

## **2. LA MINIHIDRÁULICA EN MÉXICO**

### **2.1 Centrales en operación (CFE y LyFC)**

Distribuidas en nueve estados del centro y sudeste de la República Mexicana (plano 3.1) la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Luz y Fuerza del Centro (LyFC) cuentan con 22 centrales minihidráulicas (< 5 MW) que están conectadas al sistema eléctrico nacional.

En dichas centrales se tienen instaladas un total de 44 unidades turbo-generadoras cuya capacidad efectiva conjunta es de aproximadamente 33 MW (tabla 2.1), es decir un promedio de 1.5 MW/central (0,75 MW por unidad). Su generación media anual conjunta es aproximadamente de 102 GWh.

Con el objeto de tener una idea clara del estado que guardan a la fecha dichas centrales, se investigaron algunos aspectos claves como son: su antigüedad, sus datos de capacidad de placa y efectiva y su generación media anual histórica dentro de las tres o cuatro décadas que llevan en servicio (tablas 2.1 y 2.2).

Se distinguen tres grupos de centrales con respecto a su antigüedad; las que entraron en servicio entre los años de 1898 y 1908, es decir aproximadamente hace 91 años, denominado “grupo A”, las que lo hicieron entre 1928 y 1945 (58 años de operación), “grupo B” y aquellas con 38 años de servicio promedio “grupo C”.

Recordando que el equipo electromecánico de este tipo de centrales tiene una vida útil del orden de 50 años, tanto el grupo A como el grupo B nos indican que los años que llevan en servicio ya ha rebasado esta marca, es decir su grado de obsolescencia es total. En el caso del grupo C, aunque su obsolescencia no es total, ya se podría considerar la conveniencia de su rehabilitación o repotenciación, es decir hacer estudios de viabilidad para saber si es posible un aumento de caudal y/o caída tal que se logre aumentar la potencia originalmente instalada (ver inciso 2.3).

**Tabla 2.1 Centrales Hidroeléctricas en Operación CFE y CLyF ( <5MW)**

Nombre	Estado	Río	Puesta en servicio	Años en servicio	No. de unid.	Tipo de turbina	Gasto total ( m3/s )	Carga estática ( m )	Capacidad M		Derrateo (%)	Gen. m. anual* (GWH)	Factor de planta	
									Placa	Efectiva				
<b>Centrales C F E</b>														
<b>PORTEZUELOS I</b>	Pue.	<b>Atoyac</b>	<b>1901</b>	<b>94</b>	<b>4</b>	<b>P</b>	<b>3.72</b>	<b>142.0</b>	<b>2.800</b>	<b>2.800</b>	<b>0.00</b>	<b>6.87</b>	<b>0.28</b>	
<b>IXTACZOQUITLAN</b>	Ver.	<b>Escamela</b>	<b>1903</b>	<b>92</b>	<b>2</b>	<b>P</b>	<b>2.28</b>	<b>103.6</b>	<b>1.800</b>	<b>0.630</b>	<b>65.00</b>	<b>3.10</b>	<b>0.56</b>	
TIRIO	Mich.	Grande	1905 / 1930	90 / 65	3	P	1.80	104.0	1.100	1.100	0.00	1.83	0.19	
<b>PORTEZUELOS II</b>	Pue.	<b>Atoyac</b>	<b>1908</b>	<b>87</b>	<b>2</b>	<b>F</b>	<b>7.60</b>	<b>65.8</b>	<b>2.120</b>	<b>2.120</b>	<b>0.00</b>	<b>1.90</b>	<b>0.10</b>	
<b>SN.PEDRO PORUAS</b>	Mich.	<b>San Pedro</b>	<b>1928 / 1958</b>	<b>67 / 37</b>	<b>2</b>	<b>P</b>	<b>1.52</b>	<b>263.0</b>	<b>2.560</b>	<b>2.560</b>	<b>0.00</b>	<b>8.67</b>	<b>0.39</b>	
HUAZUNTLAN	Ver.	Platanillo	1933 <sup>a</sup>	62	1	F	2.25	95.5	1.600	1.600	0.00	2.50	0.18	
BARTOLINAS	Mich.	Caramécuaro	1940	55	2	F	1.95	56.7	0.750	0.750	0.00	1.4	0.21	
JUMATAN	Nay.	Ingenio	1943 / 1959	52 / 36	4	F	1.82	157.5	2.180	2.180	0.00	8.00	0.42	
<b>TEXOLO</b>	Ver.	<b>Matlacobatl</b>	<b>1928</b>	<b>67</b>	<b>2</b>	<b>F</b>	<b>1.86</b>	<b>133.6</b>	<b>1.600</b>	<b>1.600</b>	<b>0.00</b>	<b>9.40</b>	<b>0.67</b>	
<b>MICOS</b>	S.L.P.	<b>El Salto</b>	<b>1945</b>	<b>50</b>	<b>2</b>	<b>F</b>	<b>2.80</b>	<b>55.0</b>	<b>1.000</b>	<b>0.590</b>	<b>41.00</b>	<b>2.20</b>	<b>0.43</b>	
<b>ELECTROQUIMICA</b>	S.L.P.	<b>El Salto</b>	<b>1952</b>	<b>43</b>	<b>1</b>	<b>F</b>	<b>2.60</b>	<b>71.5</b>	<b>1.400</b>	<b>1.080</b>	<b>22.86</b>	<b>7.10</b>	<b>0.75</b>	
SCHPIONA	Chis.	Schpiona	1953 / 1963	42 / 32	3	F	2.23	67.5	2.240	2.240	0.00	11.4	0.58	
TAMAZULAPAN	Oax.	Teojupan	1962	33	2	P	2.62	153.0	2.480	2.480	0.00	6.00	0.28	
					<b>Subtotal</b>	<b>30</b>			<b>23.630</b>	<b>21.730</b>	<b>8.04</b>	<b>70.37</b>	<b>0.39</b>	<b>(prom.)</b>
<b>Centrales C L y F</b>														
TEMASCALTEPEC	Méx.	Temascaltepec	1905	90	4	F	6.00	104.0	2.336	2.336	0.00	8.07	0.39	
JUANDO	Hgo.	Afluente Río Moctez.	1946 <sup>a</sup>	49	2	F	8.00	55.0	3.600	3.000	16.67	5.7	0.22	
ZEPAYAUTLA	Méx.	Chalma	1937 <sup>a</sup>	58	1	K	0.90	93.0	0.664	0.488	26.51	0.19	0.04	
ZICTEPEC	Méx.	Chalma	1937 <sup>a</sup>	58	1	F	0.85	59.0	0.384	0.242	36.98	0.55	0.26	
SAN SIMON	Méx.	Chalma	1938 <sup>a</sup>	57	2	F	1.80	208.0	2.540	1.344	47.09	3.8	0.32	
VILLADA	Méx.	Tula	1927	68	1	F	1.00	150.0	1.280	0.858	32.97	4.52	0.60	
FERNANDEZ LEAL	Méx.	Tula	1927	68	1	F	1.50	117.0	1.280	1.13	12.11	5.14	0.52	
TLILAN	Méx.	Tula	1928	67	1	F	1.50	99.0	0.68	0.68	0.00	2.96	0.50	
CAÑADA	Hgo.	Tula	1928	67	1	F	8.000	19.0	1.215	0.97	20.41	0.91	0.11	
					<b>Subtotal</b>	<b>14</b>			<b>13.979</b>	<b>11.04</b>	<b>21.02</b>	<b>31.84</b>	<b>0.33</b>	<b>(prom.)</b>
					<b>Total</b>	<b>44</b>			<b>37.609</b>	<b>32.770</b>	<b>12.87</b>	<b>102.21</b>		

\* Correspondiente al promedio de los últimos diez años

<sup>a</sup> Año de fabricación de la turbina

ç Tomado de la Ref. 3.4

**Tipo de turbina : F Francis,  
P Pelton , K Kaplan**

Nota: Las centrales en negrillas , con estudios hasta 1994

Tabla elaborada con el apoyo de las siguientes fuentes:

3.2 " **Relación de centrales hidroeléctricas < 5 MW**" (sin publicar) Gcia.de Gen. Hidroeléctrica . Subdirección de Producción CFE 1995

3.4 " **El Sector energético en México**". Edición 1994 INEGI

**Tabla 2.2 Generación Histórica de Minicentrales Hidroeléctricas CFE y CLyF (< 5MW)**

Edo.	MW	Central	G W H				Decremento. (%)	
			1a decada	2a decada	3a decada	4a decada		
<b>Grupo A</b>	<b>Antigüedad promedio 91 años</b>							
Ver	0.63	Ixtacz. 0.63 MW (1976-1994)	4.50	6.10	3.10		49.18	
Pue	2.80	Portezuelos I, 2.8 MW (1967-91)	14.00	12.00	6.87		42.75	
Pue	2.12	Portezuelos II, 2.12 MW (1967-91)	6.50	3.90	1.90		51.28	<b>47.74</b>
<b>Grupo B</b>	<b>Antigüedad promedio 58 años</b>							
SLP	0.59	Rio Micos 0.59 MW (1969-1991)	3.80	2.20			42.11	
Ver	1.60	Texolo II 1.6 Mw (1951-91)	6.00	9.50	10.70	9.40	12.15	
Nay	2.18	Jumatán 2.18 MW (1941-91)	1.50	8.50	18.00	8.00	55.56	
EDM	2.12	Prom. CLF 2.12 MW (1957-91)	10.20	11.00	8.02	6.90	38.26	<b>37.02</b>
<b>Grupo C</b>	<b>Antigüedad promedio 38 años</b>							
Chi	2.24	Schpoina 2.24 MW (1961-91)	9.50	12.00	11.40		5.00	
Ver	1.60	Huazuntlan 1.60 MW (1963-1991)	5.00	3.20	2.50		21.88	
Oax	2.48	Tamazulapan 2.48 MW (1962-91)	5.50	10.00	6.00		40.00	
SLP	1.08	Electroquímica 1.08 MW (1968-1991)	11.50	7.10	7.10		13.97	<b>20.21</b>
							<b>Promedio</b>	<b>34.99</b>

Tabla elaborada con el apoyo de las ref:

3.1 " Registro histórico de generación hidroeléctrica". Gcia. Gen. Hidro CFE 1993

3.2 " Rel. de centrales hidroeléctricas < 5MW ".Gcia.Gen.Hidro CFE 1995

3.4 " El Sector Enerético en México". INEGI 1994

Durante los años de operación de estas centrales, se han llevado a cabo diversos trabajos de reparación y sustitución de elementos importantes, pero en ningún caso se han retirado las unidades originales para sustituirlas por otras nuevas de igual o mayor capacidad.

La figura 2.1 ilustra, para el grupo A, la tendencia de la generación media anual a lo largo de las tres últimas décadas. Se ve claramente una tendencia decreciente, es decir un 48% menos, en promedio, de generación actual que hace diez años. También se evaluó el “derrateo” de la central, entendiéndose por derrateo el porcentaje de disminución entre la capacidad de placa o de diseño original y la capacidad efectiva actual; este proceso se debe fundamentalmente a la degradación del asilamiento del generador. Para este grupo, sólo una de las centrales (Ixtaczoquitlán) reportó un fuerte derrateo del 65% (tabla 2.1), debido a que han salido de operación tres de las cuatro unidades que la conforman. El resto del grupo no reporta derrateo.

En forma similar, en las figuras 2.2 y .3 se presenta el análisis correspondiente a los grupos B y C.

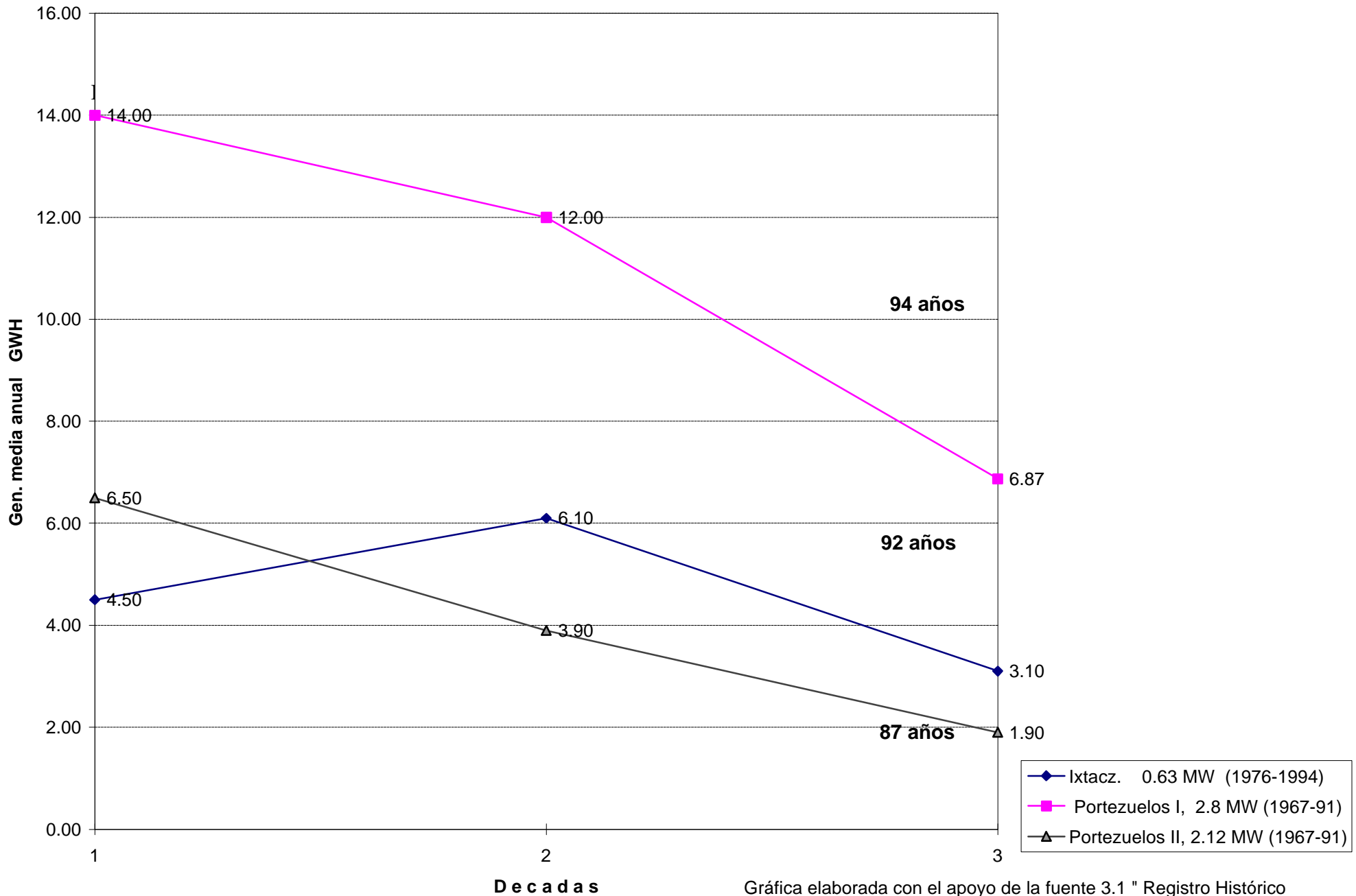
En resumen, el decremento de la generación y el derrateo de las unidades para los tres grupos considerados, son como sigue:

<b>Grupo</b>	<b>Decremento de la generación media anual (%)</b>	<b>Derrateo promedio (%)</b>
A	47,74	21,66
B	37,02	20,00
C	20,21	5,71

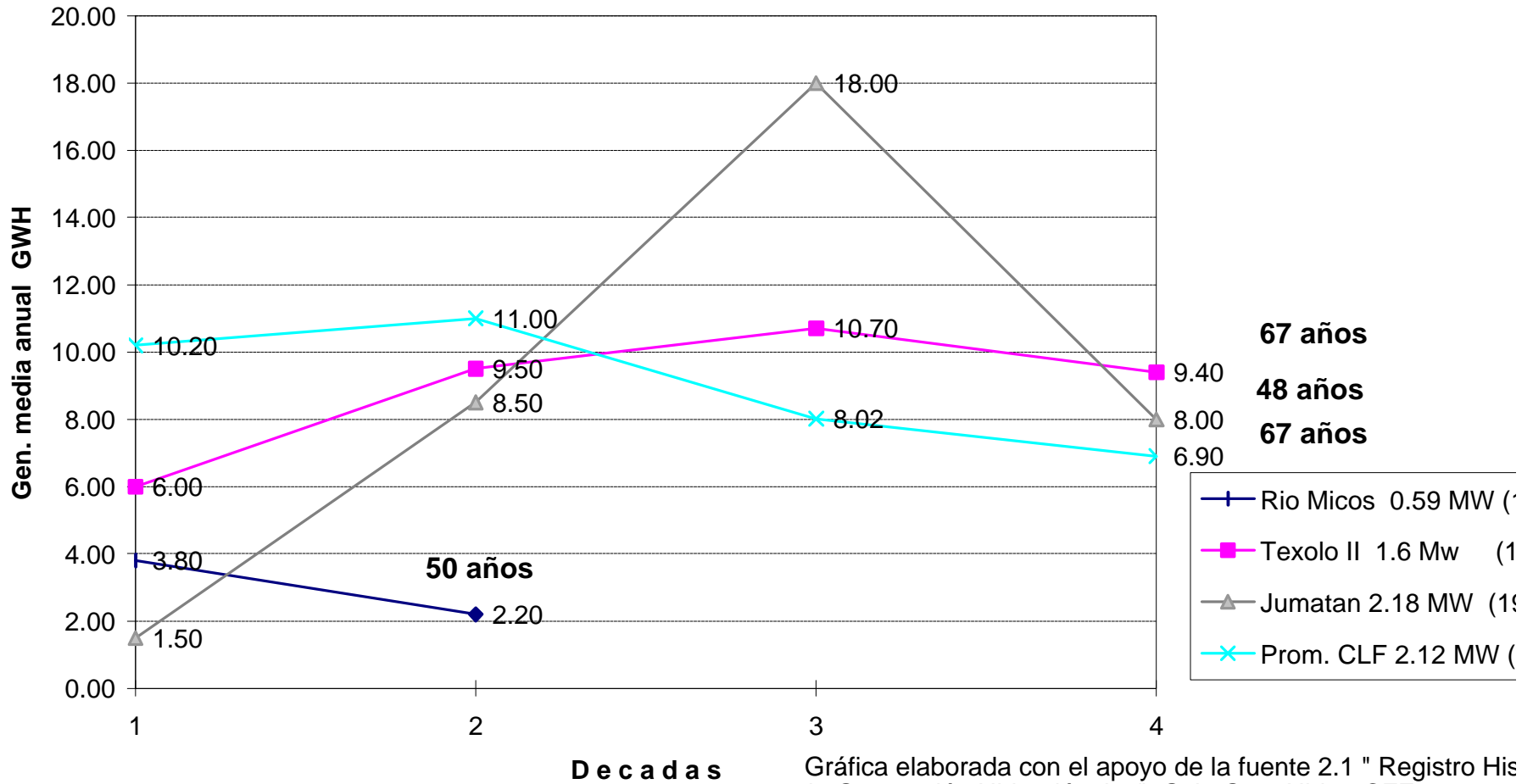
Como es lógico suponer, el grupo de menor antigüedad es aquel con el menor decremento de la generación media anual. Las causas probables de este decremento son:

- a) Fallas importantes del generador, turbina o subestación
- b) Disminución del caudal o gasto aprovechable
- c) Derrateo de las unidades

### Grupo A (antigüedad prom. 93 años)

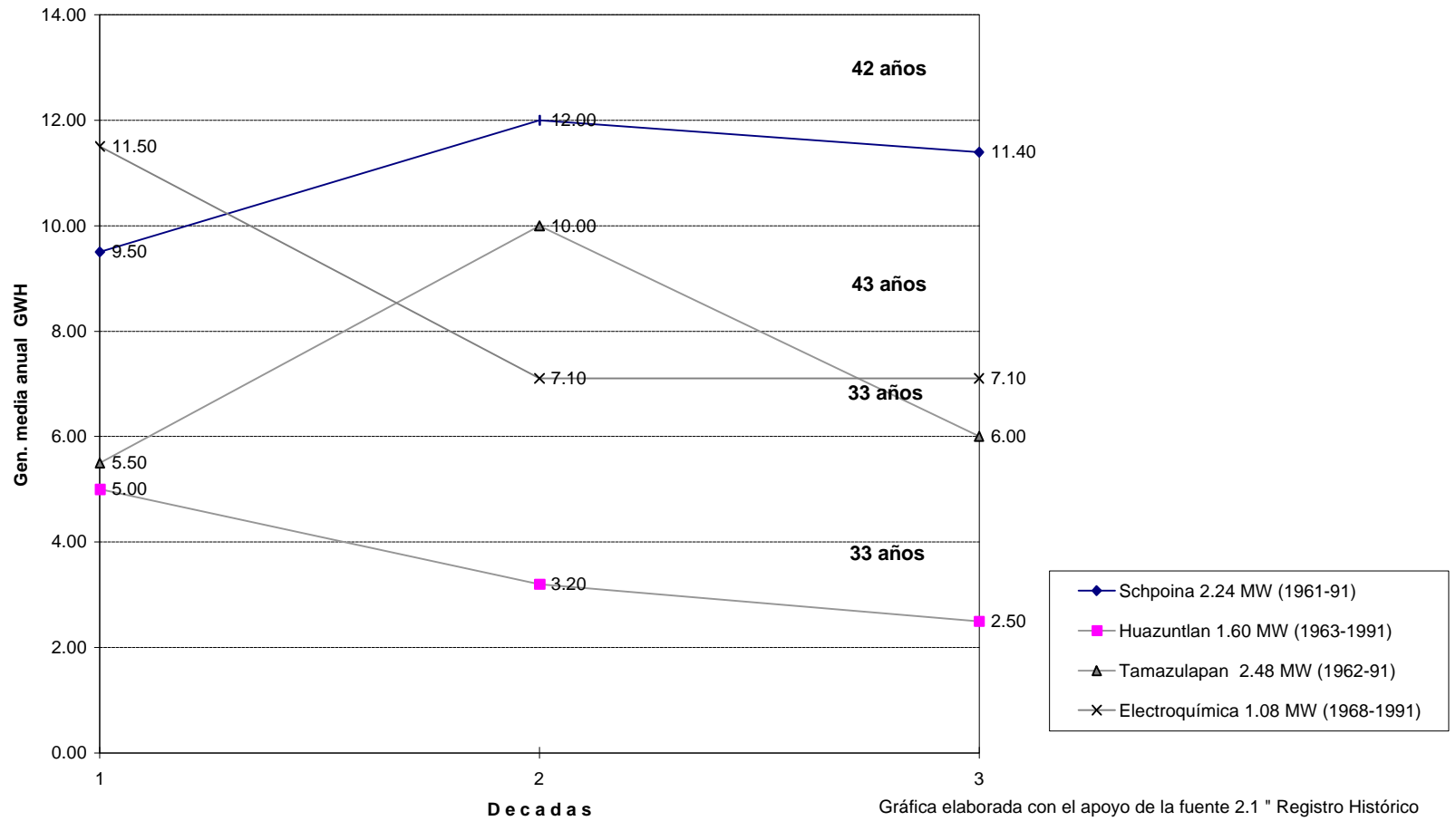


**Fig. 2.2 Generación Histórica de Minicentrales CFE y CLyF  
Grupo B (antigüedad prom. 68 años)**



INSERTAR FIGURA 3.3 (ARCHIVO GENH.XLS)

**Fig. 2.3 Generación Histórica de Minicentrales CFE (< 5MW)**  
**Grupo C (antigüedad prom. 38 años)**



Si se refiere uno nuevamente a la tabla 2.1, se puede ver que la pérdida de generación media anual influye sensiblemente en el factor de planta, llegando a casos extremos como los de las centrales Portezuelos II (0,10) y Cañada (0,11).

## **2.2 Centrales en operación (independientes)**

Al comienzo de este siglo y mucho antes que se fundaran la CFE o LyFC, se construyeron a lo largo del país un número importante de minicentrales hidroeléctricas por particulares o compañías privadas.

Se puede decir que la generación hidroeléctrica fue la fuente primaria de fluido eléctrico en estados como Veracruz, Chiapas, Morelos, Edo. de México y el DF, por mencionar algunos (refs. 2.5 a 2.7 y 2.10). Desde luego, después de la nacionalización de la industria eléctrica en la década de los años sesenta, muchas de estas centrales pasaron a manos del Estado. Sin embargo, alrededor de 61 de ellas permanecieron con su carácter de privadas abasteciendo a rancherías, fábricas, minas o beneficios de café.

La tabla 2.3 es un listado que pretende reportar la mayoría de las turbinas minihidroeléctricas que se han instalado en el país y que siempre han operado como sistemas independientes o privados. Esta lista es quizás la primera en publicarse en su tipo y se logró gracias al apoyo de varias casas fabricantes de turbinas (ref. 2.5 a 2.7).

La fabricación de estas unidades data desde 1909 hasta 1981. Se distinguen, sin embargo tres períodos de mayor intensidad de fabricación y, por ende, de construcción de minicentrales en México hacia los años o períodos siguientes:

De 1926 a 1929  
1936  
De 1955 a 1959

Por tratarse de sistemas privados, la información que se tiene en cuanto a su operación y mantenimiento actual es muy escasa. Es probable que algunas de ellas estén fuera de

**Tabla 2.3 Lista de Turbinas Minihidráulicas Independientes (< 5MW)**

No.	Año de fabric.	Proyecto	Cliente	Tipo	No. de unidades	Caida estática (m)	Gasto nominal por unidad ( M3 / seg)	Potencia de placa (KW)	Pot. total (KW)
1.-	1909	TREVINA	n.d	Francis	2	43	0.713	315.00	630.00
2.-	1910	PUEBLA -GUIJANO	n.d	Francis	1	5.44	4.000	225.00	225.00
3.-	1910	MARDAKER-PUEBLA	n.d	Francis	1	9.00	0.150	135.00	135.00
4.-	1911	EL PROGRESO	n.d	Pelton	1	141.00	0.350	530.00	530.00
5.-	1912	TEZINTLAN	n.d	Pelton	2	342.00	0.150	545.00	1,090.00
6.-	1920	TEXMELUCAN	n.d	Francis	1	4.80	3.000	154.00	154.00
7.-	1920	SANTA CRUZ	Ingenio Tamazula (Jalisco)	Pelton	2	109.00	0.400	475.00	950.00
8.-	1920	PORVENIR I	n.d	Pelton	1	106.50	0.475	550.00	550.00
9.-	1923	HONDO	n.d	Francis	1	27.20	0.700	208.00	208.00
10.-	1926	HUERTA	n.d	Francis	1	57.30	0.300	186.00	186.00
11.-	1926	HORMIGA I	n.d	Pelton	1	246.00	0.500	1,360.00	1,360.00
12.-	1926	ZAVAIERA	n.d	Francis	1	95.50	0.670	700.00	700.00
13.-	1926	VILLAR	n.d	Francis	1	8.00	1.710	146.00	146.00
14.-	1926	HORMIGA II	n.d	Pelton	1	319.00	0.100	360.00	360.00
15.-	1928	DOS AGUAS	Fab. S José Río Hondo	Francis	1	64.00	0.600	406.00	406.00
16.-	1928	TIACA	n.d	Francis	1	7.37	4.050	322.00	322.00
17.-	1929	EL PATRIOTISMO	n.d	Francis	1	6.00	7.000	475.00	475.00
18.-	1929	VERACRUZANA	Papelera Veracruzana (Ver)	Francis	1	24.50	2.000	530.00	530.00
19.-	1930	ELECA	n.d	Francis	1	18.10	3.000	600.00	600.00
20.-	1930	TRINI	n.d	Francis	1	29.75	1.500	500.00	500.00
21.-	1931	LOZANO	n.d	Francis	1	37.00	4.500	1,835.00	1,835.00
22.-	1932	LACAR	n,d	Francis	2	31.50	3.250	1,120.00	2,240.00
23.-	1932	SANTIAGO MEXICO	Fabrica Santiago SA	Francis	1	20.50	0.600	135.00	135.00
24.-	1933	TORRE	Garci-Crespo SA (Puebla)	Francis	1	69.00	0.156	115.00	115.00
25.-	1934	EL PINTO	Fabrica Sn Martín	Francis	1	10.80	2.000	239.00	239.00
26.-	1935	CHIHUAHUA	Cia. Minera de Maguarichi (Chih)	Pelton	1	381.00	n.d	335.50	335.50
27.-	1936	EL BARRERO	n.d	Francis	1	57.00	0.300	189.00	189.00
28.-	1936	FLORES	n.d	Francis	1	31.00	0.600	210.00	210.00
29.-	1936	WOODWARD I	La Pilar María	Pelton	1	102.00	0.360	417.00	417.00
30.-	1936	CIJARA	Fabrica Sn Martín	Francis	1	46.00	1.230	471.79	471.79
31.-	1936	CHIAPAS	n.d	Pelton	1	100.00	2.020	1,684.38	1,684.38
32.-	1937	TALA	n.d	Francis	1	19.50	0.740	160.00	160.00
33.-	1937	CIJARA II	n.d	Francis	1	19.50	0.900	149.00	149.00
34.-	1937	MAGDALENA	n.d	Pelton	1	184.00	0.400	83.40	83.40
35.-	1939	EL INGENIO	n.d	Pelton	2	164.00	0.190	348.00	696.00
36.-	1939	TACAMBARO	n.d	Francis	2	55.40	0.650	404.00	808.00
37.-	1944	ZOQUITLAN	n.d	Francis	1	24.80	6.550	1,840.00	1,840.00
38.-	1945	TORRE II	Garci-Crespo SA (Puebla)	Francis	1	69.50	0.345	264.00	264.00
39.-	1946	EL NEGRO	n.d	Pelton	1	385.00	1.830	800.00	800.00

**Tabla 2.3 Lista de Turbinas Minihidráulicas Independientes ( < 5MW) Cont´**

No.	Año de fabric.	Proyecto	Cliente	Tipo	No. de unidades	Caida estática (m)	Gasto nominal por unidad ( M3 / seg)	Potencia de placa (KW)	Pot. total (KW)
40.-	1946	MATAMOROS	Distribuidora	Francis	1	51.50	n.d	372.80	372.80
41.-	1950	RIO BLANCO	CIDOSA (Veracruz)	Francis	1	22.25	7.500	1,930.00	1,930.00
42.-	1951	CUESTA	n.d	Pelton	1	38.00	0.090	27.00	27.00
43.-	1951	ARGOVIA	Finca Argovia (Chiapas)	Francis	1	53.00	0.200	82.00	82.00
44.-	n.d	FINCAS CAFE I	Varias fincas en Chiapas	Banki	3	n.d	n.d	106.00	318.00
45.-	n.d	FINCAS CAFE II	Varias fincas en Veracruz	Banki	2	n.d	n.d	48.00	96.00
46.-	1954	COATAN RIO	n.d	Francis	2	12.00	2.270	305.00	610.00
47.-	1954	SAN ANGEL	Valentín Plettner (DF)	Banki	1	40.50	0.040	12.80	12.80
48.-	1954	ESCUITLA	Efrain A. Mazariegos (Chiapas)	Banki	1	20.00	0.200	31.76	31.76
49.-	1955	DF	Manuel Deza	Banki	1	9.50	0.165	12.30	12.30
50.-	1955	ROSA SANTA	CIVSA (Veracruz)	Pelton	1	167.00	0.066	124.00	124.00
51.-	1955	LA ESPERANZA	Nisch y Compañía ( Chiapas)	Banki	1	11.00	0.800	70.00	70.00
52.-	1956	MEXICALTZINGO	Cal Sol SA ( Jalisco)	Banki	1	165.00	0.095	125.00	125.00
53.-	1956	SAN ANGEL II	Valentín Plettner (DF)	Banki	1	25.00	0.023	4.470	4.47
54.-	1956	CIJARA	Fabrica Sn Martín	Pelton	3	140.00	0.362	585.00	1,755.00
55.-	1959	CIJARA	"	Pelton	1	158.50	1.375	2,500.00	2,500.00
56.-	1962	COCOLAPAN	CIDOSA (Veracruz)	Francis	2	28.00	4.840	1,545.00	3,090.00
57.-	1962	CERRITOS	CIDOSA (Veracruz)	Francis	1	50.00	1.000	564.00	564.00
58.-	1962	GRANDE -RINCON	n.d	Francis	4	41.00	3.150	1,490.00	5,960.00
59.-	1964	ZOQUITLAN	n.d	Francis	1	24.49	6.560	1,950.00	1,950.00
60.-	1965	ROSA SANTA	CIVSA (Veracruz)	Francis	1	28.00	2.510	840.00	840.00
61.-	1981	ROMER	Minera Romer SA CV ( Durango)	Banki	1	29.50	1.530	370.00	370.00

Tabla elaborada con el apoyo de las ref:

3.5 Listado de turbinas México. Escher Wyss TEISA 1995

3.6 Listado de turbinas México Voith, Voith Hydro Inc. 1995

3.7 Listado de turbinas México Ossberger , Ossberger Turbines Inc. 1995

3.8 "Estudio de Factibilidad Rehabilitación Ixtaczoquitlán Ver" CFE , 1994

3.9 "Aprovechamiento de Microsistemas

Hidráulicos " L.H.Valdez /A.Rangel ,

Boletín IIE Vol. 2, No. 6 Jun 1978

No. total de unidades	Caida estática promedio (m)	Gasto nominal promedio (M3/seg)	Pot. de placa promedio (KW)	Potencia total (KW)
77	77.71	1.59	534.71	43,574.20
			Pot. inst. total	43.57 MW

servicio, requiriéndose estudios de mayor profundidad para conocer el estado actual en que se encuentran.

No obstante lo anterior, como lo muestra la tabla 2.3 se pudo saber que **en promedio** estas turbinas tienen las siguientes características.

- Existe una sola unidad por central
- La caída estática aprovechable es de aproximadamente 78 metros lo que obliga mayoritariamente a tener turbinas tipo Francis de eje horizontal (ref. 2.11)
- El gasto nominal es de 1.59 m<sup>3</sup>/s
- La potencia de placa es de 534.7 KW (0,534 MW)

La suma de la potencia de todas ellas es de 43,57 MW. Si se considera una eficiencia de 94% en promedio para los correspondientes generadores (ref. 2.11), la potencia útil de salida total es de aproximadamente 41 MW. Si se toma el promedio del factor de planta de los proyectos de LyFC referidos en la tabla 2.1 (0,33), por su similitud respecto a la antigüedad de sus unidades, la generación media anual probable en el conjunto de estas centrales puede ser del orden 118 GWh.

Al igual que las centrales propiedad de la CFE o de LyFC, un buen número de las unidades independientes reportadas son candidatas ideales para pensar en su rehabilitación o repotenciación.

### **2.3 Centrales fuera de servicio (CFE)**

Gracias al apoyo que se recibió de la CFE para la realización de este estudio se logró conjuntar la lista de las 36 centrales que se encuentran fuera de servicio en esta institución (tabla 2.4). Estas centrales se encontraban dando servicio público interconectadas a la red eléctrica nacional. La potencia total instalada en este grupo de centrales era de aproximadamente 36.7 MW. Si se supone un factor de planta promedio de 0,39, como en la tabla 2.1 en el caso de las centrales en operación de CFE, se estima que el conjunto de estas unidades habría estado aportando unos 125,6 GWh de generación media anual.

Como se puede ver por el año en que entraron en servicio, su grado de obsolescencia es similar a la de muchas de las centrales que aún se encuentran en servicio (ver inciso 2.1). Las causas principales por las que han salido de servicio dichas centrales, se pueden agrupar bajo dos rubros:

- Equipo obsoleto y/o altos costos de operación
- Falta o disputa por el agua para generar

Como se aprecia en la tabla 2.4, la mayoría de estas centrales dejaron de operar debido a la primera, es decir, **se agotó la vida útil de los equipos y/o su costo operativo se hizo incosteable**. Hace unos 10 años, la CFE inició una campaña para semiautomatizar todas las pequeñas centrales que tenía en servicio. Este programa permitió que muchas de ellas abatieran sus costos operativos, al reubicar en otras centrales al personal de operación que ya no era requerido en ellas . Es oportuno mencionar que muchas de estas centrales tenían una plantilla de ocho a diez trabajadores

Los factores que aparentemente decidieron la viabilidad para su semiautomatización fueron su potencia instalada y la disponibilidad de agua para generar (aunque en ningún caso se realizó la modernización de los equipos), según informes de la Gerencia de Generación Hidroeléctrica de la CFE. Si se rebasaban los 2 ó 3 MW/central y no se tenían conflictos con el uso del agua para seguir generando, la central se semiautomatizaba y se reubicaba una buena porción de su personal en otras plantas.. Bajo esta perspectiva, las centrales que están reportadas como fuera de servicio por la CFE a la fecha, tenían una potencia promedio de 0,8 MW/central, lo que explica su incosteabilidad.

Sin embargo, con relación a la falta o disputa por el agua como causa de su baja, sólo en 11 de los 36 proyectos ocurrió esta circunstancia, lo que significa que en las otras 25 centrales, el recurso hídrico aún sigue disponible y susceptible de estudiar la conveniencia de rediseñar el aprovechamiento hidroeléctrico original.

En otras palabras, se tiene potencialmente la oportunidad de realizar los estudios de viabilidad para rehabilitar o repotenciar a la mayoría de las centrales de CFE que actual-

**Tabla 2.4 Centrales Minihidráulicas fuera de servicio CFE, 1995 (< 5 MW)**

Nombre	Estado	Río	Año de puesta en operación	Potencia instalada ( MW )	Causas por las que salió de servicio	
					Equipo obsoleto y/o altos costos de operación	Falta de agua
1.- HUIXTLA	Chiapas	Huixtla	1855	0.384	x	
2.- IXTACZOQUITLAN (unid.1y2)	Veracruz	Escamela	1899	0.750	x	
3.- LA LUZ	Oaxaca	Grande	1903	0.396	x	x
4.- S. PEDR. PURUAS( un.2)	Michoacán	Tacámbaro	1905	0.304	x	x
5.- SAN SEBASTIAN	Hidalgo	Tulancingo	1908	1.200	x	
6.- LA TRINIDAD	Hidalgo	San Marcos	1908	1.800	x	
7.- EL SABINO	Michoacán	Angulo	1909	3.500	Inundada por la presa El Rosario	
8.- LA SOLEDAD	Oaxaca	Grande	1910	0.288	x	x
9.- TIRIO	Michoacán	Grande	1917	1.312	x	x
10.- COMOAPAN	Veracruz	Grande	1923	0.380	Por la puesta en serv. C.H. Chilapan	
11.- SAN MIGUEL REGLA	Hidalgo	Sn. Miguel Regla	1924	0.720	x	
12.- COACOYUNGA	Hidalgo	Tulancingo	1927	2.200	x	
13.- COLINA	Chihuahua	Conchos	1928	3.750	x	
14.- ITZICUARO (un.2)	Michoacán	Aflu. Tepalcatepec	1929	0.392	x	
15.- ROSETILLA	Chihuahua	Conchos	1930	0.250	x	disputa x agua
16.- TZIMOL	Chiapas	Tzimol	1932	0.258	x	
17.- RIO VERDE	México	Río Verde	1934	1.600	x	
18.- BARRANCA HONDA	Morelos	Yautepec	1937	3.120	x	
19.- EL OLIMPO	Chiapas	Coatan	1941	1.605	x	
20.- GRANADOS	Michoacán	Tarecuaro	1942	0.940	x	x
21.- MICOS (un. 1)	S.L.P	El Salto	1945	0.244	x	
22.- COINTZIO	Michoacán	Grande	1943	0.480	x	
23.- LA VENTANILLA	Puebla	Manant. Chignautla	1946	1.200	x (chatarra)	
24.- XOLOAT	Puebla	Xoloatl	1946	0.432	x (vandalismo)	
25.- XIA	Oaxaca	Cajones	1948	0.170	x (museo CFE)	
26.- TLATLAUQUI	Puebla	Huaxtla	1948	0.113	x (solo terreno)	
27.- AHEYAHUALCO	Veracruz	Aheyualco	1949	0.298	x (vandalismo)	
28.- LAS ROSAS	Queretaro	Afluent. Río Moct.	1949	1.600		x
29.- TULA	Veracruz	Tecolapan	1951	0.180	x	
30.- XILITA	Puebla	Tepetitlan	1954	1.000	x	
31.- EL PUNTO	Tepic	Mololoa	1954	1.030	nd	nd
32.- PIEDRECITAS	Chiapas	Amarillo	1957	0.800	x	
33.- EXCAME	Zacatecas	Tlaltenango	1959	0.624	x	
34.- EL SALTO	Jalisco	Verde	1959	2.975		x
35.- PANCHO POZA	Veracruz	Pancho Poza	1962	0.156	x (vandalismo)	
36.- EL CHIQUE	Zacatecas	Juchipila	1964	0.624	x	x
<b>Total</b>				<b>36.787</b>		

Tabla elaborada con el apoyo de la ref 3.2 "Relación de centrales hidro < 5MW" Gcia. Gen. Hidro. CFE, 1995

mente se encuentran fuera de servicio, considerando inversión por parte del capital privado y constituir diversas empresas autoabastecedoras o de pequeña producción (ver capítulo 3) vistos estos sistemas como apoyo a programas de ahorro energético.

## **2.4 Estudios de Rehabilitación o repotenciación**

En el año de 1992 la CFE a través de la Coordinación de Asesores de la Dirección General, decidió hacer los primeros estudios de rehabilitación o re-potenciación de algunas pequeñas centrales en servicio o ya dadas de baja.

A lo largo de tres años se hicieron los estudios de viabilidad de siete de estas centrales (ver tabla 2.1) cuya capacidad conjunta (real o efectiva) es de **11,3 MW** para una generación media anual de **39,2 GWh**.

**A partir de 1994 se formó el Departamento de Promoción de Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos, dependiente de la Coordinación de Construcción de Centrales Hidroeléctricas de la CFE. A esta oficina se puede recurrir para solicitar la consulta a detalle de los estudios mencionados.**

Los resultados indican que en todas los casos estudiados es factible en promedio:

- **Aumentar en un 75% la capacidad instalada originalmente, es decir 8,5 MW para una nueva capacidad instalada de 20 MW.**
- **Aumentar en un 96% la generación media anual, es decir 37,6 GWh más para una producción de 77 GWh por año**
- **Reducir el numero de unidades**
- **Aumentar la potencia por unidad**

Aun faltan por estudiar 15 centrales de CFE y LyFC cuyos valores actuales de potencia efectiva y generación media anual son 21,40 MW y 63,0 GWh, respectivamente (ver tabla 2.1).

Estos resultados se deben principalmente al rediseño del aprovechamiento hidroeléctrico que involucra necesariamente la optimización del recurso hidráulico disponible, es decir que en todos los casos estudiados es posible repotenciar este tipo de centrales.

De la experiencia de estos proyectos, se pueden mencionar las siguientes conclusiones generales:

1. Es factible un aumento sustancial en la eficiencia de generación al incorporar equipos nuevos y en la mayoría de los casos también se puede incrementar el gasto o caudal aprovechable.
2. Los gastos de inversión principales se deben a los nuevos equipos turbogeneradores. Las adecuaciones a la obra civil existente tienden a ser comparativamente menores.

Falta aun por analizar varias centrales de CFE cuyas características de potencia instalada y años de servicio las hacen buenos ejemplos para su rehabilitación.

## 2.5 Equipamiento en infraestructura de la CNA

La CFE ha realizado diversos estudios sobre posibles equipamientos a la infraestructura hidroagrícola existente en el país, misma que es controlada por la CNA.

De los estudios hasta ahora concluidos (1994) se conoce lo siguiente:

- **A nivel de previabilidad** (tabla 2.5) en 12 presas, tres canales y un acueducto, se ha identificado un potencial de 255 MW para una generación media anual de 1 002 GWh (factor de planta promedio de 0,45). Es importante mencionar que de los 17 proyectos reportados, en nueve de ellos se tendrían potencias muy superiores a los 5 MW y que la potencia conjunta de ellos (224,86 MW) representa el 88% del total, es decir que la mayoría de estos proyectos NO son catalogados como minihidráulica. En este caso las posibilidades para este tipo de aprovechamiento son (12% restante) 30.6 MW y 150 GWh.
- **A nivel de identificación** (tabla 2.6) en 38 presas y 13 canales existentes se han identificado un potencial de 381 MW para una generación media anual de 868 GWh (factor de planta promedio de 0,26). Similarmente al nivel de pre-viabilidad, 15 de los 51

**Tabla 2.5 Lista de proyectos de equipamiento en infraestructura hidráulica\*  
no propiedad de CFE ( nivel de pre-viabilidad)**

Nombre	Estado	Río	No. de unidades	Gasto / unidad (m3/seg)	Caída (m)	Pot. a instalar (MW)	Gen. med. anual (GWH)	Factor de planta	
1.- Angostura	Son.	Bavispe	1	22.00	48.00	9.00	42.31	0.537	
2.- Canal princ. río Conchos	Chih.	C. Conchos	2	10.00	12.00	2.00	9.12	0.521	
3.- Luis León (El granero)	Chih.	Conchos	1	91.00	37.20	30.00	80.40	0.306	
4.- V. Guerrero (Las adjuntas)	Tams.	Soto La Marina	1	107.60	33.76	32.72	66.40	0.232	
5.- L.Cárdenas ( El palmito)	Dgo.	Nazas	2	55.00	62.00	60.00	146.00	0.278	
6.- Fco. Zarco (Las tortolas)	Dgo.	Nazas	1	110.00	28.50	29.00	68.29	0.269	
<b>Acueducto Lerma</b>									
7.- San Bartolito	EDM.	Acued. Lerma	1	3.25	89.00	2.60	21.04	0.924	
8.- El borracho	EDM.	Acued. Lerma	1	3.25	45.90	13.30	107.80	0.925	
9.- Las palmas	EDM.	Acued. Lerma	1	2.75	106.00	26.10	212.00	0.927	
10.- B.Juarez (El Marqués)	Oax.	Tehuantepec	2	24.00	40.00	16.00	99.92	0.713	
11.- Presa Cajón de la Peña	Jal.	Tomatlán	2	20.00	25.75	7.00	30.00	0.489	
12.- Canal Tule (Tomatlán)	Jal.	Canal Tule	2	15.00	19.00	5.20	23.00	0.505	
13.- Presa Tacotán	Jal.	Ayuquila	1	10.20	72.78	6.61	23.00	0.397	
14.- Marte R. Gomez (El Azucar)	Tams.	San Juan	1	40.00	11.69	4.32	7.94	0.210	
15.- Rev. Mexicana (El Guineo)	Gro.	Nexpa	2	6.5-12.5	38.00	6.00	32.48	0.618	
16.- A. Figueroa (Las garzas)	Gro.	Ajuchitlán	2	7.50	28.50	3.60	19.88	0.630	
17.- V. Guerrero ( Palos Altos)	Gro.	Poliutla	1	10.00	21.70	1.81	12.47	0.786	
						<b>Total</b>	<b>255.26</b>	<b>1002.05</b>	<b>0.448</b>
* El término "infraestructura", se refiere al aprovechamiento de presas a menos que se indique otra cosa							<b>Fac. de planta prom.</b>		

Tabla elaborada con el apoyo de la fuente 2.3 "Relación de estudios de Equipamiento en infraestructura no propiedad de CFE." Coord. de Proy. Hidro. CFE 1995



**Tabla 2.6 Lista de proyectos de equipamiento en infraestructura  
hidráulica\* no propiedad de CFE ( nivel de identificación)**

PROYECTO DE EQUIPAMIENTO ( Nombre )	Carga Útil ( m )	Gasto Útil ( m3/s )	Pot. Media ( MW )	Pot. a Instalar ( MW )	Gen. m. anual ( GWh )	Fac. de planta
1.- Las Juntas	130.0	27.0	21.5	85.0	188.0	0.25
2.- Santa María	58.0	32.0	14.8	60.0	130.0	0.25
3.- Canal H. Galeana (Ixtapilla)	9.0	112.1	8.2	32.8	71.9	0.25
4.- Solís	41.0	29.3	7.3	28.0	64.0	0.26
5.- Internacional Anzalduas	22.9	38.0	7.1	28.3	61.9	0.25
6.- M. Avila Camacho (Valsequillo)	60.0	10.4	5.1	17.0	44.8	0.30
7.- Saca de Agua	16.5	30.0	4.0	8.1	35.3	0.49
8.- Canal Ing. Andrew Weiss	6.4	58.4	3.0	12.1	26.6	0.25
9.- Sufragio (SICARE)	38.0	96.3	3.0	12.0	26.3	0.25
10.- J. Ortiz de Domínguez (El Sabino)	24.0	13.6	2.7	10.6	23.2	0.25
11.- Presidio	11.3	28.0	2.6	8.5	22.5	0.31
12.- La Patria es Primero (Alazanas)	33.0	9.3	2.5	8.3	21.8	0.30
13.- Basilio Badillo ( Las Piedras)	57.0	4.0	1.8	7.3	16.1	0.25
14.- Canal Hornos	3.0	72.6	1.8	7.1	15.5	0.25
15.- Canal Culiacán ( Ing. Carlos Carvajal)	2.6	81.3	1.7	7.0	15.2	0.24
16.- Melchor Ocampo (El Rosario)	22.9	7.6	1.4	5.6	12.4	0.25
17.- Endho	33.2	4.9	1.3	4.4	11.6	0.30
18.- Totolica	16.3	6.5	0.9	1.7	7.5	0.53
19.- Canal Las Pilas	5.8	17.5	0.8	2.7	7.2	0.30
20.- Chihuahua	27.9	3.2	0.7	1.4	6.3	0.50
21.- San Juan	15.0	5.9	0.7	1.4	6.3	0.50
22.- Guadalupe Victoria	30.4	2.6	0.6	2.5	5.5	0.24
23.- Ignacio Allende (La Begoña)	20.0	3.7	0.6	2.4	5.3	0.25
24.- Rep. Española (Real Viejo)	16.4	4.1	0.5	1.8	4.8	0.28
25.- Requena	18.7	3.5	0.5	1.8	4.7	0.28
26.- José A. Alzate (San Bernabé)	12.0	4.4	0.4	1.7	3.8	0.24
27.- Canal Calabazas	3.0	17.3	0.4	1.7	3.7	0.24
28.- Eustaquio Buelna (Guamuchil)	12.8	4.0	0.4	1.7	3.6	0.24
29.- Canal Calera	7.5	6.5	0.4	1.3	3.5	0.31
		<b>Sub-total</b>	<b>96.70</b>	<b>364.20</b>	<b>849.30</b>	
				<b>fac. planta prom.</b>		<b>0.27</b>

\* El término infraestructura se refiere al aprovechamiento de presas a menos que se indique otro

**Tabla 2.6 Lista de proyectos de equipamiento en infraestructura  
hidráulica\* no propiedad de CFE ( nivel de identificación) Cont´**

PROYECTO DE EQUIPAMIENTO	Carga Util	Gasto Util	Pot. Media	Pot. a Instalar	Gen. m. anual	Fac. de planta
( Nombre )	( m )	( m3/s )	( MW )	( MW )	( GWh )	
30.- Canal El Jileno	6.4	7.5	0.4	0.8	3.4	0.49
31.- Canal Cahuinahua	3.8	12.5	0.4	1.6	3.4	0.24
32.- Zicuirán	26.6	1.7	0.4	1.2	3.3	0.31
33.- Canal Amado Nervo	5.6	7.5	0.3	0.7	3.0	0.49
34.- Chincua (Tercer Mundo)	19.5	2.1	0.3	0.7	2.9	0.47
35.- Canal Ing. Blás Barcacer	5.2	7.6	0.3	1.3	2.8	0.25
36.- Canal Llera	3.0	13.0	0.3	0.6	2.8	0.53
37.- San Antonio	26.1	1.5	0.3	0.6	2.7	0.51
38.- Las Ruinas	10.5	3.5	0.3	0.6	2.6	0.49
39.- Taxhimay	24.8	1.4	0.3	1.0	2.5	0.29
40.- San Ildefonso	43.5	0.8	0.3	1.0	2.5	0.29
41.- Cuquio (Los Gigantes)	10.9	3.2	0.3	0.6	2.4	0.46
42.- Canal Markazuza	7.5	4.5	0.3	0.5	2.4	0.55
43.- Tepetitlán	20.3	1.4	0.2	0.9	2.1	0.27
44.- Gral. Felipe Angeles ( El Recodo)	14.3	2.0	0.2	0.8	2.0	0.29
45.- Canal Santiago Camarena (La Vega)	7.5	3.3	0.2	0.8	1.8	0.26
46.- Constitución de 1857 (San José)	20.3	1.2	0.2	0.6	1.7	0.32
47.- La Calera	12.4	1.6	0.2	0.5	1.4	0.32
48.- Valerio Trujano (Tepecoacuilco)	15.8	1.2	0.2	0.5	1.3	0.30
49.- Abelardo L.Rodríguez	16.4	1.1	0.2	0.6	1.3	0.25
50.- Canal Ignacio Ramírez (La Gavia)	6.3	2.6	0.1	0.5	1.2	0.27
51.- Leobardo Reynoso (Trujillo)	17.8	0.9	0.1	0.5	1.2	0.27
		<b>Sub-total</b>	<b>5.8</b>	<b>16.9</b>	<b>50.7</b>	
		<b>Total</b>	<b>102.50</b>	<b>381.1</b>	<b>900.0</b>	

\* El término infraestructura se refiere al aprovechamiento de presas a menos que se indique otro

Tabla elaborada con el apoyo de la ref. 3.3 " Relación. de estudios de Equipamiento en infraestructura no propiedad de CFE". Coord. de Proy. Hidro. CFE 1994

fac. planta prom. 0.27

proyectos localizados tienen potencias muy superiores a los 5 MW y representan el 84 % del total, es decir, que los aprovechamientos minihidroeléctricos representarían sólo **61 MW y 173 GWh**.

En resumen, la potencialidad de aprovechar la infraestructura hidráulica de la CNA construyendo minicentrales es de **91.6 MW** para una generación media anual aproximadamente de **323 GWh**.

**Resumen de posibilidades (incisos 2.3, 2.4 y 2.5).** Conjuntando las cifras reportadas en tres incisos anteriores, se presenta a continuación un cuadro que resume la potencialidad de la minihidráulica a nivel nacional, ya sea mediante la rehabilitación o repotenciación de centrales en operación o fuera de servicio y/o a través del equipamiento de presas, acueductos o canales existentes.

#### **RESUMEN DE POSIBILIDADES**

<b>Concepto</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Gen. media anual (GWh)</b>	<b>Observaciones</b>
Centrales en operación (con estudios)	8,50	37,67	Incrementos
Centrales en operación (por estudiar)	21,40	63,00	Ver tabla 2.1
Centrales fuera de servicio (y/o)	36,78	125,65	Ver tabla 2.4
Equipamiento CNA (pre-viabilidad)	30,60	150,00	Valores esperados
Equipamiento CNA (identificación)	61,00	173,20	“
<b>TOTALES</b>	<b>158,28</b>	<b>549,52</b>	

#### **2.6 Estudios de potencial hasta 1994**

La Comisión Federal de Electricidad a través de la Coordinación de Asesores de la Dirección General realizó entre 1993 y 1994 estudios a nivel de identificación, viabilidad y previabilidad de pequeños proyectos hidroeléctricos en diversas zonas del país. Dentro de la zona en estudio, se han realizado trabajos sobre los ríos Matlacobatl y Los Pescados. A continuación se da una breve descripción de ambos.

### 2.6.1 Estudio de Evaluación para el Desarrollo Hidroeléctrico Integral del río Matlacobat, Ver.

El objetivo de este estudio (ref. 2.12) fue analizar a nivel de evaluación diversas alternativas de proyectos hidroeléctricos identificados sobre el río Matlacobat y sus afluentes, para determinar sus posibilidades técnico-económicas.

Se localizaron y estudiaron ocho sitios: Matlacobat, Hueyapan, Tiller, Mahuistlán, Integración Matlacobat-Hueyapan y Sistema Isletas (este último consistente en el aprovechamiento de los cuatro afluentes en estudio, fig. 2.4). Dos sitios más se localizaron en cuencas aledañas, Los Naranjos y Vaquería. Los gastos medios para éstos últimos resultaron bajos debido a lo reducido de las áreas que drenan, por lo que se recomendó suspender su estudio, de aquí que los proyectos considerados fueron únicamente los seis restantes.

En la tabla 2.7 se presentan las principales características de los proyectos, como son: gasto por instalar, carga neta, potencia a instalar, factor de planta y generación media anual.

Con base en la inversión total y la generación media anual se calculó el costo del kilowatt instalado, kilowatt-hora nivelado, así como la relación beneficio/costo y la recuperación de capital. Se consideró una vida útil de 30 años y el costo del agua igual a \$ 0,0075 (tabla 2.8).

**TABLA 2.7**  
**Potencia instalada y generación media anual**

<b>Proyecto</b>	<b>Gasto instalado (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Carga Neta (m)</b>	<b>Potencia instalada (MW) (93,1%)</b>	<b>Factor de planta</b>	<b>Generación media anual (GWh)</b>
Matlacobat	8,00	157,50	11,51	0,86	74,56
Hueyapan	3,50	165,30	5,28	0,81	30,42
Tiller	6,00	88,25	4,84	0,96	38,91
Mahuistlán	7,00	120,00	7,67	0,89	53,49
Integración	11,00	166,00	16,68	0,93	125,74
Sistema Isletas	18,00	185,30	30,46	0,91	222,06

(%) Eficiencia del turbogenerador

INSERTAR FIG. 3.4

**TABLA 2.8**  
**Costo del KWh instalado y nivelado (N\$)**

Concepto	Proyectos					
	Matlacobatl	Hueyapan	Tillero	Mahuistlán	Integrac. Matl-Hue.	Sistema Isletas
Costo total de la inversión (miles de N\$)	49 390.49	31 924.75	28 956.91	34 737.77	58 294.36	91 143.34
Generación media anual (GWh)	74.56	30.42	38.91	53.49	125.74	222.06
KW instalado	4 115.87	5 911.99	5 791.38	4 342.22	3 429.08	2 940.11
KWh nivelado (10%) *	0,1002	0,1763	0,1326	0,1094	0,0701	0,0580
Relación B/C (10%) *	1,72	1,05	1,50	1,74	2,48	2,82
Recuperación capital (años)	5,47	8,95	6,27	5,41	3,80	3,34

(\*) Tasa de interés compuesto

Como se aprecia en la tabla anterior, los proyectos que representan la mayor rentabilidad son los denominados Sistema Isletas e Integración Matlacobatl-Hueyapan, debido a su menor costo de kilowatt-hora nivelado, mayor relación beneficio/costo y bajo período de recuperación de capital.

Cabe resaltar la importancia de la zona estudiada, debido a que el potencial hidroeléctrico evaluado (34 MW) equivale a 50% de la capacidad instalada actual en la zona de la ciudad de Xalapa, Veracruz.

### **2.6.2 Estudio de Evaluación para el Desarrollo Hidroeléctrico Integral del río Los Pescados, Ver.**

De la misma manera que se hizo un estudio para el río Matlacobatl, se realizó uno para la parte alta del río Los Pescados (ref. 2.13).

Los esquemas de aprovechamiento fueron similares que en al anterior, asimismo, se hizo un estudio hidrológico para determinar el recurso hidráulico para estos proyectos.

Se localizaron seis proyectos cuyas características principales se muestran en la tabla 2.9 (fig. 2.4).

**TABLA 2.9 Proyectos sobre el río Los Pescados**

<b>Proyecto</b>	<b>Corriente aprovechable</b>	<b>Q a instalar (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caída (m)</b>	<b>Potencia a instalar (MW)</b>	<b>Generación (GWh)</b>
Tlalmoloaxtla	Huixilapan	6,50	204,00	10,14	67,59
Muyuapa	Los Pescados	18,00	70,50	10,15	66,52
Cuautlita	Tilapa	8,00	107,90	6,09	42,45
Campanario	Huixilapan	25,00	70,50	14,00	95,48
Limonos I	Huixilapan	29,00	65,40	15,00	99,32
Río Chico	Río Chico	5,00	80,80	3,00	20,74

Ref. 3.13

En la tabla 2.10 se muestran las características económicas de los proyectos mencionados.

**TABLA 3.10 Parámetros económicos, proyectos sobre el río Los Pescados**

<b>Proyecto</b>	<b>Costo de la inversión (10<sup>3</sup> N\$)</b>	<b>Costo del KWh instalado (N\$)</b>	<b>Costo del KWh nivelado (N\$) *</b>	<b>Relación B/C *</b>	<b>Tasa interna de retorno</b>
Tlalmoloaxtla	54 490	5 367,80	0,1312	2,012	0,195
Muyuapa	40 060	3 946,11	0,1053	2,691	0,253
Cuautlita	36 990	6 072,07	0,1467	1,781	0,174
Campanario	76 530	5 384,31	0,1269	2,067	0,199
Limonos I	66 760	4 384,33	0,1100	2,470	0,235
Río Chico	28 020	9 201,50	0,2295	1,002	0,100

Ref. 2.13

- Tasa real de descuento conforme a pecios de 1994

Como se aprecia, la zona cuenta con un potencial aún sin explotar y que sería de gran beneficio para los habitantes de la zona, al contar con un suministro importante de energía en el sitio de su consumo, evitando costos de transmisión, transformación, etcétera.



## 2.7 Referencias

- 2.1 CFE, Gerencia de Generación Hidroeléctrica. Subdirección de Producción Registro histórico de generación hidroeléctrica., 1993.
- 2.2 CFE, Gerencia de Generación Hidroeléctrica, Subdirección de Producción, Relación de centrales hidroeléctricas menores de 5 MW (sin publicar), 1995.
- 2.3 CFE, Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, Subdirección de Construcción, Relación de estudios de equipamiento en infraestructura no propiedad de CFE (sin publicar), 1994.
- 2.4 INEGI, El Sector Energético en México. Edición 1994.
- 2.5 Listado de turbinas México. Escher Wyss. TEISA (Descartes # 51-3 Col. Nueva Anzures, México, D.F.), 1995.
- 2.6 Listado de turbinas México Voith. Voith Hydro, Inc. (P.O. Box 712 York PA. 17405 EE UU) 1995
- 2.7 Listado de turbinas México Ossberger. Ossberger Turbines Inc. (5709 South Laburnum Av. Richmond VA 23231 EE UU). 1995.
- 2.8 CFE, Coordinación de Asesores de la Dirección General, Estudio de Factibilidad para la Rehabilitación de la central Ixtaczoquitlán, Ver., Valdez Ingenieros SA CV. 1994.
- 2.9 Valdez, Luis H. y Arnulfo Rangel, Aprovechamiento de Microsistemas Hidráulicos, Boletín IIE, Vol. 2, No. 6 Junio. 1978.
- 2.10 López González Valentín, Cuernavaca. Visión Retrospectiva de una Ciudad.. Centro de Estudios Históricos y Sociales del Estado de Morelos. 2ª edición 330 pp. 1994
- 2.11 EPRI, Hydropower Plant Modernization Guide. Vol. I, GS- 6419, 1989.

- 2.12 CFE, Coordinación de Asesores de la Dirección General. Estudio de Evaluación para el Desarrollo Hidroeléctrico Integral del Río Matlacobatí, en el Estado de Veracruz. Valdez Ingenieros, S.A. de C.V., noviembre de 1994.
- 2.13 CFE, Coordinación de Asesores de la Dirección General. Estudio de Evaluación para el Desarrollo Hidroeléctrico Integral del Río Los Pescados, 1994.