

2.2 Turbinas hidráulicas

Las turbinas hidráulicas funcionan según los mismos principios que las turbomáquinas para gases, y las hay también radiales (centrífugas y centrípetas), mixtas, axiales y de chorro. El tipo de turbina a utilizar depende de la aplicación y de la velocidad específica. La Figura 5.17 sirve de guía para la selección de turbinas:

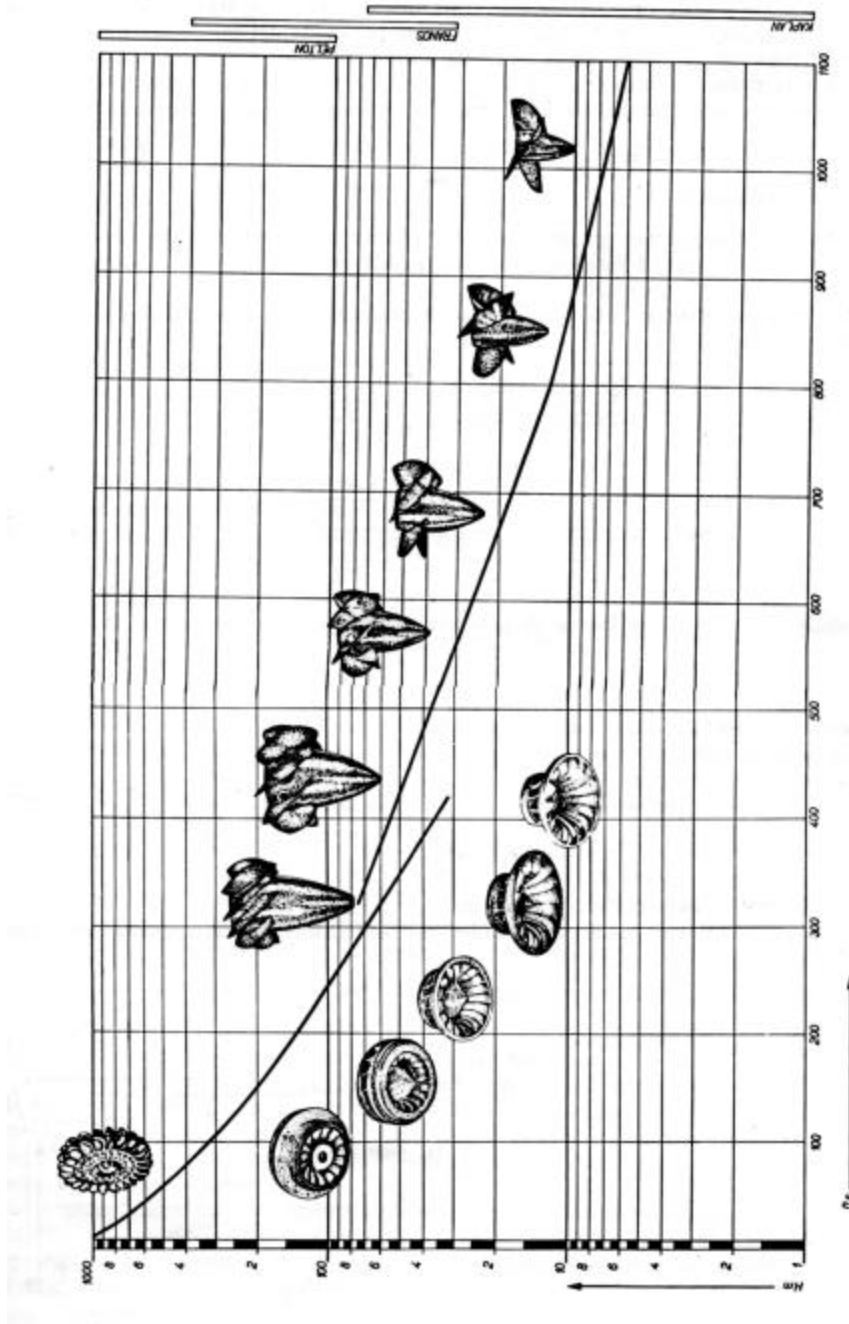
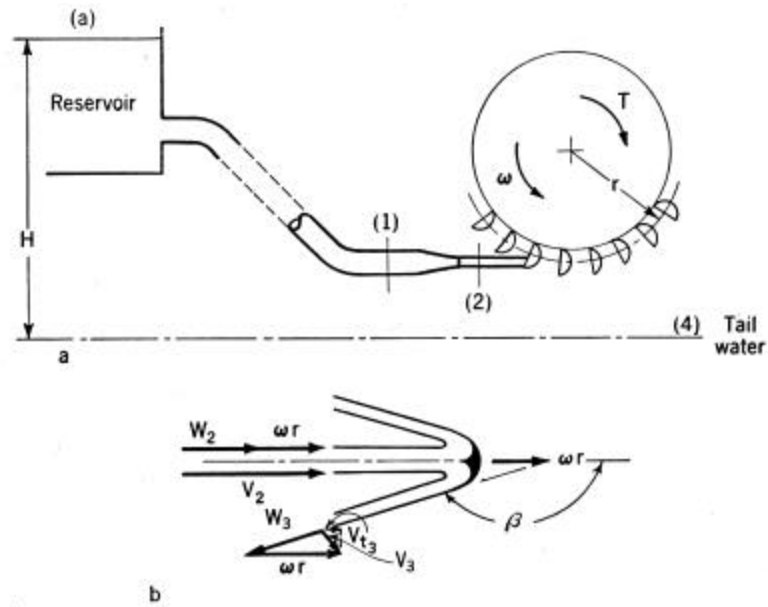


Fig. 4.2 Límites de aplicación de las turbinas Pelton, Francis y Kaplan, de acuerdo con la carga y la velocidad específica. (TECNOEXPORT, PRAGA.)

Figura 5.17: Selección de turbinas hidráulicas (Polo)

2.2.1 Turbina de chorro (Pelton)

La turbina más sencilla es la rueda Pelton, también llamada rueda de impulso (Figura 5.18):



3. 14.2. — (a) Schematic side elevation of impulse turbine. (b) Section through bucket; sectioning plane normal to radius at radius r .

Figura 5.18: Turbina de impulso Pelton (Hunsaker)

Aplicando el teorema de Euler con el diagrama de velocidades de la figura:

$$E = r\omega(V_2 - V_{t3})$$

La potencia es EG.

Estas turbinas son muy robustas y pueden ser de gran tamaño: la Figura 5.19 ilustra una rueda Pelton de 3 m de diámetro y 225 rpm que, con una altura de presión de más de 260 m entrega 5000 HP:



FIG. 30. 5,000 H.P. PELTON WHEEL.

The above wheel, 9 feet 10 inches in diameter, is capable of developing 5,000 H.P. at 225 R.P.M., when operating under 865 feet effective head

Figura 5.19: Rueda Pelton de gran potencia (Church)

2.2.2 Turbinas de admisión plena

Las turbinas hidráulicas más usuales son las de admisión plena, alimentadas en toda su periferia. Las hay radiales y axiales.

2.2.2.1 Turbinas radiales y mixtas

Como en el caso de las turbinas radiales de gases, las turbinas hidráulicas radiales requieren algún mecanismo (caracol de alimentación y/o toberas o paletas de guía) para impartir al líquido la magnitud y ángulo correctos a la entrada.

La Figura 5.20 ilustra turbinas radiales con caracol y paletas de guía y turbinas de flujo mixto, en las que la impulsión la produce el ángulo del exductor:

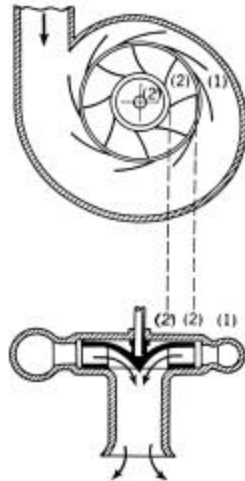


FIG. 14.4. — Radial-flow turbine.

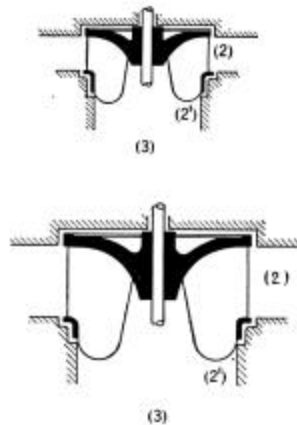


FIG. 14.5. — Mixed-flow runners.

Figura 5.20: Turbinas radiales y mixtas (Hunsaker)

La disposición general de estas turbinas en una represa para generación de electricidad se esquematiza en la Figura 5.21:

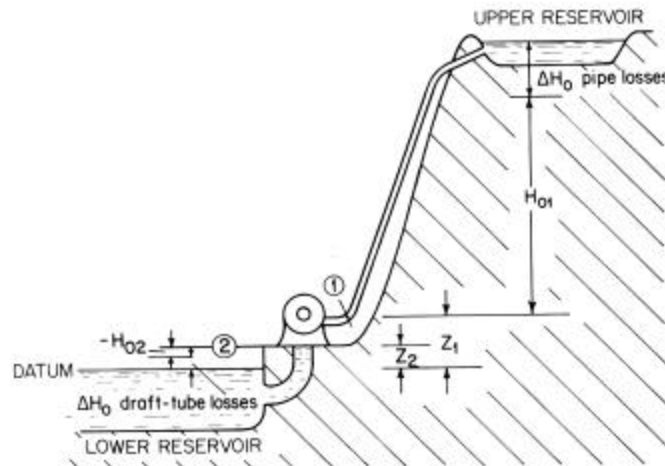


Figure 2.4 Hydraulic-turbine heads.

Figura 5.21: Alturas para turbinas hidráulicas (Wilson)

La descarga de la turbina puede ser libre a la atmósfera o continuarse en un conducto que lleve el agua a un nivel inferior como muestra la figura. En el segundo caso, si el conducto (draft tube) está lleno, la presión de estagnación en la descarga puede ser inferior a la atmosférica, debido al peso de la columna de

agua de altura Z_2 , o bien H_0 si se descuentan las pérdidas. Se nota que, estando los tubos de alimentación y descarga llenos, la altura de presión disponible es la misma no importa a qué altura se coloca la turbina.

Para saltos de presión mayores se utilizan ruedas con paletas inclinadas hacia atrás (relativo al movimiento de la periferia) para admitir más altas velocidades de entrada. La Figura 5.22 ilustra un rotor de paletas inclinadas hacia atrás:



FIG. 70. Victor High-Pressure Runner.

Figura 5.22: Rotor radial de paletas inclinadas hacia atrás (Church)

Existen también turbinas radiales centrífugas, como muestra la Figura 5.23:

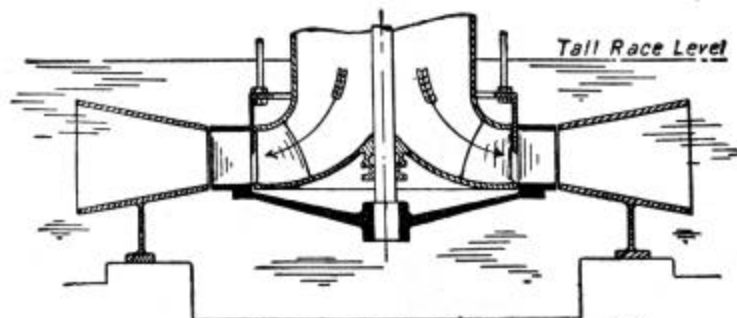


FIG. 221.—Outward Radial Flow Turbine with Diffuser.

Figura 5.23: Turbina centrífuga (Gibson)

2.2.2.2 Turbinas axiales

Las turbinas modernas son del tipo axial por razones de mayor eficiencia. Pueden estar provistas de caracol y/o paletas de guía a la entrada. Las paletas de guía (en inglés, “gates”, “wickets” o “inlet guide vanes”) son necesarias para ajustar el ángulo de la velocidad de entrada a caudales (potencias) variables, ya que las turbinas hidráulicas se utilizan mayormente para la generación de energía eléctrica, y deben por lo tanto girar a velocidades fijas (3000, 1500, 750, etc, rpm) . La Figura 5.24 ilustra una turbina axial típica:

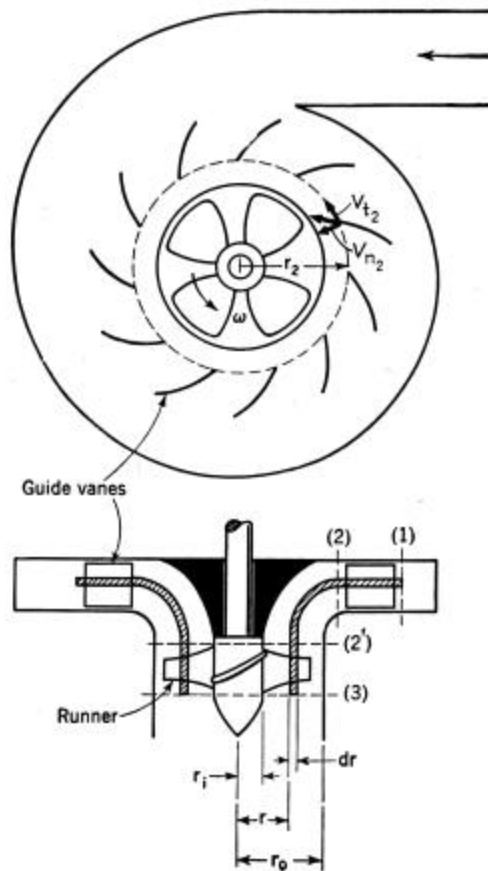


FIG. 14.12. — Diagrammatic sketch of an axial-flow turbine.

Figura 5.24: Turbina axial típica (Hunsaker)

Las turbinas axiales más utilizadas son las del tipo Francis (axial-mixta) y Kaplan (axial) en orden de velocidad específica. Las Figuras 5.25 y 5.26 ilustran ambos tipos:

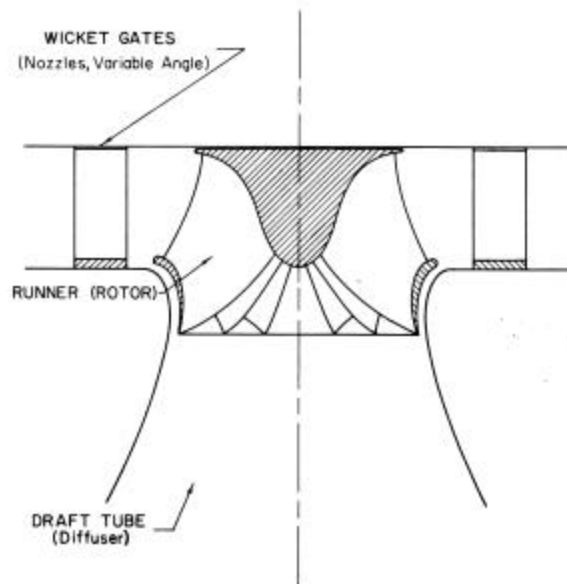


Figure 9.5 Francis hydraulic turbine of high specific speed.

Figura 5.25: Turbina Francis (Wilson)

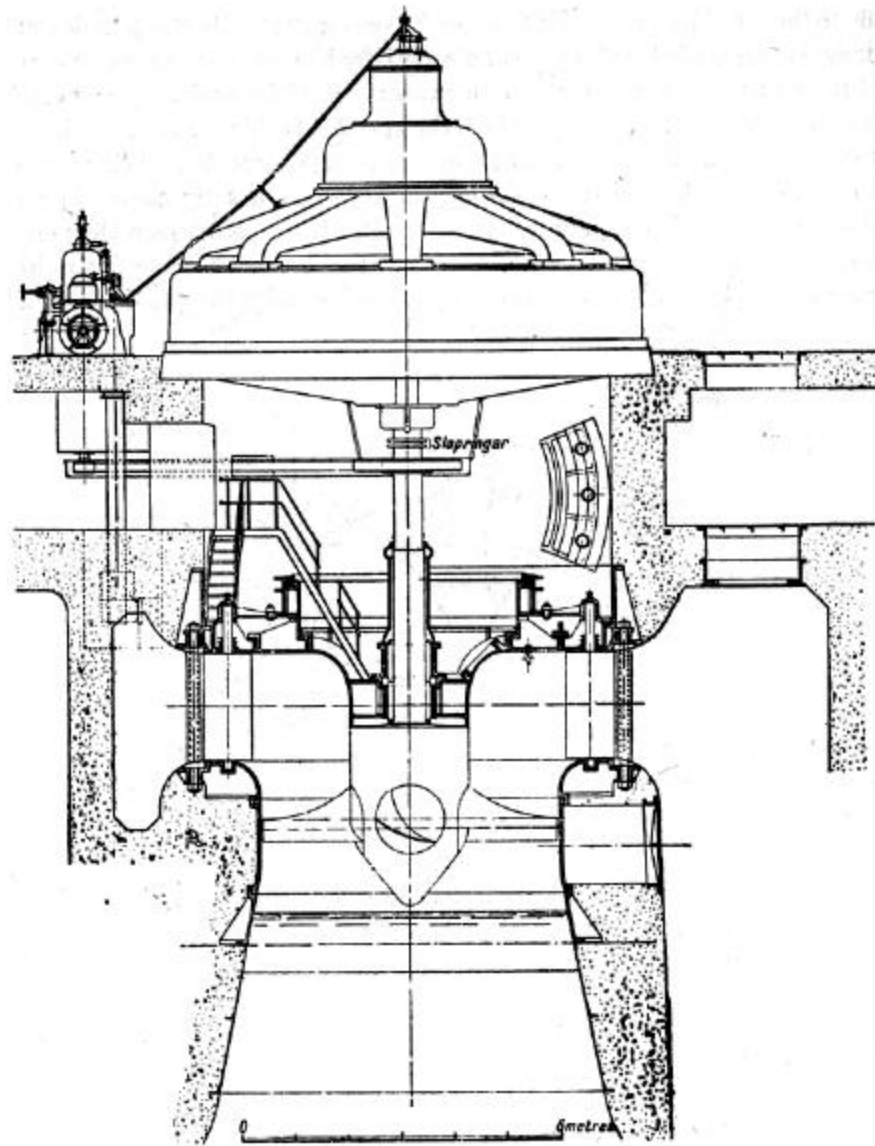


FIG. 244—Section of Kaplan Turbine Runner, diameter 19.0 ft. 11,200 H.P. under 21.3 ft. head.

Figura 5.26: Turbina Kaplan (Gibson)

2.2.3 Eficiencias

La experiencia con turbinas centrípetas o mixtas indica que para cada ángulo de entrada β entre la velocidad relativa W y la periférica U hay un ángulo α entre la velocidad absoluta C y U que maximiza la eficiencia. Los resultados se muestran en la Figura 5.27:

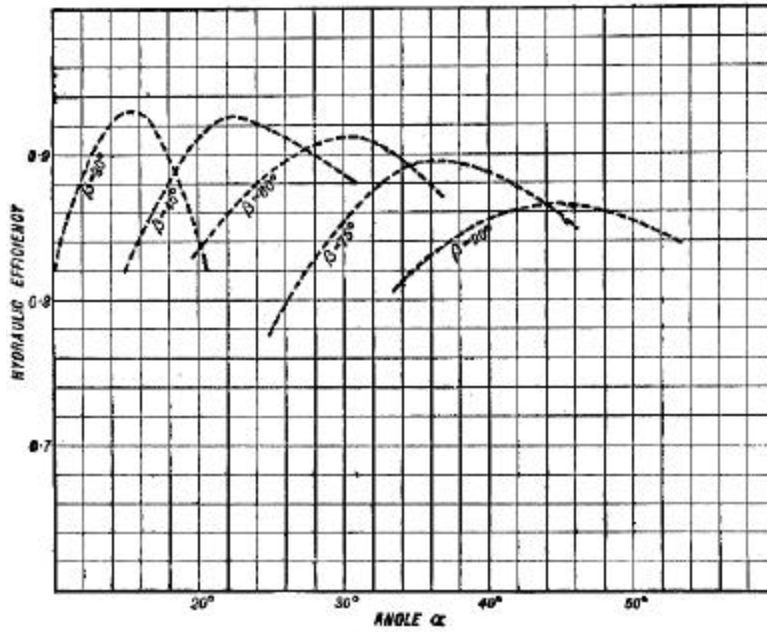


FIG. 212.

Figura 5.27: Eficiencias de turbinas radiales y mixtas (Gibson)

La eficiencia de las turbinas axiales y mixtas también depende de la potencia entregada y del tipo de turbina, pudiendo controlarse con paletas de guía ajustables (Figura 5.28):

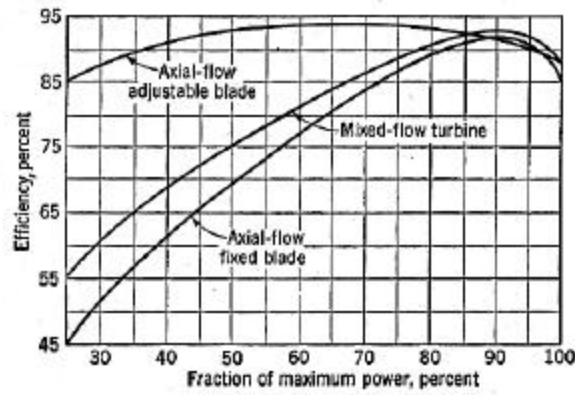


FIG. 14.14. — Curves of efficiency versus power for mixed- and axial-flow turbines.

Figura 5.28: Eficiencia y potencia para turbinas axiales y mixtas (Hunsaker)