**APÉNDICE E**

**RESOLUCIÓN DE ECUACIÓN**

**DE LA VELOCIDAD ESPECÍFICA**

**Velocidad específica**

Es necesario antes de introducir este concepto, recordar los conceptos de parámetros adimensionales y leyes de semejanza. Las bombas geométricamente similares o unidades homologas son aquellas fabricadas en una serie de tamaños, donde las dimensiones interiores guardan una cierta proporción de escala. Sus eficiencias serán muy parecidas si operan en condiciones homologas, a velocidades y caudales tales que la proporción entre ellos se mantenga constante. Cuando se operan las bombas homologas de esta manera, es posible clasificar toda la serie basándose en las pruebas realizadas en un solo tamaño.

Las principales variables dependientes de la bomba son el aumento de carga real $h\_{p}$, la potencia del eje, $\dot{W}\_{eje}$, la eficiencia, η, estas variables dependerán de la configuración geométrica, que se puede representar por algún diámetro característico, el caudal$ Q$, y la rugosidad superficial ε. Además otras variables importantes son la velocidad rotacional del eje de la bomba, 𝛚, la viscosidad del fluido, $μ$, y la densidad, ρ. Del análisis dimensional a las variables antes mencionadas, se definen tres ecuaciones que constituyen las relaciones de semejanza deseadas entre una familia de bombas geométricamente semejantes.

$$\frac{gh\_{p}}{ω^{2}D^{2}}=ϕ\_{1}\left(\frac{Q}{ωD^{3}}\right)$$

$$Ecuación (E.1)$$

$$\frac{\dot{W}\_{eje}}{ρω^{3}D^{5}}=ϕ\_{2}\left(\frac{Q}{ωD^{3}}\right)$$

$$Ecuación (E.2)$$

$$η=ϕ\_{3}\left(\frac{Q}{ωD^{3}}\right)$$

$$Ecuación (E.3)$$

Donde el parámetro adimensional $ C\_{Q}=Q/ωD^{3}$ , se denomina coeficiente de flujo. Si dos bombas de la misma familia operan al mismo valor del coeficiente de flujo

$$\left(\frac{Q}{ωD^{3}}\right)\_{1}=\left(\frac{Q}{ωD^{3}}\right)\_{2}$$

$$Ecuación (E.4)$$

Entonces se concluye que

$$\left(\frac{gh\_{p}}{ω^{2}D^{2}}\right)\_{1}=\left(\frac{gh\_{p}}{ω^{2}D^{2}}\right)\_{2}$$

$$Ecuación (E.5)$$

$$\left(\frac{\dot{W}\_{eje}}{ρω^{3}D^{5}}\right)\_{1}=\left(\frac{\dot{W}\_{eje}}{ρω^{3}D^{5}}\right)\_{2}$$

$$Ecuación (E.6)$$

$$η\_{1}=η\_{2}$$

$$Ecuación (E.7)$$

Hay dos casos especiales relacionados con la semejanza de bombas que se presentan a menudo, se las denominan leyes especiales de escala para bombas. En el primer caso se tiene interés en cómo un cambio en la velocidad de operación,$ ω$, para una bomba dada, afecta a las características de la bomba. Por la ecuación $E.4$se concluye que para el mismo coeficiente de flujo (y, en consecuencia, para la misma eficiencia) con $D\_{1}=D\_{2}$ (la misma bomba)

$$\frac{Q\_{1}}{Q\_{2}}=\frac{ω\_{1}}{ω\_{2}}$$

Ahora los subíndices 1 y 2 se refieren a la misma bomba operando a dos velocidades diferentes al mismo coeficiente de flujo. También por las ecuaciones $E.5$y$E.6$ se concluye que

$$\frac{h\_{p1}}{h\_{p2}}=\frac{ω\_{1}^{2}}{ω\_{2}^{2}}$$

y

$$\frac{\dot{W}\_{eje}\_{1}}{\dot{W}\_{eje}\_{2}}=\frac{ω\_{1}^{3}}{ω\_{2}^{3}}$$

Así para una bomba dada que opera a un coeficiente de flujo dado, el flujo varía directamente con la velocidad, la carga varía con el cuadrado de la velocidad y la potencia varía con el cubo de la velocidad. Estas leyes de escala son de utilidad al estimar el efecto de cambiar la velocidad de la bomba cuando se cuenta con algunos datos de la prueba de una bomba obtenidos haciendo funcionar la bomba a una velocidad particular.

El segundo caso surge de la necesidad de saber cómo al cambiar el diámetro del impulsor, D, de una familia de bombas de configuración geométrica semejante, operando a una velocidad dada, se modifican las características de las bombas. Como antes de la ecuación $E.7$ se concluye que para el mismo coeficiente con $ω\_{1}=ω\_{2}$

$$\frac{Q\_{1}}{Q\_{2}}=\frac{D\_{1}^{3}}{D\_{2}^{3}}$$

De manera semejante por las ecuaciones $E.5$y$E.6$

$$\frac{h\_{p1}}{h\_{p2}}=\frac{D\_{1}^{2}}{D\_{2}^{2}}$$

Y

$$\frac{\dot{W}\_{eje}\_{1}}{\dot{W}\_{eje}\_{2}}=\frac{D\_{1}^{5}}{D\_{2}^{5}}$$

Así para la familia de bombas cuya configuración geométrica es semejante operando a una velocidad dada y con el mismo coeficiente de flujo, el flujo varía con el cubo del diámetro, la carga varía con el cuadrado del diámetro y la potencia varía con la quinta potencia del diámetro. Estas relaciones de escala se basan en la condición de que, a medida que se modifica el diámetro del impulsor, todas las demás variables geométricas importantes cambian de escala adecuadamente a fin de conservar la semejanza geométrica.

Un término útil se puede obtener eliminado el diámetro D entre el coeficiente de flujo y el coeficiente de aumento de carga. Lo anterior se logra elevando el coeficiente de flujo a un exponente apropiado (1/2) y dividiendo el resultado entre el coeficiente de carga elevado a otro exponente adecuado (3/4), de modo que

$$\frac{\left(Q/ωD^{3}\right)^{1/2}}{\left(gh\_{a}/ω^{2}D^{2}\right)^{3/4}}=\frac{ω\sqrt{Q}}{\left(gh\_{a}\right)^{3/4}}=N\_{S}$$

$$N\_{S}=\frac{ω\sqrt{Q}}{\left(gh\_{a}\right)^{3/4}}$$

El parámetro adimensional $N\_{S}$, se denomina velocidad específica y este no depende del sistema de unidades usado en su evaluación, en la medida que se use un sistema de de unidades consistente. Sin embargo es usual una forma dimensional modificada de la velocidad específica, donde

$$N\_{Sd}=\frac{ω(rpm)\sqrt{Q(GPM)}}{\left[TDH\left(pies\right)\right]^{3/4}}$$

$$Ecuación (E.8)$$

Valores característicos de $N\_{Sd}$ están en el intervalo de de 500< $N\_{Sd}$ > 4000 para bombas centrífugas. Tanto $N\_{Sd}$ como $N\_{S}$ tienen el mismo significado físico, pero sus magnitudes difieren por un factor de conversión constante $N\_{Sd}=2733 N\_{S}$ cuando en la ecuación $E.8$ se expresa en rad/s.

El concepto de velocidad específica es muy útil para la selección de bombas, ya que si se especifican la carga, el caudal y la velocidad requerida, es posible elegir un tipo eficiente de bomba apropiada para una aplicación particular. El valor calculado de la velocidad específica no tiene significado físico, pero es extraordinariamente útil porque permanece constante para todas las bombas similares y no varía con una velocidad para una bomba dada. La velocidad específica para una bomba determinada es independiente de su tamaño y velocidad, es únicamente función de su forma, por lo que, a veces se considera como un factor de forma.