

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

**DOCUMENTO N°2:
MEMORIA DE CÁLCULO.**

AUTORA: ROSA HERMINIA CABELLO GARCÍA.

TUTOR: EMILIO DÍAZ OJEDA.

CONVOCATORIA: 3ª CONVOCATORIA DICIEMBRE 2012.



INDICE:

1- CÁLCULO DE LOS DEPÓSITOS.

- 1.1- DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO.
- 1.2- DEPÓSITO DE PREPARACIÓN.
- 1.3- DEPÓSITO DEL PROCESO.

2- CÁLCULO DE BOMBAS.

- 2.1- BOMBA DE LOS FERMENTADORES.
 - 2.1.1- CÁLCULO DE LA POTENCIA.
 - 2.1.2- CÁLCULO DEL $NPSH_{disponible}$ Y $NPSH_{requerido}$.
- 2.2- BOMBA DE LA SOSA.
 - 2.2.1- CÁLCULO DE LA POTENCIA.
 - 2.2.2- CÁLCULO DEL $NPSH_{disponible}$ Y $NPSH_{requerido}$.
- 2.3- BOMBA DE LA SALMUERA.
 - 2.3.1- CÁLCULO DE LA POTENCIA.
 - 2.3.2- CÁLCULO DEL $NPSH_{disponible}$ Y $NPSH_{requerido}$.

3- BALANCES DE MATERIAS.

- 3.1- BALANCE DE LA SOSA.
- 3.2- BALANCE DE LA SALMUERA.



4- ANEXOS.

- 4.1- ANEXO 1: TABLA 1. VALORES DE RUGOSIDAD ABSOLUTA k .
- 4.2- ANEXO 2: TABLA 2. EQUIVALENCIA EN CV.
- 4.3- ANEXO 3: DIAGRAMA 1. GRÁFICO DE LONGITUD EQUIVALENTE.
- 4.4- ANEXO 4: DIAGRAMA 2. DIAGRAMA MOODY.

5- BIBLIOGRAFÍA.



1- CÁLCULOS DE LOS DEPÓSITOS.

En la instalación hay tres tipos de depósitos: de preparación, de almacenamiento y de proceso. Cada uno tiene distinta capacidad que se describe posteriormente. Se va a calcular el espesor mediante la siguiente fórmula:

$$e = \frac{5 \cdot p \cdot D}{R \cdot f} \quad (1.1)$$

Donde:

e, espesor, en mm.

p, la presión en la parte inferior de esa virola, igual al producto de la distancia al borde superior del depósito por el peso específico del líquido a almacenar, en kg/mm^2 .

D, el diámetro del tanque, en mm.

R, la carga de trabajo admisible para el material, trabajando a tracción, en kg/mm^2 .

f, coeficiente de seguridad de las soldaduras (0,8-0,85).

1.1 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO:

Estos depósitos tienen la función de almacenar los líquidos que posteriormente se va a utilizar para la preparación de las disoluciones que participan en el proceso. Son depósitos de poliéster; este material es apto para almacenar: agua potable, vino, productos alimenticios, abonos líquidos y productos químicos.

Estos depósitos tienen una capacidad de 16.000L, verticales de diámetro de 3m y longitud de 4m.

Para estos depósitos su espesor es estándar, depende de su localización; en el caso de los depósitos de almacenamiento son exteriores, por ello necesitan más capas de poliéster para ofrecer más resistencia a sus paredes, por ello necesitan entre 10 a 12 capas.

1.2 DEPÓSITO DE PREPARACIÓN.

En estos depósitos se preparan las disoluciones de sosa y de salmuera. Son de poliéster, pero se encuentran enterrados, en este caso su espesor debe ser menor, ya que al estar enterrados las paredes tienen más resistencia, por ello solo necesitan entre 8 a 9 capas de poliéster.

Tiene una capacidad de 21.000L, verticales de diámetro 3.05m y longitud 5m.



1.3 DEPÓSITO DEL PROCESO.

En estos depósitos se realizan todo el proceso de oxidación de la aceituna. Son de acero inoxidable, pero también se podrían poner de poliéster, ya que realizan la misma función unos que otros. Pueden tener algunas ventajas los de acero inoxidable frente a los de poliéster, aunque estos últimos sean más baratos.

Tienen una capacidad de 25.000L, son horizontales de diámetro 2.5 m y longitud 6 m.

Su espesor calculado con la fórmula (1.1) es:

$$P = \rho g H = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 24525 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 = 24525 \text{ Pa}$$

$$24525 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ kgf/cm}^2}{98100 \text{ Pa}} = 0.25 \text{ kgf/cm}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kgf/mm}^2$$

$$D = 2500 \text{ mm}$$

$$R = 5200 \text{ kg/cm}^2 = 52 \text{ kg/mm}^2 \text{ (Dato tabulado para el acero inoxidable).}$$

Sustituyendo los datos:

$$e = \frac{5 \cdot 2,5 \times 10^{-3} \cdot 2500}{52 \cdot 0,8} = 0,75 \text{ mm}$$

2- CÁLCULO DE LAS BOMBAS.

En la instalación hay tres bombas: para extraer la aceituna con la salmuera de los fermentadores, para la extracción de la sosa de los depósitos de preparación al proceso y para extraer la salmuera de los depósitos de preparación al proceso.

Para cada bomba se va a calcular la potencia requerida para el proceso y su $NPSH_{\text{disponible}}$.

$$P = \rho g \cdot Q \cdot H \quad (2.1)$$

Donde:

P, potencia de la bomba, en W.

ρ , densidad del fluido, en kg/m^3 .



g , aceleración de gravedad, en m/s^2 .

Q , caudal, en m^3/s .

$$Q = v \cdot S \quad (2.2)$$

v , velocidad del fluido, en m/s .

S , superficie, en m^2

H , altura suministrada por la bomba, en m.

$$\Delta P/\rho + \Delta c^2/2 + \Delta z \cdot g + H - h_f = 0 \quad (2.3)$$

ΔP , diferencia de presiones, en kg/cm^2 .

Δc , diferencia de velocidades, en m/s .

Δz , diferencia de alturas, en m.

h_f , pérdidas de cargas, en m.

$$h_f = f \cdot L/D \cdot c^2/2g \quad (2.4)$$

f , coeficiente de fricción, adimensional.

$$f = f(Re, \varepsilon_r) \quad (\text{Anexo 4})$$

Donde:

Re , n° de Reynolds, adimensional.

$$Re = D \cdot c \cdot \rho/\mu \quad (2.5)$$

ε_r , rugosidad relativa.

$$\varepsilon_r = k/D \quad (2.6)$$

k , rugosidad absoluta, en anexo 1.

D , diámetro, en mm.

L , $L+L_{eq}$, longitud de la tubería mas la longitud equivalente, en m.

Para las longitudes equivalentes, anexo 3.

D , diámetro, en m.



Para el cálculo del $NPSH_{disponible}$ de la bomba se resuelve mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_{disponible} = \pm z_1 + \frac{(P_1 - P_v)}{\rho} \cdot 10 - h_f \quad (2.7)$$

Donde:

z , altura del líquido, en m.

P_1 , presión en la aspiración, en kg/cm^2 .

P_v , presión de vapor del líquido, en kg/cm^2 .

h_f , pérdida de carga en la aspiración, en m.

2.1 BOMBA DE LOS FERMENTADORES.

Este tipo de Bomba es para la extracción y trasiego de aceitunas de fermentadores subterráneos, tiene un rodete más abierto de lo normal para no dañar la aceituna, son autoaspirantes.

2.1.1 CALCULO DE LA POTENCIA:

Para el cálculo de la potencia, primero se tiene que calcular la altura mediante la fórmula (2.3), el primer término es cero ya que las dos presiones son igual a la atmosférica, para los demás datos:

La velocidad:

$$25000 \text{ l/h} = 6,95 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ caudal}$$

Utilizando la formula (2.2):

$$6,95 \times 10^{-3} = v \cdot \pi \left(\frac{0.11^2}{4} \right) \rightarrow v = 0.73 \text{ m/s}$$

La pérdida de carga se utiliza la fórmula (2.4), para ello se necesita el coeficiente de fricción, la longitud equivalente:

$$f = (4,8 \cdot 10^4, 6,4 \cdot 10^{-5}) = 0,04$$



$$L_{eq} \left\{ \begin{array}{l} 10 \text{ valvulas de asiento} \times 35m \\ 10 \text{ té} \times 7m \\ 12 \text{ codos} \times 7m \end{array} \right\} = 504m$$

$$L = L_{asp} + L_{exp} = 10 + 58 = 68m$$

Sustituyendo los datos:

$$hf = 0,04 \cdot (68 + 504) / 0,11 \cdot 0,73^2 / 2 \cdot 9,81 = 5,65m$$

Se sustituye en la fórmula (2.3):

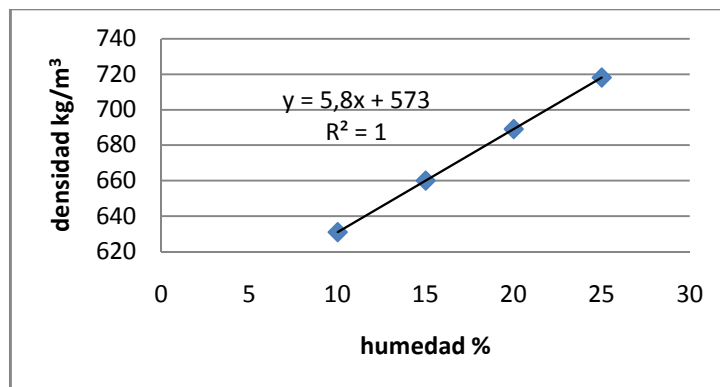
$$0 - 0,73^2 / 2 + (0 - 3,5) \cdot 9,81 + H - 5,65 = 0 \rightarrow H = 39,72m$$

Por último se calcula la potencia, mediante la fórmula (2.2), para la densidad se hace una media ponderada:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{densidad de la salmuera} = 1200 \text{ kg/m}^3 \\ \text{peso de salmuera} = 15000 \text{ kg} \\ \text{densidad de la aceituna} = 863 \text{ kg/m}^3 \\ \text{peso de la aceituna} = 10000 \text{ kg} \end{array} \right\} \rightarrow m_1 \rho_1 + m_2 \rho_2 / m_1 + m_2$$

$$\rho_t = 1065,2 \text{ kg/m}^3$$

Para la densidad de la aceituna al 50% de humedad se ha obtenido mediante la siguiente grafica:



Grafica 1. Relación de la densidad de la aceituna con la humedad.



$$y = 5,8 \cdot 50 + 573 = 863 \text{ kg/m}^3$$

La potencia es:

$$P = 9,81 \cdot 1065,2 \cdot 6,95 \cdot 10^{-3} \cdot 39,72 = 2884,65W \rightarrow P = 2,88kW$$

Mediante la anexo 2. Se ve la equivalencia en caballos CV.

$$P = 2,88kW \cong 4CV.$$

2.1.2 CÁLCULO DEL $NPSH_{disponible}$ Y EL $NPSH_{requerido}$:

Para el cálculo $NPSH_{disponible}$ se necesita:

$$P_{asp}=1,033 \text{ kg/cm}^2.$$

P_{vapor} es muy próxima a la presión de vapor del agua=0,0238 kg/cm²

$$\rho=1065,2\text{kg/m}^3.$$

$h_{f,asp}$:

$$L_{eq}\{4 \text{ codos} \times 7m\} = 28m$$

$$L = L_{asp} = 10m$$

$$hf = 0,04 \cdot (10 + 28) / 0,11 \cdot 0,73^2 / 2 \cdot 9,81 = 0,37m$$

Se sustituye los datos en la formula (2.7):

$$NPSH_{disponible} = 6 + (1,033 - 0,0238) / 1065,2 \cdot 10 - 0,37 = 5,64m$$

Como ha de cumplirse que $NPSH_{disponible} - NPSH_{requerido} \geq 1$, para que no se produzca el efecto de cavitación. Entonces:

$$NPSH_{requerido} \leq 4,64$$



2.2 BOMBA DE LA SOSA.

Esta bomba es la encargada de extraer la sosa del depósito de preparación al depósito del proceso, es una bomba centrífuga, tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas para casi cualquier uso.

2.2.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA:

El procedimiento para el cálculo de la potencia y su NPSH es igual al anterior.

Primer se calcula la velocidad del fluido, mediante la fórmula (2.2):

$$6,95 \times 10^{-3} = v \cdot \pi \left(0,09^2 / 4 \right) \rightarrow v = 1,09 \text{ m/s}$$

La pérdida de carga se utiliza la fórmula (2.4), para ello se necesita el coeficiente de fricción, la longitud equivalente:

$$f = (1,2 \cdot 10^3, 7,8 \cdot 10^{-5}) = 0,065$$

$$L_{eq} \left\{ \begin{array}{l} 10 \text{ valvulas de asiento} \times 30m \\ 10 \text{ té} \times 6m \\ 6 \text{ codos} \times 6m \end{array} \right\} = 396m$$

$$L = L_{asp} + L_{exp} = 3 + 48 = 51m$$

Se sustituye los datos:

$$h_f = 0,065 \cdot (51 + 396) / 0,09 \cdot 1,09^2 / 2 \cdot 9,81 = 19,55m$$

Se sustituye en la fórmula (2.3):

$$0 - 1,09^2 / 2 + (0 - 3,5) \cdot 9,81 + H - 19,55 = 0 \rightarrow H = 53,29m$$



La potencia es:

$$P = 9,81 \cdot 1000 \cdot 6,95 \cdot 10^{-3} \cdot 53,29 = 3633,3W \rightarrow P = 3,6kW$$

Su equivalencia a CV, mediante la anexo 2.

$$P = 3,6kW = 5,5CV.$$

2.2.2 CÁLCULO DEL $NPSH_{disponible}$ Y EL $NPSH_{requerido}$:

Para el cálculo $NPSH_{disponible}$ se necesita:

$$P_{asp}=1,033 \text{ kg/cm}^2.$$

$$P_{vapor}= 0,0238\text{kg/cm}^2.$$

$$\rho=1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$h_{f,asp}:$$

$$L_{eq}\{2 \text{ codos} \times 6m\} = 12m$$

$$L = L_{asp} = 3m$$

$$h_f = 0,065 \cdot (3 + 12)/0,09 \cdot 1,09^2/2 \cdot 9,81 = 0,65m$$

Se sustituye los datos en la formula (2.7):

$$NPH_{disponible} = 5 + (1,033 - 0,0238)/1000 \cdot 10 - 0,65 = 4,36m$$

Como ha de cumplirse que $NPSH_{disponible} - NPSH_{requerido} \geq 1$, para que no se produzca el efecto de cavitación. Entonces:

$$NPSH_{requerido} \leq 3,36$$



2.3 BOMBA DE LA SALMUERA.

Esta bomba se encarga de la extracción de la salmuera de los depósitos de preparación a los del proceso, al igual que la bomba de la sosa se trata de una bomba centrífuga.

2.3.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA:

El procedimiento para el cálculo de la potencia y su NPSH es igual al anterior.

Primer se calcula la velocidad del fluido, mediante la fórmula (2.2):

$$6,95 \times 10^{-3} = v \cdot \pi \left(\frac{0,09^2}{4} \right) \rightarrow v = 1,09 \text{ m/s}$$

La pérdida de carga se utiliza la fórmula (2.4), para ello se necesita el coeficiente de fricción, la longitud equivalente, sustituyendo datos quedará:

$$f = (5,8 \cdot 10^4, 7,8 \cdot 10^{-5}) = 0,035$$

$$L_{eq} \left\{ \begin{array}{l} 10 \text{ valvulas de asiento} \times 30m \\ 10 \text{ té} \times 6m \\ 6 \text{ codos} \times 6m \end{array} \right\} = 396m$$

$$L = L_{asp} + L_{exp} = 5 + 49 = 54m$$

$$hf = 0,035 \cdot (54 + 396) / 0,09 \cdot \frac{1,09^2}{2} \cdot 9,81 = 10,6m$$

Se sustituye en la fórmula (2.3):

$$0 - \frac{1,09^2}{2} + (0 - 3,5) \cdot 9,81 + H - 10,6 = 0 \rightarrow H = 44,34m$$



La potencia es:

$$P = 9,81 \cdot 1000 \cdot 6,95 \cdot 10^{-3} \cdot 44,34 = 3023,1W \rightarrow P = 3kW$$

Mediante la anexo 2. Se obtiene la equivalencia en CV.

$$P = 3kW = 4CV.$$

2.3.2 CÁLCULO DEL $NPSH_{disponible}$ Y EL $NPSH_{requerido}$:

Para el cálculo $NPSH_{disponible}$ se necesita:

$$P_{asp}=1,033 \text{ kg/cm}^2.$$

$$P_{vapor} \text{ es muy próxima a la presión de vapor del agua } = 0,0238 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\rho=1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$h_{f,asp}:$$

$$L_{eq}\{2 \text{ codos} \times 6m\} = 12m$$

$$L = L_{asp} = 5m$$

$$h_f = 0,035 \cdot (5 + 12) / 0,09 \cdot 1,09^2 / 2 \cdot 9,81 = 0,35m$$

Se sustituye los datos en la formula (2.7):

$$NPH_{disponible} = 5 + (1,033 - 0,0238) / 1000 \cdot 10 - 0,35 = 4,66m$$

Como ha de cumplirse que $NPSH_{disponible} - NPSH_{requerido} \geq 1$, para que no se produzca el efecto de cavitación. Entonces:

$$NPSH_{requerido} \leq 3,66$$



3- BALANCES DE MATERIA.

En la instalación hay dos balances de materia: uno para las sosa y otro para la salmuera. El balance de materia es un método matemático utilizado principalmente en Ingeniería Química. Se basa en la ley de conservación de la materia, que establece que la masa de un sistema cerrado permanece siempre constante. La masa que entra en un sistema debe, por lo tanto, salir del sistema, es decir:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

3.1- BALANCE DE LA SOSA.

En la instalación se produce un balance de materia con la sosa, ya que se intenta reutilizar en lo posible todos los residuos. En este caso la sosa que se desecha una vez que ha finalizado su misión en el proceso y el agua que se utiliza para limpiar las aceitunas, que contiene sosa, las concentraciones de cada una se describe posteriormente.

El diagrama para dicho balance es:

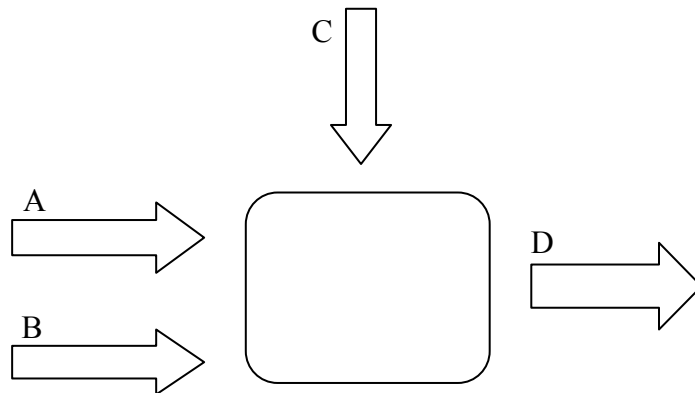


Diagrama 1. Balance de materia para la sosa.

$$A: \begin{cases} \text{sosa } 1\% \\ 10.000L \end{cases}$$

$$B: \begin{cases} \text{sosa } 0,5\% \\ 7.000L \end{cases}$$

$$C: \begin{cases} \text{sosa } 98\% \\ V? \end{cases}$$

$$D: \begin{cases} \text{sosa } 2\% \\ 21.000L \end{cases}$$



Las ecuaciones para el balance total y parcial son:

$$B_T: \dot{m}_A + \dot{m}_B + \dot{m}_C = \dot{m}_D \quad (3.1)$$

$$B_p: \dot{m}_A W_A + \dot{m}_B W_B + \dot{m}_C W_C = \dot{m}_D W_D \quad (3.2)$$

Como se tiene volumen y en la ecuación está en masa se utilizan las densidades para pasar a masa, en este caso se utiliza la densidad del agua, ya que son concentraciones muy baja.

Como la densidad del agua es 1000 kg/m^3 , se obtiene:

$$m: \begin{cases} A: 10000 \text{ kg} \\ B: 7000 \text{ kg} \\ D: 21000 \text{ kg} \end{cases}$$

Se sustituye los datos en la ecuación (3.2):

$$10000 \cdot 1 + 7000 \cdot 0,5 + \dot{m}_C \cdot 98 = 21000 \cdot 2$$

$$\dot{m}_C = 290,82 \text{ kg}$$

Mediante la densidad de la sosa concentrada se obtiene el volumen que se tiene que añadir:

$$290,82 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1520 \text{ kg}} = 0,1908 \text{ m}^3 = 190,8 \text{ L}$$

3.2- BALANCE DE LA SALMUERA.

Para el balance de materia para la salmuera solo interviene: agua, sal marina (NaCl), las concentraciones para este balance se detallan posteriormente.

El diagrama para este balance es:



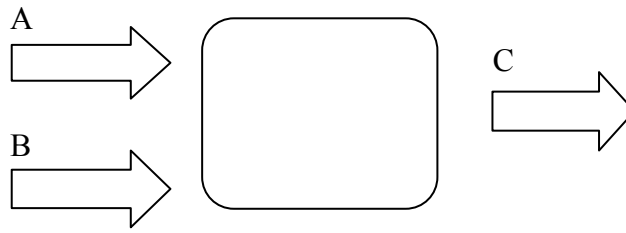


Diagrama 2. Diagrama del balance de materia para salmuera.

$$A: \begin{cases} 20.000L \\ 0\% \end{cases}$$

$$B: \begin{cases} V? \\ 98\% \end{cases}$$

$$C: \begin{cases} 21.000L \\ 3\% \end{cases}$$

En este caso, se calcula la masa de cada uno mediante sus densidades, para la densidad de la sal marina (NaCl), se usa la siguiente tabla que depende de su concentración:

%	$\rho(kg/m^3)$
1	1004,09
2	1011,12
4	1025,30
8	1054,12

Tabla 1: densidades de NaCl dependiendo de su concentración.

Para una concentración del 3% se interpola con los datos de la tabla:

$$\frac{4 - 2}{3 - 2} = \frac{1025,30 - 1011,12}{x - 1011,12} \rightarrow x = 1018,21 kg/m^3$$

Para este balance las ecuaciones del balance total y parcial son:

$$B_T: \dot{m}_A + \dot{m}_B = \dot{m}_C \quad (3.3)$$

$$B_p: \dot{m}_A W_A + \dot{m}_B W_B = \dot{m}_C W_C \quad (3.4)$$



Se sustituye los datos en la ecuación (3.4):

$$20000 \cdot 0 + \dot{m}_B \cdot 98 = 21382,41 \cdot 3$$

$$\dot{m}_B = 654,56 \text{ kg}$$



4- ANEXOS.

4.1- ANEXO 1: TABLA 1. VALORES DE RUGOSIDAD ABSOLUTA k.

MATERIAL	k, mm
Vidrio	Liso
Cobre o latón estirado	0,0015
Latón industrial	0,025
Acero laminado nuevo	0,05
Acero laminado oxidado	0,15 a 0,25
Acero laminado con incrustaciones	1,5 a 3
Acero asfaltado	0,015
Acero soldado nuevo	0,03 a 0,1
Acero soldado oxidado	0,4
Hierro galvanizado	0,15 a 0,2
Fundición corriente nueva	0,25
Fundición corriente oxidada	1 a 1,5
Fundición asfaltada	0,12
Fundición dúctil nueva	0,025
Fundición dúctil usada	0,1
Fibrocemento	0,025
PVC	0,007
Cemento alisado	0,3 a 0,8
Cemento bruto	Hasta 3



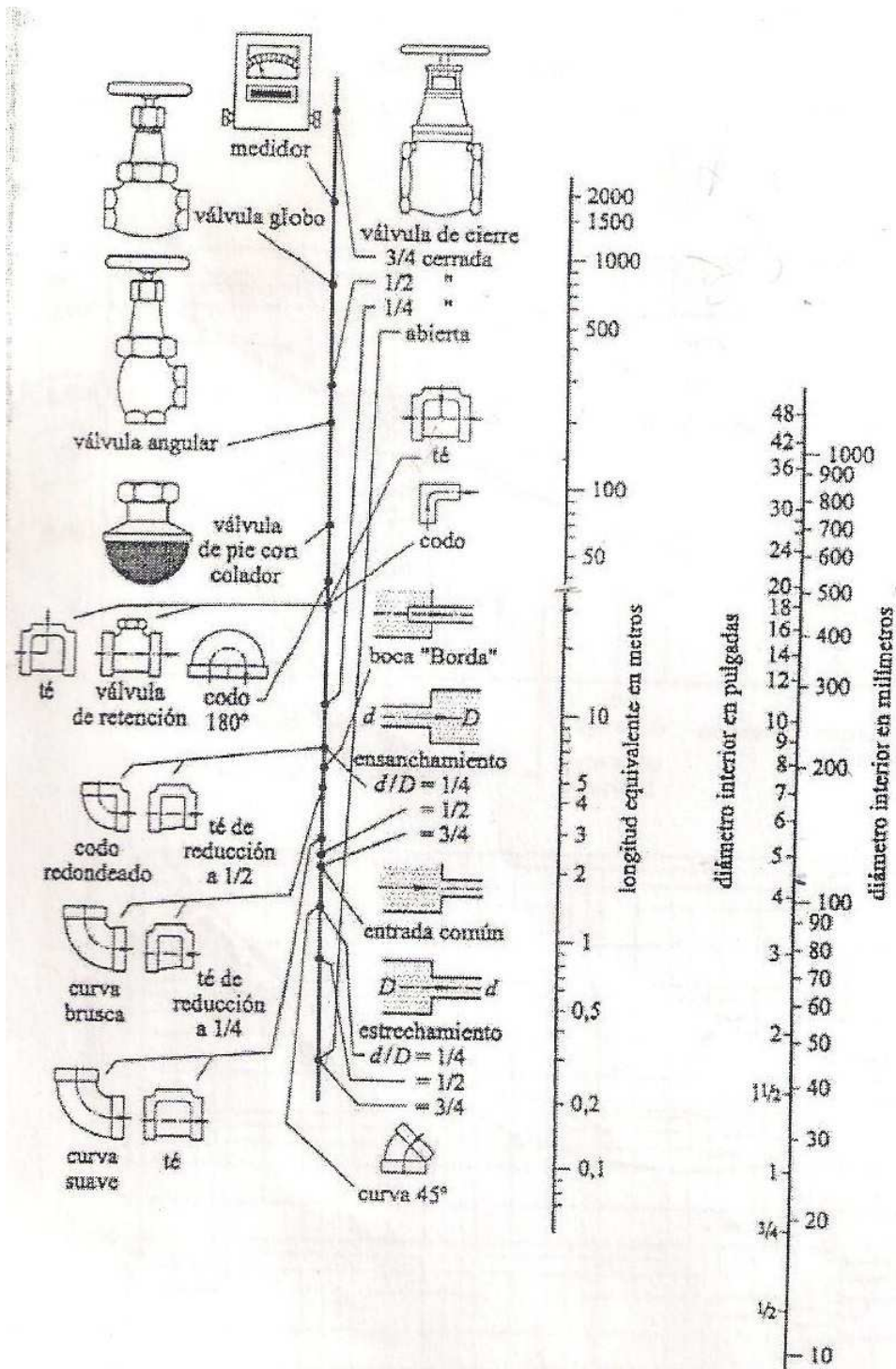
4.2- ANEXO 2: TABLA 2. EQUIVALENCIA EN CV.

Potencias normalizadas		Corriente trifásica			Corriente bifásica	Corriente monofásica	Corriente continua
Kw	C.V	220 v	380 v		220 v	220 v	220 v
0.37	0.5	1.8	1.03	0.8	1.56	3.12	2.26
0.55	0.75	2.75	1.54	1.21	2.38	4.76	3.3
0.75	1	3.5	2	1.5	3	6.01	4.29
1.1	1.5	4.4	2.6	2	3.8	7.6	6.35
1.5	2	6	3.5	2.6	5.2	10.4	8.25
2.2	3	8.7	5	3.8	7.5	15.1	12.3
3	4	11.5	6.6	5	10	20	16.2
4	5.5	14.5	8.5	6.5	12.5	25.1	21.6
5.5	7.5	20	11.5	9	17.5	34.6	29.2
7.5	10	27	15.5	12	23.5	46.8	38.4
10	13.5	35	20	15	30	60	52
11	15	39	22	17	34	68	57
15	20	52	30	23	45	90	76
18.5	25	64	37	25.5	55	111	94
22	30	75	44	33	65	130	113
30	40	103	60	45	89	178	150
37	50	126	72.5	55	109	218	186
45	60	147	85	65	127	254	221
55	75	182	105	80	157	315	276
75	100	289	138	105	206	414	364
90	125	295	170	129	255	511	450
110	150	356	205	156	309	617	540
132	175	415	236	179	354	710	630
160	220	520	300	228	450	900	791
200	270	640	370	281	550	1108	971
220	300	710	406	310	612	1230	1079
250	350	826	475	360	710	1426	1239
315	430	1000	584	442	864	1728	1547

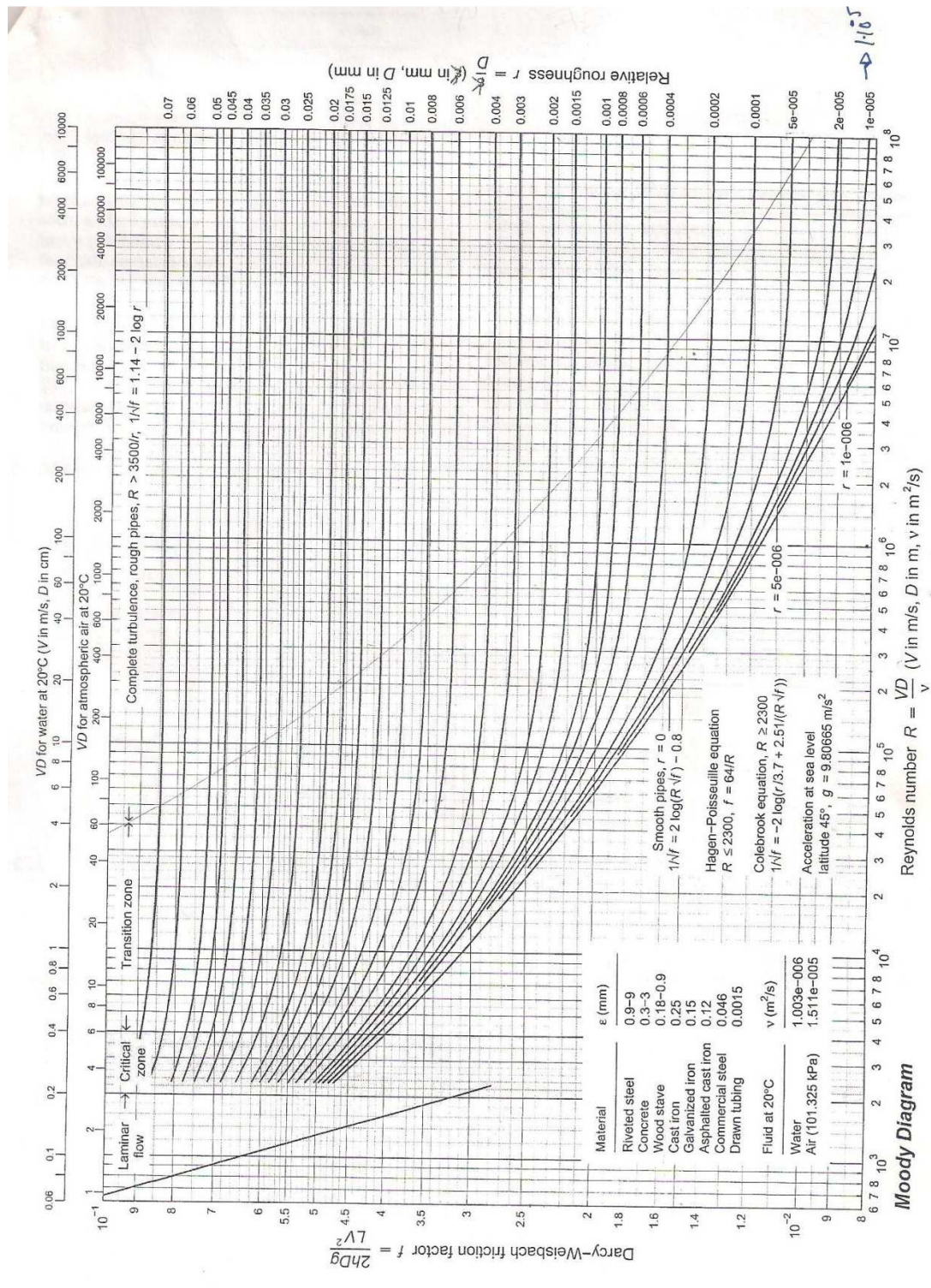
Las intensidades indicadas corresponden a valores correspondientes, ha sido tomado como referencia el motor de construcción normal de 4 polos, 1500 rpm y 380 v.



4.3- ANEXO 3: DIAGRAMA 1. GRÁFICO DE LONGITUD EQUIVALENTE.



4.4- ANEXO 4: DIAGRAMA 2. DIAGRAMA MOODY.



5- BIBLIOGRAFÍA.

Libros consultados.

- “Introducción a la Ingeniería Química”, Guillermo Calleja Pardo, Francisco García Herruzo, Antonio de Lucas Martínez, Daniel Prats Rico, José M. Rodríguez Maroto. Editorial Síntesis.
- “Mecánica de fluido incompresible y turbomaquinas hidráulicas”, José Agüera Soriano, catedrático de mecánica de fluidos, y termodinámica y motores térmicos de la Escuela Universitaria Politécnica de Córdoba (España). Editorial Ciencia 3, S.L.
- “Perry, Manual del Ingeniero Químico”, Robert H. Perry, Don W. Green, 7ª Edición. Mc Graw Hill. Volumen 1.
- Apuntes de Química Industrial, Don Rafael Pérez.



