

MODELO DE CALCULO DEL FACTOR DE EMISIONES DE CO₂ DE LA RED ARGENTINA DE ENERGIA ELECTRICA. AÑO 2006.

¿QUÉ ES EL FACTOR DE EMISIÓN?

El factor de emisiones representa la cantidad de CO₂ que se genera por MWh de electricidad producida para la Red de Energía Eléctrica.

Se utiliza para estimar las reducciones de emisiones que logran las actividades de proyecto del sector energético, encuadradas en el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).

El factor de emisiones calculado es utilizado para actividades de proyecto como:

- generación de energía a partir de fuentes renovables conectadas a la red eléctrica;
- proyectos de eficiencia energética o de reducción del consumo de electricidad de la red eléctrica;
- actividades que consuman energía eléctrica de la red.

OBJETIVO

El presente modelo de cálculo del factor de emisiones de la Red Eléctrica Argentina fue desarrollado en el marco del proyecto de cooperación técnica de la JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón), por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y la Secretaría de Energía.

El objetivo del trabajo es fomentar el desarrollo de proyectos MDL conectados a la Red, y contribuir a facilitar a los proponentes de proyectos la realización de los correspondientes cálculos de las reducciones de emisiones.

Los cálculos del presente modelo se han realizado de acuerdo a la metodología ACM0002, aprobada por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio, y sus resultados se incluyen en el presente documento

BASES DEL CÁLCULO

El factor de emisiones se calcula como un Margen Combinado (CM), que consiste en un promedio ponderado de dos factores, el margen de construcción y el margen operativo (Ver Planilla 3).

$$\mathbf{CM} = \mathbf{wBM} \times \mathbf{BM} + \mathbf{wOM} \times \mathbf{OM}$$

Donde

BM es Margen de Construcción

OM es Margen Operativo.

wBM y **wOM** son factores de ponderación. En general el valor a adoptar es 0,5.

El Margen de Construcción estima el factor de emisión (FE) de las nuevas plantas que hubiesen sido construidas en lugar del proyecto MDL propuesto, mientras que el Margen Operativo estima el factor de emisiones de las plantas que hubiesen operado en lugar del proyecto MDL propuesto.

Se debe elegir si BM y OM se calcularán ex-ante (como promedio de los tres últimos años disponibles al momento de presentar el proyecto), o ex-post (según la información de cada año en que se produce la generación del proyecto). Esto debe especificarse en el Documento de Diseño de Proyecto (PDD).

CALCULO DE MARGEN DE CONSTRUCCION (BM)

La metodología ACM0002 prevé dos alternativas para el cálculo de BM:

- FE promedio de las últimas 5 máquinas incorporadas.
- FE promedio de las últimas máquinas incorporadas correspondientes al 20% de la energía total generada en el año.

Se debe adoptar la alternativa que más energía incluya. De acuerdo a los cálculos realizados (incluidos en la Planilla 1) se ha utilizado la segunda alternativa.

PLANILLA 1. Cálculo del Margen de Construcción (BM)

CENTRAL	FECHA DE CONSTRUCCION	NEMO (CAMMESA)	GENERACION (MWh)	PORCENTAJE ACUMULADO DE GENERACION SOBRE EL TOTAL DE GENERACION	COMBUSTIBLE		Emisiones		
					GAS NATURAL (dam ³)	GASOIL (t)	tCO ₂	tCO ₂	Total
SAN NICOLAS	abr-04	SNICTG01	31	0,000%	15,84	0	31	0	31
SHELL DOCKSUD	nov-03	SHELTG01	33.102	0,032%	11983,66	0	23.380	0	23.380
PLUS PETROL NORTE	feb-03	PPNOTG02	179.645	0,205%	56943,93	0	111.098	0	111.098
LAS MADERAS	oct-02	LAMDHI	27.848	0,231%	0	0	0	0	0
CARRIZAL	ago-02	CARRIHI	104.589	0,332%	0	0	0	0	0
CACHEUTA	may-02	CACHHI	675.932	0,982%	0	0	0	0	0
CTSM DE TUCUMAN	feb-02	SMTUTV01	859.761	1,808%	0	0	0	0	0
	feb-02	SMTUTG02	862.832	2,637%	282349,45	0	570.374	0	570.374
PLUS PETROL NORTE	ene-02	PPNOTG01	37.825	2,674%	12068,88	0	23.546	0	23.546
	sep-01	CRITV25	75.985	2,747%	0	0	0	0	0
COMODORO RIVADAVIA	sep-01	CRITG28	139.782	2,881%	45309,85	0	88.400	0	88.400
	sep-01	CRITG27	88.214	2,966%	35506,22	0	69.273	0	69.273
	may-01	AESPTV01	1.509.676	4,417%	0	0	0	0	0
AES PARANA	may-01	AESPTG02	1.253.690	5,622%	389399,8	17.638	759.719	56.019	815.738
	may-01	AESPTG01	1.401.256	6,969%	453606,7	1.154	884.987	3.664	888.650
DOCK SUD	jun-00	DSUDTV11	1.428.582	8,340%	0	0	0	0	0
	jun-00	DSUDTG10	1.267.351	9,559%	374027,86	3.207	729.728	10.186	739.914
	jun-00	DSUDTG09	1.298.247	10,806%	382953,41	1.599	747.142	5.079	752.221
ENTRE LOMAS	sep-00	ELOMTG01	9.197	10,815%	21614,17	0	42.169	0	42.169
PICHI PICUNLEUFU	dic-99	PPLIHI	1.429.484	12,189%	0	0	0	0	0
AGUA DEL CAJON	nov-99	ACAJTG01	144.282	12,328%	53536,95	0	104.451	0	104.451
CCOMB PUERTO	oct-99	CEPUTG11	400.988	12,713%	106802,49	12.052	208.372	38.277	246.649
	oct-99	CEPUTG12	1.349.464	14,011%	400826,96	11.828	782.013	37.567	819.580
	oct-99	CEPUTV10	1.004.828	14,978%	0	0	0	0	0
DIQUE	sep-99	DIQUTG02	392	14,977%	171,52	8	335	24	359
	sep-99	DIQUTG01	316	14,977%	205,19	8	400	25	425
CT TUCUMAN	ago-99	TUCUTV01	910.661	15,853%	0	0	0	0	0
COSTANERA	oct-98	COSTTV10	1.882.823	17,682%	0	0	0	0	0
	oct-98	COSTTG08	1.596.909	19,197%	511201,85	0	997.355	0	997.355
	oct-98	COSTTG09	1.510.620	20,649%	464148,1	14.910	905.553	47.354	952.907
Totales			21.635.618						7.246.520

BM = 0,335 ton CO2/MWh

Total de Generación sin importación: 104.033.470 MWh Densidad del Gasoil: 825 kg/m³
 Los factores de emisión por combustible se encuentran detallados en la planilla 2.4

CALCULO DEL MARGEN OPERATIVO (OM)

Para el cálculo del OM, la metodología prevé cuatro opciones:

- Promedio. Promedio de todas las máquinas.
- Simple. Promedio de las máquinas térmicas.
- Simple ajustado. Variante del simple, en el caso en que máquinas de bajo costo estén en el margen en algunas horas. Es la opción seguida en este trabajo. Para red argentina, los métodos *Simple* y *Simple ajustado* coinciden en los años 2003, 2004, 2005 y 2006.
- Análisis de despacho. Promedio de las máquinas que estén en el 10% más alto del orden de mérito del despacho. Requiere cálculo horario.

Se define como máquinas de bajo costo a las hidroeléctricas y a las nucleares.

Para poder usar el método *Simple*, se debe verificar que las máquinas de bajo costo no sean más del 50% de la generación de los últimos cinco años. Esto no sucede en el caso de la red argentina, por lo tanto es necesario utilizar el método *Simple ajustado* (Ver planilla 2.1).

Para aplicar este método se debe calcular el número de horas (λ) en que máquinas de bajo costo marginaron, siguiendo un procedimiento establecido en la metodología. El valor de este número de horas para el sistema argentino es cero, por lo cual los cálculos por el método simple y simple ajustado coinciden. Los datos para el cálculo se incluyen en la Planilla 2.2.

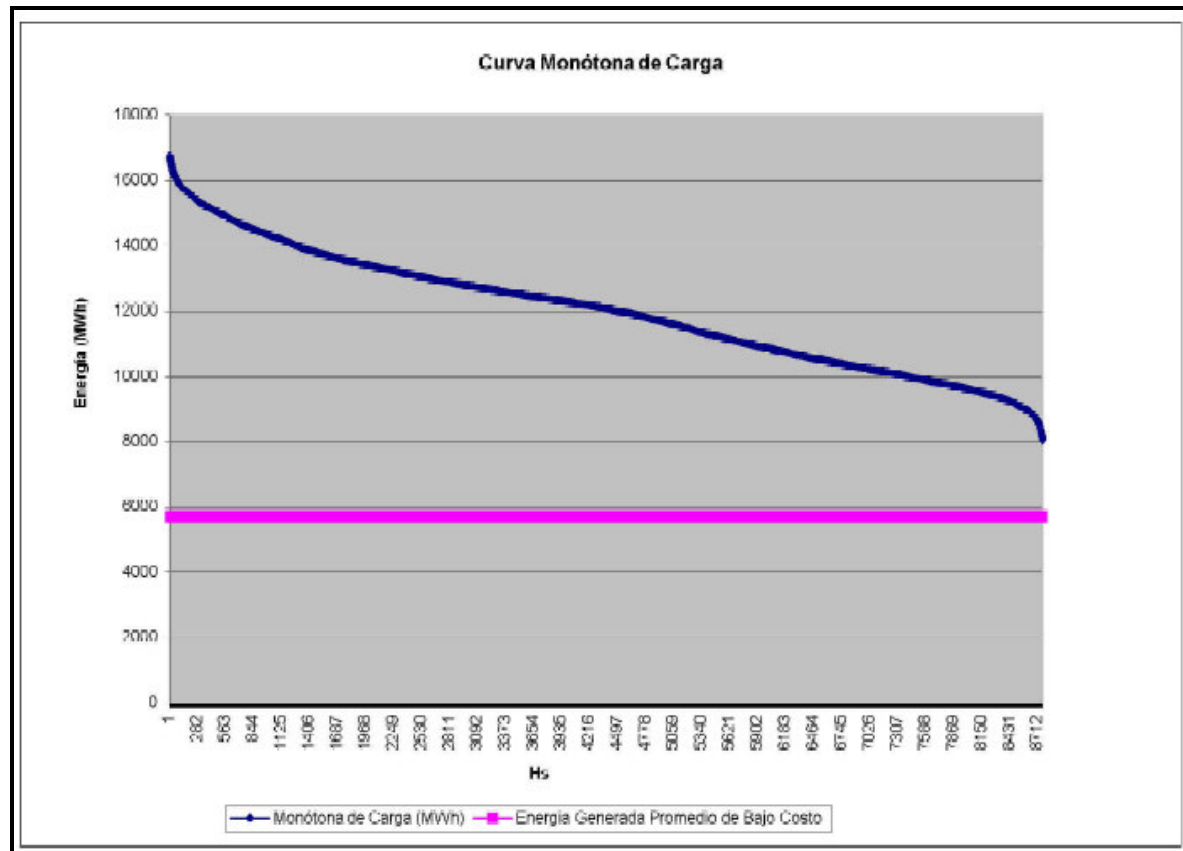
Para el cálculo ex ante se debe tomar el promedio de los tres últimos años (ver planilla 2.3), y para el cálculo ex post se debe tomar la información del año en que la generación (o el ahorro, o el consumo) se produce (ver planilla 2.4).

Planilla 2.1 Generación promedio de los últimos 5 años

Año	Generación Térmica (MWh)	Generación Total (MWh)
2006	53.905.973	104.033.470
2005	51.348.755	96.927.414
2004	49.402.179	91.841.550
2003	39.466.264	85.208.048
2002	32.641.588	79.123.761
Promedio	45.352.952	91.426.849

Planilla 2.2 Cálculo del número de horas en que las máquinas de bajo costo marginaron

HIDRAULICAS	MWh
AGUA DEL TORO	513.865
ALICURA	2.966.732
ARROYITO	869.915
CABRA CORRAL	89.463
CASSAFFOUSTH	56.981
CACHEUTA NUEVA	675.932
CARRIZAL	104.669
CHOCON	4.181.418
PICHI PICUN LEUFU	1.429.562
CRUZ DEL EJE	1.045
EL CADILLAL	49.809
EL TIGRE	70.586
EL TUNAL	42.594
ESCABA	64.109
FITZ SIMON	55.256
LA CALERA	11.148
LA VIÑA	26.786
LAS MADERAS	28.397
LOS MOLINOS I	163.779
LOS MOLINOS II	22.973
LOS REYUNOS	358.470
NIHUIL 1	490.664
NIHUIL 2	544.365
NIHUIL 3	215.404
NIHUIL 4	199.713
P BANDERITA	2.182.363
P DEL AGUILA	7.332.605
PIEDRAS MORAS	34.483
PUEBLO VIEJO	55.813
QUEB. DE ULLUM	244.898
QUIROGA	12.933
REOLIN	47.955
RIO HONDO	141.922
RIO GRANDE	385.234
SALTO GRANDE	2.083.191
SAN ROQUE	63.513
ULLUM	298.305
YACYRETA	12.609.678
CASA DE PIEDRA	426.039
FLORENTINO AMEGHINO	333.906
FUTALEUFU	3.497.839
SUB-TOTAL	42.974.212
NUCLEAR	
ATUCHA I	2.100.810
EMBALSE	5.052.473
SUB-TOTAL	7.153.283
IMPORTACIONES	1.124.523
TOTAL ANUAL PARQUE ENTERO + IMPORTACIONES	105.157.991



Dado que la recta que representa la potencia promedio de bajo costo y la monótona de carga no se cruzan, el valor de λ es cero.

Planilla 2.3 Cálculo del Margen Operativo Ex Ante

	Año 2006	Año 2005	Año 2004
Generación térmica GT (MWh)	53.905.973	51.348.688	49.402.179
Importaciones I (MWh)	1.124.523	1.736.194	1.561.461
Total GT + I (MWh)	55.030.496	53.084.882	50.963.640
Emisiones de CO₂ (tCO₂)	28.372.557	26.639.504	24.594.054
Margen Operativo (tCO₂/MWh)	0,516	0,502	0,483
Promedio (tCO₂/MWh)	0,500		

Planilla 2.4.1 Cálculo del Margen Operativo Ex post.

Emisiones totales	28.372.557 tCO ₂
Generación térmica + Importaciones	55.030.496 MWh
Margen operativo (simple ajustado, ex post)	0,515 tCO ₂ /MWh
lambda = 0	

Datos: Factor de emisión por combustible	
Combustible	Factores de Emisión
Gas Natural (NG)	1,951 tCO ₂ /dam ³
Fuel Oil (FO)	3,197 tCO ₂ /t
Gas oil (GO)	3,176 tCO ₂ /t
CMi (Carbón Mineral) Nacional	2,335 tCO ₂ /t
CMi (Carbón Mineral) Importado	2,803 tCO ₂ /t

(Fuente : Segunda Comunicación Nacional Argentina, Pág. 197)

Planilla 2.4.2 CALCULO DEL MARGEN OPERATIVO ex post

	GENERACION (MWh)	TOTAL ANUAL 2006				CO2 emisiones				
		Carbon Mineral	Gasol	Fuel Oil	Gas Natural	Carbon Mineral	Gasol	Fuel Oil	Gas Natural	Total
	total anual	t	t	t	dam	ICO ₂	ICO ₂	ICO ₂	ICO ₂	ICO ₂
TERMICAS										
AGUA DEL CAJON	2400016	0	0	0	802.025	0	0	0	1.174.551	1.174.551
ALTO VALLE	466232	0	0	0	123.766	0	0	0	241.473	241.473
AESPARANÁ	4165167	0	12.856	0	850.305	0	40.831	0	1.658.545	1.699.776
C DE PIEDRA	33628	0	6	0	16.036	0	10	0	33.042	33.061
CTSM DE TUCUMAN	2400257	0	0	0	521.344	0	0	0	1.017.142	1.017.142
COSTANERA	7335540	0	10.023	414.082	1.242.877	0	31.833	1.323.758	2.424.853	3.780.442
DEAN FUNES	24895	0	835	0	10.940	0	2.652	0	21.344	23.996
DIQUE	1383	0	16	0	712	0	51	0	1.389	1.440
DOCK SUD	4001831	0	4.779	0	760.706	0	15.178	0	1.484.137	1.499.316
FILO MORADO	282018	0	0	0	110.185	0	0	0	214.990	214.990
FRIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEBA	5004777	0	2	0	975.103	0	6	0	1.902.426	1.902.432
GOYA	7	0	5	0	0	0	16	0	0	16
GUFMFS	1555935	0	0	0	503.455	0	0	0	907.243	907.243
INDEPENDENCIA	10556	0	0	0	5.727	0	0	0	11.173	11.173
LA BANDA	18894	0	0	0	6.440	0	0	0	18.417	18.417
LA RIOJA	19423	0	462	0	9.999	0	1.467	0	19.508	20.976
LUJAN DE CUYO	2706372	0	1.706	34.835	553.811	0	5.704	111.367	1.080.485	1.107.557
MAR DE AJÓ	13549	0	250	0	6.904	0	794	0	12.884	13.678
MAR DEL PLATA	284858	0	2.441	12.025	100.626	0	7.753	38.444	199.321	242.518
MAHANZANA	259338	0	8.270	0	65.449	0	25.255	0	127.621	153.057
NECOCHEA	520886	0	0	67.437	107.092	0	0	215.606	208.036	424.533
LOMA DE LA LATA	1262630	0	0	0	405.505	0	0	0	791.316	791.316
NUJEVO PUERTO	1754338	0	15.345	188.904	810.375	0	48.739	603.826	1.581.042	2.233.707
PUERTO NUEVO	4946586	0	0	318.543	292.730	0	0	1.018.382	571.116	1.589.498
PAI PAI A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIEDRABUENA	2191717	0	0	315.316	273.637	0	0	1.006.055	533.656	1.541.931
PILAR	846072	0	0	53.049	273.473	0	0	168.668	533.646	703.143
PLUS PETROL NORTE	217477	0	0	0	98.897	0	0	0	134.418	134.418
LEVALLE	71046	0	2.244	0	32.140	0	7.127	0	62.723	65.850
VILLAMARIA	69018	0	2.522	0	29.759	0	8.010	0	58.060	66.070
RIO CUARTO	12884	0	633	0	5.500	0	2.010	0	10.731	12.741
S NICOLAS	1827481	581.702	0	54.357	122.157	1.630.511	0	205.781	239.328	2.074.620
SAN FRANCISCO	31101	0	1.826	101	12.085	0	5.164	811	23.678	29.353
SAN PEDRO	25714	0	0	0	12.447	0	0	0	24.284	24.284
SARMIENTO CUYO	4867	0	198	0	2.211	0	522	0	4.314	4.938
SARMIENTO NDA	6150	0	0	0	3.469	0	0	0	6.768	6.768
SORRENTO	309694	0	0	79.990	9.075	0	0	255.736	17.705	273.433
SUR OESTE	30455	0	1.506	0	11.297	0	4.763	0	22.040	26.824
TERMOELECTRICAS A	1367747	0	1.479	0	295.170	0	4.697	0	550.310	553.015
TERMOERCA	163429	0	0	0	57.725	0	0	0	112.621	112.621
VILLAGESELL	24145	0	717	0	10.999	0	2.277	29	21.440	23.740
C.T.TUCUMAN	2757057	0	0	0	611.990	0	0	0	1.193.349	1.193.349
COMODORO RIVADAVIA	250897	0	0	0	100.473	0	0	0	196.023	196.023
COMODORO RIVADAVIA electropot	301934	0	0	0	83.010	0	0	0	161.953	161.953
C.T.PATAGONIA	570145	0	0	0	162.053	0	0	0	318.165	318.165
PICO TRUNCADO 1	146038	0	0	0	58.085	0	0	0	113.324	113.324

Planilla 2.4.2 CALCULO DEL MARGEN OPERATIVO ex post (cont.)

AUTOGENERADORES											
ACEROS PARANA	8409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACEROS ZAPLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEOC SMA	10930	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SFMINO	7	0	0	0	13	0	0	0	25	25	0
P. HERNANDEZ YPF	11640	0	0	0	3.346	0	0	0	6.528	6.528	0
NIFRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SHELL DOCK SUD	33101	0	0	0	11.980	0	0	0	23.373	23.373	0
TRAPIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENTRE LOMAS	9145	0	0	0	17.209	0	0	0	33.692	33.692	0
ARCOR M. SEVERO	193297	0	0	0	44.487	0	0	0	88.997	88.997	0
YPF PLAZA HUINGUL	209837	0	0	0	72.491	0	0	0	141.819	141.819	0
LOS PERALES	398172	0	0	0	113.012	0	0	0	221.462	221.462	0
COGENERADORES											
COMENSENADA	876421	0	27.875	0	167.519	0	88.531	0	326.830	415.361	0
ARGENER	1159543	0	0	0	270.289	0	0	0	527.334	527.334	0
TOTAL	53905973	581.702	95.885	1.548.728	11.012.933	1.630.511	304.531	4.951.203	21.486.232	28.372.557	0

Planilla 3 Cálculo del Margen Combinado.

Margen Combinado Ex Post	
Margen de Construcción 2006 (BM)	0,335 t CO ₂ /MWh
Margen de Operación 2006 (OM)	0,516 t CO ₂ /MWh
Margen Combinado (CM) con 0,5 BM y 0,5 OM	0,425 t CO₂/MWh
Margen Combinado (CM) con 0,25 BM y 0,75 OM	0,470 t CO₂/MWh

Margen Combinado Ex Ante	
Margen de Construcción 2006 (BM)	0,335 t CO ₂ /MWh
Margen de Operación (OM) promedio 2004, 2005 y 2006	0,500 t CO ₂ /MWh
Margen Combinado (CM) con 0,5 BM y 0,5 OM	0,417 t CO₂/MWh
Margen Combinado (CM) con 0,25 BM y 0,75 OM	0,459 t CO₂/MWh

DATOS BASICOS E INFORMACION UTILIZADA

- Factor de Emisión por combustible: carbón, diesel, fuel oil y gas natural (tCO₂ por unidad de combustible). Datos: 2ª Comunicación Nacional
- Generación de Electricidad (MWh) de cada planta conectada a la Red. Datos: CAMMESA
- Consumo de Combustible de cada planta conectada a la Red. Datos: CAMMESA y Secretaría de Energía
- Información de adiciones de plantas a la red. Datos: CAMMESA y Secretaría de Energía.

ACLARACIONES

Para aplicar la metodología al caso de la red Argentina, se han adoptado los siguientes criterios:

Unificación del Mercado eléctrico Mayorista (MEM) y el MEMSP (Mercado Eléctrico Mayorista Sistema patagónico)

Los dos sistemas se unificaron en marzo de 2006. A los efectos del cálculos se los consideró como funcionando en forma unificada desde principios de 2006.

Cálculo del Margen Operativo

Para el cálculo del margen operativo de algunos autogeneradores y cogeneradores, faltan algunos datos ya que CAMMESA no posee información sobre sus consumos de combustible. En ese caso se ha adoptado el siguiente criterio:

- Si no se tiene el consumo de combustible de un autogenerador o no se puede distinguir del consumo total (incluyendo consumos de proceso industrial), se adopta como FE (factor de emisión) cero.

Cálculo del Margen de Construcción

Para determinar la fecha de construcción se ha establecido el siguiente criterio:

- Si la planta o máquina entró recientemente en el listado de CAMMESA, pero de la autorización o de otra información surge que la fecha en que la máquina fue construida y empezó a generar (aunque sea fuera de la red) fue anterior a la tomada por CAMMESA, entonces para decidir si se incorporará en el listado se ha tomado la fecha más antigua.