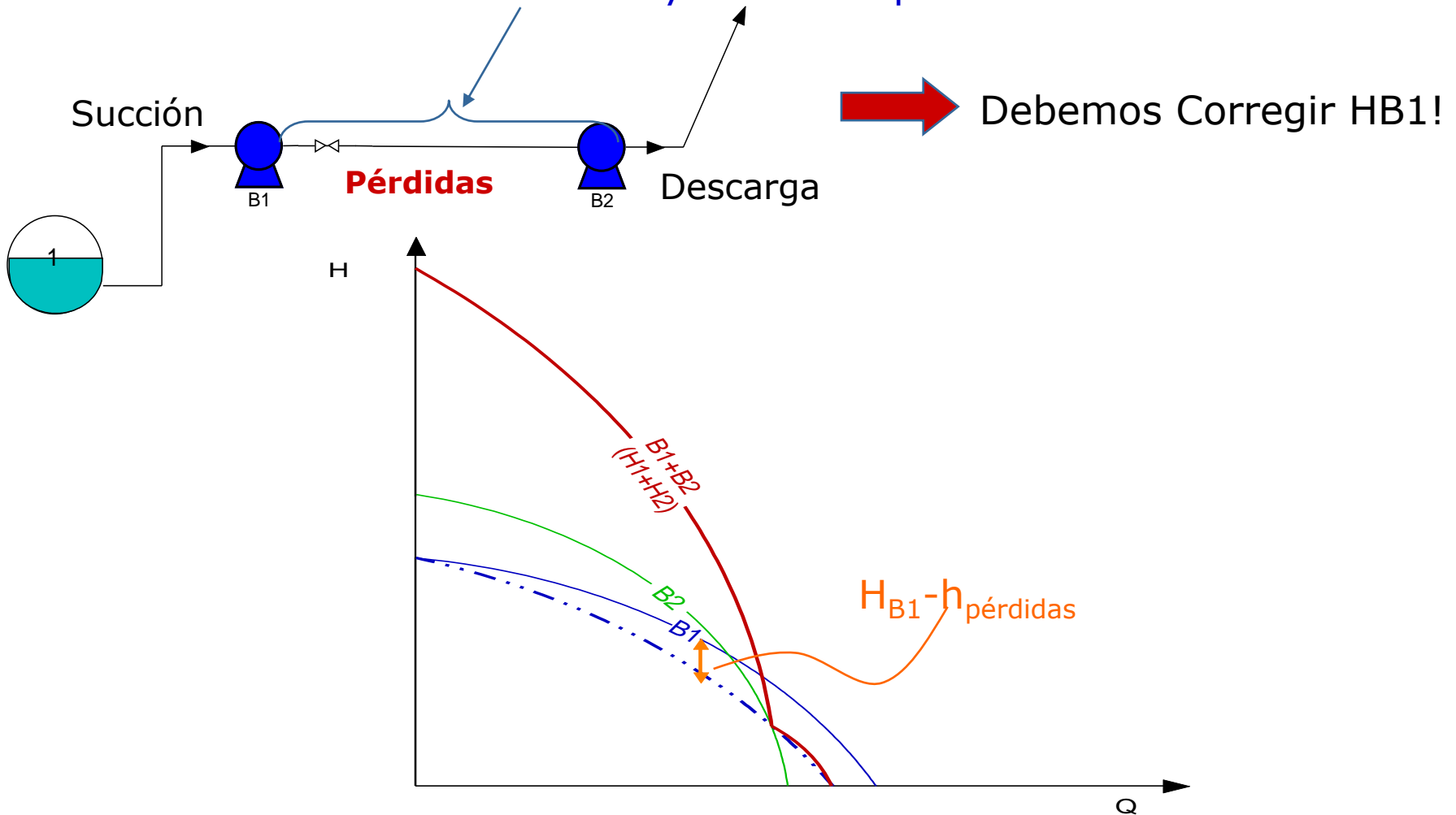
$$\left\{ \begin{array}{l} H_1 = H_2 = H \\ \eta_{B1} = \eta_{B2} = \eta_B \end{array} \right.$$

$$\eta_{E/B} = \frac{\cancel{2H}}{\frac{\cancel{H}}{\eta_B} + \frac{\cancel{H}}{\eta_B}}$$

$$\eta_{E/B} = \eta_B$$

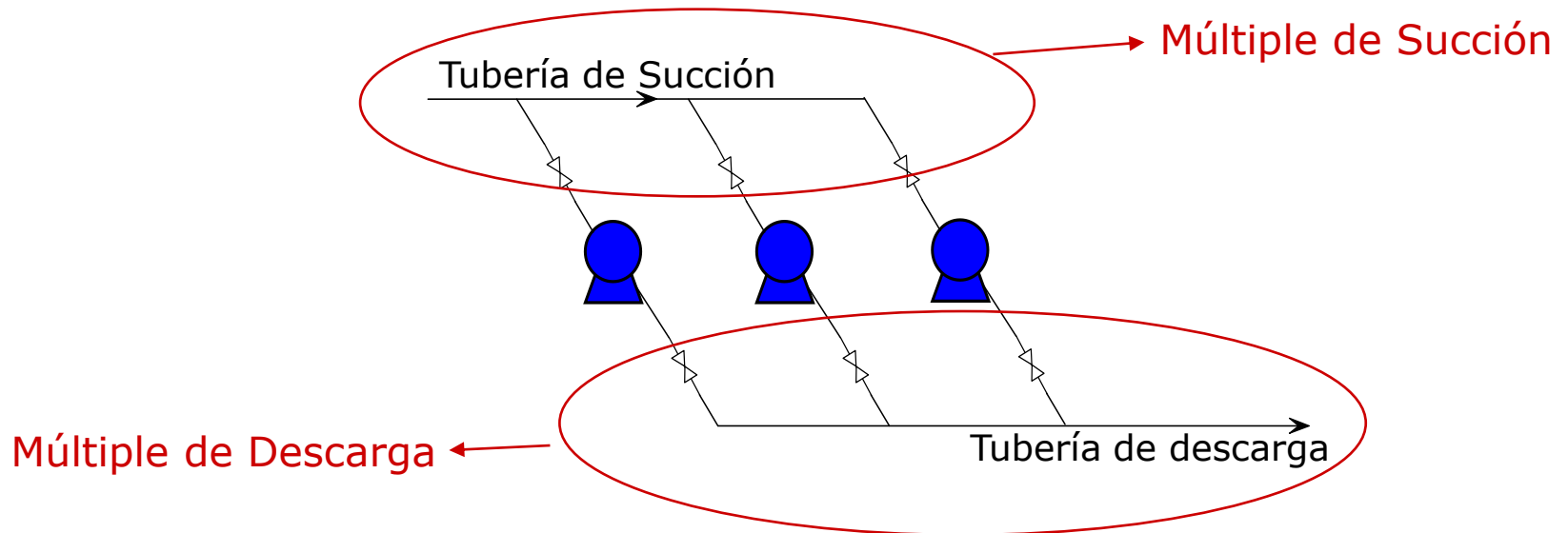
Bombas en Serie

¿Y si la conexión entre la B1 y la B2 es apreciable?



Bombas en Paralelo

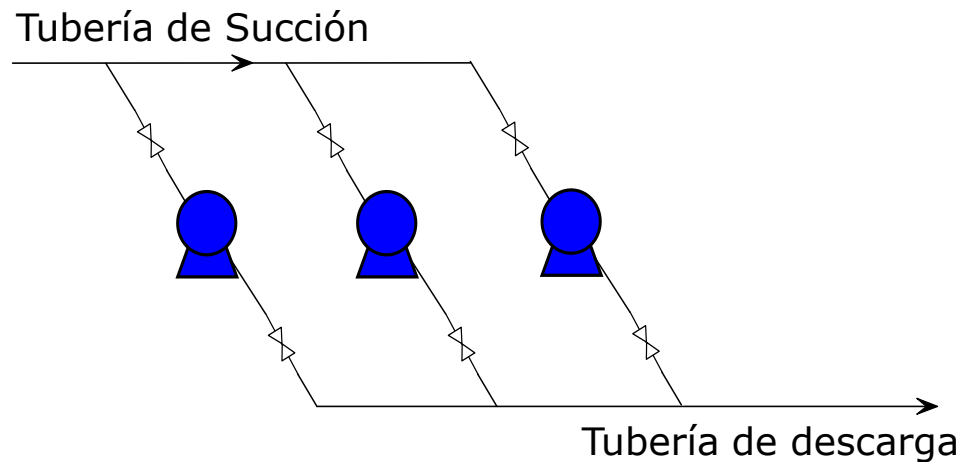
Este sería el caso más común de las aducciones, sobre todo la de los grandes sistemas industriales. Siempre se busca diseñar tener varias bombas por cuestión de confiabilidad de operación. (Al menos dos bombas operando y otra auxiliar o spar.



Bombas en Paralelo

Pérdidas en el múltiple

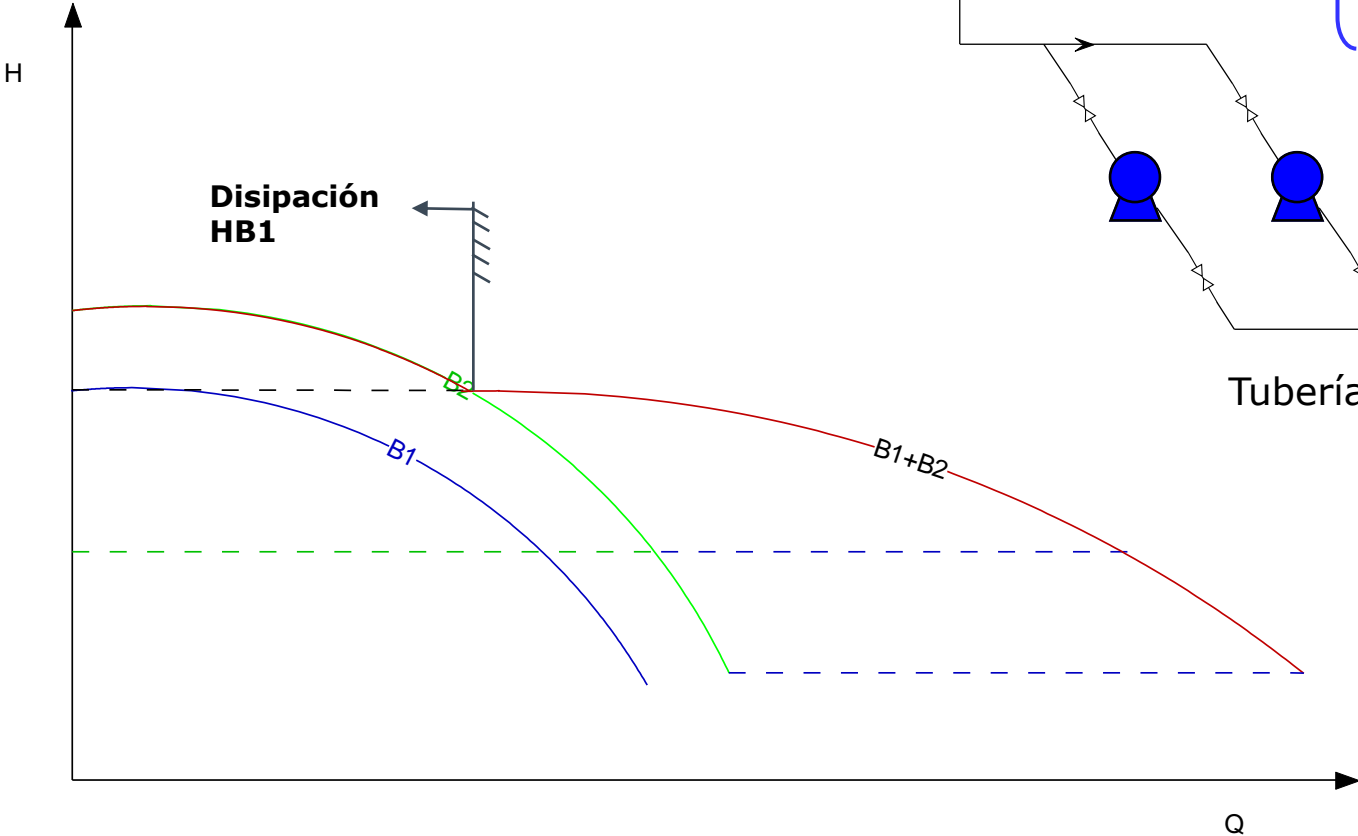
Si somos rigurosos
(y el caso lo
amerita), debemos
considerar TODAS
LAS PÉRDIDAS en
la E/B



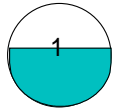
En el caso general, las pérdidas de energía y altura estática en la aducción superan ampliamente a las que se producen en las estaciones de bombeo, por lo que se admite, sin que se comenten mayores errores, que el funcionamiento de las bombas IDÉNTICAS en paralelo determinan gastos IGUALES.

Bombas en Paralelo

CASO GENERAL



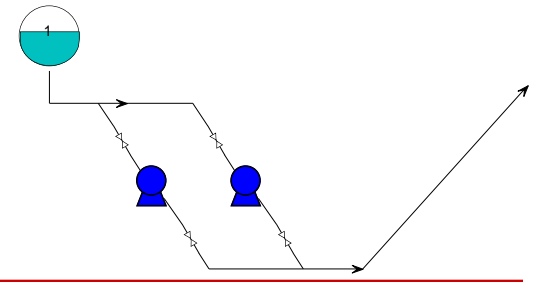
Tubería de Succión



$$\left\{ \begin{array}{l} Q=Q1+Q2 \\ H=H1=H2 \end{array} \right.$$



Tubería de descarga



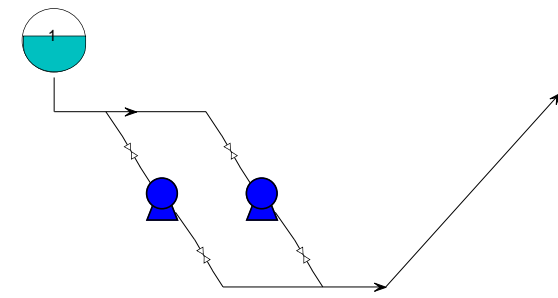
Bombas en Paralelo

Si el número de bombas es N y la curva de una bomba H_1 tiene la forma:

$$H=A+BQ+CQ^2$$

Entonces la curva de la estación, si las bombas son IDÉNTICAS, se puede expresar:

$$H = A + B\left(\frac{Q}{N}\right) + C\left(\frac{Q}{N}\right)^2$$



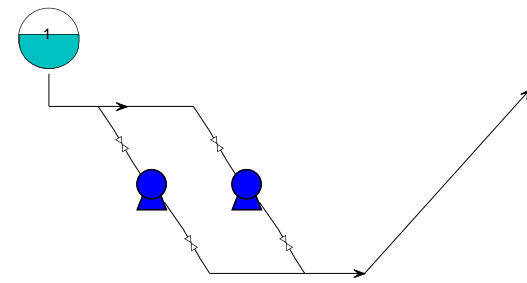
Bombas en Paralelo

Rendimiento de la E/B

$$\eta_{E/B} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{sumi}}} = \frac{\gamma Q H}{P_{B1} + P_{B2}} = \frac{\cancel{\gamma H} Q}{\frac{\cancel{\gamma H} Q}{\eta_{B1}} + \frac{\cancel{\gamma H} Q}{\eta_{B2}}} = \frac{Q}{\frac{Q_1}{\eta_{B1}} + \frac{Q_2}{\eta_{B2}}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H\gamma = \gamma H_1 = \gamma H_2 \\ Q = Q_1 + Q_2 \end{array} \right.$$

$$\eta_{E/B} = \frac{Q_1 + Q_2}{\frac{Q_1}{\eta_{B1}} + \frac{Q_2}{\eta_{B2}}}$$



Bombas en Paralelo

En el caso de bombas IDÉNTICAS

$$\eta_{E/B} = \frac{Q}{\frac{Q}{\eta_{B1}} + \frac{Q}{\eta_{B2}}} = \frac{Q}{2\eta_B}$$

$$\begin{cases} Q_1 = Q_2 = Q/2 \\ \eta_{B2} = \eta_{B1} = \eta_B \end{cases}$$

$$\eta_{E/B} = \eta_B$$

Bombas en Paralelo (operación)

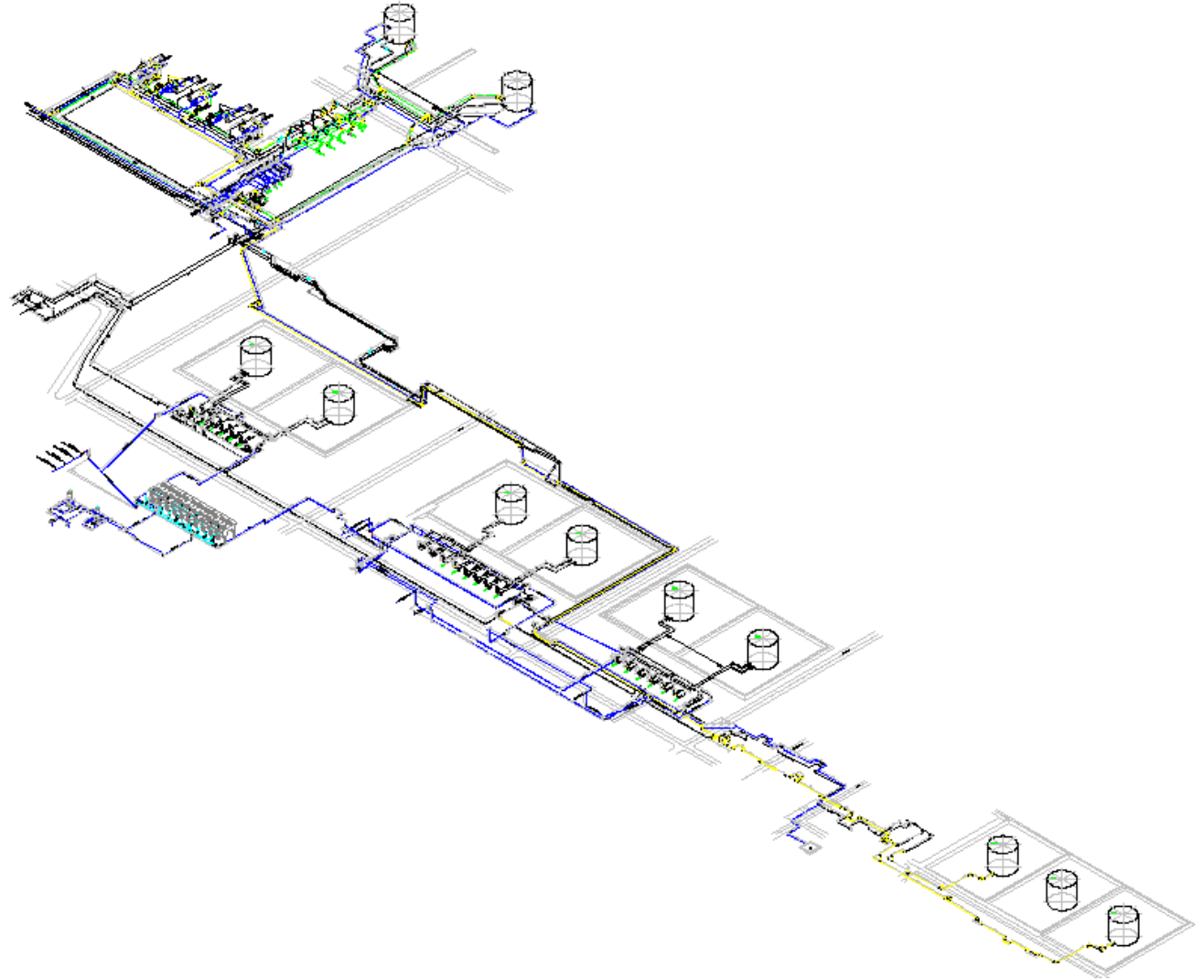
- Debido a incorrectos isométricos de tuberías → Múltiple de succión y descarga son realizados con uniones Tee
 - El múltiple no es el adecuado para manejar los pulsos de presión y causa pérdidas de energía en el sistema por el mal traslado del flujo

- Desviación del pto. de operación del sistema respecto al pto. nominal de una bomba
 - $0.75Q_n < Q < 1.25Q_n$

- Después de meses/años de operación, la erosión interna produce el cambio de la curva de la bomba → disminuye la altura y caudal de la bomba
 - ...y si esta bomba se opera en paralelo con una mas nueva
 - Aumenta la presión en la descarga de la bomba erosionada → ↓ su Capacidad Q
 - Su capacidad ya es disminuida por el daño durante el uso de la bomba → Doble impacto en la eficiencia global de la estación de bombeo

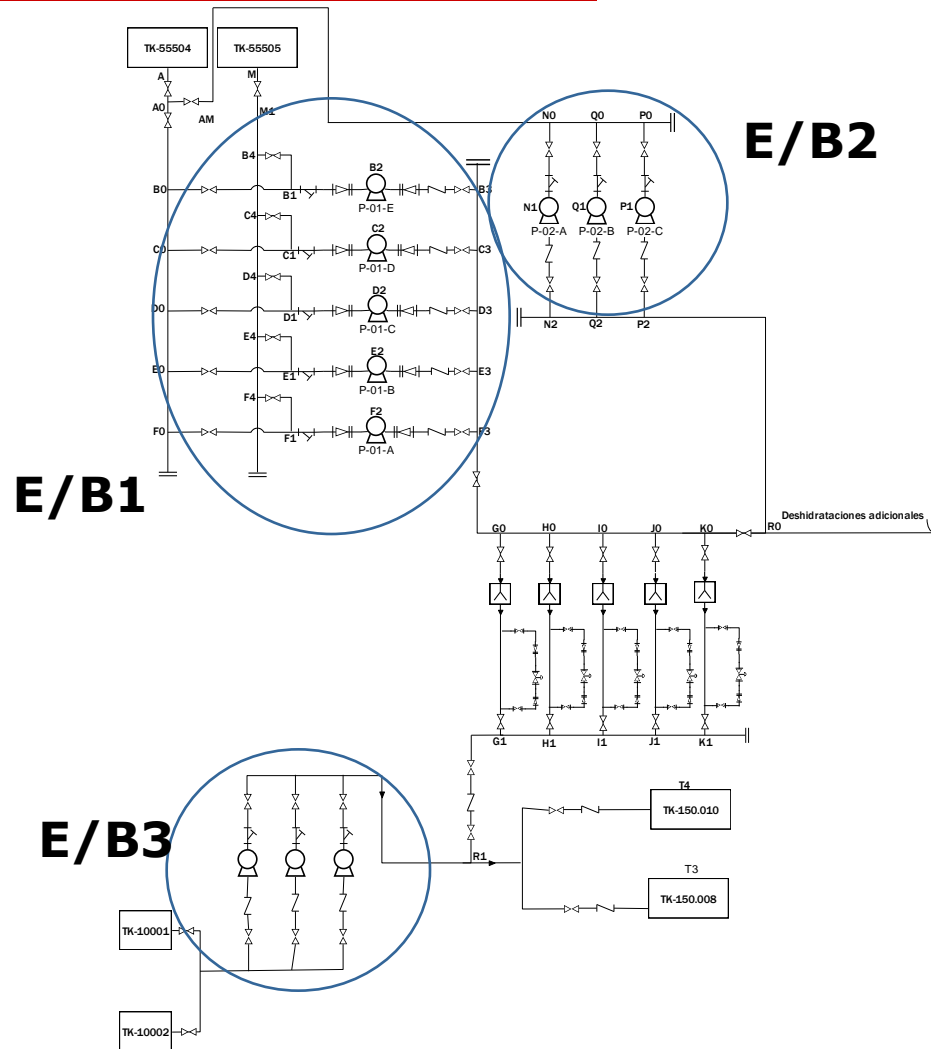
Sistema de Bombeo de Crudo JUSEPÍN

Plano del Sistema
de Bombeo de
Agua y Crudo



Sistema de Bombeo de Crudo JUSEPÍN

Diagrama del
Sistema de
Bombeo de la
Línea de Crudo



Sistema de Bombeo de Crudo JUSEPÍN

Sistema
Simplificado

