

Distr.  
RESTRINGIDA  
LC/R.381  
10 de diciembre de 1984  
ORIGINAL: ESPAÑOL

---

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe



DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS EN ALGUNOS PAISES LATINOAMERICANOS  
EN CENTRALES QUE ENTRAN EN OPERACION EN PERIODO 1980-1990

Clasificadas según diámetros

Este documento fue preparado por el Grupo de Trabajo del Proyecto sobre "La situación actual y las perspectivas del abastecimiento y la producción de bienes de capital en América Latina" (RLA/77/015).

84-10-1797



## RESUMEN

Dentro de las actividades del proyecto CEPAL/ONUJI sobre bienes de capital se ha publicado el documento "Demanda de Equipo para Generación, Transmisión y Transformación Eléctrica en América Latina". En dicho documento figuran con detalle casi en todos los casos los equipos requeridos en el período 1980-1990. En el presente trabajo se presenta sistematizada la demanda de turbinas hidráulicas ya definidas en los diversos proyectos, clasificadas por diámetro del rotor. Se señala también la potencia, el peso del rotor y el de la turbina. Esta presentación está orientada a hacer más fácil la apreciación de la factibilidad técnica de fabricación local.



## DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS

Los proyectos de aumentos de capacidad instalada en centrales hidroeléctricas en la región requerirán un número importante de turbinas, que en el período 1980-1990 alcanzarían a 492 unidades, las que en su mayor parte son de gran tamaño, pues pertenecen a centrales mayores de 100 mW.

Considerando la importancia de estos equipos como posible demanda para las empresas fabricantes de bienes de capital de la región y la tendencia al empleo de unidades cada vez mayores, se ha estimado conveniente tratar de clasificar esta posible demanda por tipos y tamaños de turbinas, lo que permite visualizar la factibilidad técnica de su fabricación local.

La demanda de turbinas en el período indicado, se detalla por tipos y países en el documento : Demanda de Equipos para Generación, Transmisión y Transformación Eléctrica en América Latina, preparada dentro de las actividades del Proyecto CEPAL/ONUDI sobre la situación y perspectivas de la producción de bienes de capital en América Latina. Para la ejecución de ese trabajo se contó con el apoyo de la Comisión de Integración Eléctrica Regional (CIER) y el Instituto de Cooperación Iberoamericano (ICI).

Del total de centrales hidroeléctricas que inician su operación entre 1980 y 1990, se han podido clasificar por su tipo y características a 430 turbinas que corresponden a Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

Las turbinas Francis alcanzaron a 208 unidades (48%) con una capacidad total de 54430 mW, lo que equivale a 262 mW c/u. Las turbinas Kaplan alcanzan a 141 unidades (33%) con una capacidad total de 13972 mW, equivalente a 99 mW c/u. Se han clasificado también 81 turbinas Pelton, con una capacidad total de 7084 mW, equivalente a 87 mW c/u. Estas últimas corresponden casi en su totalidad a proyectos de Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia.

El factor fundamental que determina la factibilidad técnica en la fabricación de las turbinas de tipo Francis y Kaplan es el diámetro del rotor. La empresa fabricante debe contar al menos con un torno vertical que pueda maquinar piezas del diámetro de los rotores y distribuidores de las turbinas Francis y alesadora de gran capacidad para maquinar los álabes de turbinas Kaplan, además del torno vertical necesario para maquinar los anillos del distribuidor de estas turbinas. Otro factor importante es el peso total del rotor, ya que se requiere una capacidad de levante suficiente para efectuar las operaciones propias del premontaje del rotor en el taller del fabricante. También es importante el peso total de la turbina.

El tamaño de las turbinas proyectadas para las nuevas centrales hidroeléctricas ha ido en aumento en los últimos años, con nuevas instalaciones que alcanzan potencias unitarias cercanas a 700 mW en turbinas Francis y a 200 mW en turbinas Kaplan.

Las mayores turbinas hidráulicas proyectadas para entrar en operación en América Latina antes del año 2000, corresponden a las siguientes unidades: En turbinas Francis, a las de Itaipú (binacional sobre el río Paraná, entre Brasil y Paraguay) con 715 mW y diámetro del rotor de 8.03 m, peso del rotor 294 ton y peso total de cada turbina de 2440 ton. En turbinas Kaplan, las mayores proyectadas corresponden a la central de Porto Nacional, en Brasil, con 220 mW, diámetro del rotor de 10.22 m, peso del rotor 438 ton y peso total de cada turbina, 1900 ton.

En los cuadros 1 y 2 se detalla la demanda de turbinas de tipo Francis y Kapan por países, para el período 1980-1990, clasificándolas de acuerdo a los diámetros de sus rotores.

La demanda total de turbinas identificadas como de tipos Francis y Kapan en los países latinoamericanos pertenecientes a la CIER alcanza en el período 1980-1990 a 349 unidades, por un total de 68402 mW. Estas turbinas representan un peso total de 317015 toneladas, lo que equivale aproximadamente a 2600 millones de dólares. Las turbinas Francis alcanzan a 208 unidades, por 54430 mW, con 189580 toneladas y las de tipo Kaplan alcanzan a 141 unidades, por 13972 mW, con un peso de 127430 toneladas.

Las turbinas de grandes diámetros corresponden en proporciones muy importantes a las demandas de Brasil y Argentina y al Paraguay, en las centrales binacionales que comparte con estos países. En los países andinos la mayor parte de las turbinas corresponden a caídas de agua de mayores alturas, con diámetros menores y predominio de turbinas Francis y Pelton. En estos países la demanda de turbinas de tipo Kaplan se redu-

ce a sólo 4 unidades en Chile y 4 en Perú, de pequeños diámetros.

Las turbinas de mayores diámetros corresponden a unidades del tipo Kaplan, que se proyectan para diámetros de rotor de hasta cerca de 10 m y en potencias unitarias que alcanzan a 200 mW. Las mayores turbinas Kaplan suelen corresponder a proyectos de grandes centrales, con múltiples unidades, tales como Salto Grande (14 turbinas); Yaciretá (20 unidades de  $\varnothing$  9.50 m); Porto Primavera (18 unidades de  $\varnothing$  9.33 m); Ilha Grande (20 unidades de  $\varnothing$  9.67 m).

Las turbinas de mayor peso total corresponden a algunas grandes unidades del tipo Francis, que pueden alcanzar hasta cerca de 2500 toneladas, como es el caso de las turbinas de Itaipú. El diámetro del rotor en estas grandes turbinas Francis puede alcanzar a cerca de 8 metros, siendo inferior a los mayores diámetros que se alcanzan en turbinas Kaplan.

En el cuadro 1 y 2 se indican respectivamente la demanda de turbinas Francis y Kaplan de los países mencionados anteriormente para el período 1980-1990, clasificada de acuerdo con el diámetro de los rotores de las turbinas.

Cuadro 1

DEMANDA DE TURBINAS TIPO FRANCIS EN PAISES DE LA CIER, PERTENECIENTES A CENTRALES  
QUE INICIAN OPERACION ENTRE 1980 Y 1990

	ARGENTINA			BOLIVIA			BRASIL			COLOMBIA			CHILE			ECUADOR		
	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas
0-2.50m	-	-	-	3	90	240	-	-	-	13	668	2175	-	-	-	-	-	-
2.51-4.00m	4	255	960	-	-	-	17	2570	5753	9	884	3300	7	1235	3344	6	440	1640
4.01-6.00m	8	1760	6200	-	-	-	27	6300	21436	11	1690	6000	2	470	1200	-	-	-
6.01-8.00m	6	2100	7500	-	-	-	36	12648	49830	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Más de 8m	-	-	-	-	-	-	17	8940	34584	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18	4115	14660	3	90	240	97	30458	111603	33	3242	11475	9	1705	4544	6	440	1640

	PARAGUAY			PERU			URUGUAY			VENEZUELA			TOTAL		
	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas	N°	MW	Peso Turbinas
0-2.50m	-	-	-	5	44	300	-	-	-	4	86	300	25	888	3015
2.51-4.00m	-	-	-	3	150	720	-	-	-	2	80	240	48	5614	15957
4.01-6.00m	-	-	-	-	-	-	3	300	1500	6	1320	4400	57	11840	40736
6.01-8.00m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	6100	16000	52	20848	73330
Más de 8m	9	6300	21960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	15240	56544
	9	6300	21960	8	194	1020	3	300	1500	22	7586	20940	208	54430	189582

Cuadro 2

DEMANDA DE TURBINAS TIPO KAPLAN EN PAISES DE LA CIER, PERTENECIENTES A CENTRALES QUE INICIAN  
OPERACION ENTRE 1980 y 1990

	ARGENTINA			BOLIVIA			BRASIL			COLOMBIA			CHILE			ECUADOR		
	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso turbinas
0-2.50m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.51-4.00m	1	40	300	-	-	-	2	20	164	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.01-6.00m	-	-	-	-	-	-	7	379	2625	-	-	-	4	160	1400	-	-	-
6.01-8.00m	16	1780	14090	-	-	-	26	2750	20385	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Más de 8 m	10	1350	11000	-	-	-	56	5495	61649	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27	3170	25390	-	-	-	91	8644	84823	-	-	-	4	160	1400	-	-	-

	PARAGUAY			PERU			URUGUAY			VENEZUELA			TOTAL		
	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso turbinas	Nº	MW	Peso Turbinas	Nº	MW	Peso turbinas
0-2.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.51-4.00m	-	-	-	4	18	320	-	-	-	-	-	-	7	78	784
4.01-6.00m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	539	4025
6.01-8.00m	-	-	-	-	-	-	5	630	4500	-	-	-	47	5160	38975
Más de 8 m	10	1350	11000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	8195	83649
	10	1350	11000	4	18	320	5	630	4500	-	-	-	141	13972	127433

Para el período 1991-2000 se proyecta instalar un número mayor de turbinas hidráulicas que en el presente decenio, pero muchos de los programas están aún incompletos, por lo que en numerosas ocasiones no es posible determinar las características de las turbinas que se incluyen. Como tendencia general, se puede observar que gran parte de los aumentos de potencia instalada corresponderá a grandes centrales, con turbinas de elevada potencia y gran diámetro (hasta 10.22m de diámetro y 220 MW en turbinas Kapan y hasta 8.11 m y 715 MW en turbinas Francis).

Entre las turbinas proyectadas para entrar en operación durante el decenio 1991-2000 se destaca un conjunto de 88 turbinas de tipo bulbo, de gran diámetro, que instalaría Argentina en las centrales de Chapetón y Patí en el río Paraná Medio, aunque es posible que en definitiva una parte de estas turbinas sean de tipo Kaplan, de grandes dimensiones).

ANEXO : POTENCIA, PESO DE LOS ROTORES Y PESO TOTAL DE LAS TURBINAS NECESARIAS EN EL PERIODO 1980-1990, POR PAISES, TIPO DE TURBINA Y DIAMETRO DE ROTOR

ARGENTINA DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	Nº	Potencia Total (MW)	Peso Rotores (ton)	Peso Turbinas (ton)
Hasta 2.50 m.				
Francis	-	-	-	-
Kaplan	-	-	-	-
Desde 2,51 m a 4.00m				
Francis	4	255	120	960
Kaplan	1	40	55	300
	<u>5</u>	<u>295</u>	<u>175</u>	<u>1260</u>
Desde 4.01 m a 6.00m				
Francis	8	1760	760	6200
Kaplan	-	-	-	-
	<u>8</u>	<u>1760</u>	<u>760</u>	<u>6200</u>
Desde 6.01 m a 8.00m				
Francis	6	2100	1250	7500
Kaplan	16	1780	3275	14090
	<u>22</u>	<u>3880</u>	<u>4525</u>	<u>21590</u>
Más de 8.00 m				
Francis	-	-	-	-
Kaplan	10	1350	2500	11000
	<u>10</u>	<u>1350</u>	<u>2500</u>	<u>11000</u>
<b>Total</b>				
Francis	18	4115	2130	14660
Kaplan	26	3130	5775	25090
	<u>44</u>	<u>7245</u>	<u>7905</u>	<u>39750</u>

BOLIVIA . DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	<u>Nº</u>	<u>Potencia Total</u> (MW)	<u>Peso Rotores</u> (Ton)	<u>Peso Turbinas</u> (Ton)
		Hasta 2.50 m		
Francis	3	90	36	240
Kaplan	$\frac{-}{3}$	$\frac{-}{90}$	$\frac{-}{36}$	$\frac{-}{240}$

BRASIL . DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	<u>Nº</u>	<u>Potencia Total</u> (MW)	<u>Peso Rotores</u> (ton)	<u>Peso Turbinas</u> (ton)
hasta 2.50 m				
F	-	-	-	-
K	-	-	-	-
De 2.51 m a 4.00m.				
F	17	2570	797	5753
K	2	20	38	164
	<u>19</u>	<u>2590</u>	<u>835</u>	<u>5917</u>
De 4.01 m a 6.00 m				
F	27	6300	2565	21436
K	7	379	506	2625
	<u>34</u>	<u>6679</u>	<u>3071</u>	<u>24061</u>
De 6.01 a 8.00 m.				
F	36	12648	6088	49830
K	26	2750	4178	20385
	<u>62</u>	<u>15398</u>	<u>10266</u>	<u>70215</u>
Más de 8.00 m.				
F	17	8940	4157	34584
K	56	5495	14164	61649
	<u>73</u>	<u>14435</u>	<u>18421</u>	<u>96233</u>
<b>Total</b>				
Francis	97	30458	13607	111603
Kaplán	91	8644	18886	84823
	<u>188</u>	<u>39102</u>	<u>32493</u>	<u>196426</u>

COLOMBIA . DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	<u>Nº</u>	<u>Potencia Total</u> (MW)	<u>Peso Rotores</u> (Ton)	<u>Peso Turbinas</u> (Ton)
Hasta 2.50 m.				
Francis	13	668	281	2175
Kaplan	-	-	-	-
	<u>13</u>	<u>668</u>	<u>281</u>	<u>2175</u>
De 2.51 m a 4.00 m.				
Francis	9	884	370	3300
Kaplan	-	-	-	-
	<u>9</u>	<u>884</u>	<u>370</u>	<u>3300</u>
De 4.01 a 6.00 m.				
Francis	11	1690	740	6000
Kaplan	-	-	-	-
	<u>11</u>	<u>1690</u>	<u>740</u>	<u>6000</u>
<b>Total</b>				
Francis	33	3242	1391	11475
Kaplan	-	-	-	-
	<u>33</u>	<u>3242</u>	<u>1391</u>	<u>11475</u>

ECUADOR . DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

<u>Nº</u>	<u>Potencia Total</u> (MW)	<u>Peso Rotores</u> (ton)	<u>Peso Turbinas</u> (ton)
Hasta 2.50 m.			
Francis	-	-	-
Kaplan	-	-	-
Desde 2.51 m a 4.00 m			
Francis	6	440	186
Kaplan	-	-	-
	<u>6</u>	<u>440</u>	<u>186</u>
			<u>1640</u>

CHILE . DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	Nº	Potencia Total	Peso Rotores	Peso Turbinas
Hasta 2,50 m				
Francis	-	-	-	-
Kaplan	-	-	-	-
Desde 2.51 m a 4.00 m				
Francis	7	1235	430	3344
Kaplan	-	-	-	-
	<u>7</u>	<u>1235</u>	<u>430</u>	<u>3344</u>
Desde 4.01 m a 6.00 M.				
Francis	2	470	160	1200
Kaplan	4	160	280	1400
	<u>6</u>	<u>630</u>	<u>440</u>	<u>2600</u>
Total				
Francis	9	1705	590	4544
Kaplan	4	160	280	1400
	<u>13</u>	<u>1865</u>	<u>870</u>	<u>5944</u>

PARAGUAY . DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

Nº	Potencia Total		Peso Rotores	Peso Turbinas
	Hasta 4.00 m.			
Francis	-	-	-	-
Koplan	-	-	-	-
Desde 4.01 a 6,00 m				
Francis	-	-	-	-
Kaplan	-	-	-	-
Desde 6.01 m a 8.00 m.				
Francis	-	-	-	-
Kaplan	-	-	-	-
Más de 8.00 m.				
Francis	9	6300	2637	21960
Kaplan	<u>10</u>	<u>1350</u>	<u>2500</u>	<u>11000</u>
	19	7650	5137	32960

PERU. DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	Nº	<u>Potencia Total</u> (MW)	<u>Peso Rotores</u> (Ton)	<u>Peso Turbinas</u> (Ton)
Hasta 2.50 m				
Francis	5	44	40	300
Kaplan	-	-	-	-
	<u>5</u>	<u>44</u>	<u>40</u>	<u>300</u>
Desde 2.51 m a 4.00 m				
Francis	3	150	84	720
Kaplan	4	18	80	320
	<u>7</u>	<u>168</u>	<u>164</u>	<u>1040</u>
Total				
Francis	8	194	124	1020
Kaplan	4	18	80	320
	<u>12</u>	<u>212</u>	<u>204</u>	<u>1340</u>

URUGUAY. DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	<u>Nº</u>	<u>Potencia Total</u>	<u>Peso Rotores</u>	<u>Peso Turbinas</u>
Hasta 4.00 m.				
Francis	-	-	-	-
Kaplan	-	-	-	-
Desde 4.01 m a 6.00 m.				
Francis	3	300	150	1500
Kaplan	<u>    </u>	<u>    </u>	<u>    </u>	<u>    </u>
	3	300	150	1500
Desde 6.01 a 8.00 m				
Francis	-	-	-	-
Kaplan	<u>5</u>	<u>630</u>	<u>1250</u>	<u>4500</u>
	5	630	1250	4500
Total				
Francis	3	300	150	1500
Kaplan	<u>5</u>	<u>630</u>	<u>1250</u>	<u>4500</u>
	8	930	1400	6000

VENEZUELA. DEMANDA DE TURBINAS HIDRAULICAS SEGUN DIAMETRO

	<u>Nº</u>	<u>Potencia Total</u>	<u>Peso Rotores</u>	<u>Peso Turbinas</u>
Hasta 2.50 m				
Francis	4	86	40	300
Kaplan	$\frac{-}{4}$	$\frac{-}{86}$	$\frac{-}{40}$	$\frac{-}{300}$
Desde 2.51 m a 4.00 m.				
Francis	2	80	40	240
Kaplan	$\frac{-}{2}$	$\frac{-}{80}$	$\frac{-}{40}$	$\frac{-}{240}$
Desde 4.01 m a 6.00 m				
Francis	6	1320	550	4400
Kaplan	$\frac{-}{6}$	$\frac{-}{1320}$	$\frac{-}{550}$	$\frac{-}{4400}$
Desde 6.01 m a 8.00 m				
Francis	10	6100	2100	16000
Kaplan	$\frac{-}{10}$	$\frac{-}{6100}$	$\frac{-}{2100}$	$\frac{-}{16000}$
Total				
Francis	22	7586	2730	20940
Kaplan	$\frac{-}{22}$	$\frac{-}{7586}$	$\frac{-}{2730}$	$\frac{-}{20940}$

