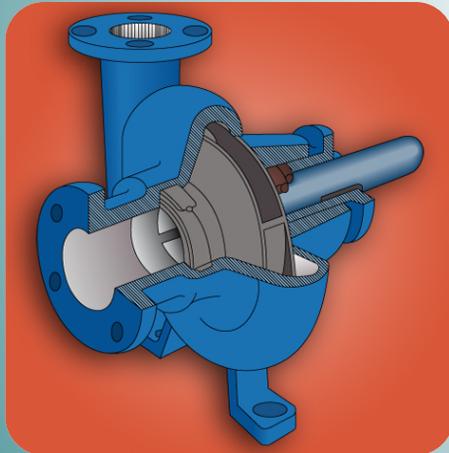


# Sistemas y Máquinas Fluido Mecánicas

## Bloque I. Tema 3.4. Turbinas Kaplan



**Carlos J. Renedo**

**Inmaculada Fernández Diego**

**Juan Carcedo Haya**

**Félix Ortiz Fernández**

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

En esta presentación se incluye un listado de problemas en el orden en el que se pueden resolver siguiendo el desarrollo de la teoría. Es trabajo del alumno resolverlos y comprobar la solución

**1.1.- Introducción a las Máquinas Hidráulicas**

**1.2.- Bombas Hidráulicas**

**1.3.- Turbinas Hidráulicas**

**1.3.1.- Generalidades de las Turbinas Hidráulicas**

**1.3.2.- Turbinas Pelton**

**1.3.3.- Turbinas Francis**

**1.3.4.- Turbinas Kaplan**

**1.3.5.- Estudio de Turbinas Hidráulicas**



- **Generalidades**
- **Descripción**
- **Triángulo de Velocidades**
- **Regulación, Giro de los Álabes**

### Generalidades (I)

La turbina **KAPLAN** es, en esencia, una turbina de hélice de álabes orientables

La turbina **DERIAZ** es, en esencia, una turbina Francis de álabes orientables

La principal ventaja que presentan estas turbinas es la posibilidad de **ajustar su geometría**, según la carga demandada, a las condiciones de óptimo rendimiento. ***Un rodete puede trabajar como infinitos rodetes***

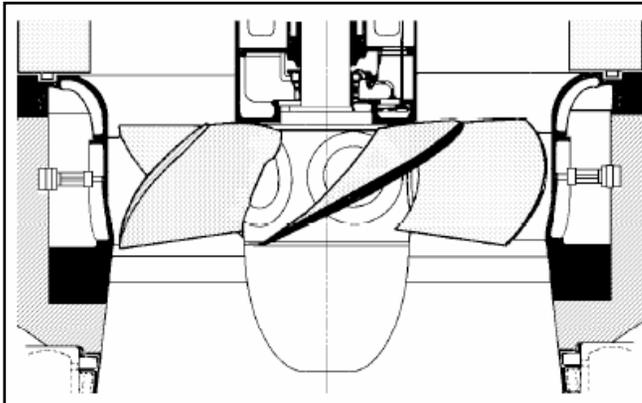
Esto produce un cambio importante en el comportamiento de la turbomáquina a cargas parciales

Dato cronológico: La turbina Kaplan fue presentada en el año 1.925, la turbina Deriaz en 1.956

La regulación de las turbinas hidráulicas se realiza mediante la variación del caudal suministrado, a igualdad de salto

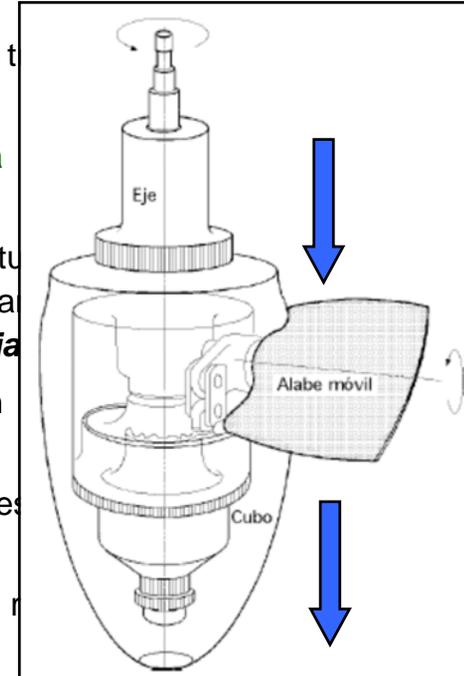
### Generalidades (I)

La turbina **KAPLAN** es, en esencia, una turbina de flujo axial con las paletas orientables.



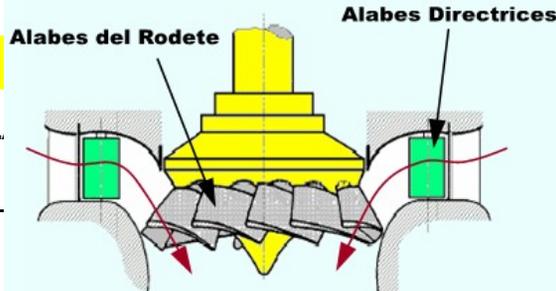
turbina Deriaz en 1.956

La regulación de las turbinas hidráulicas se realiza mediante la variación del caudal suministrado, a igualdad de salto.



**Generalidades (I)**

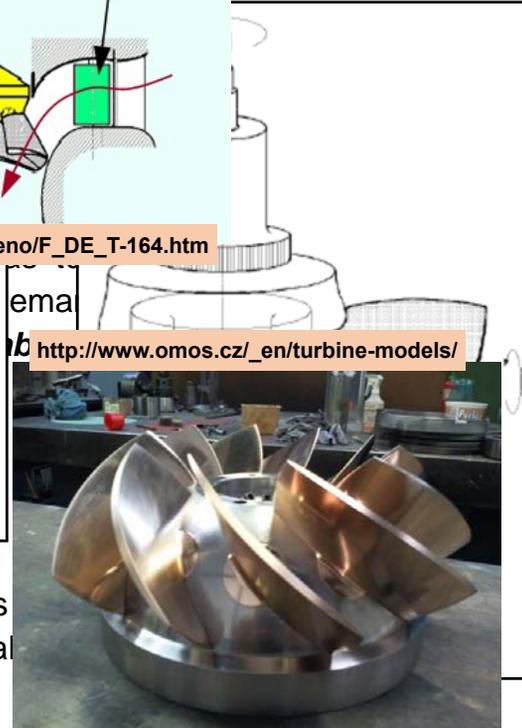
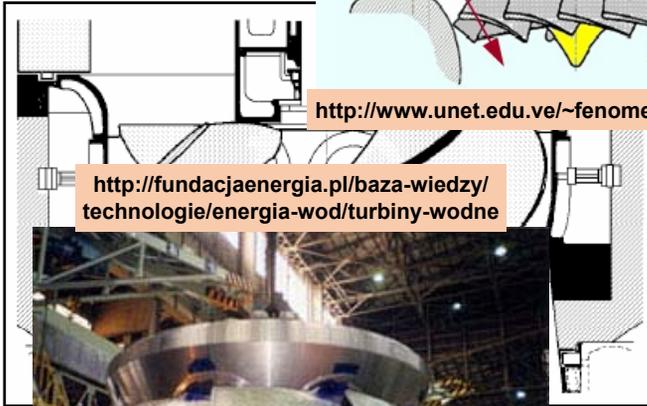
La turbina **KAPL**  
orientables



[http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F\\_DE\\_T-164.htm](http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-164.htm)

<http://fundacjaenergia.pl/baza-wiedzy/technologie/energia-wod/turbiny-wodne>

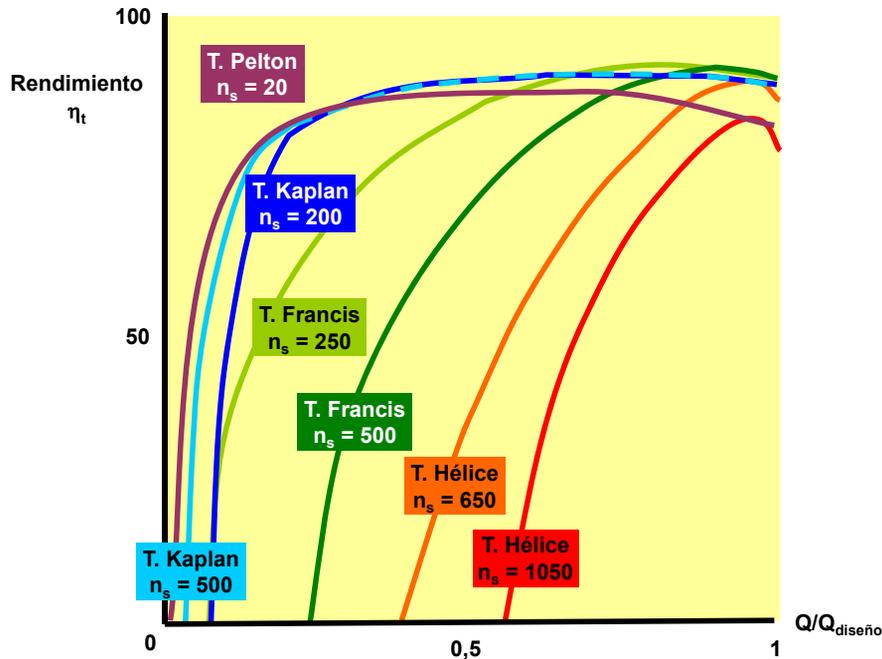
[http://www.omos.cz/\\_en/turbine-models/](http://www.omos.cz/_en/turbine-models/)



ráulicas  
d de sal

**Generalidades (II)**

Comportamiento del rendimiento a carga parcial



### Descripción (I)

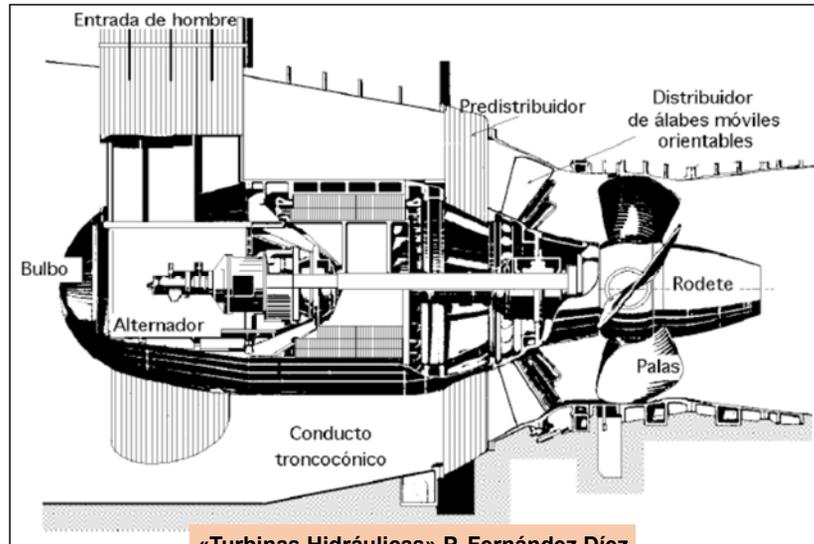
Las turbinas Kaplan son turbinas de **reacción y de admisión total**, cuyo funcionamiento es adecuado a pequeños saltos (hasta 50 m) y caudales medios y grandes ( $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Se conocen también como turbinas de doble regulación

Las turbinas Deriaz son turbinas de **reacción y de admisión total**, cuyo funcionamiento es adecuado a pequeños y medianos saltos (hasta 200 m) y caudales medios y grandes

Ambas turbinas se adaptan bien al funcionamiento reversible (como bombas), por lo que son adecuadas para las centrales de bombeo

## Descripción (II)

Un montaje característico de este tipo de turbinas, conjuntamente con el alternador, constituye los llamados **grupos bulbo**, propios de las centrales maremotrices



## Descripción (II)

Un montaje característico de este tipo de turbinas, conjuntamente con el alternador, constituye los llamados **grupos bulbo**, propios de las centrales maremotrices



<http://www.rpenergies.com/hidroenergiacutea.html>

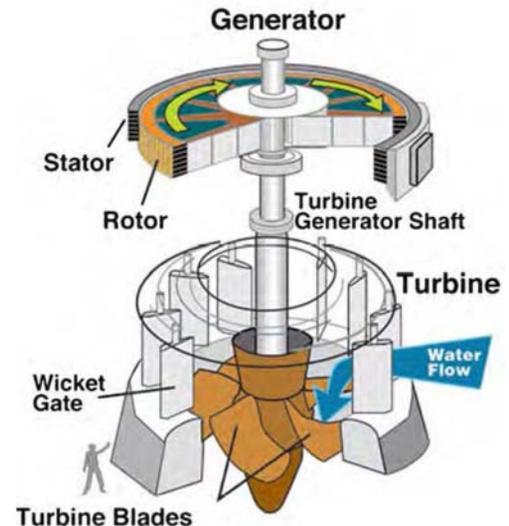
### Descripción (III)

Respecto a las turbinas Francis, las turbinas Kaplan se diferencian de aquéllas, principalmente, en las características del rodete



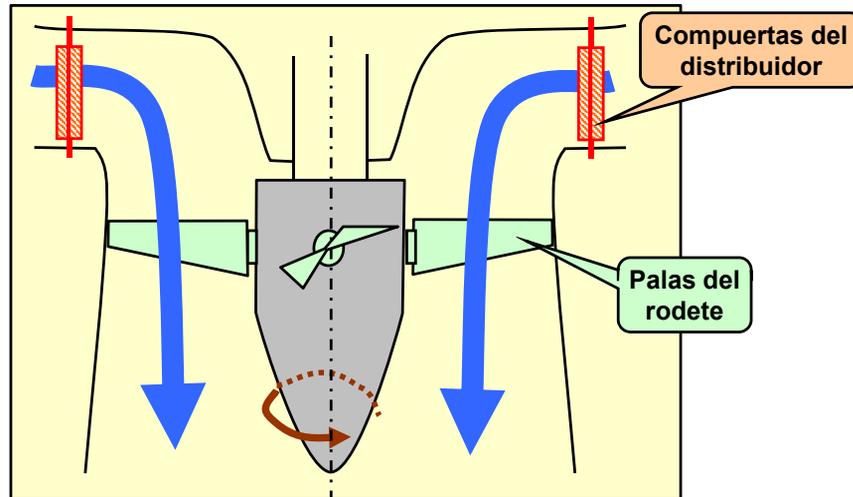
<http://www.arquitectura21.com/2010/12/componentes-y-rodamiento-de-una-turbina-kaplan.html>

<http://comohacer.eu/como-hacer-una-turbina-hidraulica-simple/>



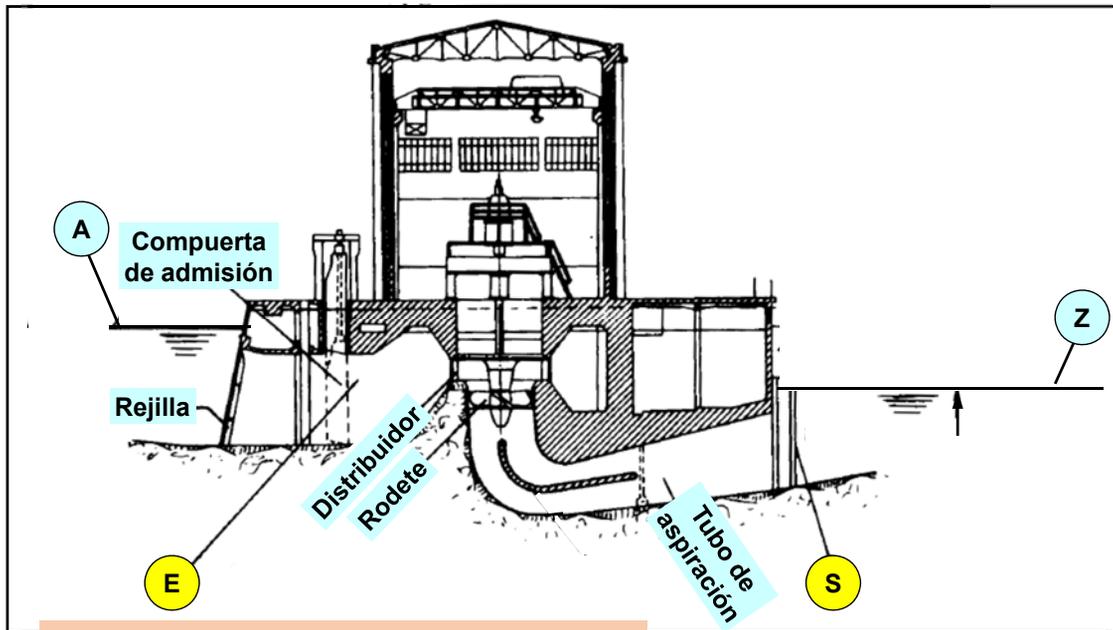
### Descripción (IV)

En las turbinas Kaplan las palas del rodete están situadas a un nivel más bajo que el distribuidor, de modo que la corriente de agua que fluye por éste incide sobre dichas palas en su parte posterior, en dirección paralela al eje de la turbina



## Descripción (V)

En las turbinas Kaplan



**Triángulo de Velocidades en una T. Kaplan**

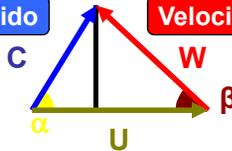
El genérico para M. H.:

**Triángulo en la entrada y otro Triángulo en la salida**

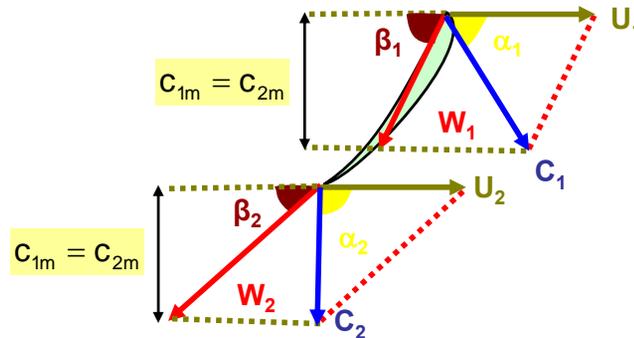
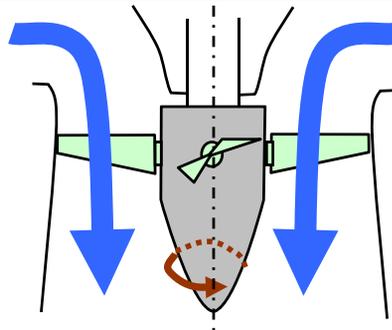
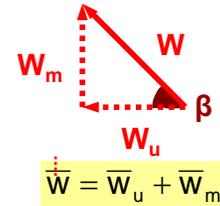
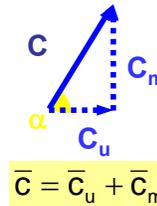
Velocidad del fluido

Velocidad relativa

$$\bar{c} = \bar{u} + \bar{w}$$



Velocidad periférica del rodete



**Regulación, Giro de los Álabes (I)**



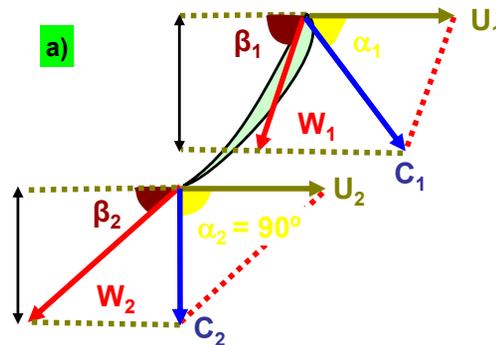
El **giro** de los **álabes del rodete** permite buscar el punto óptimo de trabajo

Se busca que el flujo de agua a la salida sea totalmente axial ( $c_{2u} = 0$ )

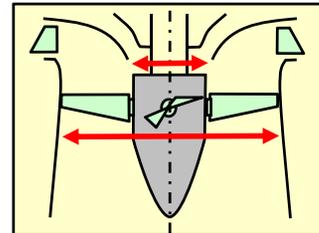
El **giro** de los **álabes del distribuidor** permite modificar  $\alpha_1$

$$H_{M.H.} = \frac{u_1 \cdot c_{1u} - u_2 \cdot c_{2u}}{g}$$

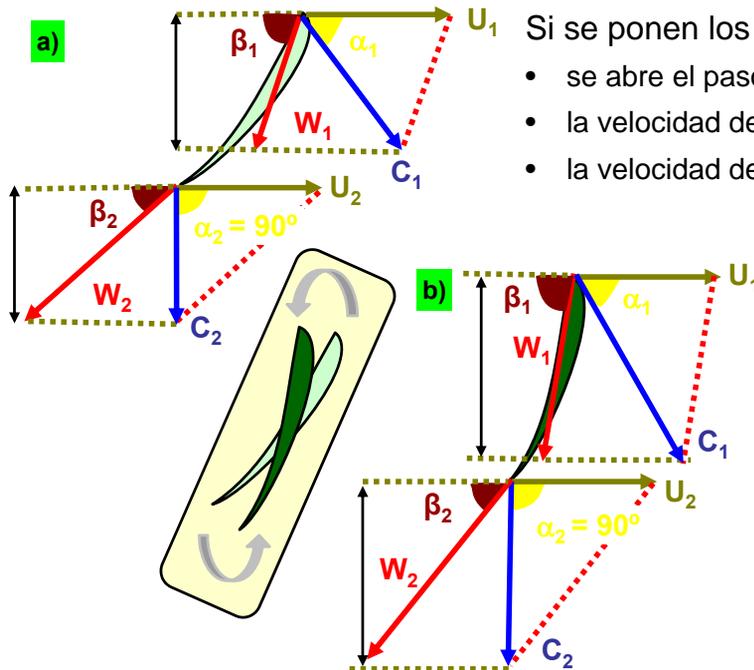
$$\Rightarrow H_{M.H.} = H_{M.H.Max} = \frac{u_1 \cdot c_{1u}}{g}$$



$$Q = c_{1m} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{rodete1}^2 - d_{eje1}^2)$$

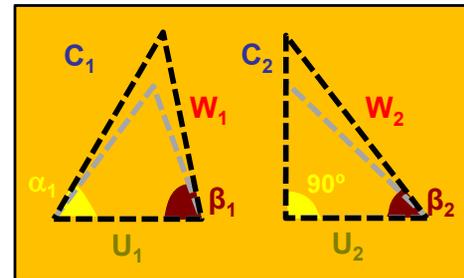


## Regulación, Giro de los Álabes (II)



Si se ponen los álabes **más verticales**:

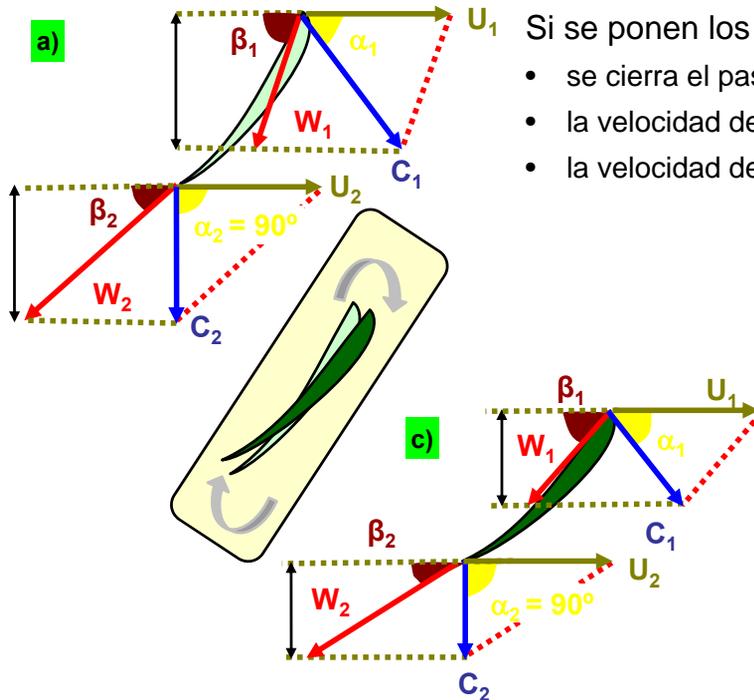
- se abre el paso del caudal  $Q_a < Q_b$
- la velocidad de entrada del agua aumenta  $C_{1ma} < C_{1mb}$
- la velocidad de giro se debe mantener  $u_{1a} = u_{1b}$



$\alpha_1$  aumenta  
 $\beta_1$  aumenta  
 $c_1$  aumenta  
 $w_1$  aumenta

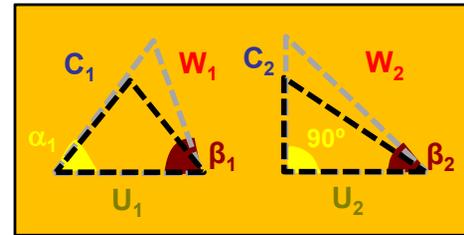
$\alpha_2$  cte =  $90^\circ$   
 $\beta_2$  aumenta  
 $c_2$  aumenta  
 $w_2$  aumenta

Regulación, Giro de los Álabes (III)



Si se ponen los álabes **más horizontales**:

- se cierra el paso del caudal  $Q_a > Q_c$
- la velocidad de entrada del agua disminuye  $c_{1ma} > c_{1mc}$
- la velocidad de giro se debe mantener  $u_{1a} = u_{1c}$



$\alpha_1$  disminuye  
 $\beta_1$  disminuye  
 $c_1$  disminuye  
 $w_1$  disminuye

$\alpha_2$  cte =  $90^\circ$   
 $\beta_2$  disminuye  
 $c_2$  disminuye  
 $w_2$  disminuye