UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RECONQUISTA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

4º nivel Diseño Curricular 2023 - ORDENANZA N°1851

Asignatura: **Mecánica de los Fluidos y Máquinas Fluidodinámicas**

Cátedra:

Profesora Asociada	Ing. Silvina Zamar
Profesor Adjunto/Resp. Laborat.	Ing. Alejandro Folla

UNIDAD 11: BOMBAS CENTRÍFUGAS
UNIDAD 12: BOMBAS CENTRIFUGAS EN SERVICIO

TRABAJO PRÁCTICO N° 11 y 12:

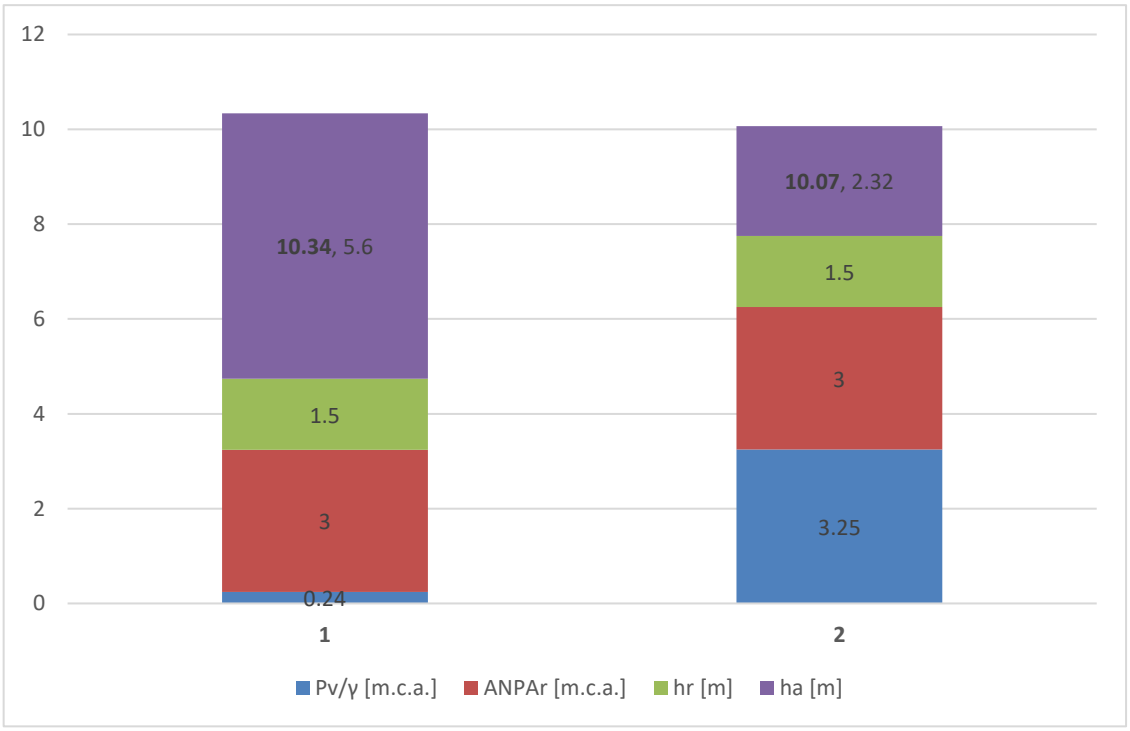
UNIDAD 11: BOMBAS CENTRÍFUGAS

EJEMPLO 11.1

Una bomba centrífuga debe ser instalada a 400 m sobre el nivel del mar trabajando con agua a 70°. El ANPA requerido, según el fabricante a nivel del mar y con agua a 20°C es equivalente a 3 m. Se estima una pérdida de carga en cañería de succión de 1.5 m.
Determinar analítica y gráficamente, a qué altura puede, cómo máximo puede ser instalada la bomba con respecto a la superficie libre de nivel de líquido de la fuente de carga en las nuevas condiciones de trabajo para que no se produzca cavitación.

Solución:
1. Primero se verifican las condiciones de ensayo garantizadas por el fabricante. Nos dice que a nivel del mar, bombeando agua a 20°C se puede levantar la bomba hasta 5.6 m por encima de la fuente de agua sin riesgo de cavitación.
2. Se calcula la altura ha de la siguiente manera:
a. A partir de la elev. s/nivel del mar se busca presión atmosférica.
b. Con la temperatura se busca densidad y presión de vapor.
c. Se convierten las presiones a alturas piezométricas (m.c.a).
d. Se realiza la suma algebraica.

ID	Elevac. [m.s.n.m.]	Patm [mbar]	t [°C]	densidad [kg/m³]	Pv [kPa]	Patm/γ [m.c.a.]	Pv/γ [m.c.a.]	ANPAr [m.c.a.]	hr [m]	ha [m]
1	0	1013	20	998.2	2.34	10.34	0.24	3	1.5	**5.6**
2	400	966	70	977.8	31.2	10.07	3.25	3	1.5	**2.32**



UNIDAD 11: BOMBAS CENTRÍFUGAS

PROBLEMA 11.1
Una bomba centrífuga instalada a 500m sobre el nivel del mar que bombea agua a 20°C, requiere un ANPA de 5,5m para que no produzca el fenómeno de cavitación, con una pérdida de carga de 0,2m. Determinar a que altura con respecto al nivel libre de la fuente de carga debe instalarse la bomba para trabajar con agua a 60°C.

PROBLEMA 11.2
Una bomba centrífuga tiene una capacidad práctica de elevación de succión de 4 m garantizada por el fabricante sin que se produzca cavitación, trabajando con agua a 20°C. Considerando una pérdida de carga en el sistema de conducción de 0,60m y en las mismas condiciones hidráulicas (caudal, ANPA, carga total, etc.) determinar la altura a la que debe ser instalada la bomba con respecto a la superficie libre de nivel de liquido de la fuente de carga, para trabajar con:

a) agua a 20°C y 1000m sobre el nivel del mar.
b) agua a 70°C y nivel del mar.
c) nafta a nivel del mar, si en esas condiciones su densidad es 0,73 kg/dm3 y su presión de vapor (tensión) es 0,4 kgf/cm².
d) salmuera a nivel del mar, si en esas condiciones su densidad es 1. 73 kg/dm3 y su presión de vapor (tensión) 0.004 kg/cm2.

PROBLEMA 11.3
Una bomba centrífuga debe impulsar 70 m³/h de agua a 40°C, a través de un sistema de conducción de hierro galvanizado de 4" de diámetro interior y 320 m de longitud. La instalación en su recorrido posee 2 válvulas esclusa, 1 válvula globo y 10 codos a 90°. Determinar la potencia de accionamiento para un rendimiento total del 75%, calculando las pérdidas de carga del sistema de conducción de las siguientes maneras:

a) en forma separada la correspondiente a la cañería recta y a los accesorios (método de los coeficientes K)
b) por el método de las longitudes equivalentes.

PROBLEMA 11.4
Determinar la potencia del motor de accionamiento para un rendimiento total del 75%, de una instalación destinada al transporte de fuel oil tipo B a una temperatura de 80°C si el caudal de bombeo es de 2,5L/seg. El sistema de conducción tiene las siguientes características:
Carga (succión): longitud cañería recta = 3,5m
1 válvula de retención
1 codo estándar
Descarga (impulsión): longitud cañería recta = 25m
1 válvula globo
1 válvula retención

PROBLEMA 11.5

Determinar la potencia de accionamiento, considerando un rendimiento total del 75%, de una bomba centrífuga destinada a impulsar un caudal de 80m3/h de agua a 70°C, desde un depósito sometido a la presión atmosférica para alimentar una caldera que trabaja a una presión manométrica de 12kg/cm2. El sistema de conducción es de hierro galvanizado y tiene las siguientes dimensiones y accesorios:

Carga (succión): longitud cañería recta = 3m
diámetro 4"
1 válvula de retención
1 codo 90°
1 válvula esclusa

Descarga (impulsión): longitud cañería recta = 8m
diámetro 3 "
1 codo estándar
1 válvula globo
1 válvula retención

PROBLEMA 11.6

En un edificio de departamento se debe elevar agua a 20°C utilizando una bomba centrífuga, desde una cisterna colocada en el subsuelo, hasta un tanque de distribución instalado en la terraza del mismo. A tal efecto se utilizará un sistema de conducción de polipropileno. La instalación ha sido diseñada para elevar 40m3/h y las características son las siguientes:

Carga (succión): longitud cañería recta = 1,5m
diámetro 3"
1 válvula de retención con filtro
1 codo estándar
1 válvula globo

Descarga (impulsión): longitud cañería recta = 30m
diámetro 3"
1 válvula globo
1 curva 90°

Estimando un rendimiento total del 70%, determinar la potencia del motor de accionamiento.

PROBLEMA 11.7

De la curva del catálogo EBARA para la bomba 65-200/18.5, y 50Hz obtener las curvas semejantes para 45Hz y comparar ambas gráficamente.

PROBLEMA 11.8

Para una bomba centrífuga, el fabricante suministra la tabla de datos de altura de elevación con respecto al caudal de bombeo. Con dichos datos trazar a escala la curva H = f(Q) para dos bombas de iguales características trabajando:

a) en serie

b) en paralelo

Caudal Q [L/s]	Altura Hm [m]
0	40
5	37
10	34
15	28
20	20
22.5	15

PROBLEMA 11.9

En el ensayo de funcionamiento de una bomba centrífuga se han obtenido los valores de Hm = f(Q) indicados en la tabla.

Construir la curva Hm = f(Q), cuando la misma trabaja conjunto con una bomba de las características indicadas en el problema 11.8:

a) en serie

b) en paralelo

Caudal BB2 Q [L/s]	Altura BB2 Hm [m]
0	65
5	60
10	52
15	40
20	20
20.5	15

PROBLEMA 11.10

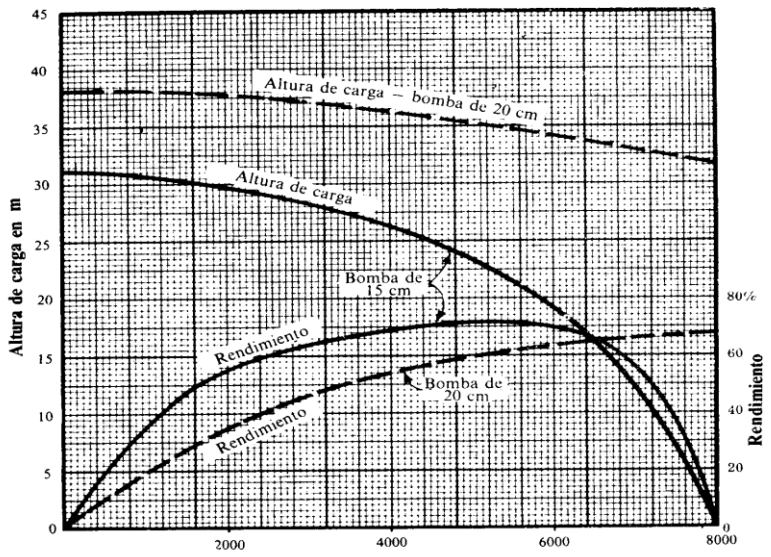
Una bomba de 15 cm de diámetro suministra 5200 L/min contra una altura de carga de 22,5 m cuando gira a 1750 rpm.
En la Figura se representan las curvas altura de carga-caudal y rendimiento-caudal.
Para una bomba de 20 cm geométricamente semejante girando a 1450 rpm y suministrando 6300 L/min, determinar:
(a) la altura de carga probable desarrollada por la bomba de 20 cm. (b) Suponiendo una curva de rendimiento semejante para la bomba de 20 cm, ¿qué potencia será requerida para tener el caudal de 6300 L/min?

PROBLEMA 11.11

Bomba de 15 cm a 1750 rpm				**Bomba de 20 cm a 1450 rpm**				
Caudal BB1 Q1 [L/min]	Altura BB1 Hm [m]	Rendimiento BB1	Pot. Motor BB1 [Kw]	Caudal BB2 Q [L/min]	Altura BB2 Hm [m]	Rendimiento BB2	Pot. Motor BB2 [Kw]	Pot. Motor BB2 [CV]
0	31.0	4%						
2000	29.5	54%						
3200	28.0	64%						
4000	26.0	68%						
5200	22.5	70%						
6400	17.0	67%						
7600	6.0	34%	21.9	14927	7.3	34%	52.4	69.9

D1 [cm]	N1 [rpm]	D2 [cm]	N2 [rpm]
15	1750	20	1450
Densidad	1000.0		

Una bomba de 15 cm de diámetro suministra 5200 l/min contra una altura de carga de 22,5 m cuando gira a 1750 rpm. En la Fig. 12-5 se representan las curvas altura de carga-caudal y rendimiento-caudal. Para una bomba de 20 cm geométricamente semejante girando a 1450 rpm y suministrando 7200 l/min, determinar (*a*) la altura de carga probable desarrollada por la bomba de 20 cm. (*b*) Suponiendo una curva de rendimiento semejante para la bomba de 20 cm, ¿qué potencia será requerida para tener el caudal de 7200 l/min?



PROBLEMA 11.12

Del catálogo EBARA para la bomba 65-200/18.5 con diámetro de rodete 201mm obtener las curvas semejantes y comparar gráficamente para las bombas de la mimsa familia:
a) 65-200/15, rodete 190mm
b) 65-200/22, rodete 212mm

Bomba de 201 mm a 50 Hz

Qd201* [L/min]	Hd201 Hm [m]
0	60.5
700	58.5
900	56.5
1300	51.5
1500	49.0
1700	46.0
1900	43.0
2100	39.7
2200	38.0
2300	36.3

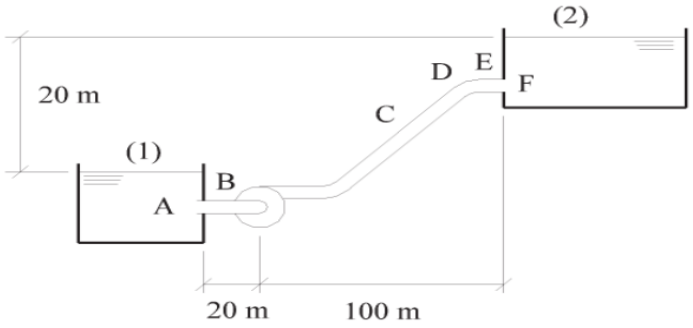
D1 [mm]	N1 [rpm]
201	50

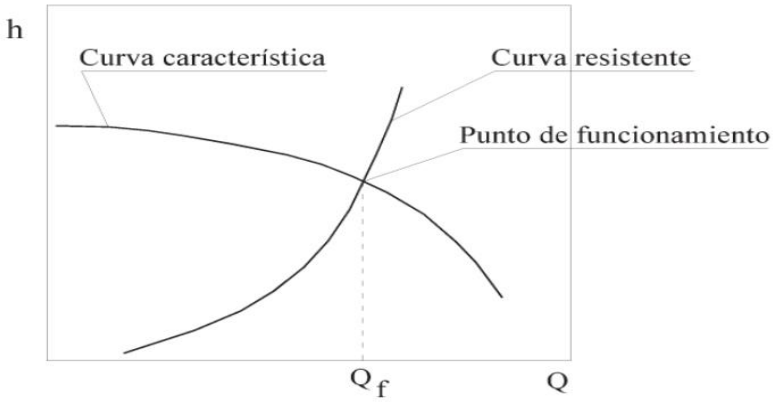
PROBLEMA 12.1

Calcular el caudal del sistema de la figura las pérdidas son:

- *en (A), entrada suave 0,20 (V^2 / 2g)*
- *en (B) y (C) tubería de rugosidad k = 0,6 mm y diámetro ϕ = 150 mm*
- *en (D) codo con pérdida 0,15 (V^2 / 2g)*
- *en (F) pérdida en entrada V^2 / 2g*

La curva característica de la bomba: h (m) = 36 – 1700 (Q^2) (m^3 /s)

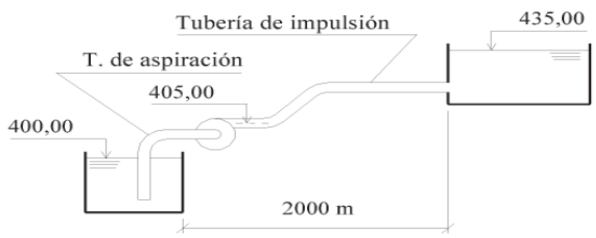




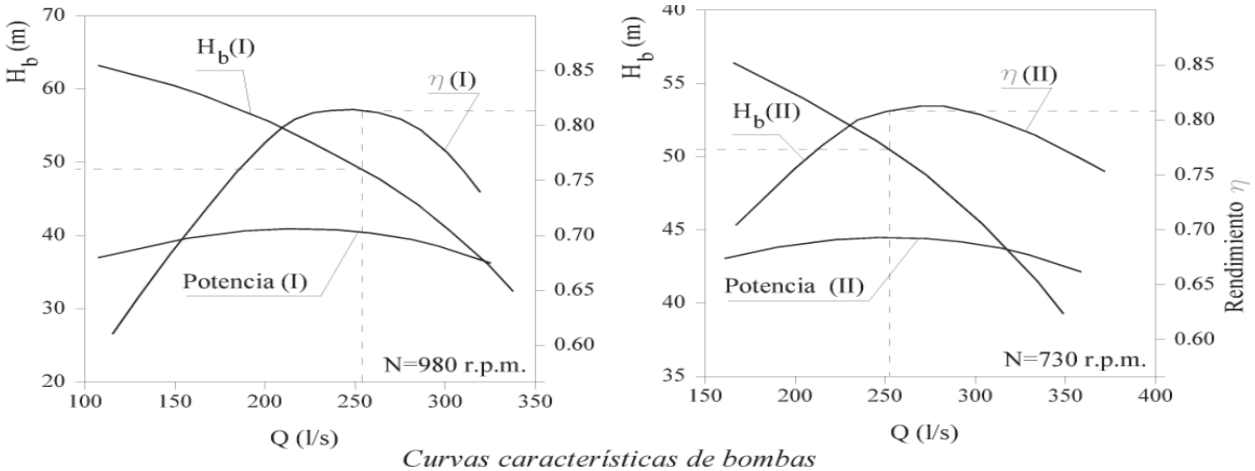
Punto de funcionamiento de un sistema con bomba

PROBLEMA 12.2

En la figura se describe una impulsión, la tubería es ϕ = 0,40 m, el caudal a elevar no será inferior a 0,25 m^3/s , las pérdidas son: $\Delta H = 62\, V^2 / 2g$



Se pide elegir entre dos bombas cuyas curvas característica y de rendimiento están esquematizadas en la siguiente figura (Bombas modelo I y II).

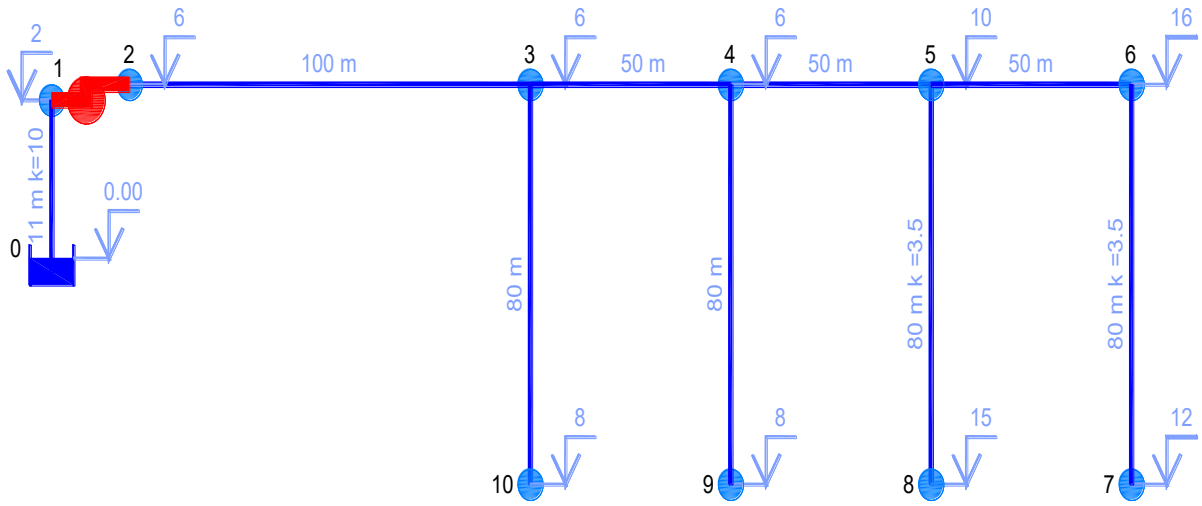


Curvas características de bombas

UNIDAD 12: BOMBAS CENTRIFUGAS EN SERVICIO

PROBLEMA 12.3

Para la red de incendio de una nave industrial, según la normativa son necesarias las 8 bocas de incendio equipadas (BIE) que figuran en el croquis. Se prevé que trabajen 2 bocas abiertas a 500 [lpm] cada una y 5 [bar] de presión (50 [m.c.a.]) como mínimo a la salida de la boca hidráulicamente más desfavorable.



a. Seleccionar de catálogo los diámetros de las cañerías de la red teniendo en cuenta que las velocidades no pueden ser mayores a 2 [m/s].

b. Calcular las pérdidas en los tramos para las dimensiones, longitudes y coeficientes de pérdidas presentados.

c. Calcular la altura manométrica de la bomba para impulsar el caudal del sistema diseñado.

d. Seleccionar de catálogo la bomba que cumpla los requerimientos anteriores y calcular punto de funcionamiento de la bomba.

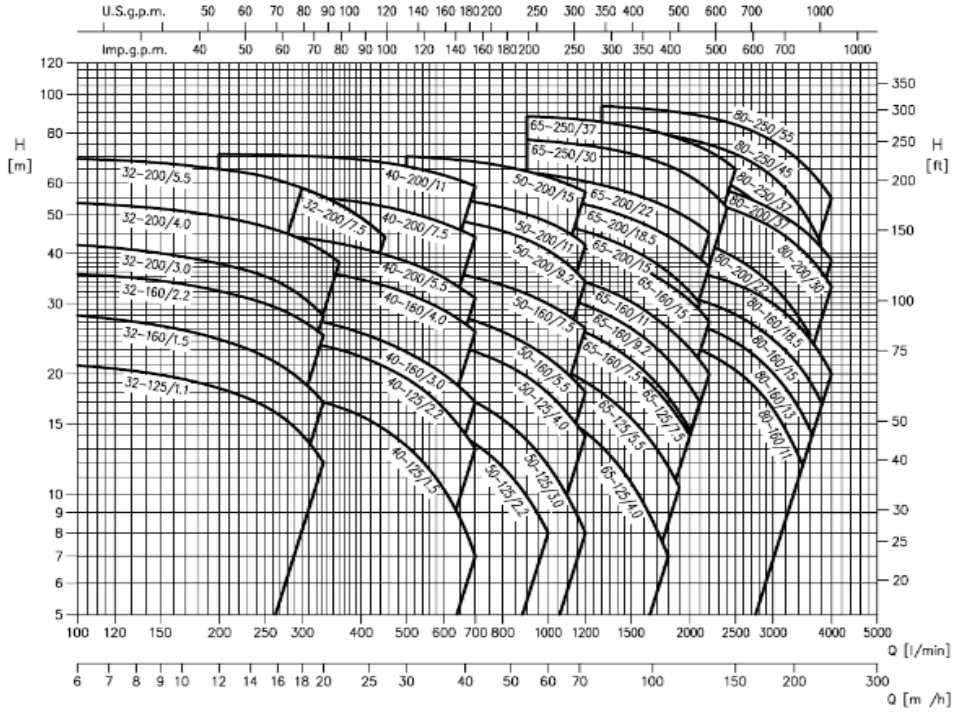
e. Calcular la presión manométrica y absoluta en el punto 1.

f. Verificar presión en los 2 puntos más desfavorables para la bomba seleccionada.

EN 10255 tipo L2 (serie extraligera ISO 65)						
DN	Designación de la rosca	Diámetro exterior			Espesor mm	Peso Kg/m
		D mm	Máx. mm	Mín. mm		
10	3/8	17,2	17,3	16,7	1,8	0,67
15	1/2	21,3	21,4	21,0	2,0	0,94
20	3/4	26,9	26,9	26,4	2,3	1,38
25	1	33,7	33,8	33,2	2,6	1,98
32	1 1/4	42,4	42,5	41,9	2,6	2,54
40	1 1/2	48,3	48,4	47,8	2,9	3,23
50	2	60,3	60,3	59,6	2,9	4,08
65	2 1/2	76,1	76,1	75,2	3,2	5,71
80	3	88,9	88,9	87,9	3,2	6,72
90	3 1/2*	101,6	–	–	3,2	7,87
100	4	114,3	114,3	113,0	3,6	9,75
125	5*	139,7	—	—	3,75	11,60
150	6*	165,1 (168,3)	—	—	3,75	14,20
* Estos pasos nominales no corresponden a la norma.				Tolerancia:	– 12,50%	± 7,5% (> 10t)

SELECTION CHART 50 Hz

Rev. H



CENTRIFUGAL PUMPS — 3 series

SELECTION CHART — 50 Hz

Rev. H

3 SERIES: 32, 40, 50 VERSION

Pump type	kW	HP	l/min	0	100	150	200	300	333	360	400	450	500	600	700	800	1000	1200
			m³/h	0	6	9	12	18	20	22	24	27	30	36	42	48	60	72
32-125/1.1(M) *	1.1	1.5		22.5	21	19.9	18.4	14.1	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32-160/1.5(M) *	1.5	2		29.5	28	26.5	24.5	19.2	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32-160/2.2(M) *	2.2	3		37	35.5	34	32	27	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32-200/3.0	3	4		44	42	40	37.5	31	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32-200/4.0	4	5.5		55	53.5	52	49.5	43.5	40.5	38	-	-	-	-	-	-	-	-
32-200/5.5	5.5	7.5		70.5	69	67.5	65	58.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32-200/7.5	7.5	10		70.5	69	67.5	65	58.5	55.5	53	49	44	-	-	-	-	-	-
40-125/1.5(M) *	1.5	2		20	-	-	19	17.6	17	16.5	15.7	14.5	13.2	10.3	7	-	-	-
40-125/2.2(M) *	2.2	3		26.5	-	-	25.5	24	23.5	23	22	21	19.5	16.4	13	-	-	-
40-160/3.0	3	4		31	-	-	29.5	27.5	27	26.5	25.5	24	22.5	20	17	-	-	-
40-160/4.0	4	5.5		40	-	-	38.5	37	36	35.5	34.5	33	32	29	25.5	-	-	-
40-200/5.5	5.5	7.5		47	-	-	45.5	44	43	42.5	41	39.5	38	35	31	-	-	-
40-200/7.5	7.5	10		58	-	-	57	55.5	55	54.5	53.5	52.5	51	47.5	44	-	-	-
40-200/11	11	15		72	-	-	71	70	70	69.5	68.5	67.5	66	63	59	-	-	-
50-125/2.2(M) *	2.2	3		19	-	-	-	-	-	-	17.5	17	16.3	14.9	13.4	11.7	8	-
50-125/3.0	3	4		22	-	-	-	-	-	-	20.5	20	19.6	18.4	17	15.4	11.8	8
50-125/4.0	4	5.5		26.5	-	-	-	-	-	-	26	25.5	25	24	22.5	21.5	17.9	14
50-160/5.5	5.5	7.5		33	-	-	-	-	-	-	31	30.5	30	28.5	27	25.5	22	18
50-160/7.5	7.5	10		40	-	-	-	-	-	-	38.5	38	37.5	36	35	33.5	30	26
50-200/9.2	9.2	12.5		53	-	-	-	-	-	-	-	-	50	49	47.5	45.5	40.5	34
50-200/11	11	15		59	-	-	-	-	-	-	-	-	56	55	54	52	48	42
50-200/15	15	20		72	-	-	-	-	-	-	-	-	70	69	68	66	62	57

* Single phase version only for 3M type.

3 SERIES: 65, 80 VERSION

Pump type	kW	HP	l/min	0	600	700	900	1300	1500	1700	1900	2100	2200	2300	2400	2500	3000	3400	3600	3800	4000
			m³/h	0	36	42	54	78	90	102	114	126	132	138	144	150	180	204	216	228	240
65-125/4.0	4	5.5		22.2	19.8	19	17.3	13.3	11	8,6	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-125/5.5	5.5	7.5		27	-	24	22.2	18	15.7	13.3	10.8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-125/7.5	7.5	10		32	-	29.5	27.8	23.5	21.1	18.7	16.1	13.4	12	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/7.5	7.5	10		32	-	30	28.6	24.8	22.5	19.9	17.1	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/9.2	9.2	12.5		36.5	-	34.5	32.8	28.8	26.5	23.9	21.1	18.3	16.8	-	-	-	-	-	-	-	-
65-160/11	11	15		40.5	-	38.5	37.1	33.1	30.9	28.4	25.8	23	21.5	20	-	-	-	-	-	-	-
65-160/15	15	20		48	-	45.5	44	40	37.8	35.3	32.6	29.6	28	26.5	-	-	-	-	-	-	-
65-200/15	15	20		53.5	-	51	49	44	41.5	38.4	35.3	31.8	30	-	-	-	-	-	-	-	-
65-200/18.5	18.5	25		60.5	-	58.5	56.5	51.5	49	46	43	39.7	38	36.3	-	-	-	-	-	-	-
65-200/22	22	30		67	-	65.5	64	59.5	57	54	51	48	46.5	45	-	-	-	-	-	-	-
65-250/30	30	40		78	-	-	77	73.5	71	68	64.5	60	57.5	55	52	-	-	-	-	-	-
65-250/37	37	50		89	-	-	88	85.5	83	80.5	77.5	74	72	70	67.5	65	-	-	-	-	-
80-160/11	11	15		29	-	-	-	27.3	26.4	25.4	24.2	23	22.4	21.8	21.1	20.4	16.4	12.5	-	-	-
80-160/13	13	17.5		32	-	-	-	30.5	29.7	28.8	27.7	26.5	25.9	25.3	24.6	24	20.1	16.5	14.5	-	-
80-160/15R	15	20																			
80-160/15				35	-	-	-	34	33.3	32.5	31.5	30.5	30	29.4	28.8	28.1	24.4	21	19.1	17	-
80-160/18.5	18.5	25		40	-	-	-	39	38.4	37.6	36.7	35.7	35.2	34.7	34.1	33.5	30	26.4	24.4	22.3	20
80-200/22	22	30		50	-	-	-	48	47	45.5	44.5	43	42	41	40	39	33.2	27.8	25	-	-
80-200/30	30	40		60	-	-	-	58.5	58	57	56	54.5	54	53	52	51	46.5	41.5	39	36.1	33
80-200/37	37	50		66	-	-	-	64	63	62	61	59.5	59	58	57.5	56.5	51.5	47	44.5	41.5	38.5
80-250/37	37	50		73	-	-	-	71.5	70.5	68.5	66.5	64	63	61.5	60	58.5	48.5	38	-	-	-
80-250/45	45	60		84	-	-	-	82.5	81.5	80	78	76	75	73.5	72.5	71	62	53	48	42.5	-
80-250/55	55	75		95	-	-	-	93.5	92.5	91.5	90	88.5	87.5	86.5	85.5	84	76.5	68.5	64.5	60	55