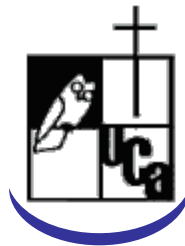


PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA BANKI en la PCH Cutumay Camones

Presentan:

Manuel Díaz y Yuri Chávez





Contenido de la Presentación



1. Antecedentes de la investigación

2. Investigaciones en la TFC

3. La Central Cutumay Camones

4. Prototipo de TFC propuesto

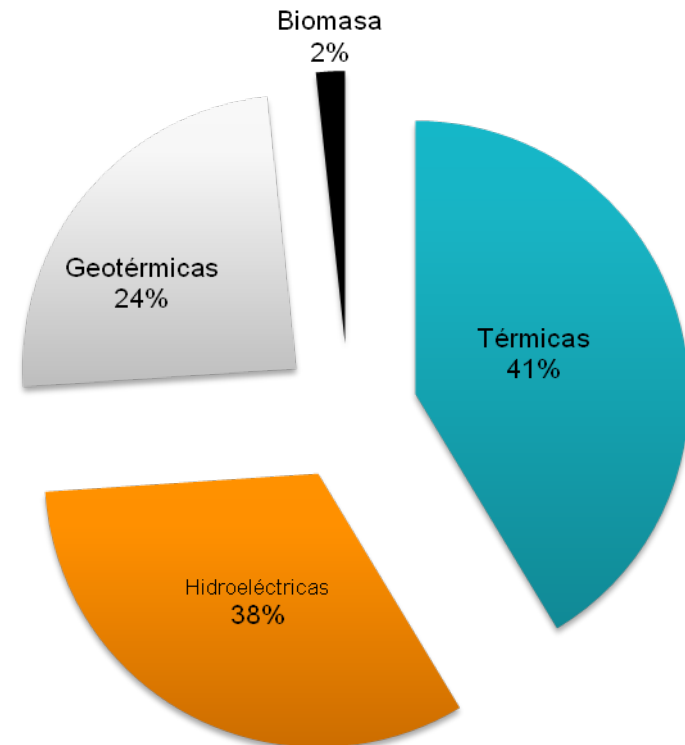


Antecedentes



- ❖ Según el reporte de la SIGET para el 2007, la capacidad instalada total del país es de 1371.9 MW y se el consumo de energía eléctrica en el año fue de 5,352.6 GWh.
- ❖ Siendo la principal fuente de generación los combustibles fósiles.

Generacion Eléctrica

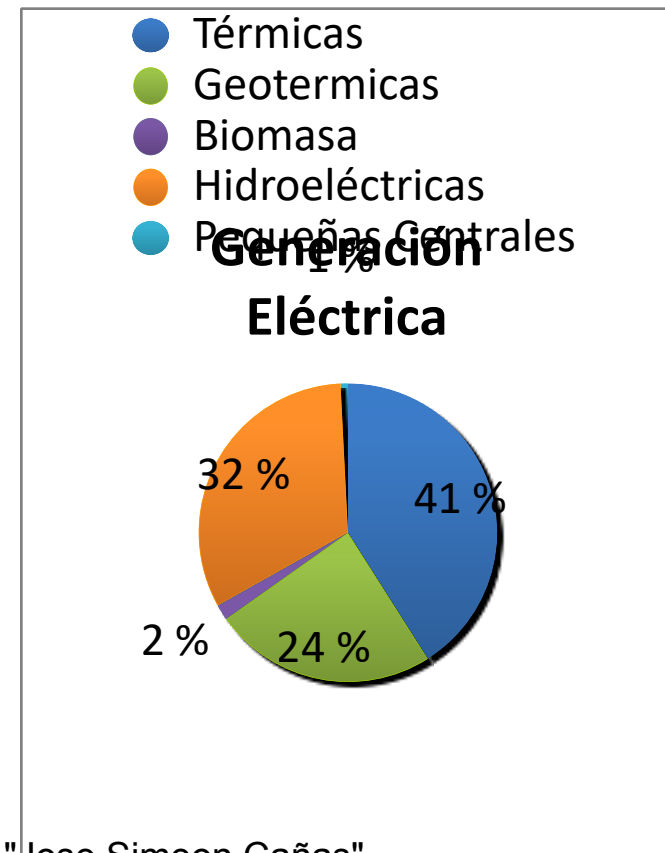




Las PCHs en El Salvador

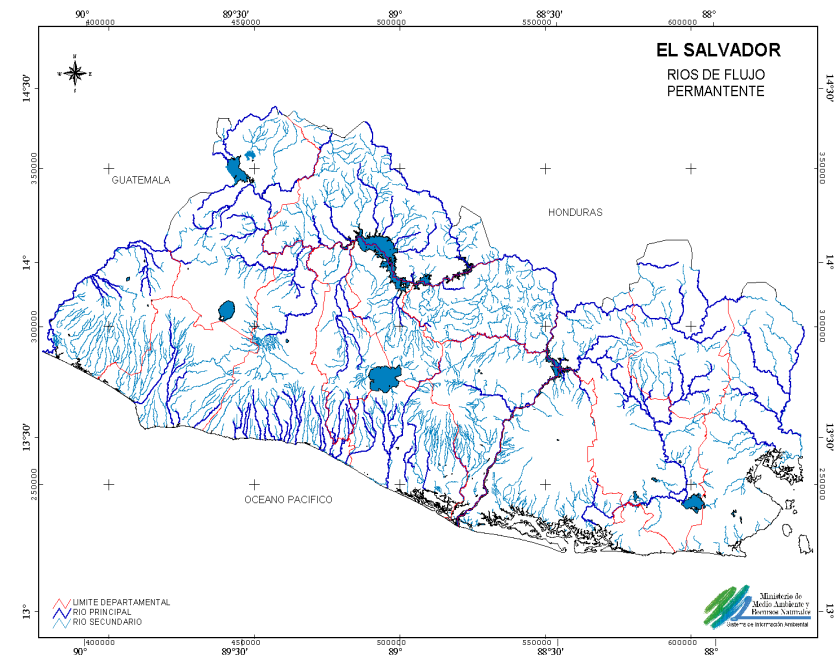


- ❖ De acuerdo con los datos del reporte, la capacidad instalada de todas las PCH representa apenas el 0.8% (11.7 MW) de la capacidad total en el país.
- ❖ Además, estas entregan del 1.0% (53,463 MWh) del total de la energía consumida en el país.



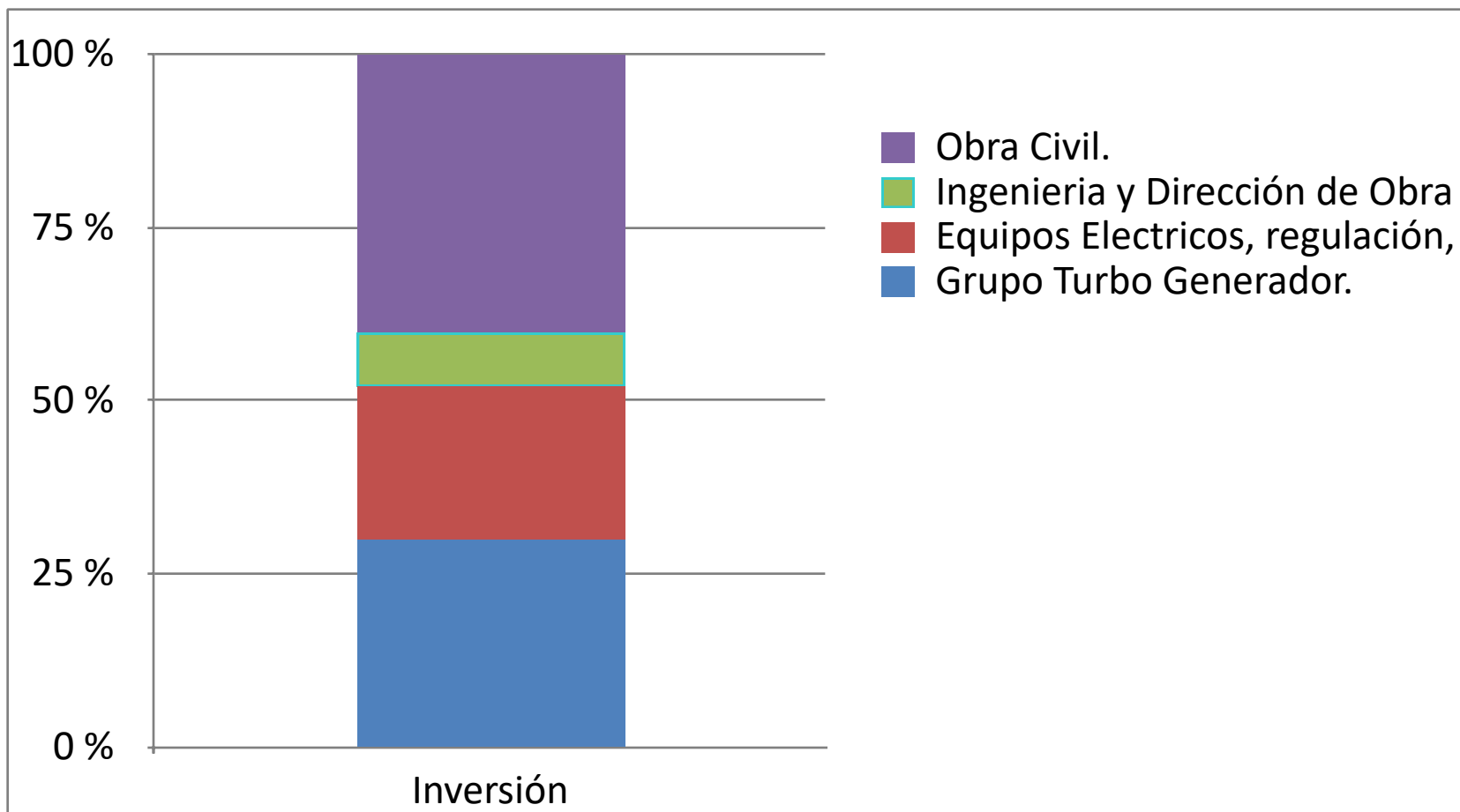


- ❖ Estos datos muestran el bajo nivel de aprovechamiento del recurso hidroeléctrico, ya que según datos del MARN se ha estimado un potencial para establecer pequeñas de aproximadamente 84 MW.
- ❖ La promoción de las fuentes renovables de energía, como la hidroeléctrica, son una opción viable para disminuir el consumo de combustibles fósiles.



- ❖ Desde el punto de vista ambiental las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) a filo de agua, ofrecen ventajas en comparación a las grandes centrales hidroeléctricas, ya que por lo general no ocasionan impactos ambientales significativos





Fuente: IDAE, 2006

En El Salvador existen PCH que cuentan con turbinas Banki ya instaladas. Tal es el caso de las centrales La Chácara y Miracapa.

TURBINA BANKI DE 34 KW INSTALADA EN MIRACAPA



TURBINA BANKI 17 KW INSTALADA EN LA CHACARA

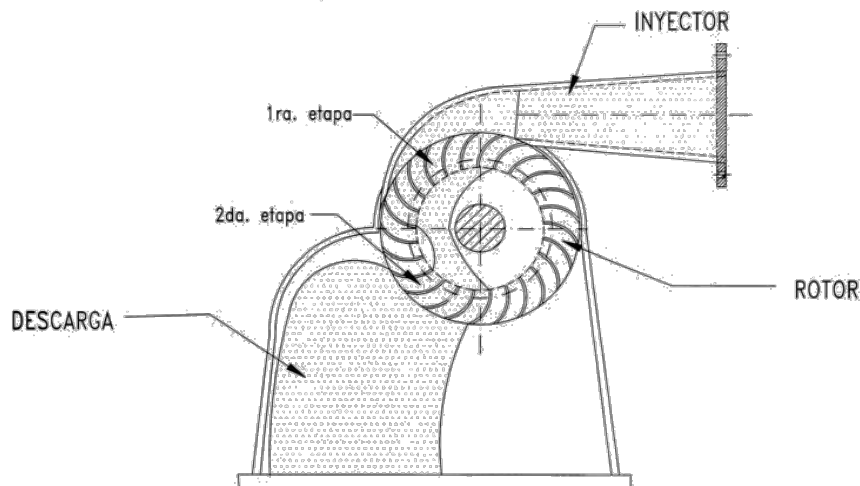
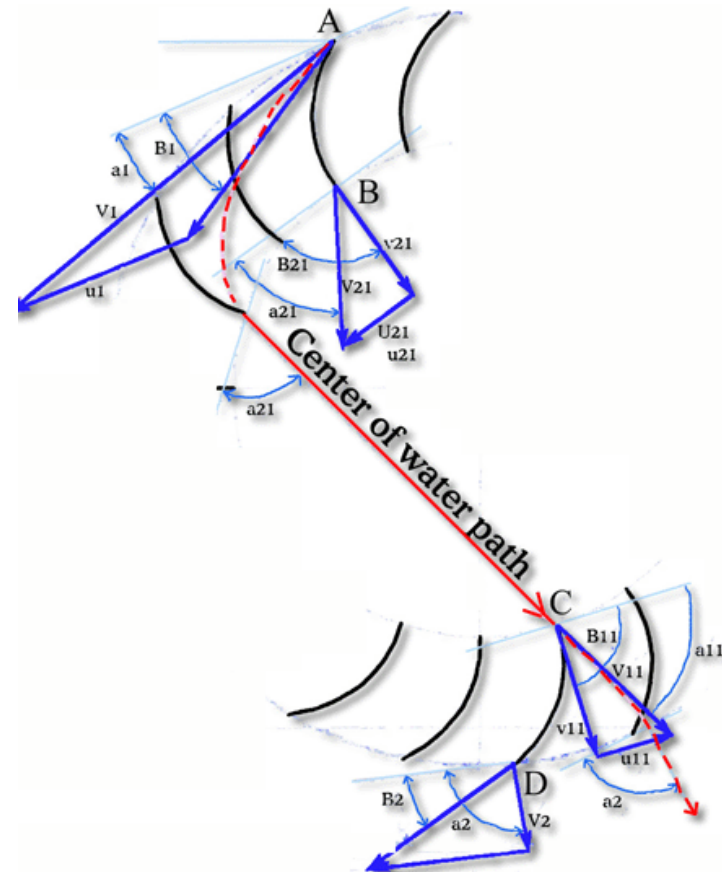
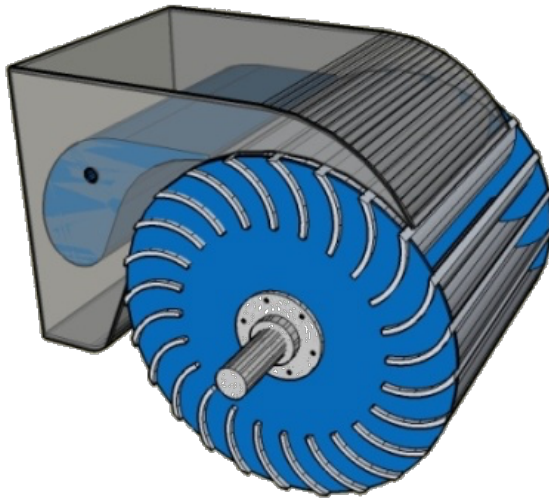


Investigaciones en la TFC



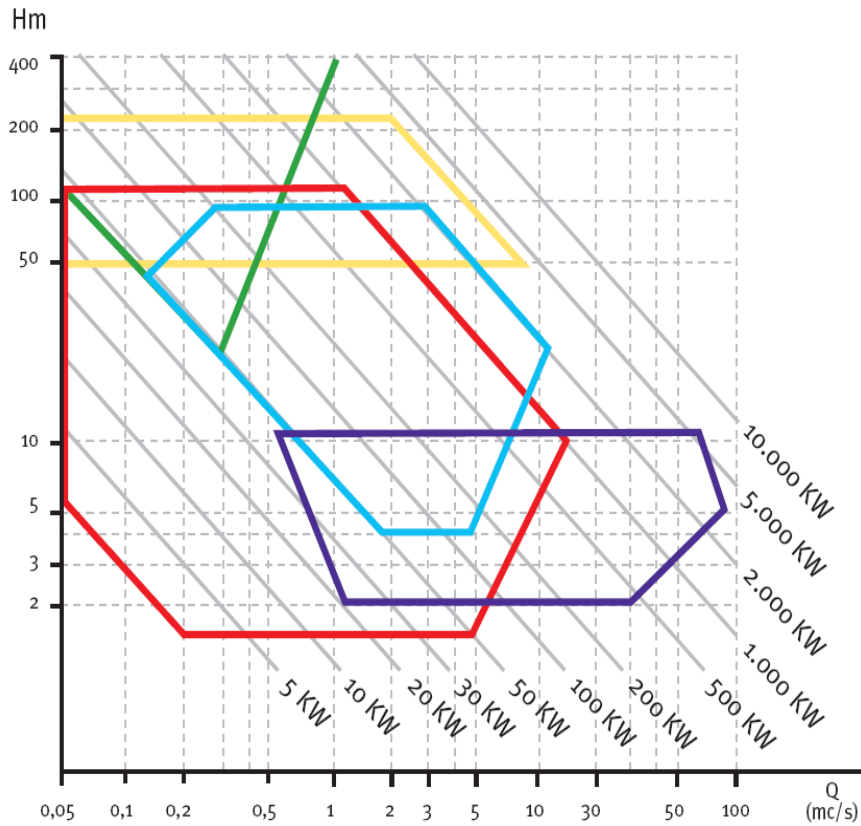


La turbina Michell - Banki

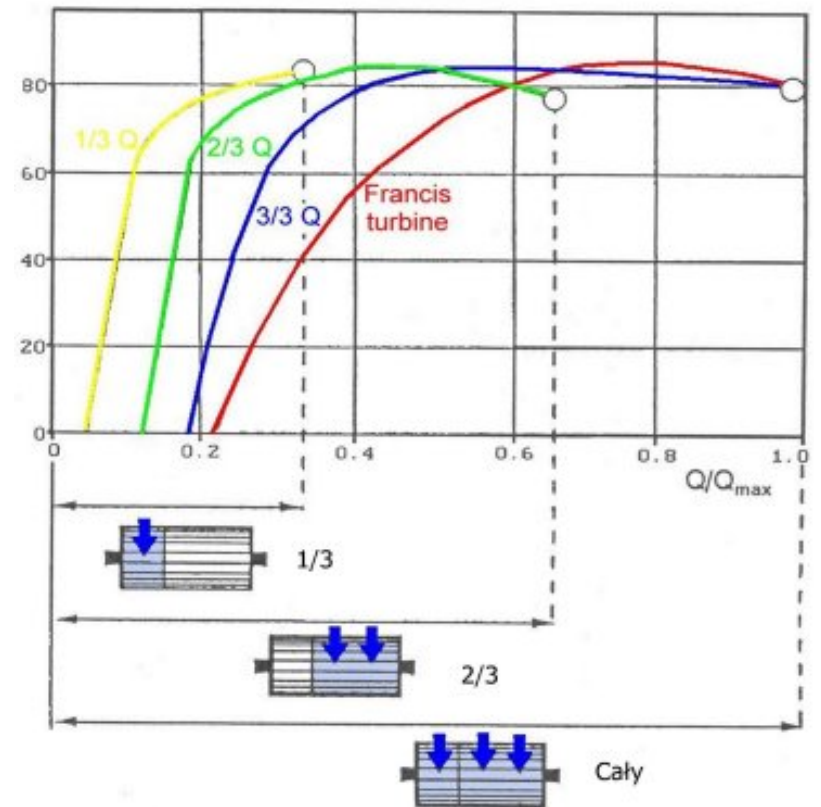




Rango de funcionamiento y Rendimiento



Turbinas Pelton Turgo Ossberger Francis Kaplan



Fuente :IDAE, 2006

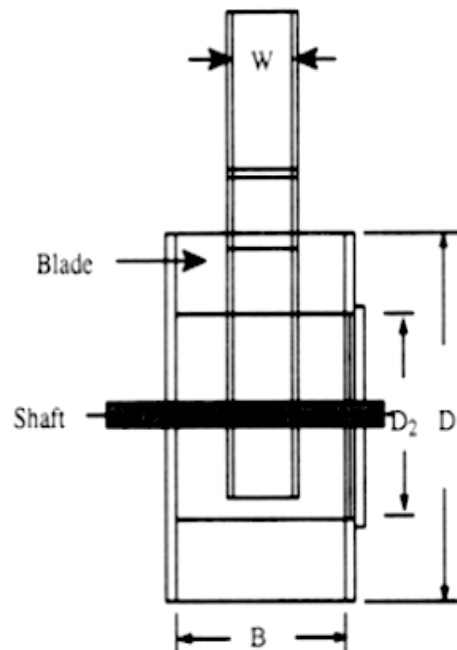
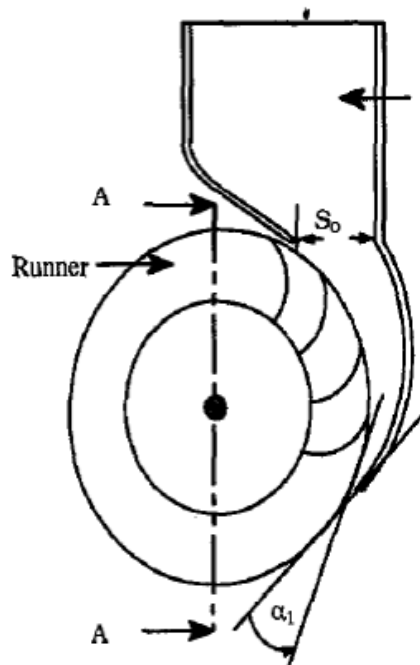


Parámetros de Diseño



INYECTOR:

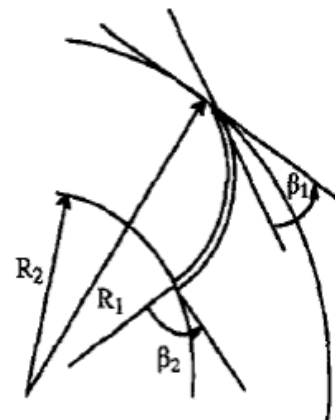
- Arco de salida (λ)
- Ancho (w)
- Ancho de la garganta (S_0)
- El ángulo de ataque (α_1)



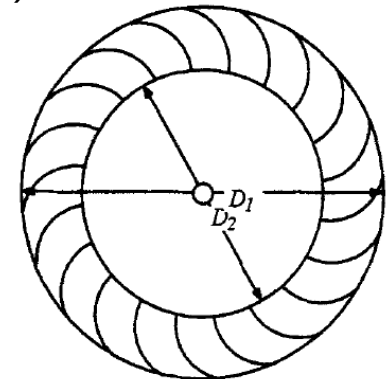
Section AA

RODETE:

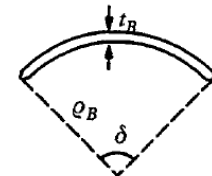
- Angulo a la salida (β_2) de la primera etapa
- Razón de Diámetros (D_2/D_1)
- Número de Alabes (Z)
- Espesor del alabe (t_B)



Blade Orientation (Enlarged)



b) Runner



c) Runner Blade

Modelos Teóricos



Donat
Banki
(1917-
1919)
92%

L.A.
Haimerl
(1960)
82%

Durgin y
Fay
(1984)
66%

Mockmore
y
Merryfield
(1949)
87%

O. E.
Balje
(1980)
73;82%



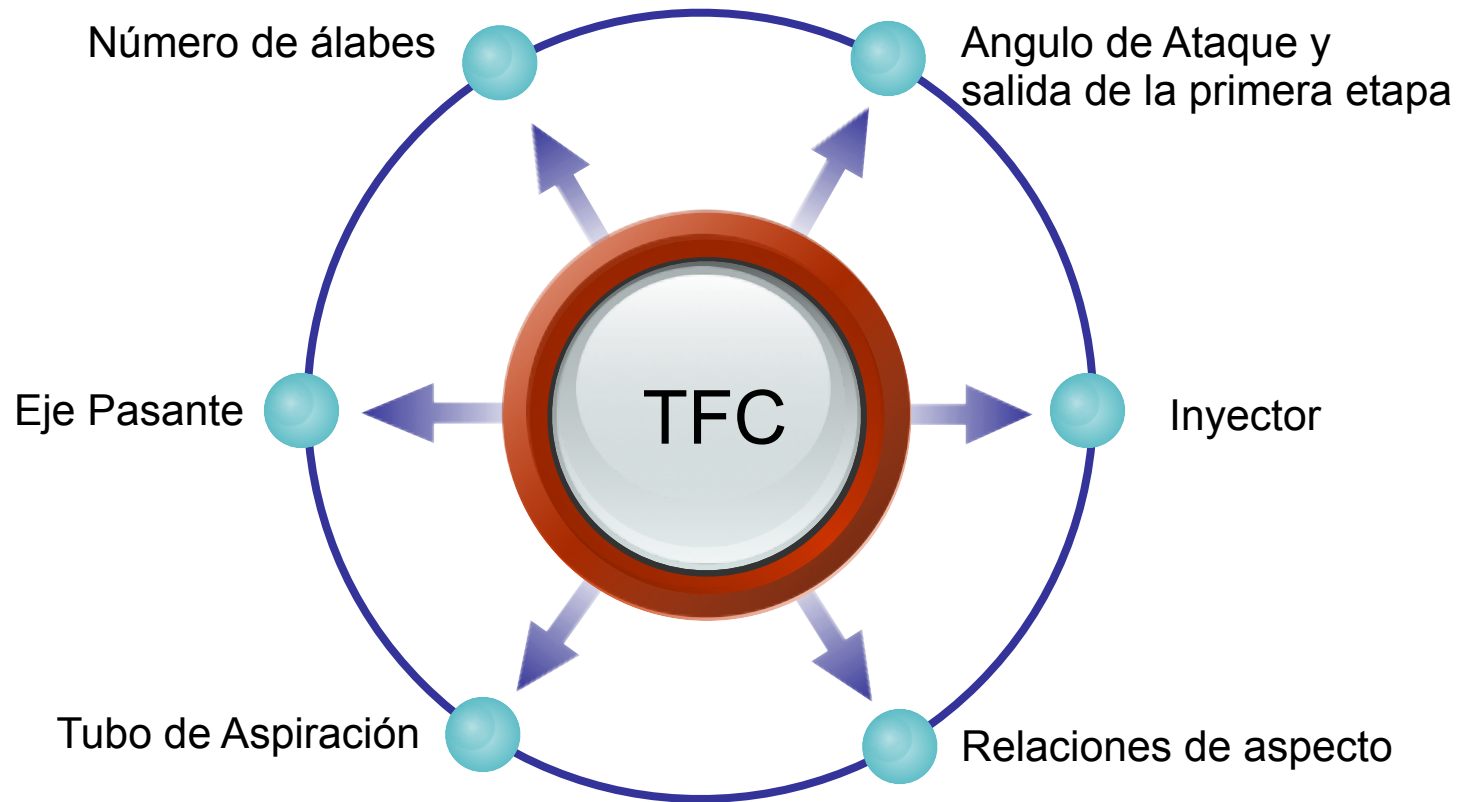
Estudios Experimentales



Investigador	Año	Máxima eficiencia
✓ Mockmore y Merryfield	1949	68%
✓ Varga	1959	77%
✓ Johnson et al.	1982	80%
✓ Nakase et al.	1982	82%
✓ Durgin and Fay	1984	66%
✓ Khosrowpanah	1984	80%
✓ Hothersall	1985	75%
✓ Otto y Chappell	1989	89%
✓ Fiuzat y Akerkar	1989	89%
✓ Aziz and Desai	1993	90%



Parámetros de estudio





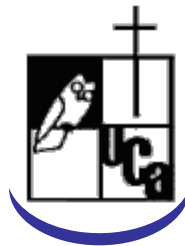
Conclusiones de la investigación



- La eficiencia aumenta empleando inyectores menos anchos que el rodete.
- Se obtiene una mayor eficiencia al modificar los alabes para trabajar con un ángulo de ataque de 22° y disminuyendo el ángulo a la salida del alabe de 90 a 55° .
- Un número de alabes en el rango de 24 a 35 tienen un impacto favorable en el desempeño de la turbina. El número adecuado depende además de mantener una buena relación entre los diámetros exterior e interior del rodete en 0.68.
- Mientras el inyector este trabajando lleno de agua las variaciones en el nivel no influyen la eficiencia de la turbina.
- Existe un aumento de la eficiencia con el uso de un tubo de aspiración.
- Existe un aumento de la eficiencia al retirar el eje pasante.
- Se determina que el inyector propuesto por OLADE provee ventajas para el control del caudal en comparación con otras configuraciones.

La central Cutumay Camones

Diseño Hidráulico de la Turbina

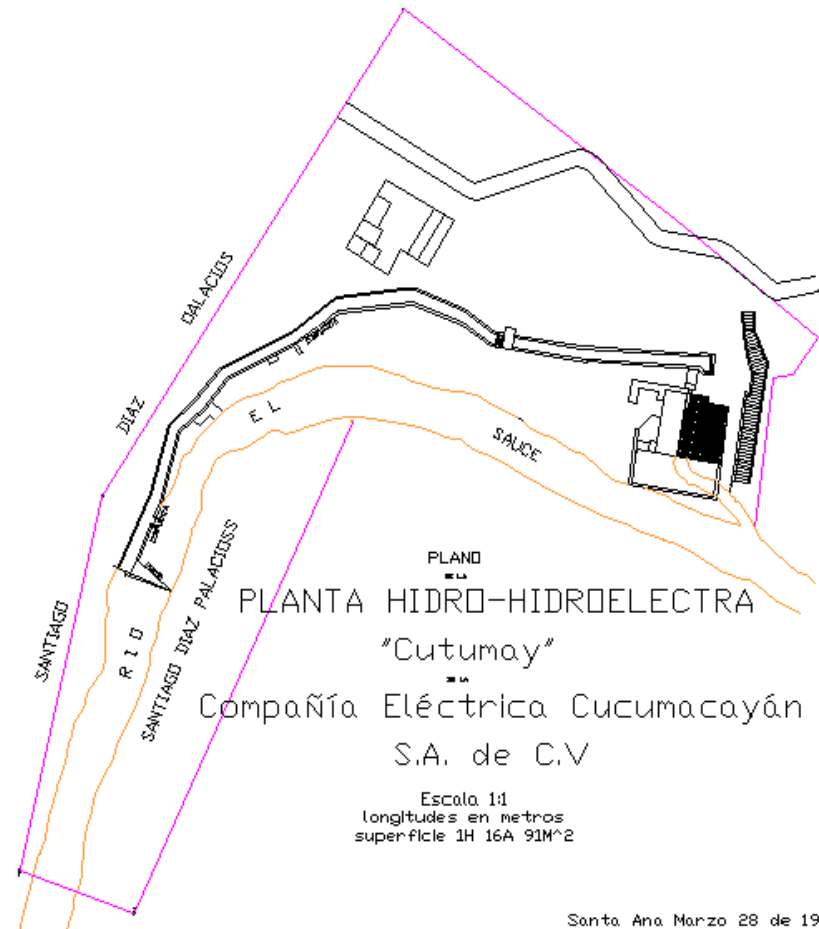




La central Cutumay Camones



- ❖ La central Cutumay Camones aprovecha el caudal del río “El Sauce” y se encuentra localizada en los suburbios de la ciudad de Santa Ana





Condiciones actuales



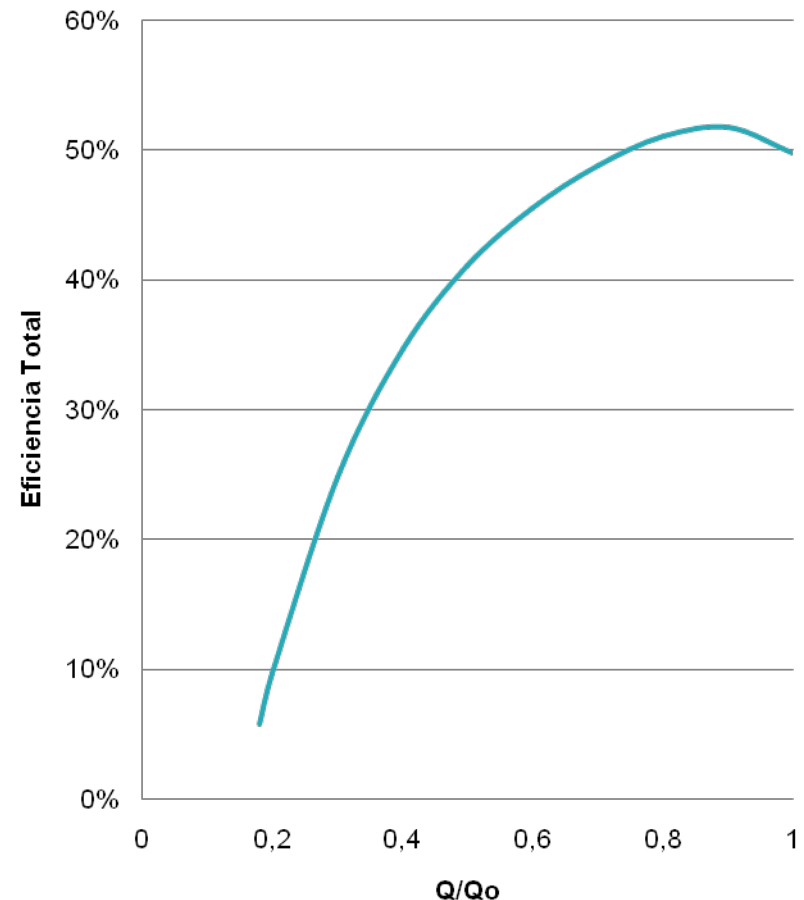
- ❖ Caudal de diseño: $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ❖ Altura bruta: 17.96 m.
- ❖ Diámetro de tubería: 95 cm.
- ❖ Altura de poso de descarga 2.5 m
- ❖ Capacidad Instalada 400 kW





- ❖ De acuerdo con las mediciones realizadas en la Central Cutumay Camones, se obtiene una curva de eficiencia de la turbina actual.
- ❖ Existe una oportunidad de mejora en el aprovechamiento de la central.

Curva de eficiencia de la actual turbina Francis





- ❖ De acuerdo con los procedimientos de cálculo de la ITDG, es posible cuantificar inicialmente el potencial energético aprovechable en un proyecto. De acuerdo con la experiencia acumulada el grupo ITGD han propuesto la siguiente ecuación:

$$P = k \times Q \times H$$

- ❖ Donde:

- P, Potencia útil [KW]
- Q, Caudal de diseño [m³/s]
- H, Altura Bruta en [m]
- K, Factor que depende del potencial teórico del proyecto,

Rango de Potencia	Valores K
Pico (1-10 kW)	3.5 – 5.0
Micro(10-100 kW)	5.0 – 6.5
Mini (100-500 kW)	6.0 – 7.0
Rangos Mayores	7.0 – 7.5

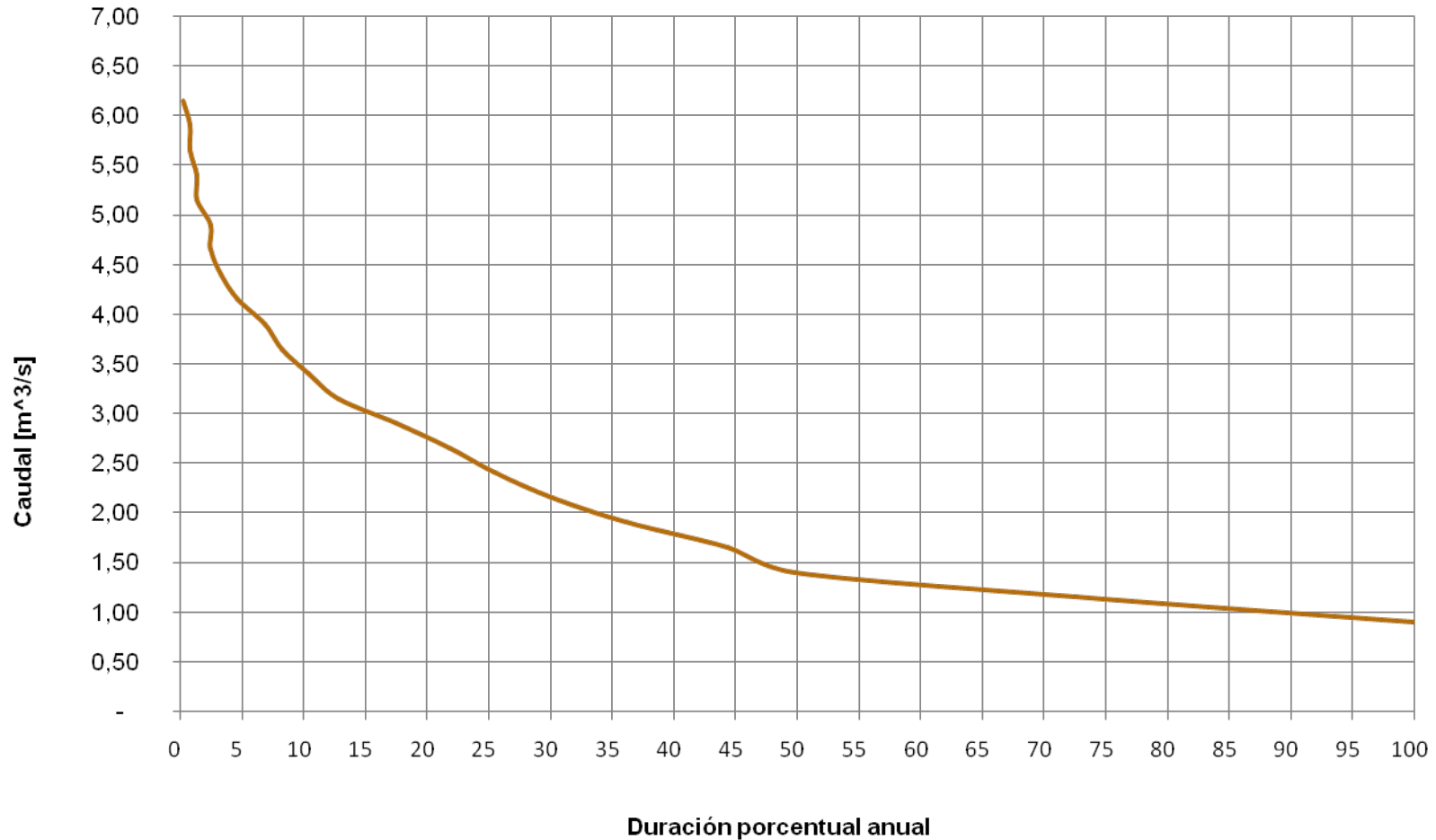
Para la central Cutumay Camones se estima que potencia que se puede obtener es de 269.4 a 314.3 kW con una TFC para un caudal de diseño de 2.5 m³/s



Curva de duración de caudal CDC



Curva duración de caudal de la central Cutumay Camones





Máximo caudal en el canal

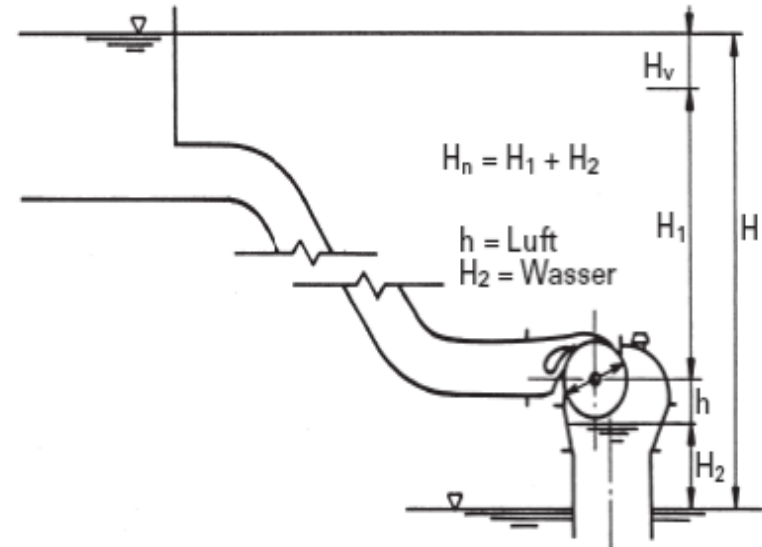
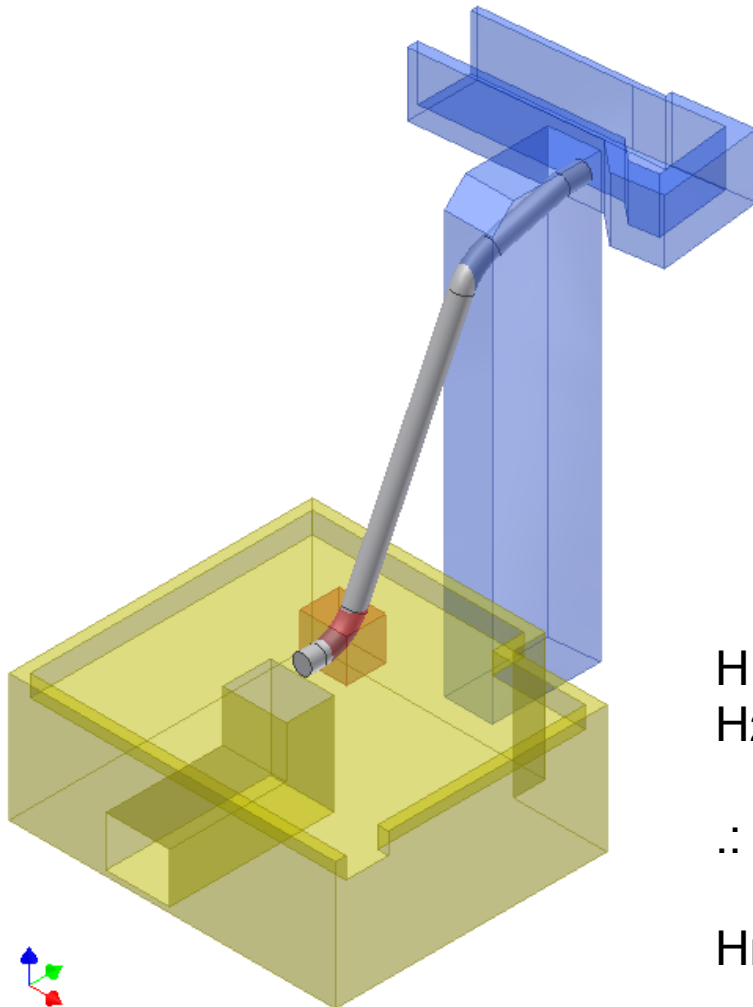


- ❖ Un estudio detallado del canal revela un factor limitante importante:
- ❖ Se determinó que un coeficiente de 0.017 de rugosidad para el canal y se estima con la ecuación de Manning que el máximo caudal puede transportarse por el canal es de $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cálculo del caudal máximo en el canal		
Altura del Canal - H_o	1.78	m
Ancho del Canal - W_o	2.46	m
Area - A_c	4.38	m^2
Radio Hidráulico - R_h	0.73	m
Pendiente - S_o	0.0002	[]
Coeficiente de Manning - n	0.017	[]
Caudal - Q	3.21	m^3/s



Altura Neta



H: 17.96 m

H₂: 2.5 m

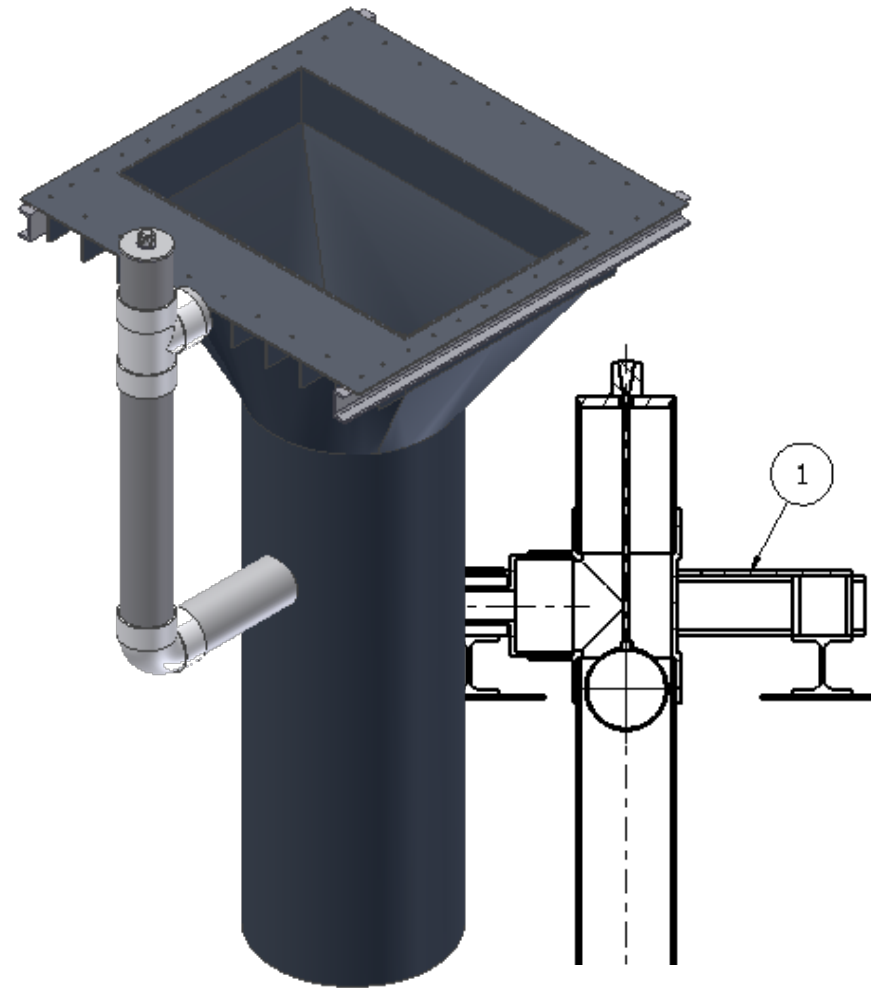
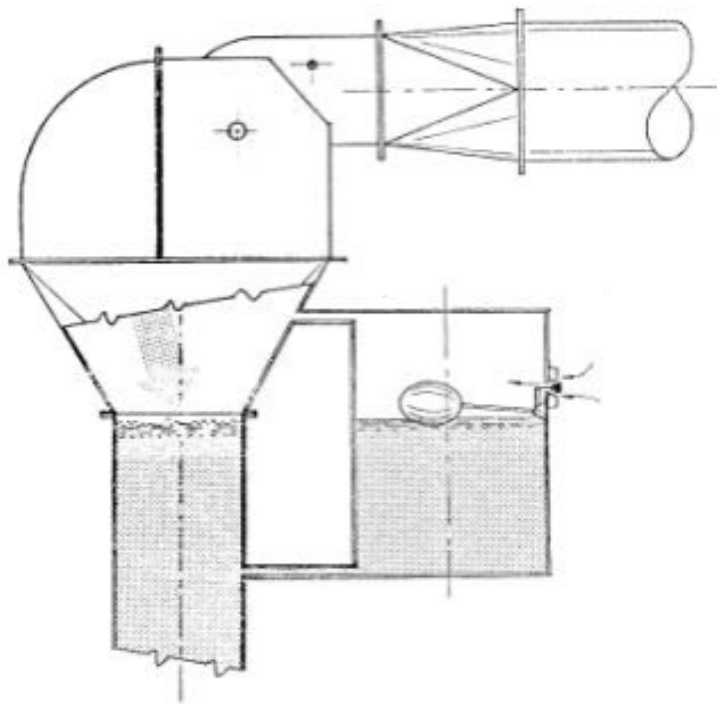
∴ Se requiere de un tubo de aspiración

H_n: 16.2 m (10% de pérdidas)





El Tubo de aspiración



Modelo propuesto

Diseño Mecánico de la Turbina

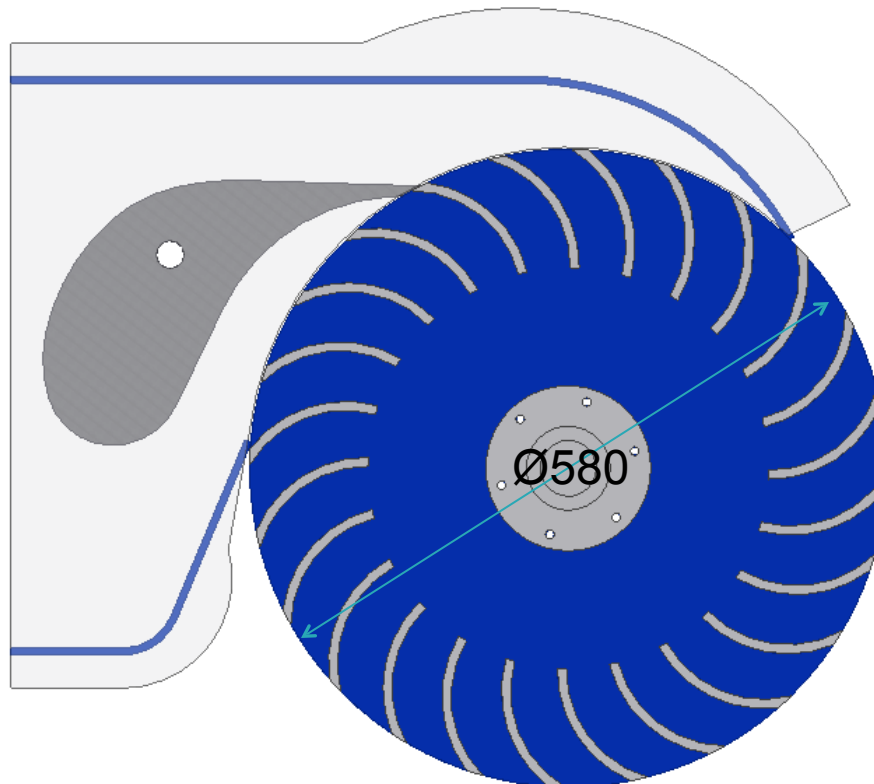




Perfil seleccionado



- ❖ El perfil propuesto a desarrollar es un rodete Banki de 58 cm de diámetro con su respectivo inyector tipo OLADE.

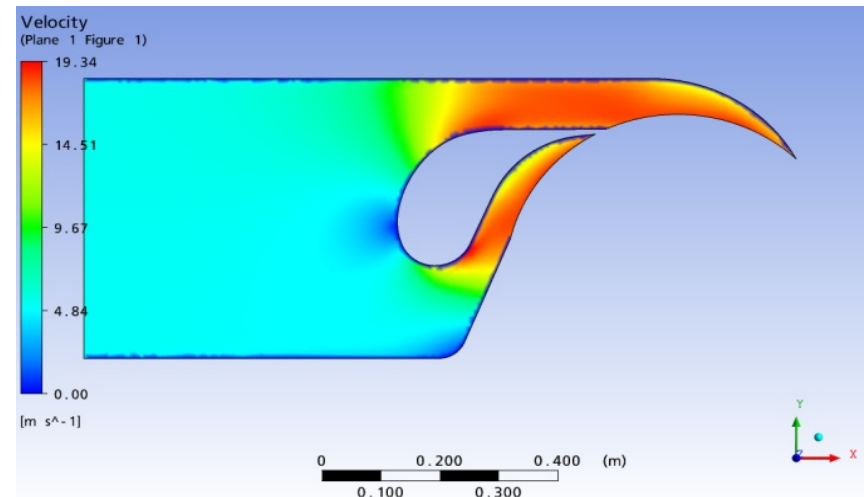
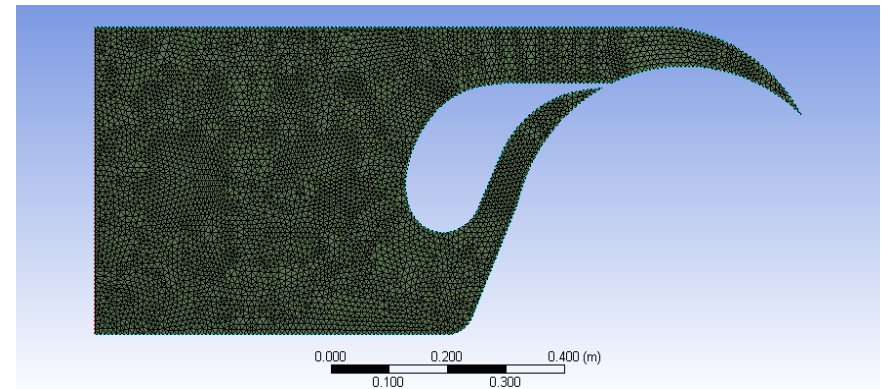




Cálculo de la curva de eficiencia

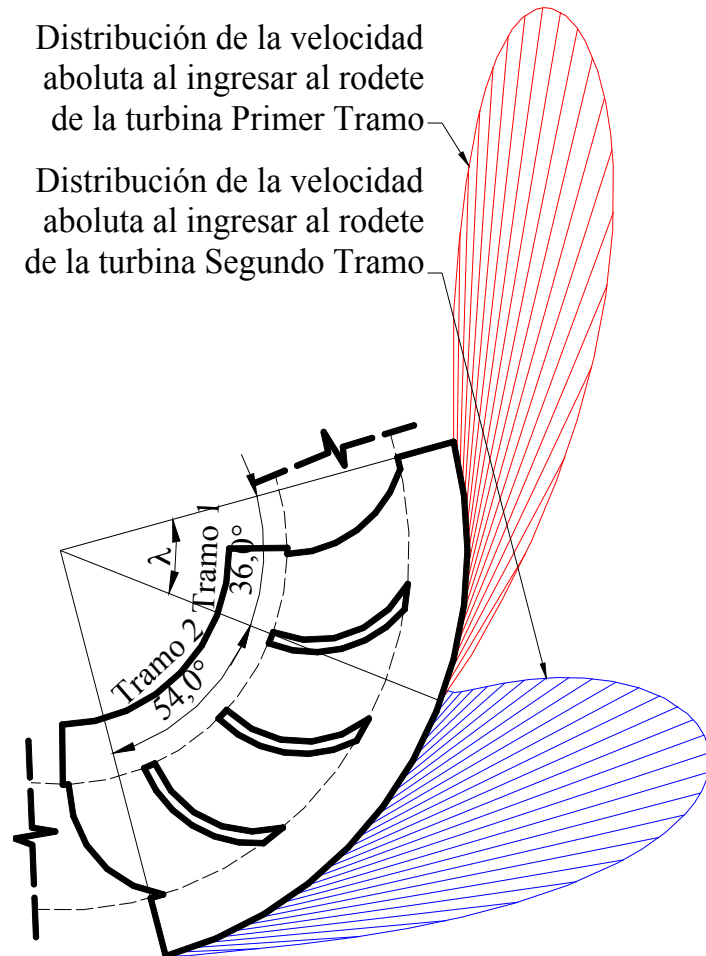


- ❖ Para realizar un análisis integro del difusor OLADE se hace necesario experimentar con un modelo real y/o modelarlo numéricamente.
- ❖ En este caso se realizar únicamente modelación completamente matemática debido a limitaciones de tiempo para construir un modelo a escala real.
- ❖ En este caso no será posible garantizar que la curva de eficiencia que se calcule sea la real. Para ello es necesario contar con una prueba experimental.





Apertura	Velocidades	Alabes							
		1	2	3	4	5	6	7	8
25%	V prom	25.23	18.83	17.55	17.13	16.61	15.31	13.18	14.64
	α prom	1.44	0.88	1.16	2.40	5.99	9.97	13.66	16.36
50%	V prom	22.12	18.24	17.37	17.16	16.03	14.66	16.38	17.24
	α prom	1.63	0.95	4.41	9.22	10.85	11.35	14.38	16.17
75%	V prom	18.61	18.34	18.50	17.70	16.22	17.59	18.48	17.67
	α prom	3.40	2.82	11.83	14.34	13.23	11.63	13.93	16.16
100%	V prom	18.22	18.54	18.08	17.43	18.31	18.33	18.49	17.40
	α prom	8.10	10.56	21.37	23.29	14.65	11.22	13.55	16.01

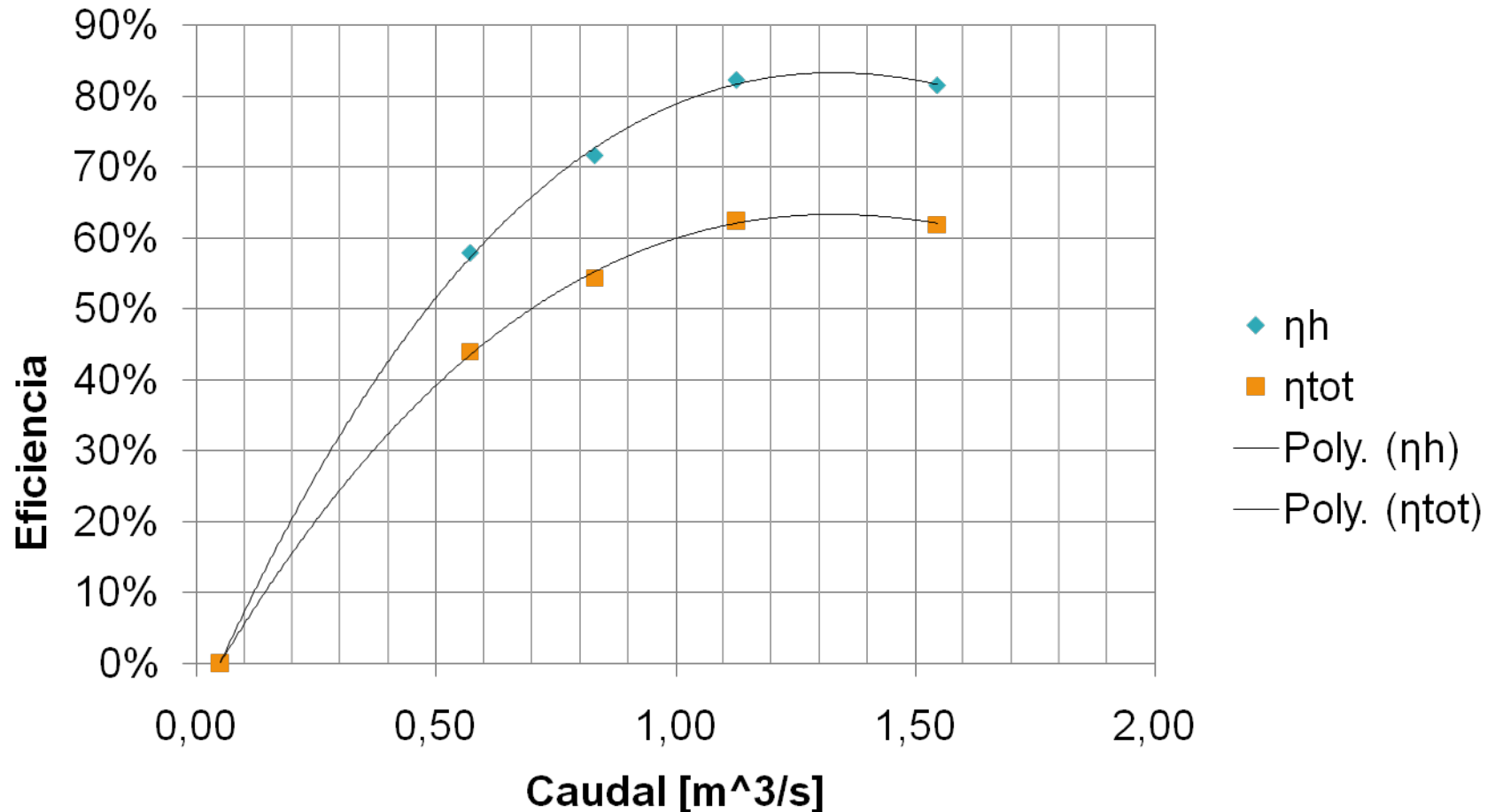




Curva de Eficiencia



Curva de Eficiencia de la TFC

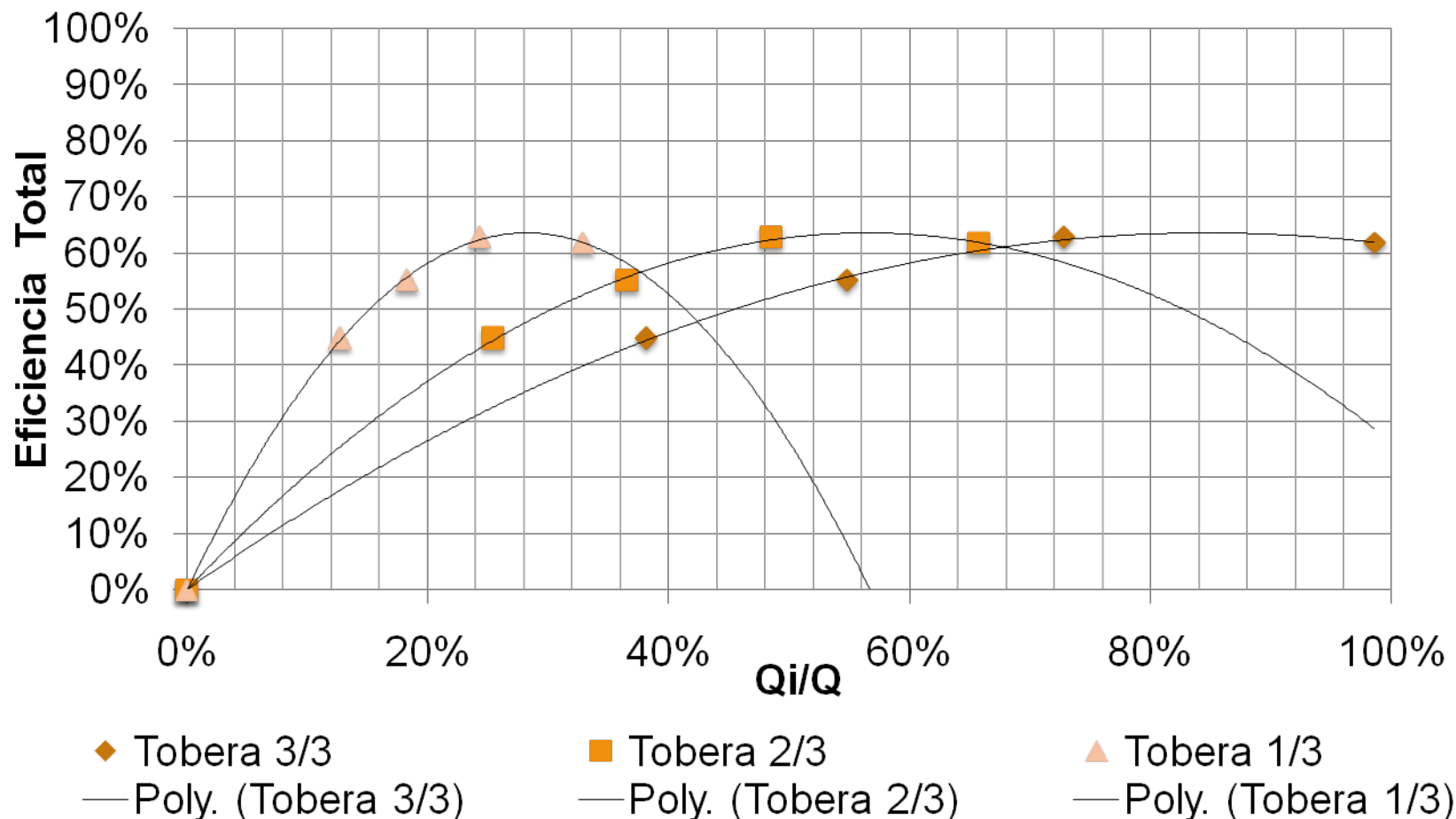




Curva de eficiencia para difusor multiple



Curva de Eficiencia de la TFC de Ø58 cm

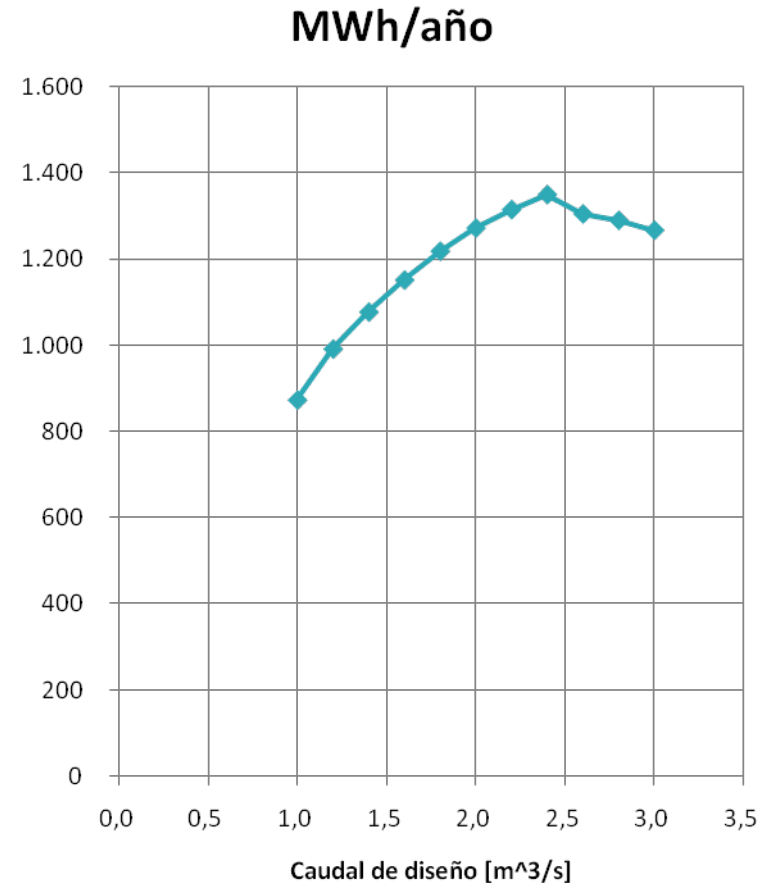




Caudal de diseño



Caudal de Diseño [m ³ /s]	Capacidad instalada [kW]	Factor de Planta []	Potencia Generada kWh/año
1.0	125.00	76%	828,149
1.2	150.00	71%	938,217
1.4	175.00	66%	1,016,422
1.6	175.00	71%	1,089,077
1.8	200.00	66%	1,149,156
2.0	225.00	61%	1,196,624
2.2	260.00	54%	1,232,109
2.4	260.00	56%	1,266,117
2.6	300.00	46%	1,220,848
2.8	300.00	46%	1,209,199
3.0	350.00	39%	1,182,920





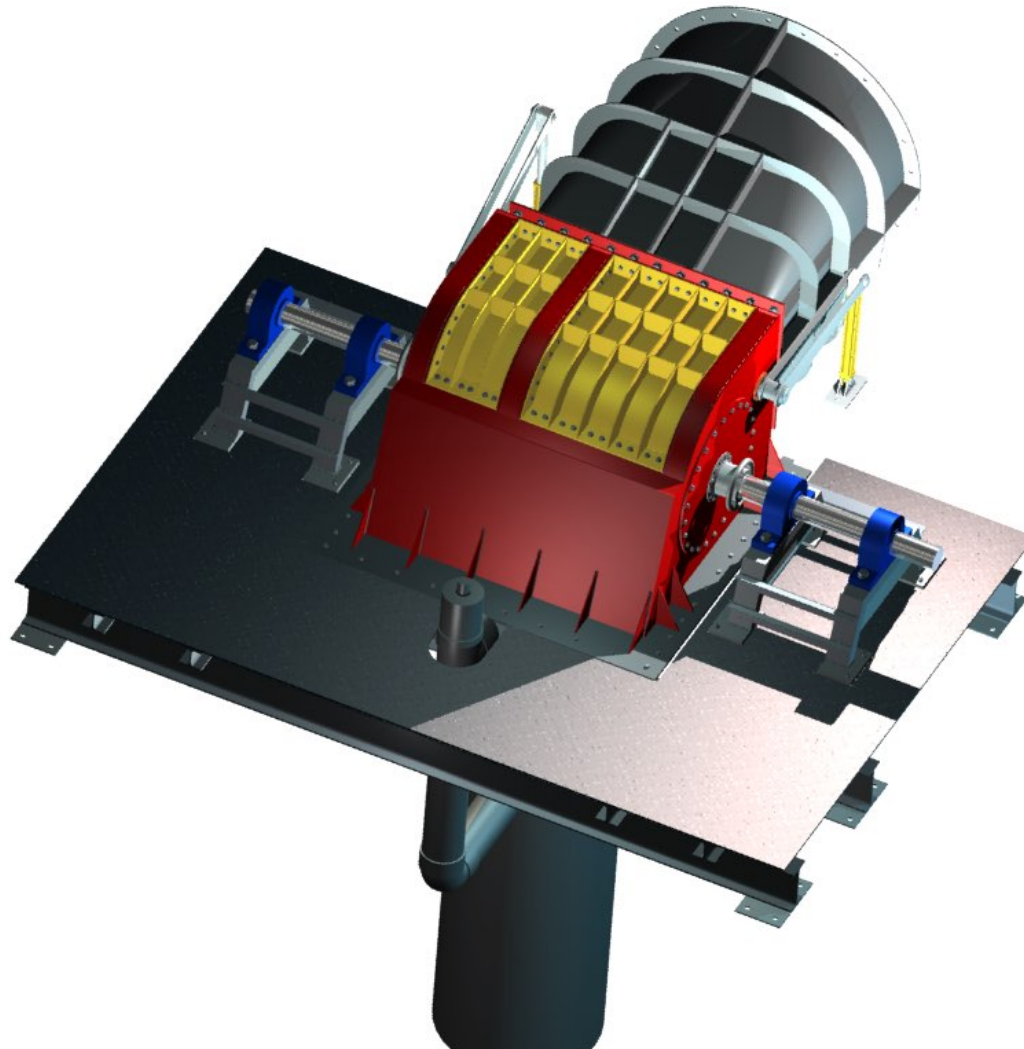
Condiciones del diseño

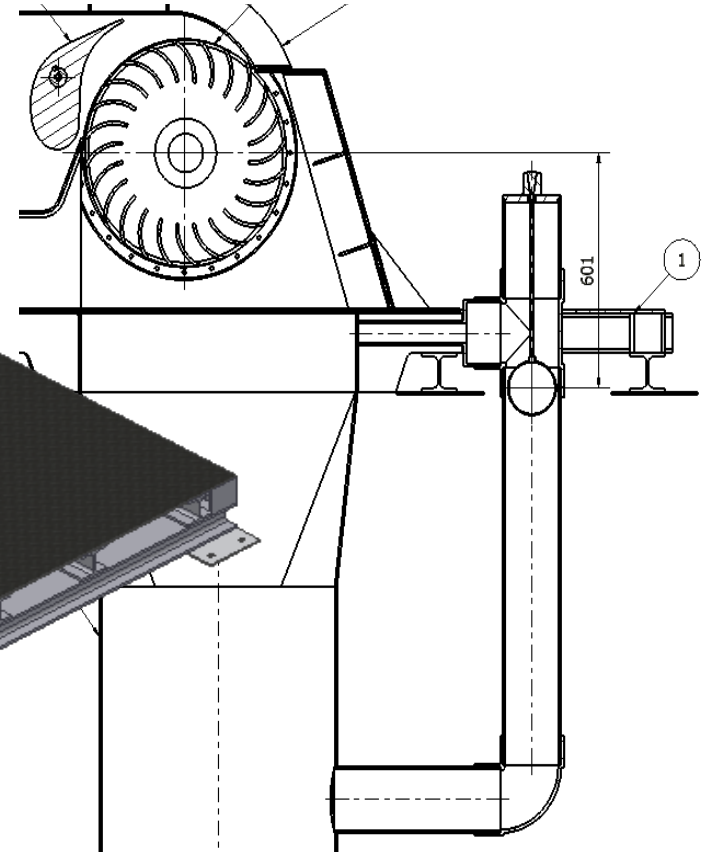
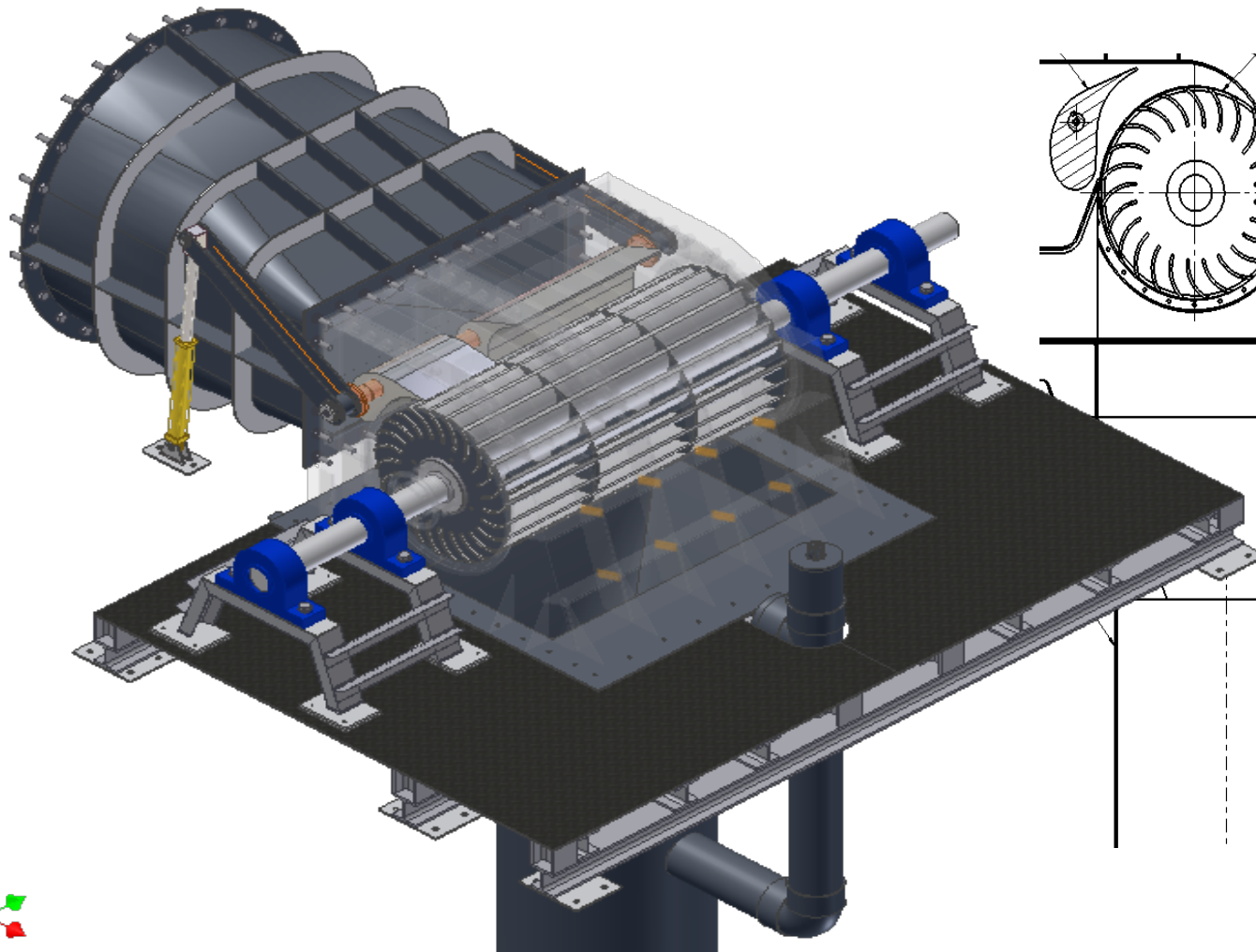


- ❖ Caudal de diseño: $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ Altura neta: 16.2 m
- ❖ Inyector de seccionado en $1/3$ y $2/3$.
- ❖ Tobera de entrada.
- ❖ Plataforma para sostener la turbina.
- ❖ Diámetro del rodete 58 cm.
- ❖ Tubo de aspiración.
- ❖ Sistema de regulación de nivel.
- ❖ Un mecanismo de control para cada el alabe de cada sección.
- ❖ Eje no pasante.
- ❖ Sistema de alineación para el rodete.
- ❖ Facilidad de ensamble.
- ❖ Facilidades para mantenimiento.
- ❖ Prever que las partes puedan ser hechas con herramientas y materiales que se encuentren localmente.



Modelo Dimensionado





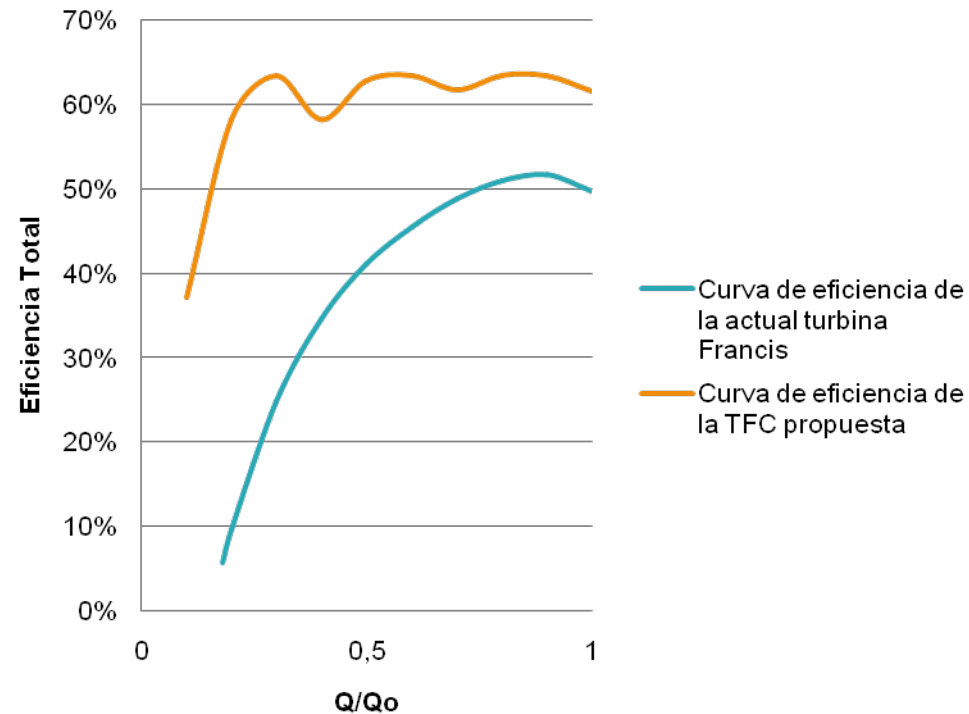


Conclusiones de la Investigación



- ❖ Habrá una mejora con la implementación la turbina propuesta en un 56% sobre la situación actual
- ❖ El prototipo diseñado tienen una capacidad instalada de 250 kW aproximadamente, considerando un generador de 260 kW el factor de planta se estima en 55%. Con lo que se espera generar 1.26E6 kWh al año.
- ❖ Se determina que la máxima eficiencia de la TFC propuesta es 64%, pero el grupo investigador considera que se puede obtener una mayor eficiencia.

Comparación de las curvas de eficiencia



❖ El grupo investigador determina que antes de realizar una inversión en la construcción de la TFC propuesta será necesario realizar estudios posteriores en:

- Modelar experimentalmente el comportamiento del tubo de aspiración.
- Construir un banco de pruebas para el perfil propuesto de la turbina.





- ❖ Se recomienda construir un modelo hidráulicamente semejante a menor escala, para someter a prueba el funcionamiento del diseño y corregir aquellos problemas que no hayan sido considerados inicialmente.

Gracias por su Atención



Preguntas ??

