



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS



IX SEMINARIO SOBRE LA SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DEL SECTOR ELÉCTRICO EN MÉXICO.

Tipos de tecnologías de generación e impacto al medio ambiente

M. en Ing. Carlos Villanueva Moreno

Consultor

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

- En los grandes sistemas eléctricos interconectados hay una gran diversidad de usuarios con muy diferentes patrones de consumo
- Por ello, la generación horaria, semanal, estacional y anual se debe adaptar a tales patrones de consumo, de acuerdo con los atributos técnicos y económicos de las centrales, así como a la disponibilidad de los energéticos
- En todo momento se debe garantizar la continuidad del servicio a todos los consumidores, al menor costo posible

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Demanda y curva anual de
duración de carga en 2014

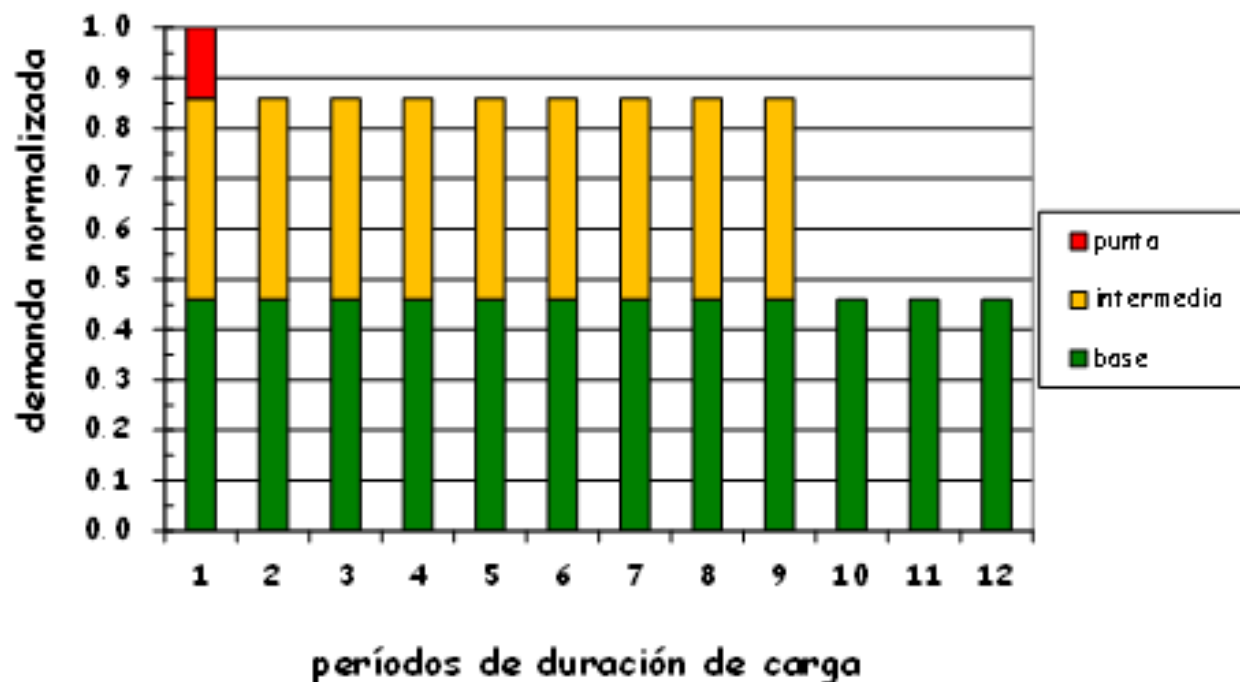
Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Usuarios del servicio público de energía eléctrica y tarifas de la CFE en 2014

tarifas	n° de usuarios		ventas MWh		productos 10 ⁶ MN\$		precio medio MN\$/kWh
residenciales	34,044,860	88.6%	53,914,016	25.9%	63,943.742	19.5%	1.19
comerciales	3,760,014	9.8%	13,945,496	6.7%	42,315.754	12.9%	3.03
servicios	204,430	0.5%	8,998,116	4.3%	21,245	6.5%	2.36
agrícolas	127,657	0.3%	10,027,688	4.8%	5,017.410	1.5%	0.50
industriales	296,814	0.8%	121,129,595	58.2%	195,675.681	59.6%	1.62
TOTAL	38,433,775	100.0%	208,014,911	100.0%	328,197.628	100.0%	1.58

Diagrama de bloques equivalente de la curva anual de duración de carga en 2014 del sistema eléctrico interconectado

demanda máxima = 39,000 MW
energía generada = 263,632 GWh
punta = 3,986 GWh
intermedia = 102,492 GWh
base = 157,154 GWh



Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

La curva anual de duración de carga en 2014 agrupa de manera sintética en un esquema de tres bloques la demanda agregada de tres clases de consumo:

- **Demanda de base.** -
 $P_1 = 17,940 \text{ MW}; E_1 = 157,154 \text{ GWh}$
- **Demanda de intermedia.** -
 $P_2 = < 33,540 \text{ MW}; E_2 = 102,492 \text{ GWh}$
- **Demanda de punta.** -
 $P_3 = < 39,000 \text{ MW}; E_3 = 3,986 \text{ GWh}$

La demanda máxima de potencia de 39,000 MW ocurrió en una cierta hora de un día del año y la energía bruta total generada fue 263,632 GWh

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Capacidad instalada, generación,
factor de planta y emisiones de
 CO_2 a la atmósfera en 2014

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

capacidad instalada nacional, generación y emisiones a la atmósfera								
fuentes: SENER; Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029								
: CFE; COPAR 2014, Generación								
año 2014	capacidad			generación		fp	emisiones	
tecnología	MW	%	GWh	%	%	t CO ₂ /GWh	Mt CO ₂	
ciclo combinado	23,359	35.7%	150,105	49.8%	73.4%	345	51.786	
termoeléctrica convencional	13,031	19.9%	37,381	12.4%	32.7%	654	24.447	
carboeléctrica	5,367	8.2%	33,764	11.2%	71.8%	794	26.809	
turbogás	3,240	5.0%	6,632	2.2%	23.4%	481	3.190	
tecnología múltiple	1,552	2.4%	5,426	1.8%	39.9%	379	2.056	
lecho fluidizado	560	0.9%	4,220	1.4%	86.0%	807	3.406	
combustión interna	1,293	2.0%	2,412	0.8%	21.3%	748	1.804	
bioenergía	196	0.3%	603	0.2%	35.1%	1,400	0.844	
turbogás móvil	131	0.2%	76	0.03%	6.6%	566	0.043	
fósiles	48,729	74.4%	240,619	79.8%	56.4%	475	114.385	
hidráulica	12,436	19.0%	38,889	12.9%	35.7%	15	0.583	
nuclear	1,408	2.2%	9,647	3.2%	78.2%	65	0.627	
eólica	2,029	3.1%	6,331	2.1%	35.6%	21	0.133	
geotermia	815	1.2%	5,900	2.0%	82.6%	0	0.000	
fotovoltaica	35	0.1%	76	0.03%	24.8%	106	0.008	
limpias	16,723	25.6%	60,843	20.2%	41.5%	22	1.351	
	capacidad		generación		fp	emisiones		
	MW	%	GWh	%	%	t CO ₂ /GWh	Mt CO ₂	
TOTAL NACIONAL	65,452	100.0%	301,462	100.0%	52.6%	384	115.737	

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Para satisfacer la demanda de potencia y energía en 2014, a nivel nacional:

- La capacidad instalada total era de 65,452 MW
- La generación total fue de 301,462 GWh, con un factor de planta conjunto $fp=52.6\%$
- Las emisiones de CO_2 a la atmósfera fueron 115.737 millones de toneladas

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Para satisfacer en 2014 con tecnologías fósiles la demanda de potencia y energía a nivel nacional :

- La capacidad instalada era de 48,729 MW (74.4%)
- La generación fósil fue de 240,619 GWh (79.8%), con un factor de planta conjunto $fp=56.4\%$
- Las emisiones de CO_2 a la atmósfera de las tecnologías fósiles serían **114.385 Mt CO_2** (98.8%)

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Para satisfacer con tecnologías limpias la demanda de potencia y energía a nivel nacional en 2014 :

- La capacidad instalada era de 16,723 MW (25.6%)
- La generación fue de 60,843 GWh (20.2%), con un factor de planta conjunto $f_p = 41.5\%$
- Las emisiones de CO_2 a la atmósfera fueron sólo 1.351 Mt CO_2 millones de toneladas (1.2%)

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Despacho económico en 2014 en la clase de demanda de **base**, de **intermedia** y de **punta**

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

capacidad instalada, generación, factor de planta, costo unitario y emisiones a la atmósfera

fuentes: SENER; Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029

: CFE; COPAR 2014, Generación

: cvmconsultor; cálculos propios

clase de demanda	año 2014 tecnología	generación		costo unitario			costo	emisiones		evitadas
		GWh	%	fijo	variable	total	total	t CO ₂ /GWh	Mt CO ₂	Mt CO ₂
				USD ₂₀₁₄ /MWh			MUSD ₂₀₁₄			
base	nuclear	9,647	3.2%	86.11	7.62	93.73	904	65	0.627	3.959
	geotermia	5,900	2.0%	45.88	36.74	82.62	487	0	0.000	2.805
	carboeléctrica	33,764	11.2%	33.09	40.68	73.77	2,491	794	26.809	
	ciclo combinado 1	126,140	41.8%	15.22	45.77	60.99	7,693	345	43.518	
	lecho fluidizado	4,220	1.4%	40.89	53.97	94.86	400	807	3.406	
intermedia	eólica	6,331	2.1%	70.89	0.00	70.89	449	21	0.133	2.877
	fotovoltaica	76	0.03%	150.61	0.00	150.61	11	106	0.008	0.028
	hidráulica	38,889	12.9%	101.50	4.63	106.13	4,127	15	0.583	17.904
	bioenergía	603	0.2%	36.87	31.50	68.37	41	1,400	0.844	
	tecnología múltiple	5,426	1.8%	33.09	40.68	73.77	400	379	2.056	
	ciclo combinado 2	23,965	7.9%	15.22	45.77	60.99	1,462	345	8.268	
	turbogás 1	4,598	1.5%	57.28	67.22	124.50	572	481	2.212	
termoeléctrica	37,381	12.4%	29.01	112.92	141.93	5,305	654	24.447		
punta	combustión interna	2,412	0.8%	69.23	102.17	171.40	413	748	1.804	
	turbogás 2	2,034	0.7%	57.28	67.22	124.50	253	481	0.978	
	turbogás móvil	76	0.03%	131.04	193.08	324.12	25	566	0.043	
TOTAL NACIONAL		301,462	100.0%	77.02	6.03	83.05	25,036	384	115.737	27.572

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

capacidad instalada, generación y factor de planta, por clase de demanda								
fuentes: SENER; Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029								
: CFE; COPAR 2014, Generación								
: cvmconsultor; cálculos propios								
año 2014								
clase de demanda	tecnología	capacidad		generación		acumulada		fp
		MW	%	GWh	%	GWh	%	%
base	nuclear	1,408	2.2%	9,647	3.2%	9,647	3.2%	78.2%
	geotermia	815	1.2%	5,900	2.0%	15,547	5.2%	82.6%
	carboeléctrica	5,367	8.2%	33,764	11.2%	49,311	16.4%	71.8%
	ciclo combinado 1	19,630	30.0%	126,140	41.8%	175,451	58.2%	73.4%
	lecho fluidizado	560	0.9%	4,220	1.4%	179,671	59.6%	86.0%
intermedia	eólica	2,029	3.1%	6,331	2.1%	186,002	61.7%	35.6%
	fotovoltaica	35	0.1%	76	0.03%	186,078	61.7%	24.8%
	hidráulica	12,436	19.0%	38,889	12.9%	224,967	74.6%	35.7%
	bioenergía	196	0.3%	603	0.2%	225,570	74.8%	35.1%
	tecnología múltiple	1,552	2.4%	5,426	1.8%	230,996	76.6%	39.9%
	ciclo combinado 2	3,729	5.7%	23,965	7.9%	254,961	84.6%	73.4%
	turbogás 1	2,247	3.4%	4,598	1.5%	259,559	86.1%	23.4%
	termoeléctrica	13,031	19.9%	37,381	12.4%	296,940	98.5%	32.7%
punta	combustión interna	1,293	2.0%	2,412	0.8%	299,352	99.3%	21.3%
	turbogás 2	993	1.5%	2,034	0.7%	301,386	100.0%	23.4%
	turbogás móvil	131	0.2%	76	0.03%	301,462	100.0%	6.6%
TOTAL NACIONAL		65,452	100.0%	301,462	100.0%			52.6%

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Las principales tecnologías fósiles instaladas y despachadas en 2014 fueron:

- Ciclos combinados; 23,359 MW (35.7%); 150,105 GWh (49.8%); fp= 73.4%; **51.786 Mt CO₂** (44.7%)
- Termoeléctricas convencionales; 13,031 MW (19.9%); 37,381 GWh (12.4%); fp= 32.7%; **24.447 Mt CO₂** (21.1%)
- Carboeléctricas; 5,367 MW (8.2%); 33,764 GWh (11.2%); fp= 71.8%; **26.809 Mt CO₂** (23.2%)
- Centrales turbogás; 3,240 MW (5.0%); 6,632 GWh (2.2%); fp= 23.4%; **3.190 Mt CO₂** (2.8%)

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Las principales tecnologías limpias instaladas y despachadas en 2014 son:

- **Hidroeléctricas**; 12,436 MW (19.0%); 38,889 GWh (12.9%); fp= 35.7%; **0.583 Mt CO₂** (0.5%)
- **Nucleoeléctricas**; 1,408 MW (2.2%); 9,647 GWh (3.2%); fp= 78.2%; **0.627 Mt CO₂** (0.5%)
- **Eólicas**; 2,029 MW (3.1%); 6,331 GWh (2.1%); fp=35.6%; **0.133 Mt CO₂** (1.1%)
- **Geotérmicas**; 815 MW (1.2%); 5,900 GWh (2.0%); fp=82.6%; **casi cero Mt CO₂** (0.0%)

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

resumen de la capacidad instalada, generación, costo y emisiones a la atmósfera, por clase de demanda

fuentes: SENER; Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029

: CFE; COPAR 2014, Generación

: cvmconsultor; cálculos propios

año 2014

clase de demanda	capacidad		generación		fp	costo total		emisiones		evitadas	
	MW	%	GWh	%	%	MUSD ₂₀₁₄	%	Mt CO ₂	%	Mt CO ₂	%
base	27,780	42.4%	179,671	59.6%	73.8%	11,976	47.3%	74.360	64.2%	6.764	24.5%
intermedia	35,255	53.9%	117,269	38.9%	38.0%	12,676	50.0%	38.552	33.3%	20.808	75.5%
punta	2,417	3.7%	4,522	1.5%	21.4%	691	2.7%	2.826	2.4%	0.000	0.0%
TOTAL	65,452	100.0%	301,462	100.0%	52.6%	25,343	100.0%	115.737	100.0%	27.572	100.0%

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Por clase de demanda, en 2014 el despacho fue:

- **Base:** 27,780 MW (42.4%); 179,671 GWh (59.6%); 11,976 MUSD₂₀₁₄ (47.8%);
74.360 Mt CO₂ (64.2%); **6.764 Mt CO₂ (24.5%)**
- **Intermedia:** 35,255 MW (53.9%); 117,269 GWh (38.9%); 12,369 MUSD₂₀₁₄ (49.4%);
38.552 Mt CO₂ (33.3%); **20.808 Mt CO₂ (75.5%)**
- **Punta:** 2,417 MW (2.8%); 4,522 GWh (1.5%); 691 MUSD₂₀₁₄ (49.4%);
2.826 Mt CO₂ (2.4%); **0.000 Mt CO₂ (0.0%)**

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

- La tasa de emisiones de las **tecnologías limpias** en 2014 fue en promedio $22 \text{ t CO}_2/\text{GWh}$
- En conjunto, por la **generación limpia** la tasa de emisiones se redujo de 475 a $384 \text{ t CO}_2/\text{GWh}$
- En consecuencia, los $60,843 \text{ GWh}$ de energía generada en 2014 con **tecnologías limpias** evitaron la emisión a la atmósfera de **27.572 millones de toneladas de CO_2**
- Valuadas a razón de $15.00 \text{ USD}_{2014}/\text{t CO}_2$, las emisiones evitadas representarían un beneficio ambiental por 413.580 millones de dólares

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Capacidad instalada, generación,
factor de planta y emisiones de
 CO_2 a la atmósfera en 2029

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Para satisfacer la demanda de potencia y energía en 2029, a nivel nacional:

- La capacidad instalada total sería de 110,223 MW
- La generación total sería de 470,432 GWh, con un factor de planta conjunto $fp=48.7\%$
- Las emisiones de CO_2 a la atmósfera serían 118.302 millones de toneladas

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Para satisfacer en 2029 con tecnologías fósiles la demanda de potencia y energía a nivel nacional :

- La capacidad instalada sería de 68,719 MW (62.3%)
- La generación fósil sería de 313,106 GWh (66.6%), con un factor de planta conjunto $f_p=52.0\%$
- Las emisiones de CO_2 a la atmósfera de las tecnologías fósiles serían **113.709 Mt CO_2** (96.1%)

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Para satisfacer con **tecnologías limpias** la demanda de potencia y energía a nivel nacional en 2029 :

- La capacidad instalada sería de **41,504 MW (37.7%)**
- La generación sería de **157,326 GWh (33.4%)**, con un factor de planta conjunto **fp= 43.3%**
- Las emisiones de CO_2 a la atmósfera serían sólo **4.593 Mt CO_2 millones de toneladas (3.9%)**

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

En el período 2015-2029 la capacidad instalada y la generación con **tecnologías limpias** crecería aceleradamente:

- **Solar fotovoltaica:** 30.2%; 29.7%
- **Eólicas:** 13.7%; 13.2%
- **Nucleoeléctricas:** 9.5%; 9.7%
- **Geotérmicas:** 7.2%; 8.0%
- **Hidroeléctricas:** 2.4% anual; 2.4% anual

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

En el año 2029 el factor de emisiones a la atmósfera bajaría a $251 \text{ t CO}_2/\text{GWh}$ y con la generación de las tecnologías limpias se evitarían emitir 52 millones 543 mil toneladas anuales de CO_2 :

- Hidroeléctricas: 19.389 Mt CO_2
- Eólicas: 13.843 Mt CO_2
- Nucleoeléctricas: 11.509 Mt CO_2
- Geotérmicas: 6.834 Mt CO_2
- Solar fotovoltaicas: 0.968 Mt CO_2

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Despacho económico en 2029 en la clase de demanda de **base**, de **intermedia** y de **punta**

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

proyección de la capacidad instalada, generación, factor de planta y emisiones a a atmósfera									
fuente: SENER; Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029									
: CFE; COPAR 2014, Generación									
: cvmconsultor; cálculos propios									
año 2029									
clase de demanda	tecnología	capacidad		generación		fp	emisiones		evitadas
		MW	%	GWh	%	%	† CO ₂ /GWh	Mt CO ₂	Mt CO ₂
base	nuclear	5,511	5.0%	38,600	8.2%	80.0%	65	2.509	11.509
	geotermia	2,315	2.1%	18,817	4.0%	92.8%	0	0.000	6.834
	ciclo combinado 1	32,856	29.8%	176,622	37.5%	61.4%	345	60.935	
	lecho fluidizado	560	0.5%	3,529	0.8%	71.9%	807	2.848	
	cogeneración eficiente	7,495	6.8%	42,809	9.1%	65.2%	379	16.225	
intermedia	eólica	13,998	12.7%	40,457	8.6%	33.0%	21	0.850	13.843
	fotovoltaica	1,824	1.7%	3,763	0.8%	23.6%	106	0.399	0.968
	hidráulica	17,856	16.2%	55,689	11.8%	35.6%	15	0.835	19.389
	bioenergía	276	0.3%	710	0.2%	29.4%	1,400	0.994	
	ciclo combinado 2	15,266	13.8%	82,116	17.5%	61.4%	345	28.330	
punta	carboeléctrica	4,078	3.7%	1,411	0.3%	3.9%	794	1.120	
	tecnología múltiple	1,552	1.4%	470	0.1%	3.5%	379	0.178	
	turbogás	2,236	2.0%	2,823	0.6%	14.4%	481	1.358	
	combustión interna	1,293	1.2%	188	0.04%	1.7%	748	0.141	
	termoeléctrica	2,976	2.7%	2,352	0.5%	9.0%	654	1.538	
	turbogás móvil	131	0.1%	76	0.02%	6.6%	566	0.043	
TOTAL NACIONAL		110,223	100.0%	470,432	100.0%	48.7%	251	118.302	52.543

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Las principales tecnologías fósiles a ser instaladas y despachadas en 2029 serían:

- Ciclos combinados; 48,122 MW (55.0%); 150,105 GWh (49.8%); fp= 61.4%; **89.265 Mt CO₂** (75.5%)
- Cogeneración eficiente; 7,495 MW (6.8%); 42,809 GWh (9.1%); fp= 65.2%; **16.225 Mt CO₂** (13.7%)

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Las principales **tecnologías limpias** a ser instaladas y despachadas en 2029 serían:

- **Hidroeléctricas**; 17,856 MW (16.2%); 55,689 GWh (11.8%); fp= 35.6%; **0.835 Mt CO₂** (0.71%)
- **Eólicas**; 13,998 MW (12.7%); 40,457 GWh (8.6%); fp= 33.0%; **0.850 Mt CO₂** (0.72%)
- **Nucleoeléctricas**; 5,511 MW (5.0%); 38,600 GWh (8.2%); fp=80.0%; **2.509 Mt CO₂** (2.1%)
- **Geotérmicas**; 2,315 MW (2.1%); 18,817 GWh (4.0%); fp=92.8%; **casi cero Mt CO₂** (0.0%)

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

resumen de la proyección de la capacidad instalada, generación,
factor de planta y emisiones a la atmósfera por clase de demanda

año 2029	capacidad		generación		fp	emisiones		evitadas	
clase de demanda	MW	%	GWh	%	%	† CO ₂ /GWh	Mt CO ₂	Mt CO ₂	%
base	48,737	44.2%	280,377	59.6%	65.7%	294	82.516	18.343	34.9%
intermedia	49,220	44.7%	182,735	38.8%	42.4%	172	31.408	34.200	65.1%
punta	12,266	11.1%	7,320	1.6%	6.8%	598	4.378	0.000	0.0%
TOTAL	110,223	100.0%	470,432	100.0%	48.7%	251	118.302	52.543	100.0%

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Por clase de demanda, en 2029 el despacho sería:

- **Base:** 48,737 MW (44.2%); 280,377 GWh (59.6%);
82.516 Mt CO₂ (69.8%); **18.343 Mt CO₂ (34.9%)**
- **Intermedia:** 49,220 MW (44.7%); 182,735 GWh (38.8%);
31.408 Mt CO₂ (26.5%); **34.200 Mt CO₂ (65.1%)**
- **Punta:** 12,266 MW (11.1%); 7,320 GWh (1.6%);
4.378 Mt CO₂ (3.7%); **0.000 Mt CO₂ (0.0%)**

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

Resumen y conclusiones

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

resumen de las cifras relevantes en 2029 de la capacidad instalada, generación y emisiones de las tecnologías dominantes

tecnología	capacidad	fp	generación	emisiones		evitadas
	MW	%	GWh	t CO ₂ /GWh	Mt CO ₂	Mt CO ₂
ciclo combinado	48,122	61.4%	258,738	345	89.265	
hidráulica	17,856	35.6%	55,689	15	0.835	19.389
cogeneración eficiente	7,495	65.2%	42,809	379	16.225	
eólica	13,998	33.0%	40,457	21	0.850	13.843
nuclear	5,511	80.0%	38,600	65	2.509	11.509
geotermia	2,315	92.8%	18,817	0	0.000	6.834
subtotal	95,297	54.5%	455,110	241	109.683	51.575

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

resumen de las cifras relevantes de la capacidad instalada,
generación y emisiones del sistema eléctrico nacional

	capacidad	fp	generación	emisiones		evitadas
concepto	MW	%	GWh	t CO ₂ /GWh	Mt CO ₂	Mt CO ₂
año 2014	65,452	52.6%	301,462	384	115.737	27.572
año 2029	110,223	48.7%	470,432	251	118.302	52.543
cociente 2029/2014	1.684	0.927	1.561	0.655	1.022	1.906
tmca	3.5%	-0.5%	3.0%	-2.8%	0.1%	4.4%

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

En resumen, gracias a la acelerada introducción de **tecnologías limpias** en el período 2014-2029:

- La capacidad instalada crecería a la tmca de 3.5%
- La generación crecería a la tmca de 3.0%
- Las emisiones unitarias se reducirían a la tmca de -2.8%
- Las emisiones a la atmósfera crecerían sólo a la tmca de 0.1%
- Las emisiones evitadas crecerían a la tmca de 4.4%

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

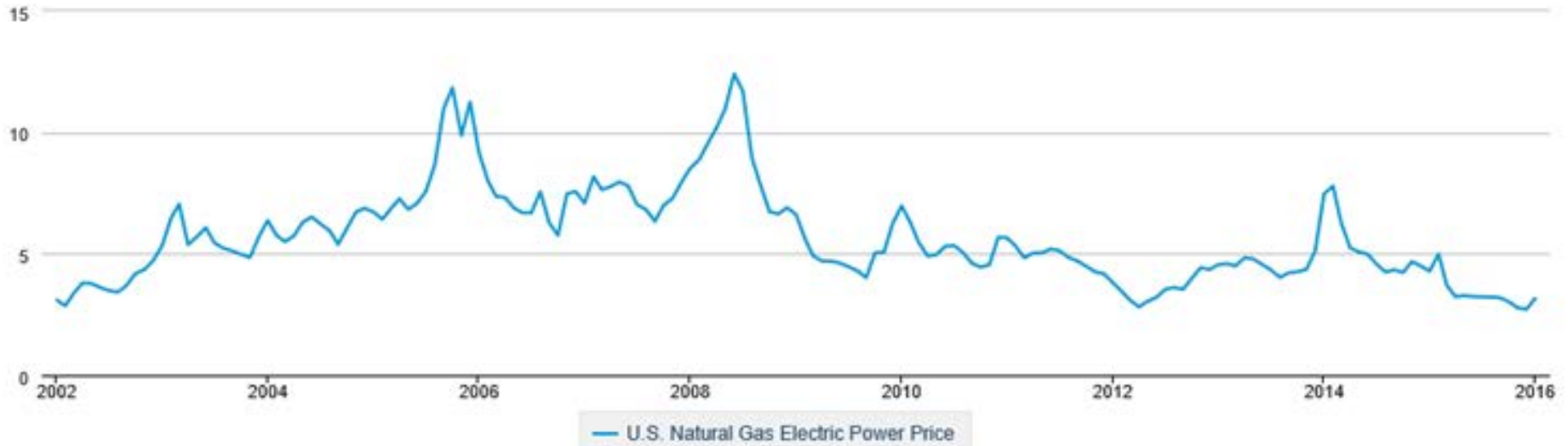
Anexo

Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

U.S. Natural Gas Electric Power Price

 [DOWNLOAD](#)

Dollars per Thousand Cubic Feet



Tecnologías de generación y emisiones al ambiente

estimación de la sustitución en el año 2029 de la capacidad, generación y emisiones de CO ₂ de ciclos combinados, con la capacidad y generación de un conjunto de centrales hidroeléctricas, eoloelectricas y nucleoelectrica							
ciclos combinados							
		factor		costo			
	capacidad	de planta	generación	unitario	total	emisiones	
caso	MW	fp	GWh	USD ₂₀₁₄ /GWh	MUSD ₂₁₀₄	+ CO ₂ /MWh	Mt CO ₂
A	2,767	61.4%	14,885	60.99	908	345	5.135
B	2,970	61.4%	15,976	60.99	974	345	5.512
C	3,173	61.4%	17,063	60.99	1,041	343	3.888
D	3,376	61.4%	18,159	60.99	1,108	345	6.265
E	3,579	61.4%	19,251	60.99	1,174	345	6.642
limpias: hidroeléctricas+eoloelectricas+nucleoelectrica							
		factor		costo	costo		
	capacidad	de planta	generación	unitario	total	emisiones evitadas	
caso	MW	fp	GWh	USD ₂₀₁₄ /GWh	MUSD ₂₁₀₄	+ CO ₂ /MWh	Mt CO ₂
A	3,100	54.8%	14,885	91.12	1,356	296	4.404
B	3,450	52.9%	15,976	92.14	1,472	298	4.764
C	3,800	51.3%	17,063	93.04	1,388	300	3.123
D	4,150	50.0%	18,159	93.83	1,704	302	5.485
E	4,500	48.8%	19,251	94.53	1,820	304	5.845



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS



IX SEMINARIO SOBRE LA SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DEL SECTOR ELÉCTRICO EN MÉXICO.

Tipos de tecnologías de generación e impacto al medio ambiente

M. en Ing. Carlos Villanueva Moreno

Consultor