

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

**HUELLA DE CARBONO EN LAS EXPORTACIONES DE LA PROVINCIA DE  
BUENOS AIRES**

**Segunda Parte. Sector Industria**

**Provincia de Buenos Aires - ARGENTINA**

**INFORME FINAL**

**Anexo Metodológico**

**Abril de 2012**

## **AUTORIDADES**

### **Provincia de Buenos Aires**

Gobernador

**Sr. Daniel Osvaldo Scioli**

Ministro de Economía

**Lic. Silvina Batakis**

Director Ejecutivo del Organismo Provincial  
para el Desarrollo Sostenible (OPDS)

**Sr. José Manuel Molina**



### **Consejo Federal de Inversiones**

Secretario General

**Ing. Juan José Ciácerá**

Director de Recursos Financieros

**Ing. Ramiro Otero**

Autor

**Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**

**Universidad Nacional de La Plata**



**Coordinador**

Prof. Ing. Agr. Raúl Rosa

**Consultores Expertos**

Ing. Ind. Sebastián Galbusera

Ing. Mariela Beljansky

Ing. Andrea Afranchi

Ing. Adrián Blanco

Dra. Natalia Raffaeli

Ing. Agr. Mariano Eirin

Ing. Luis Pedraza

CPN Pedro Lusarreta

**Contraparte técnica provincial**

Responsable Área Cambio Climático OPDS: Ing. Agr. Mónica Casanovas

**Contraparte técnica CFI**

Lic. Carlos Bas



## INDICE.

### Documento Principal.

<b>MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>12</b>
<b>I. PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE LOS PRODUCTOS</b>	<b>13</b>
<b>II. INDUSTRIA DE LOS MINERALES</b>	<b>16</b>
II.A. PRODUCCIÓN DE CEMENTO	17
II.A.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Cemento	18
II.B. PRODUCCIÓN DE CAL	21
II.B.1 Metodología de cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Cal	21
II.C. PRODUCCIÓN DE VIDRIO	22
II.C.1 Metodología de Cálculo para a Estimación de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Vidrio	24
II.D. OTROS USOS DE LOS MINERALES	24
II.D.1 Metodología de Cálculo para a Estimación de las Emisiones de GEIs Asociadas a Otros Usos Minerales:	25
<b>III. EMISIONES DE LA INDUSTRIA QUÍMICA</b>	<b>27</b>
III.A. PRODUCCIÓN DE AMONIACO	27
III.A.1 Metodología de Cálculo para la Estimación de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Amoníaco	27
III.B. PRODUCCIÓN DE ACIDO NÍTRICO	30
III.B.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Ácido Nítrico	31
III.C. PRODUCCIÓN DE ACIDO ADÍPICO	32
III.C.1 Metodología para el Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la Producción de Ácido Adípico	32
III.D. PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA, GLIOXAL Y ACIDO GLIOXÍLICO	35
III.D.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Caprolactama	36
III.E. PRODUCCIÓN DE GLIOXAL Y ACIDO GLIOXÍLICO	36
III.E.1 Metodología para el Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Glioxal y Ácido Glioxílico.	37
III.F. PRODUCCIÓN DE CARBURO	38
III.F.1 Carbu de Silicio	38
III.F.2 Carbu de Calcio	38
III.F.3 Metodología para la Estimación de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Carbu de Silicio y Carbu de Calcio:	39
III.G. PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO	41
III.G.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Dióxido de Titanio	42
III.H. PRODUCCIÓN DE CENIZA DE SOSA	43
III.H.1 Proceso Natural de Producción de Ceniza de Sosa	44
III.H.2 Metodología de Cálculo de las Emisiones asociadas al Proceso de Producción Natural de la Ceniza de Sosa	44
III.I. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CENIZA DE SOSA SINTÉTICA	45
III.J. PRODUCCIÓN PETROQUÍMICA Y DE NEGRO DE HUMO	46
III.J.1 Metanol	46
III.J.2 Etileno	48
III.J.3 Dicloruro de Etileno y Monómero de Cloruro de vinilo.	48
III.J.4 Óxido de Etileno	50
III.J.5 Acrilonitrilo	51
III.J.6 Negro de Humo	53
III.J.7 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la Producción Petroquímica y Negro de Humo.	55
III.J.8 Metodología de Cálculo de Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de HCFC-22	61
<b>IV. EMISIONES DE LA INDUSTRIA DE LOS METALES</b>	<b>63</b>
IV.A. PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO Y DE COQUE METALÚRGICO	63
IV.A.1 Metodología de Cálculo para las Emisiones Asociadas a la Producción de Hierro y Acero y Coque	66
IV.A.2 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Ferroaleaciones	71
IV.A.3 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Aluminio Primario.	74
IV.A.4 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Magnesio:	78
IV.A.5 Metodología de Cálculo para las Emisiones Asociadas a la Producción de Plomo	81
IV.A.6 Metodología de Cálculo de las Emisiones Asociadas a la Producción de Zinc	84
<b>V. USO DE PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y DE SOLVENTES</b>	<b>86</b>
V.A. LUBRICANTES	86
V.A.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociada al Uso de Lubricantes	86
V.B. CERAS DE PARAFINA	87
V.B.1 Metodología de Cálculo para las Emisiones Asociadas al Uso de Ceras de Parafina	88
V.C. ALQUITRÁN, ROAD OIL Y OTROS DILUYENTES DE PETRÓLEO	88
Producción y Uso del Asfalto para Pavimentar Rutas	89
Impermeabilización de Techos con Asfalto	89



V.C.1	Metodología de Cálculo para las Emisiones asociadas a la producción y uso de Alquitrán, Road Oil, y otros	90
Diluyentes de Petróleo		91
V.C.2	Metodología de Cálculo para las emisiones asociadas a la utilización de Solventes	92
<b>VI.</b>	<b>EMISIONES DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA</b>	<b>92</b>
VI.A.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA LAS EMISIONES ASOCIADAS A LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA	93
VI.B.	SUSTITUTOS FLUORADOS PARA LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO	93
VI.C.	DESECHOS	94
VI.C.1	Desechos Sólidos Industriales	95
VI.C.2	Tratamiento y eliminación de Aguas Residuales Industriales	97
<b>ESQUEMAS DE CÁLCULO</b>		<b>98</b>
<b>VII.</b>	<b>INDUSTRIA PETROQUÍMICA</b>	<b>98</b>
VII.A.	POLO CAMPANA	98
VII.A.1	Planta BUNGE	102
VII.A.2	Planta CABOT	102
VII.A.2.a	Negro de Humo	104
VII.B.	POLO BAHÍA BLANCA	104
VII.B.1	Planta PROFÉRTIL	107
VII.C.	POLO ENSENADA – LA PLATA	107
VII.C.1	Petroquímica La Plata – YPF	115
VII.C.2	Petroken – Petroquímica Ensenada S.A.	116
VII.C.3	Plantas MEGA/TGS	118
VII.C.4	Planta PROFÉRTIL	120
VII.C.5	PBB Polisur - DOW	125
VII.C.6	SOLVAY – INDUPA	128
VII.C.7	Empresa BUNGE	132
VII.C.8	Empresa CABOT	133
VII.C.9	DAK AMERICAS Argentina S.A.	135
VII.C.10	Petrobras Energy – PS (Poliestireno)	137
VII.C.11	CARBOCLOR S.A.	143
VII.C.12	Empresa ATANOR	146
VII.C.13	Empresa INVISTA Argentina	147
<b>ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>		<b>148</b>
<b>VIII.</b>	<b>CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS</b>	<b>148</b>
VIII.A.	FACTORES DE EMISIÓN - DATOS ESTADÍSTICOS	149
VIII.B.	GAS NATURAL	151
VIII.C.	MATERIAS PRIMAS DE REFINERÍAS/METANOL	151
VIII.D.	ELECTRICIDAD	152
VIII.E.	CONSUMO DE VAPOR	152
VIII.F.	EMISIONES ASOCIADAS A LOS PROCESOS	152
VIII.G.	OTROS INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS ELABORADAS	153
VIII.H.	ASIGNACIÓN DE EMISIONES ENTRE Co-PRODUCTOS	154
<b>IX.</b>	<b>INDUSTRIA PETROQUÍMICA</b>	<b>154</b>
IX.A.	POLO ENSENADA	154
IX.A.1	Petroquímica La Plata – YPF	157
IX.A.2	Petroken - Petroquímica Ensenada S.A.	158
IX.B.	POLO BAHÍA BLANCA	158
IX.B.1	Plantas MEGA/TGS	159
IX.B.2	Empresa PROFÉRTIL	159
IX.B.3	Empresa PBB Polisur - DOW	161
IX.B.4	SOLVAY – INDUPA	162
IX.C.	POLO CAMPANA	162
IX.C.1	Empresa BUNGE	164
IX.C.2	Empresa CABOT	165
IX.C.3	Empresa DAK AMERICAS Argentina S.A.	166
IX.C.4	Empresa Petrobras Energy – PS (Poliestireno)	167
IX.C.5	CARBOCLOR S.A.	168
IX.D.	POLO PETROQUÍMICO "GRAN BUENOS AIRES"	168
IX.D.1	Empresa ATANOR	169
IX.D.2	Empresa INVISTA Argentina	171
<b>X.</b>	<b>INDUSTRIA SIDERÚRGICA</b>	<b>171</b>
X.A.	EMPRESA SIDERAR	174
X.B.	EMPRESA ACERBRAG	175
X.C.	EMPRESA TENARIS	176
<b>XI.</b>	<b>INDUSTRIA CEMENTERA</b>	<b>176</b>
<b>XII.</b>	<b>INDUSTRIA ACEITERA</b>	<b>177</b>

<b>XIII.</b>	<b>INDUSTRIA PAPELERA</b>	<b>178</b>
<b>XIV.</b>	<b>INDUSTRIA AUTOMOTRIZ</b>	<b>180</b>
<b>XV.</b>	<b>APENDICE. 1<sup>ER</sup> ENCUENTRO TALLER "HUELLA DE CARBONO EN LAS EXPORTACIONES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES"</b>	<b>183</b>
XV.A.	INTRODUCCIÓN	183
XV.B.	DESARROLLO	183
XV.C.	SECTOR PÚBLICO	184
XV.C.1	Preguntas	184
XV.C.1.a	Reflexiones	184
XV.D.	SECTOR CIENTÍFICO-ACADÉMICO	185
XV.D.1	Preguntas	185
XV.D.2	Reflexiones	186
XV.E.	SECTOR PRIVADO	188
XV.E.1	Preguntas	188
XV.E.2	Reflexiones	188



## INDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Esquema del proceso de producción de caprolactama	35
Ilustración 2. Procesos principales de producción integrada de hierro y acero	64
Ilustración 3. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Procesos productivos y emisiones asociadas	98
Ilustración 4. Industria Petroquímica. Empresa "Cabot". Procesos productivos y emisiones asociadas	102
Ilustración 5. Industria Petroquímica. Empresa "Profértil". Procesos productivos y emisiones asociadas	104
Ilustración 6. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Aromáticos	154
Ilustración 7. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Olefinas	154
Ilustración 8. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo MAN	155
Ilustración 9. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo PIB	155
Ilustración 10. Industria Petroquímica. Empresa Petroken - Petroquímica Ensenada S.A. Esquema de Planta	157
Ilustración 11. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Esquema de procesos	158
Ilustración 12. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor – DOW. Esquema de procesos	159
Ilustración 13. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY-INDUPA – DOW. Esquema de procesos	161
Ilustración 14. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE – DOW. Esquema de procesos	162
Ilustración 15. Industria Petroquímica. Empresa CABOT. Esquema de procesos	164
Ilustración 16. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMERICAS Argentina S.A. Esquema de procesos	165
Ilustración 17. Industria Petroquímica. Empresa Petrobras Energy. Esquema de procesos	166
Ilustración 18. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Esquema de procesos	167
Ilustración 19. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Baradero. Esquema de procesos	168
Ilustración 20. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Munro. Esquema de procesos	169



## INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Categorías de procesos industriales y utilización de productos	15
Tabla 2. Fórmulas, pesos moleculares de fórmula y contenido de dióxido de carbono de las especies comunes de carbonatos	17
Tabla 3. Fracción de clínker en las "recetas" de cementos compuestos y en las mezclas generales	19
Tabla 4. Parámetros básicos para el cálculo de los factores de emisión en la producción de cal	22
Tabla 5. Total de requisitos de combustible por defecto (combustible más alimentación a procesos) y factores de emisión para la producción de amoníaco (por tonelada de $\text{NH}_3$ )	30
Tabla 6. Factores por defecto para la producción de ácido nítrico	32
Tabla 7. Factores por defecto para la producción de ácido adípico	34
Tabla 8. Factores por defecto para la producción de glioxal ácido glioxílico	37
Tabla 9. Factores por defecto para las emisiones de $\text{CO}_2$ y $\text{CH}_4$ de la producción de carburo de silicio	40
Tabla 10. Factores de emisión para las emisiones de $\text{CO}_2$ a partir de la producción y uso del carburo de calcio	41
Tabla 11. Factores por defecto para la producción de dióxido de titanio (toneladas de $\text{CO}_2$ por tonelada de producto)	43
Tabla 12. Descripción del proceso del Metanol	47
Tabla 13. Descripción del proceso del etileno	48
Tabla 14. Sustancias de alimentación y procesos por defecto de Nivel 1 para la producción petroquímica	56
Tabla 15. Factores de emisión de $\text{CO}_2$ de Nivel 1 para la producción de Etileno por escisión al vapor	57
Tabla 16. Factores de emisión por defecto de Metano para la producción de Etileno	57
Tabla 17. Factores de emisión de $\text{CO}_2$ de Nivel 1 para la producción de Bicloruro de Etileno y/o Cloruro de Vinilo	58
Tabla 18. Factor de emisión de $\text{CH}_4$ por defecto de Nivel 1 para el proceso del Bicloruro de Etileno y/o Cloruro de Vinilo	58
Tabla 19. Consumo de sustancias de alimentación en la producción de Óxido de Etileno y factores de emisión de $\text{CO}_2$	59
Tabla 20. Factores de emisión de $\text{CH}_4$ de Nivel 1 para la producción de Óxido de Etileno	59
Tabla 21. Factores de emisión de $\text{CO}_2$ de la producción de Acrilonitrilo	60
Tabla 22. Factores de emisión de $\text{CO}_2$ de Nivel 1 para la producción de Negro de Humo	60
Tabla 23. Factores de emisión de $\text{CH}_4$ de Nivel 1 para la producción de Negro de Humo	61
Tabla 24. Factores de emisión de HFC-23 por defecto	62
Tabla 25. Factores por defecto de emisión de $\text{CO}_2$ de Nivel 1 para la producción de Coque y de Hierro y Acero	69
Tabla 26. Factores por defecto de emisión de $\text{CO}_2$ de Nivel 1 para la producción de Coque y de Hierro y Acero	70
Tabla 27. Factores por defecto de emisión de $\text{CH}_4$ de Nivel 1 para la producción de Coque y de Hierro y Acero	70
Tabla 28. Factores genéricos de emisión de $\text{CO}_2$ para la producción de Ferroaleaciones	73
Tabla 29. Factores de emisión por defecto para el $\text{CH}_4$	73
Tabla 30. Factores de emisión de Nivel 1 específicos de la tecnología para calcular las emisiones de Dióxido de Carbono generadas por el consumo de ánodos o pasta de ánodos	75
Tabla 31. Factores de emisión por defecto e intervalos de incertidumbre para el cálculo de emisiones de PFC generadas por la producción de aluminio por tipo de tecnología de celda (Método Nivel 1)	76
Tabla 32. Posibles emisiones de GEI relacionadas con la producción y el procesamiento del Magnesio	77
Tabla 33. Factores de emisión para la producción de metal Mg Primario específicas de los minerales	79
Tabla 34. Factores genéricos de emisión de $\text{CO}_2$ para la producción de plomo por fuente y tipo de horno (toneladas de $\text{CO}_2$ /tonelada de producto)	82



Tabla 35. Factores de emisión de CO <sub>2</sub> de Nivel 1 para la producción de Cinc	85
Tabla 36. Fracciones de oxidación por defecto para aceites lubricantes, grasas y lubricantes en general	87
Tabla 37. Valores por defecto para contenidos de DOC y carbono fósil en desechos industriales	94
Tabla 38. Clasificación de los SEDS y factores de corrección de Metano (MCF)	95
Tabla 39. Valores de MCF por defecto para las aguas residuales industriales	96
Tabla 40. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de Amoníaco	99
Tabla 41. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de Urea	100
Tabla 42. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de UAN	101
Tabla 43. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de Tiosulfato de Amonio	102
Tabla 44. Industria Petroquímica. Empresa "Cabot". Esquema de cálculo para la producción de Negro de Humo	103
Tabla 45. Industria Petroquímica. Empresa "Profértil". Esquema de cálculo para la producción de Amoníaco	105
Tabla 46. Industria Petroquímica. Empresa "Profértil". Esquema de cálculo para la producción de Urea granulada	106
Tabla 47. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo del Complejo Aromáticos	107
Tabla 48. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo del Complejo Olefinas	108
Tabla 49. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo de Planta MTBE	109
Tabla 50. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo de Planta TAME	110
Tabla 51. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo de Planta OxoAlcoholes	111
Tabla 52. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo Complejo MAN	112
Tabla 53. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo Complejo PIB	113
Tabla 54. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo Complejo LAB	114
Tabla 55. Industria Petroquímica. Empresa Petroken – Petroquímica Ensenada S.A. Esquema de Producción	115
Tabla 56. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Planta MEGA. Esquema de Producción	116
Tabla 57. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Planta TGS. Esquema de Producción	117
Tabla 58. Industria Petroquímica. Empresa Profértil. Planta NH <sub>3</sub>	118
Tabla 59. Industria Petroquímica. Empresa Profértil. Planta Urea granulada	119
Tabla 60. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor - DOW. Planta de Etileno	120
Tabla 61. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor - DOW. Planta de PEBD – Arco (alta presión)	121
Tabla 62. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor - DOW. Planta de PEAD - Hoechst	122
Tabla 63. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor - DOW. Planta de PEBDL-PEAD – Union Carbide	123
Tabla 64. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor - DOW. Planta de PEBDL-PEAD – DOW Solution	124
Tabla 65. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY – INDUPA. Planta de Cloro	125
Tabla 66. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY – INDUPA. Planta de Cloruro de Vinilo	126
Tabla 67. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY – INDUPA. Planta de Policloruro de Vinilo	127
Tabla 68. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta NH <sub>3</sub>	128
Tabla 69. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta Urea	129
Tabla 70. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta UAN	130
Tabla 71. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta Tiosulfato de Amonio	131
Tabla 72. Industria Petroquímica. Empresa CABOT. Planta Negro de Humo	132
Tabla 73. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMÉRICAS Argentina S.A. Planta PET 0,6 (Amorfo)	133



Tabla 74. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMÉRICAS Argentina S.A. Planta PET 0,82 (Cristalino)	134
Tabla 75. Industria Petroquímica. Empresa Petrobrás Energy. Planta Poliestireno (GPPS)	135
Tabla 76. Industria Petroquímica. Empresa Petrobrás Energy. Planta Poliestireno (HIPS)	136
Tabla 77. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta de Isopropanol (IPA)	137
Tabla 78. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta Acetona	138
Tabla 79. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta MIK	139
Tabla 80. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta de Butanol Secundario (SBA)	140
Tabla 81. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta MEK	141
Tabla 82. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta MTBE	142
Tabla 83. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Acetaldehído (Baradero)	143
Tabla 84. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Acido Acético (Baradero)	144
Tabla 85. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Formaldehído (Munro)	145
Tabla 86. Industria Petroquímica. Empresa INVISTA Argentina. Planta Nylon 66	146
Tabla 87. Potenciales de calentamiento de los Gases de Efecto Invernadero. Fuente: IPCC – SAR2	148
Tabla 88. Segunda Comunicación Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Factor de emisión de la combustión del Gas Natural	150
Tabla 89. Emisiones asociadas a la producción y el transporte del Gas Natural	151
Tabla 90. Factores de emisión asociados a la extracción y refinación de petróleo	151
Tabla 91. Factores de emisión asociados al Consumo de Vapor	152
Tabla 92. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Emisiones por concepto	156
Tabla 93. Industria Petroquímica. Empresa Petroken - Petroquímica Ensenada S.A. Emisiones de GEIs por concepto	157
Tabla 94. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Emisiones por concepto	158
Tabla 95. Industria Petroquímica. Empresa Profértil. Emisiones por Concepto	159
Tabla 96. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisur – DOW. Emisiones por Concepto	160
Tabla 97. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY-INDUPA – DOW. Emisiones por Concepto	161
Tabla 98. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE – DOW. Emisiones por Concepto	163
Tabla 99. Industria Petroquímica. Empresa CABOT. Emisiones por Concepto	164
Tabla 100. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMERICAS Argentina S.A. Emisiones por Concepto	165
Tabla 101. Industria Petroquímica. Empresa Petrobras Energy. Emisiones por Concepto	166
Tabla 102. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Emisiones por Concepto	168
Tabla 103. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Emisiones por Concepto	169
Tabla 104. Industria Petroquímica. Empresa INVISTA Argentina. Emisiones por Concepto	170
Tabla 105. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta de Pelets. Marcha de Cálculo	171
Tabla 106. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta de Coque. Marcha de Cálculo	171
Tabla 107. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta de Sinterizado. Marcha de Cálculo	172
Tabla 108. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Producción de Arrabio. Marcha de Cálculo	172
Tabla 109. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta Acero BOF. Marcha de Cálculo	173
Tabla 110. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta Acero EAF. Marcha de Cálculo	173
Tabla 111. Industria Siderúrgica. Empresa AcerBrag. Planta AcerBrag EAF. Marcha de Cálculo	174
Tabla 112. Industria Siderúrgica. Empresa Tenaris. Marcha de Cálculo	175



Tabla 113. Industria Cementera. Producción de Cemento Portland. Marcha de Cálculo	176
Tabla 114. Industria Aceitera. Producción de Aceite de Soja. Marcha de Cálculo	177
Tabla 115. Industria Papelera. Producción de Papel: Pulpado Mecánico (Proceso CTMP)	178
Tabla 116. Industria Papelera. Producción de Papel: Pulpado Químico (Proceso Kraft)	179
Tabla 117. Industria Automotriz. Marcha de Cálculo	180
Tabla 118. Industria Automotriz. Producción de Neumáticos. Marcha de Cálculo	181

## **MARCO CONCEPTUAL**

A los fines del abordaje metodológico del presente anexo se han tomado como base el Volumen 3, referido a Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés) y el Volumen 5, referido a Desechos (específicamente los Capítulos 2 y 5) de las Guías para la Elaboración de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) del año 2006.



## I. Procesos Industriales y Uso de los Productos

Toda actividad industrial genera inevitablemente emisiones de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera. De hecho, las principales fuentes de emisión vinculadas a la actividad industrial son las descargas provenientes de los procesos de transformación de las materias primas, ya sea mediante procesos químicos o físicos. Por ejemplo, la industria del hierro, cemento, acero, amoníaco y otros, que para sus procesos industriales utilizan combustibles fósiles como sustancia química intermedia, liberan enormes cantidades de GEIs. Al igual que los ejemplos anteriores, durante los procesos industriales pueden emitirse una gran variedad de GEIs como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Dentro de los productos que emiten gases de efecto invernadero en sus procesos de fabricación podemos mencionar a los refrigerantes, espumas y aerosoles. Un ejemplo es el  $\text{N}_2\text{O}$ , que es utilizado como propulsor en los aerosoles, principalmente en la industria alimenticia, y otro es el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), utilizado en las instalaciones eléctricas como aislante.

Una característica notable del uso de estos productos es que en prácticamente todos los casos puede transcurrir un tiempo significativo entre la fabricación del producto y la liberación del gas de efecto invernadero respectivo. El retardo puede variar desde pocas semanas (p.e. en las latas de aerosol) hasta varias décadas. Asimismo, en el caso de algunas aplicaciones (p.e. la refrigeración), una fracción de los gases de efecto invernadero utilizados en los productos puede ser recuperada al final del período de vida del producto, y ser reciclada o destruida.

Por otro lado, resulta deseable vincular la estimación de las emisiones asociadas con la producción y el uso de los productos, ya que mediante la utilización de ciertos productos también se liberan GEIs a la atmósfera. Asimismo, los usos no energéticos de los combustibles fósiles comprenden su aplicación como sustancias para la alimentación a procesos, reductores y productos no energéticos en los cuales sus propiedades físicas son utilizadas directamente en lugar de ser quemados con propósitos energéticos.



Al respecto, pueden distinguirse tres categorías de usos no energéticos:

1. Alimentación a procesos: combustibles fósiles que se utilizan como materias primas en procesos de conversión química con el fin de fabricar principalmente productos químicos orgánicos y, en menor medida, productos químicos inorgánicos (en particular el amoníaco) y sus derivados (OECD/IEA/Eurostat, 2004). En la mayoría de los casos, una parte del carbono queda incorporado al producto fabricado. El uso de hidrocarburos para la alimentación a los procesos de conversión está casi por entero circunscrito a las industrias química y petroquímica.
2. Agentes reductores: se utiliza el carbono como agente reductor en la producción de varios metales y de productos inorgánicos. La utilización se realiza directamente como agente reductor, o indirectamente a través de la producción intermedia de electrodos utilizados en la electrólisis. En la mayoría de los casos, sólo muy pequeñas cantidades de carbono son incorporadas al producto fabricado, mientras que la mayor parte se oxida durante el proceso de reducción.
3. Productos no energéticos: aparte de los combustibles, las refinerías y también los hornos de coque producen algunos productos no energéticos que son utilizados directamente (p.e., sin conversión química) debido a sus propiedades físicas o diluyentes, o bien se venden a la industria química como producto químico intermedio. Los lubricantes y las grasas son utilizados en las máquinas debido a sus propiedades lubricantes; las ceras de parafina son utilizadas en las velas y en los recubrimientos de papeles, entre otros; y el alquitrán es utilizado en los techos y en las rutas por sus propiedades de impermeabilidad y de durabilidad. Las refinerías producen también espíritus blancos, los cuales son utilizados por sus propiedades como solventes.

En el siguiente recuadro se muestran las distintas categorías de procesos industriales y uso de productos que son consideradas en las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.



Figura 1.1

Categorías de procesos industriales y utilización de productos

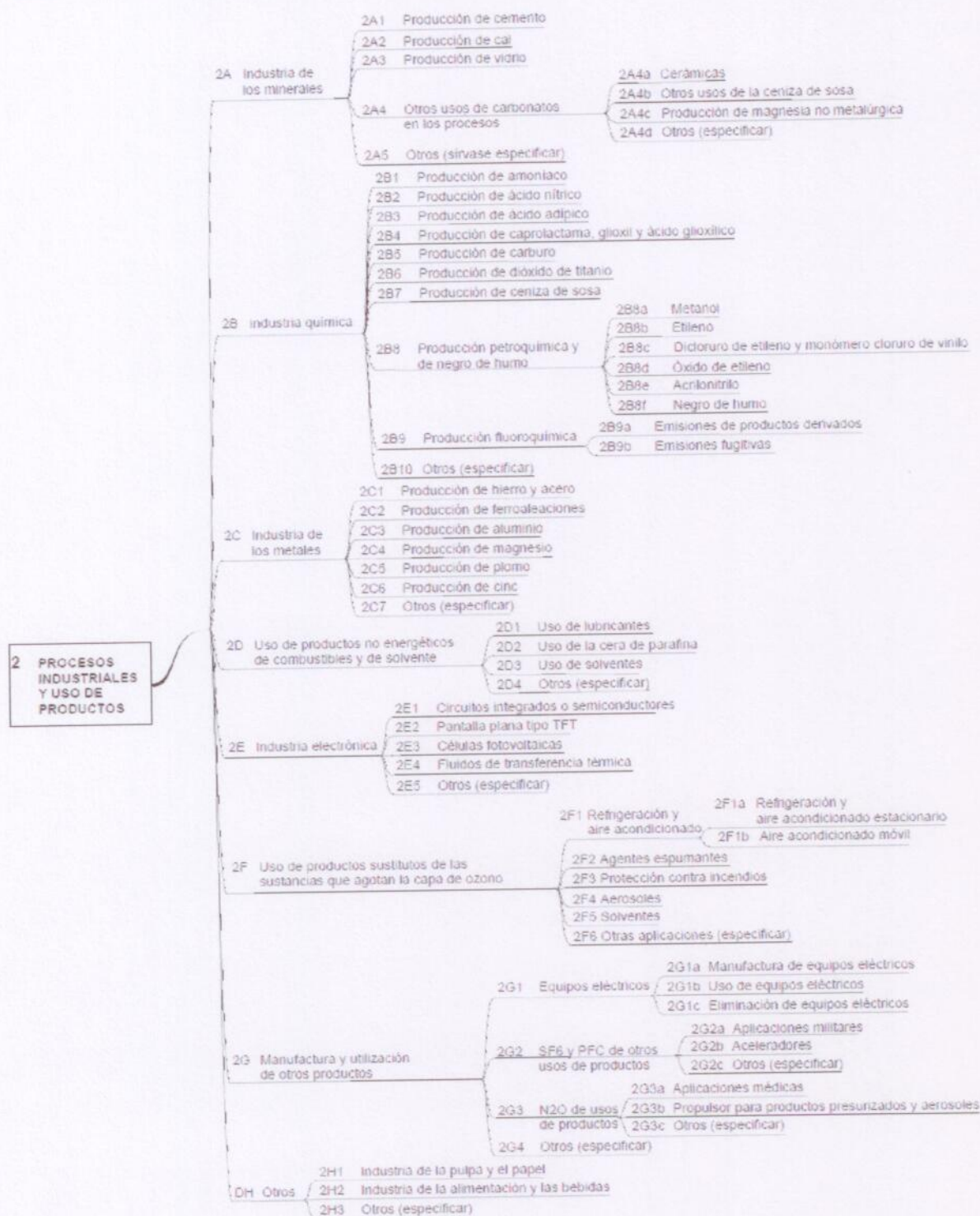


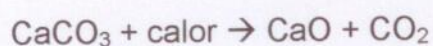
Tabla 1. Categorías de procesos industriales y utilización de productos



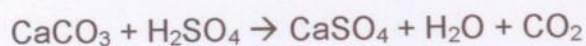
## II. Industria de los Minerales

Los procesos utilizados en la industria de los minerales generan fundamentalmente emisiones de CO<sub>2</sub>, provenientes del uso de materias primas carbonatadas y otros productos minerales industriales.

El uso de materias primas carbonatadas emite CO<sub>2</sub> en dos procesos diferentes: uno es la calcinación y el otro la liberación de CO<sub>2</sub> inducida por ácidos. En el primer caso, durante la calcinación de compuestos carbonatados, se forma óxido metálico mediante la aplicación de calor. A continuación se presenta una reacción química de calcinación típica para el mineral de calcita o carbonato de calcio:



Por otro lado, la liberación de CO<sub>2</sub> inducida por ácidos generaría la siguiente reacción química:



Esto ocurre en diversas industrias, pero es generalmente el resultado de la presencia de pequeñas cantidades de carbonatos, en calidad de impurezas, en un proceso de acidificación para concentrar un material no carbonatado. Por ejemplo, en el tratamiento de los minerales de fosfato con ácido sulfúrico para producir ácido fosfórico, el concentrado de fosfato que ha de ser acidificado puede contener un pequeño porcentaje de minerales carbonatados. Sin embargo, debe considerarse que la cantidad de CO<sub>2</sub> liberada por acidificación de estas impurezas carbonatadas es pequeña, por lo cual la atención suele centrarse en las emisiones resultantes de la calcinación de materiales carbonatados.

A su vez, dentro de la industria de los minerales, la producción de cemento, cal y vidrio son las que más contribuyen a las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. No obstante, no deben dejar de considerarse aquellas emisiones provenientes del consumo de carbonatos en una variedad de otras industrias de los minerales, incluidas las cerámicas, los usos de la ceniza de sosa y el consumo de carbonatos en la producción de magnesita (u óxido de magnesio) no metalúrgica.

Tal como se señala en el Volumen 3, sobre Procesos industriales de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto



invernadero en las metodologías para la estimación de las emisiones que se explican a continuación, se consideran sólo las emisiones relacionadas con procesos y no las emisiones relacionadas con la energía, ya que las mismas deberán contabilizarse en el Sector Energía.

Aunque el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) pueden ser emitidos por algunas categorías de fuente de la industria de los minerales, dados los conocimientos científicos actuales se supone que estas emisiones son insignificantes y por lo tanto no se abordan en este capítulo.

La metodología de cálculo de las emisiones generadas por aquellas industrias que calcinan carbonatos se basa en los pesos moleculares de los carbonatos y en factores de  $\text{CO}_2$  comunes, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

<p align="center"><b>CUADRO 2.1</b>  <b>FÓRMULAS, PESOS MOLECULARES DE FÓRMULA, Y CONTENIDO DE DIÓXIDO DE CARBONO</b>  <b>DE LAS ESPECIES COMUNES DE CARBONATOS*</b></p>			
Carbonato	Nombre del (o los) minerales	Peso molecular de fórmula	Factor de emisión (toneladas de $\text{CO}_2$ /toneladas de carbonato)**
$\text{CaCO}_3$	Calcita*** o aragonita	100,0869	0,43971
$\text{MgCO}_3$	Magnessita	84,3139	0,52197
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Dolomita***	184,4008	0,47732
$\text{FeCO}_3$	Siderita	115,8539	0,37987
$\text{Ca}(\text{Fe,Mg,Mn})(\text{CO}_3)_2$	Ankerita (o espató)****	185,0225–215,6160	0,40822–0,47572
$\text{MnCO}_3$	Rhodocrosita	114,9470	0,38286
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Carbonato de sodio o ceniza de sosa	106,0685	0,41492

Fuente: *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (2004).

\* Los resultados finales (es decir, la estimación de las emisiones) obtenidos con estos datos deben redondearse a no más de dos cifras significativas.

\*\* Fracción de  $\text{CO}_2$  emitida, suponiendo una calcinación al 100 por ciento, p. ej., 1 tonelada de calcita totalmente calcinada rendiría 0,43971 toneladas de  $\text{CO}_2$ .

\*\*\* La calcita es el mineral principal de la piedra caliza. Los términos tales como piedra caliza con fuerte proporción de magnesio o piedra caliza dolomítica se refieren a una sustitución relativamente pequeña del Mg por el Ca en la fórmula general  $\text{CaCO}_3$ , comúnmente presentada para la piedra caliza.

\*\*\*\* Para el intervalo de los pesos moleculares de fórmula presentados para la ankerita (espatos), se supone que el Fe, Mg y Mn están presentes en proporciones de al menos un 1.0 por ciento.

**Tabla 2. Fórmulas, pesos moleculares de fórmula y contenido de dióxido de carbono de las especies comunes de carbonatos**

## II.A. Producción de Cemento

En la fabricación del cemento, el  $\text{CO}_2$  se genera durante la producción de clinker, un producto intermedio constituido de nódulos, que luego se somete a una



molturación fina conjuntamente con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) o anhidruro ( $\text{CaSO}_4$ )], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland). Durante la producción del clinker, se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), para producir cal ( $\text{CaO}$ ) y  $\text{CO}_2$  como productos derivados. El  $\text{CaO}$  reacciona entonces con la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), y el óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) presentes en las materias primas, para formar minerales de clinker (principalmente silicatos de calcio). La proporción de otros carbonatos diferentes del  $\text{CaCO}_3$  en las materias primas es en general muy pequeña. Los demás carbonatos, si aparecen, existen esencialmente como impurezas en la materia prima de la piedra caliza primaria. Es deseable que haya una pequeña cantidad de  $\text{MgO}$  (generalmente, entre 1% y 2 por ciento) en el proceso de fabricación del clinker, pues actúa como fundente. Pero una cantidad mayor puede generar problemas con el cemento. El cemento puede fabricarse completamente (por molturación) a partir de clinker importado, en cuyo caso la planta de producción de cemento puede ser considerada libre de toda emisión de  $\text{CO}_2$  relacionada con el proceso de fabricación.

Además, durante la fabricación de clinker puede generarse polvo de horno de cemento (ó CKD, del inglés Cement Kiln Dust). En la estimación de las emisiones deben tomarse en cuenta las emisiones asociadas a este producto.

No hay emisiones adicionales asociadas con la producción de cemento de albañilería. En caso de que se produzca cemento de albañilería por adición de cal al cemento portland (o a su clinker), las emisiones asociadas a la cal deben haberse tomado ya en cuenta bajo el rubro producción de cal.

#### II.A.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Cemento

A los fines de la estimación de las emisiones asociadas a la producción de cemento se utilizan los datos de producción de cemento para estimar la producción de clinker mediante la contabilización de las cantidades y tipos de cemento producidos con sus respectivos contenidos de clinker. Esta información surge del Cuadro que se muestra a continuación:



**CUADRO 2.2**  
**FRACCIÓN DE CLINKER EN LAS «RECETAS» DE CEMENTOS COMPUESTOS Y EN LAS MEZCLAS GENERALES**  
**(BASADO EN LAS NORMAS ESTADOUNIDENSES ASTM C-150 Y C-595;**  
**LOS DATOS DE LOS ESTADOS UNIDOS PUEDEN SER ILUSTRATIVOS PARA OTROS PAÍSES)**

Nombre del cemento	Símbolo	Receta	% Clinker	Notas
Portland	«PC»	100% PC	95 - 97 90 - 92	Algunos estados de Estados Unidos autorizan la inclusión de 1% de GGBFS (del inglés, <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag Cement</i> : cemento de escoria de alto horno granulado y molido). Las normas más recientes autorizan una inclusión ≤ 5% de piedra caliza triturada.
Albústeria	«MC»	2/3 PC	64	Varía considerablemente
Portland modificado con escoria	ISM)	escoria < 25%	>70 - 93	
Portland BF Slag	IS	escoria 25-70%	26 - 70	
Portland puzolano	IP y P	puzolano 15-40%	28 - 79/81	la base es el PC y/o el IS
Portland modificado con puzolano	ISM)	puzolano <15%	28 - 93/95	la base es el PC y/o el IS
Cemento de escoria	S	escoria 70-100%	<28/29	puede utilizar CAO en vez de clinker

**PORCENTAJE DE CLINKER EN EL PRODUCTO**  
**Porcentaje de aditivos (puzolano-escoria) en el cemento mezclado\***

Proporción de productos (PC:mezcla)**	0%	10%	20%	30%	40%	75%
100/0	95 - 97	0	0	0	0	0
0/100	0	85.5	76	66.5	57	23.8
15/85	14.2	86.9	78.9	70.9	62.7	26.4
25/75	23.8	87.9	80.8	73.6	66.5	41.0
30/70	28.5	88.35	81.7	75.1	68.4	45.2
40/60	39	89.3	83.6	77.9	72.2	52.3
50/50	47.5	90.3	85.5	80.8 ***	76	59.4
60/40	57	91.2	87.4	83.6	79.8	66.5
70/30	66.5	92.2	89.3	86.5	83.6	73.6
75/25	71.1	92.6	90.1	87.8	85.4	77.1
85/15	80.8	93.6	92.2	90.7	89.3	84.3

Notas:

\* La inclusión de escorias determina que el cemento sea portland y/o cemento portland de escoria de alto horno. Excepto para el intervalo de 100 por ciento portland mismo, se supone que todos los demás portland contienen un 95 por ciento de clinker.

\*\* La proporción de productos se refiere al intervalo de productos de un país, p. ej., 75 por ciento de la producción total es portland y el resto es mezcla.

Se supone que todo el cemento hidráulico es portland y/o mezclado, o puzolano puro. Para la albústeria, se aproximaría una proporción de productos entre 60/40 y 70/30 de portland/mezcla, para la columna de 75 por ciento de aditivo. Se supone que los otros cementos hidráulicos (p. ej., los aluminosos) son nulos.

\*\*\* Ejemplo: Fracción de clinker para un país donde la producción de cemento es 50 por ciento de cemento portland y 50 por ciento de cemento mezclado, y el cemento mezclado contiene 70 por ciento de cemento portland y 30 por ciento de aditivos.

Tabla 3. Fracción de clinker en las "recetas" de cementos compuestos y en las mezclas generales

A los fines del cálculo, debe tenerse en cuenta las importaciones y exportaciones de clinker, ya que las emisiones resultantes de la producción de clinker importado no deben incluirse en las estimaciones de emisiones nacionales pues estas emisiones ya han ocurrido y se han contabilizado en otro país. De manera similar, las emisiones resultantes del clinker que es finalmente exportado, deben analizarse y atribuirse como estimaciones nacionales del país donde se produce el clinker. Se aplica entonces un factor de emisión para el clinker y se calculan las emisiones de CO<sub>2</sub> según la siguiente ecuación:

**ECUACIÓN 2.1**  
**NIVEL 3: EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO**

$$EmisionesCO_2 = \left[ \sum_i (M_{ci} \cdot C_{cli}) - Im + Ex \right] \cdot EF_{clc}$$

Donde:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la producción de cemento, toneladas.
- M<sub>ci</sub> = peso (masa) de cemento producido de tipo i, toneladas.
- C<sub>cli</sub> = fracción de clinker del cemento de tipo i, fracción.
- Im = importaciones para el consumo de clinker, toneladas.
- Ex = exportaciones de clinker, toneladas.
- EF<sub>clc</sub> = factor de emisión del clinker en el cemento en particular, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de clinker El factor de emisión por defecto del clinker (EF<sub>clc</sub>) está corregido para el CKD.

Si se supone una corrección aditiva del 2% para dar cuenta del CKD, el factor de emisión por defecto (EF<sub>clc</sub>) para el clinker es:

**ECUACIÓN 2.4**  
**FACTOR DE EMISIÓN PARA EL CLINKER**

$$EF_{clc} = 0.51 \cdot 1.02 \text{ (corrección CKD)} = 0.52 \text{ toneladas de CO}_2 / \text{toneladas de clinker}$$

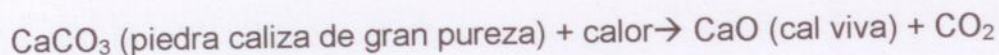
De lo expuesto anteriormente surge que la información clave a los fines de estimar las emisiones provenientes de la producción de cemento es:

- Producción de Cementos por tipo (en toneladas anuales): información que será obtenida a través de las encuestas a productores.
- % de Clinker de cada tipo: información que surge del cuadro 2.2, anteriormente presentado.

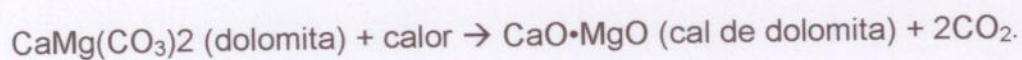


## II.B. Producción de Cal

Como ya se fue detallado anteriormente, el óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma al calentar la piedra caliza para descomponer los carbonatos. Este proceso se hace en general en grandes hornos a altas temperaturas y es donde ocurre la emisión de CO<sub>2</sub>. Como fuera mencionado, la reacción química de la calcinación de la piedra caliza es:



En el caso de la dolomita y las piedras calizas dolomíticas (que en su composición poseen una alta proporción de magnesio) también pueden procesarse a altas temperaturas para así obtener cal dolomítica según la siguiente reacción:



Como puede observarse en la ecuación, como producto de la calcinación se obtiene también CO<sub>2</sub>.

### II.B.1 Metodología de cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Cal

A los fines del cálculo de las emisiones de GEIs asociadas a la producción de cal será necesario contar con la siguiente información:

- Producción de Cal (toneladas)
- Composición (cal con fuerte proporción de calcio /cal de dolomita). En el siguiente cuadro se observan los parámetros básicos a considerar al momento de calcular el factor de emisión en la producción de cal:

CUADRO 2.4 PARAMETROS BÁSICOS PARA EL CÁLCULO DE LOS FACTORES DE EMISIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE CAL					
Tipo de cal	Cociente estequiométrico [toneladas de CO <sub>2</sub> por tonelada de CaO o de CaO·MgO] (1)	Intervalo del contenido de CaO [%]	Intervalo del contenido <sup>d</sup> en MgO [%]	Valor por defecto para el contenido de CaO o de CaO·MgO [fracción] (2)	Factor de emisión por defecto [toneladas de CO <sub>2</sub> por tonelada de cal] (1) • (2)
Cal con fuerte proporción de calcio <sup>a</sup>	0,785	0,785	0,3-2,5	0,95	0,75
Cal de dolomita <sup>b</sup>	0,913	55-57	38-41	0,95 ó 0,85 <sup>c</sup>	0,86 ó 0,77 <sup>c</sup>
Cal hidráulica <sup>b</sup>	0,785	65-92 <sup>c</sup>	NA	0,75 <sup>e</sup>	0,59

Fuente:  
<sup>a</sup> Miller (1999b) basado en ASTM (1996) y Schwarzkopf (1995).  
<sup>b</sup> Miller (1999a) basado en Boynton (1980).  
<sup>c</sup> Este valor depende de la tecnología utilizada para la producción de cal. El valor más alto se sugiere para los países desarrollados, el más bajo para los países en desarrollo.  
<sup>d</sup> No existe una fórmula química exacta para cada tipo de cal porque la química del producto cal está determinada por la química de la piedra caliza o la dolomita utilizada para fabricar la cal.  
<sup>e</sup> El contenido total en CaO (incluido aquél de las fases de silicatos).

Tabla 4. Parámetros básicos para el cálculo de los factores de emisión en la producción de cal

Una vez que definimos estos parámetros estaremos en condiciones de obtener el Factor de Emisión para la Producción de Cal.

<p style="text-align: center;"><b>ECUACIÓN 2.8</b></p> <p style="text-align: center;"><b>NIVEL 1: FACTOR DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE CAL</b></p> $  \begin{aligned}  EF_{cal} &= 0,85 \cdot EF_{cal \text{ con fuerte proporción de calcio}} + 0,15 \cdot EF_{cal \text{ de dolomita}} \\  &= 0,85 \cdot 0,75 + 0,15 \cdot 0,77^a \\  &= 0,6375 + 0,1155 \\  &= 0,75 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ / toneladas de cal producida}  \end{aligned}  $
--

Si a este factor de emisión se lo multiplica por el nivel de producción de cal, obtendremos las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas.

## II.C. Producción de Vidrio

La industria del vidrio puede dividirse en cuatro categorías principales: recipientes, vidrios planos (ventanas), fibras de vidrio y vidrios especiales, siendo las dos primeras las más frecuentes. Éstas están constituidas en su mayoría de vidrio de cal sodada, que a su vez está compuesto por sílice (SiO<sub>2</sub>), sosa (Na<sub>2</sub>O) y cal (CaO), con pequeñas cantidades de alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), además de algunos



ingredientes menores. En el caso de las fibras de vidrio, éstas poseen una composición similar.

Por lo expuesto, las principales materias primas que durante el proceso de fundición emiten  $\text{CO}_2$  son, como se mencionara, la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) y la dolomita  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , y la ceniza de sosa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Otras materias primas que son utilizadas en la producción del vidrio, pero en menor proporción, y que también generan emisiones de  $\text{CO}_2$  son el carbonato de bario ( $\text{BaCO}_3$ ), la ceniza de hueso ( $3\text{CaO}_2\text{P}_2\text{O}_5 + \text{XCaCO}_3$ ), carbonato de potasio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) y el carbonato de estroncio ( $\text{SrCO}_3$ ). Además, el carbón pulverizado de antracita y otros materiales orgánicos pueden agregarse para crear condiciones reductoras en el vidrio fundido, que luego se combinarán con el oxígeno disponible en el fundido de vidrio para producir  $\text{CO}_2$ .

La acción de estos carbonatos en la fusión del vidrio constituye una reacción química compleja a altas temperaturas, y si bien no puede compararse en forma directa con la calcinación de carbonatos para producir cal viva o cal de dolomita quemada, esta fusión (en la región de los  $1500^\circ\text{C}$ ) tiene los mismos efectos netos desde el punto de vista de las emisiones de  $\text{CO}_2$ .

Es importante agregar que, en términos prácticos, los fabricantes de vidrio no producen vidrio sólo a partir de materias primas, sino que algunos emplean también una cierta cantidad de chatarra de vidrio reciclada (cullet, en inglés), en la mayor cantidad que logren obtener. El cullet proviene de dos fuentes: la recuperación de vidrios rotos generados durante el mismo proceso de producción, y cullet exterior a la planta, proveniente de los programas de reciclaje del vidrio o de los servicios de corretaje del cullet.

Por último, cabe destacar que el  $\text{CO}_2$  que queda contenido en el vidrio es despreciable, por lo cual no es contabilizado al momento de estimar las emisiones de GEIs generadas a partir del proceso de fabricación del vidrio.



## II.C.1 Metodología de Cálculo para la Estimación de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Vidrio

En este caso la metodología de cálculo es muy sencilla, puesto que se aplica un factor de emisión por defecto y una proporción de cullet por defecto a las estadísticas nacionales sobre producción de vidrio. A continuación encontrarán la ecuación correspondiente.

$$\begin{aligned} &\text{ECUACIÓN 2.10} \\ &\text{NIVEL 1: EMISIONES BASADAS EN LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO} \\ &Emisiones de CO_2 = M_g \cdot EF \cdot (1 - CR) \end{aligned}$$

Donde:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de la producción de vidrio, toneladas
- Mg = masa del vidrio producido, toneladas
- EF = factor de emisión por defecto para la fabricación del vidrio, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de vidrio
- CR = proporción de cullet para el proceso (que, como se presenta a continuación es un valor por defecto), en forma de fracción

De aquí surge que los datos clave a los fines del cálculo son los del nivel de producción de vidrio.

Luego, el factor de emisión referido en la ecuación anterior, es un factor de emisión por defecto que a continuación se detalla:

$$\begin{aligned} &\text{ECUACIÓN 2.13} \\ &\text{NIVEL 1: FACTOR DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO} \\ &EF = 0.167 / 0.84 = 0.20 \text{ toneladas de CO}_2 / \text{toneladas de vidrio} \end{aligned}$$

## II.D. Otros Usos de los Minerales

Cerámicas: producción de ladrillos y tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y cerámica para el piso, vajillas y ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos



inorgánicos. Las emisiones relacionadas con los procesos de producción de las cerámicas provienen de la calcinación de los carbonatos contenidos en la arcilla, tal como ocurre en los procesos de producción del cemento y de la cal, los carbonatos se calientan a altas temperaturas en un horno, lo que produce óxidos y CO<sub>2</sub>.

Otros usos de la ceniza de soda: en este caso, tanto la producción como el consumo de la ceniza de soda (incluido el carbonato de sodio, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) generan emisiones de CO<sub>2</sub>. Las emisiones provenientes de su producción se contabilizan dentro de la Industria química, en tanto que las emisiones provenientes de su uso se declaran en los respectivos sectores de uso final donde la ceniza de soda es utilizada.

Producción de Magnesita No Metalúrgica: La magnesita se produce por calcinación del MgCO<sub>3</sub>, lo cual produce la liberación de CO<sub>2</sub>, como se observara anteriormente. En general, entre un 96% y un 98% del CO<sub>2</sub> contenido es liberado en la producción de magnesita calcinada, frente a prácticamente un 100% del CO<sub>2</sub> que se libera durante el calentamiento adicional para producir magnesita sinterizada. La producción de magnesita fundida produce también una liberación de CO<sub>2</sub> cercana al 100 por ciento.

#### II.D.1 Metodología de Cálculo para la Estimación de las Emisiones de GEIs Asociadas a Otros Usos Minerales:

ECUACIÓN 2.14

NIVEL 1: EMISIONES BASADAS EN LA MASA DE LOS CARBONATOS CONSUMIDOS

$$\text{Emisiones de CO}_2 = M_c \cdot (0.85 EF_{Lz} + 0.15 EF_d)$$

Donde:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente otros usos de carbonatos en los procesos, toneladas
- M<sub>c</sub> = masa del carbonato producido, toneladas

- EFIs o EFd = factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza o de la dolomita, medido en toneladas de CO<sub>2</sub>/ toneladas de carbonato (ver cuadro 2.1. en la introducción al presente apartado).



### III. Emisiones de la Industria Química

#### III.A. Producción de amoníaco

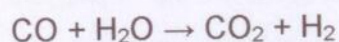
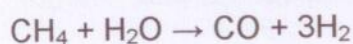
El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es uno de los productos químicos más utilizados a nivel industrial. El gas de amoníaco se utiliza directamente como fertilizante, en el tratamiento por calor, en la obtención de pulpa de papel, en la fabricación de ácido nítrico y de nitratos, en la fabricación del éster de ácido nítrico y de los compuestos nitrados, explosivos de diversa índole y como refrigerante. Además, las aminas, amidas y otros diversos compuestos orgánicos, tales como la urea, se fabrican a partir del amoníaco.

La producción de amoníaco requiere una fuente de nitrógeno (N) y una de hidrógeno (H). El nitrógeno se obtiene del aire mediante la destilación del aire líquido o a través de un proceso de oxidación en el cual se quema aire y se recupera nitrógeno residual. La mayor parte del hidrógeno del amoníaco se obtiene del gas natural. El contenido de carbono (C) del hidrocarburo se elimina del proceso en la etapa primaria de reformado al vapor y en la etapa de conversión en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por desplazamiento, que es la principal emisión potencial de gas de efecto invernadero. Las plantas que usan hidrógeno del aire, en vez de gas natural para producir amoníaco no liberan  $\text{CO}_2$  a partir de este proceso de síntesis.

##### III.A.1 Metodología de Cálculo para la Estimación de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Amoníaco

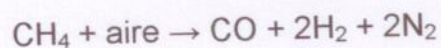
Como se mencionara anteriormente, dentro de la industria del amoníaco predomina el uso del gas natural como fuente de hidrógeno. Tal como puede observarse en las siguientes fórmulas químicas, la producción de amoníaco anhidro por reformado catalítico al vapor de gas natural (principalmente  $\text{CH}_4$ ) resulta en la producción de dióxido de carbono como producto derivado.

Reformado primario con vapor (se utiliza el Gas natural como fuente de H):

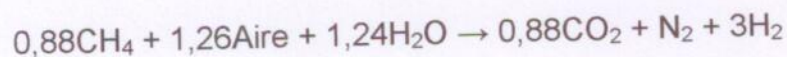




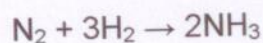
Reformado secundario con aire (se utiliza el aire como fuente de H):



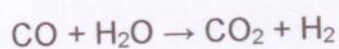
Reacción global:



Síntesis del amoníaco



Conversión por desplazamiento de gas en el proceso de reformado secundario



Los procesos que afectan las emisiones de  $\text{CO}_2$  asociadas con la producción de amoníaco son:

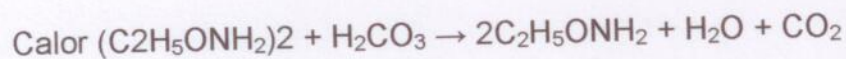
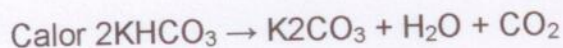
- El desplazamiento del monóxido de carbono a dos temperaturas al usar catalizadores de óxido de hierro, óxido de cobre y/u óxido de cromo para la conversión en dióxido de carbono;
- La absorción del dióxido de carbono por una solución depuradora de carbonato de potasio caliente, monoetanolamina (MEA), Sulfinol (alcohol-amina y dióxido de tetrahidrotiofeno) u otros;
- La conversión del  $\text{CO}_2$  residual en metano mediante catalizadores de níquel para purificar el gas de síntesis.

La producción de amoníaco representa una fuente significativa de emisiones industriales no energéticas de  $\text{CO}_2$ . En las plantas que usan el proceso de reformado al vapor del gas natural, la liberación principal de  $\text{CO}_2$  se produce durante la regeneración de la solución depuradora del  $\text{CO}_2$  con emisiones menores resultantes de la depuración de los condensados de aguas amoniacaes.

#### *Regenerador de Dióxido de Carbono*

Después de la absorción del  $\text{CO}_2$  de los gases del proceso, las soluciones depuradoras saturadas se regeneran (para su reutilización) mediante la separación al vapor y/o por ebullición, para liberar el  $\text{CO}_2$  de los bicarbonatos, tal como se observa en las reacciones siguientes:





El gas separador, que contiene  $\text{CO}_2$  y otras impurezas, puede ser dirigido hacia una planta de urea (cuando ésta esté en funciones), hacia una planta de ácido carbónico líquido, o bien, ventearse hacia la atmósfera.

#### *Depurador de condensados*

Luego de la conversión por desplazamiento a bajas temperaturas, el enfriamiento del gas de síntesis forma un condensado que contiene pequeñas cantidades de  $\text{CO}_2$  y otras impurezas del proceso. Se separa el condensado al vapor, lo que puede resultar en el venteo de sus componentes hacia la atmósfera, pero normalmente se recicla hacia el proceso junto con la corriente del proceso.

Considerando todo lo expuesto, a continuación se presenta la ecuación mediante la cual se calculan las emisiones de  $\text{CO}_2$  provenientes de la producción de amoníaco:

<p><b>ECUACIÓN 3.1</b></p> <p><b>EMISIONES DE <math>\text{CO}_2</math> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE AMONIACO – NIVEL 1</b></p> <p><math>E_{\text{CO}_2} = AP \cdot FR \cdot CCF \cdot FOC \cdot 44/12 - R_{\text{CO}_2}</math></p>
--

Donde:

- $E_{\text{CO}_2}$  = emisiones de  $\text{CO}_2$ , kg.
- AP = producción de amoníaco, toneladas
- FR = requisito de combustibles por unidad de salida, GJ/toneladas de amoníaco producido
- CCF = factor del contenido de carbono del combustible, kg. C/GJ
- FOC = factor de oxidación de carbono del combustible, fracción
- $R_{\text{CO}_2}$  =  $\text{CO}_2$  recuperado para utilización ulterior en un proceso secundario (producción de urea), kg.

De la ecuación anterior surge que los datos claves para el cálculo de las emisiones son la producción de amoníaco, la producción de urea en la planta, y el



tipo de proceso de producción que se desarrolla en la planta. A partir de ellos y de los datos que se muestran en el siguiente cuadro, se está en condiciones de estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de amoníaco.

CUADRO 3.1 TOTAL DE REQUISITOS DE COMBUSTIBLE POR DEFECTO (COMBUSTIBLE MÁS ALIMENTACIÓN A PROCESOS) Y FACTORES DE EMISIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE AMONIACO (POR TONELADA DE NH <sub>3</sub> )				
Proceso de producción	Total de requisitos de combustible (GJ(NCV) / tonelada de NH <sub>3</sub> ) ± Incertidumbre (%)	Factor de contenido de carbono [CCF] <sup>1</sup> (kg./GJ)	Factor de oxidación de carbono [FOC] <sup>1</sup> (fracción)	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (toneladas de CO <sub>2</sub> /toneladas de NH <sub>3</sub> )
Plantas modernas - Europa	30,2 (± 6%)	15,3	1	1,694
Reformado convencional – gas natural				
Reformado por exceso de aire – gas natural	29,7 (± 6%)	15,3	1	1,666
Reformado autotérmico – gas natural	30,2 (± 6%)	15,3	1	1,694
Oxidación parcial	36,0 (± 6%)	21,0	1	2,772
Derivado de los valores promedio europeos para consumos de energía específicos (mezcla de plantas modernas y más antiguas)	37,5 (± 7%)	15,3	1	2,104
Valor promedio – gas natural				
Valor promedio – oxidación parcial	42,5 (± 7%)	21,0	1	3,273
VCN –Valor calórico neto. <sup>1</sup> Valores tomados de Energía, Vol. 2, Capítulo 1, Cuadros 1.3 y 1.4. Fuente: Adaptado de EFMA (2000b; p 21); de Beer, Philipsen y Bates (2001; p 21); para las plantas modernas, los factores por defecto pueden derivarse usando el contenido de C correspondiente al gas natural (considerado seco) y los factores por defecto de la oxidación parcial pueden derivarse utilizando el contenido de C correspondiente al fuel óleo residual.				

Tabla 5. Total de requisitos de combustible por defecto (combustible más alimentación a procesos) y factores de emisión para la producción de amoníaco (por tonelada de NH<sub>3</sub>)

### III.B. Producción de Ácido Nítrico

El ácido nítrico es utilizado como materia prima en la fabricación de fertilizantes nitrogenados, aunque puede emplearse también en la producción de ácido adípico y de explosivos (p.e. la dinamita), para el grabado de metales y en el procesamiento de metales ferrosos.

Durante la producción de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) se genera óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) como un producto derivado no intencional de la oxidación catalítica a altas temperaturas del amoníaco (NH<sub>3</sub>). La cantidad de N<sub>2</sub>O que se forma depende, entre otros



factores, de las condiciones de combustión (presión, temperatura), de la composición y envejecimiento del catalizador, y del diseño del quemador. El ácido nítrico, si no es reducido, es una fuente significativa de  $N_2O$  atmosférico y constituye la fuente principal de emisiones de  $N_2O$  en la industria química. A pesar de que, a diferencia de otras emisiones provenientes de la producción de ácido nítrico, no existen tecnologías maduras especialmente diseñadas para destruir el  $N_2O$ , en años recientes se ha desarrollado un cierto número de tecnologías de reducción del  $N_2O$  durante la fabricación del ácido nítrico. Entre los ejemplos se incluyen un proceso de gases de cola en el cual tanto las emisiones de  $N_2O$  como las de  $NO$  pueden reducirse en forma simultánea (lo que requiere del aporte de amoníaco al gas de cola), una opción de tratamiento del gas de proceso que implica la descomposición catalítica directa inmediatamente después de los filtros catalíticos de platino, y una opción de descomposición catalítica exhaustiva.

Existen dos tipos de planta de ácido nítrico: las plantas de presión única y las plantas de presión doble. En las plantas de presión única la oxidación y la absorción ocurren prácticamente a la misma presión, en tanto que en las plantas de presión doble, la absorción tiene lugar a una presión más elevada que la de la etapa de oxidación.

### III.B.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Ácido Nítrico

**ECUACIÓN 3.5**  
**EMISIONES DE  $N_2O$  DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO – NIVEL 1**

$$E_{N_2O} = EF \cdot NAP$$

Donde:

- $E_{N_2O}$  = emisiones de  $N_2O$ , kg.
- $EF$  = factor de emisión de  $N_2O$  (por defecto), kg. de  $N_2O$ /toneladas de ácido nítrico producido
- $NAP$  = producción de ácido nítrico, toneladas



De lo expuesto surgen los datos clave a los fines de calcular las emisiones de GEIs asociadas a la producción de ácido nítrico, que son la cantidad de ácido nítrico producida, y el tipo de proceso de producción. Existe un factor de emisión por defecto para cada uno de los tipos de procesos de producción detallados en el siguiente cuadro:

CUADRO 3.3 FACTORES POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO	
Proceso de producción	Factor de emisión de N <sub>2</sub> O (respecto del ácido puro a 100 por ciento)
Plantas con NSCR <sup>a</sup> (todos los procesos)	2 kg. de N <sub>2</sub> O/tonelada de ácido nítrico ±10%
Plantas con destrucción de N <sub>2</sub> O integrada al proceso o al gas de cola	2.5 kg. de N <sub>2</sub> O/tonelada de ácido nítrico ±10%
Plantas a presión atmosférica (baja presión)	5 kg. de N <sub>2</sub> O/tonelada de ácido nítrico ±10%
Plantas de combustión a presión intermedia	7 kg. de N <sub>2</sub> O/tonelada de ácido nítrico ±20%
Plantas a alta presión	9 kg. de N <sub>2</sub> O/tonelada de ácido nítrico ±40%
Reacción de reducción catalítica no selectiva (NSCR, del inglés <i>Non-Selective Catalytic Reduction</i> )	
Fuente: van Balken (2005).	

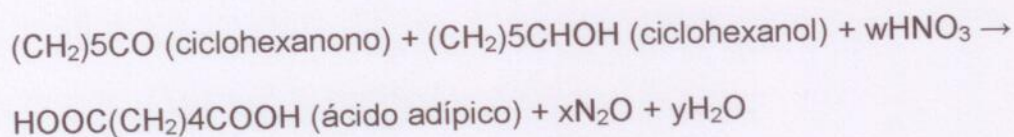
Tabla 6. Factores por defecto para la producción de ácido nítrico

### III.C. Producción de Ácido Adípico

El ácido adípico se utiliza como materia prima en el proceso de producción de una gran cantidad de productos tales como fibras sintéticas, recubrimientos, plásticos, espumas de uretano, elastómeros y lubricantes sintéticos. También se utilizan grandes cantidades de ácido adípico en la fabricación del monómero Nylon 6.6.

#### III.C.1 Metodología para el Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la Producción de Ácido Adípico

El ácido adípico es un ácido dicarboxílico fabricado a partir de una mezcla de ciclohexanono/ciclohexanol, que se oxida mediante ácido nítrico en presencia de un catalizador para formar ácido adípico. El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) se genera como un producto derivado no intencional de la etapa de oxidación con ácido nítrico.





Como se detalla en la reacción anterior, el ácido adípico, si no es reducido, constituye una fuente significativa del  $N_2O$  atmosférico. Las emisiones de  $N_2O$  dependen tanto de la cantidad generada en el proceso de producción como de la cantidad destruida en todo el proceso ulterior de reducción.

La ecuación que se utiliza para calcular las emisiones asociadas a dicho proceso productivo es:

$$\begin{array}{c} \text{ECUACIÓN 3.7} \\ \text{EMISIONES DE } N_2O \text{ DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO - NIVEL 1} \\ E_{N_2O} = EF \cdot AAP \end{array}$$

Donde:

- $E_{N_2O}$  = emisiones de  $N_2O$ , kg.
- EF = factor de emisión de  $N_2O$  (por defecto), kg. de  $N_2O$ /toneladas de ácido adípico producido
- AAP = producción de ácido adípico, toneladas

De la reacción anterior surgen los datos que resultan clave al momento de efectuar los cálculos. Estos son el nivel de producción de ácido adípico y el tipo de proceso de producción, para los cuales se asigna un factor de emisión por defecto tal como se observa en el siguiente cuadro:

FACTORES POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO		
Proceso de producción	Factor de generación de $N_2O^{a,d}$	Estimación de la incertidumbre
Oxidación con ácido nítrico	300 kg./tonelada de ácido adípico (no controlado)	$\pm 10\%$ (basado en dictamen de expertos). El intervalo de 300 kg. $\pm 10\%$ abarca la variabilidad de la alimentación al proceso desde la cetona pura hasta el alcohol puro, con la mayoría de los fabricantes situados alrededor de la media. <sup>a</sup>
Tecnología de reducción	Factor de destrucción <sup>b</sup> de $N_2O$	Estimación de la incertidumbre
Destrucción catalítica	92.5%	90-95% (basado en dictamen de expertos). Entre los fabricantes conocidos como utilizadores de esta tecnología, se incluyen: BASF (Scott, 1998), y DuPont (Reimer, 1999b).
Destrucción térmica	98.5%	98-99% (basado en dictamen de expertos). Entre los fabricantes conocidos como utilizadores de esta tecnología, se incluyen: Asahi, DuPont, Bayer, y Solutia (Scott, 1998).
Reciclado hacia el ácido nítrico	98.5%	98-99% (basado en dictamen de expertos). Entre los fabricantes conocidos como utilizadores de esta tecnología, se incluyen: Alsachemie (Scott, 1998).
Reciclado hacia la alimentación al proceso del ácido adípico	94%	90-98% (basado en dictamen de expertos). Solutia implementaba esta tecnología alrededor de 2002.
Sistema de reducción	Factor de utilización <sup>d</sup>	Estimación de la incertidumbre
Destrucción catalítica	89%	80-98% (basado en dictamen de expertos) <sup>f</sup> .
Destrucción térmica	97%	95-99% (basado en dictamen de expertos) <sup>f</sup> .
Reciclado hacia el ácido nítrico	94%	90-98% (basado en dictamen de expertos) <sup>f</sup> .
Reciclado hacia el ácido adípico	89%	80-98% (basado en dictamen de expertos) <sup>f</sup> .
<sup>a</sup> Considerando un valor proporcionado por la Japan Environment Agency (Agencia medioambiental del Japón) (1995) (282 kg. de $N_2O$ /tonelada de ácido adípico); se estima que este fabricante utiliza la oxidación de ciclohexanol (alcohol) puro en vez de la mezcla de cetona-alcohol (Reimer <i>et al.</i> , 1999). Que se sepa, ésta es la única planta que utiliza este método.		
<sup>b</sup> El factor de destrucción (que representa la eficiencia de reducción de la tecnología) debe multiplicarse por un factor de utilización del sistema.		
<sup>c</sup> Nótese que estos valores por defecto se basan en un dictamen de expertos y no en datos suministrados por la industria sobre mediciones específicas de las plantas. Durante los primeros 1 a 5 años de implementación de la tecnología de reducción, el factor de utilización tiende a situarse en el extremo inferior del intervalo. Una menor utilización del equipo resulta típicamente de la necesidad de aprender a operar el sistema de reducción y de una mayor incidencia de los problemas de mantenimiento que ocurren durante la fase inicial. Después de unos 1 a 5 años, mejora la experiencia de operación y el factor de utilización tenderá a situarse en el extremo superior del intervalo.		
Fuente:		
<sup>d</sup> Thiemens y Trogler (1991).		
<sup>e</sup> Reimer (1999b).		

Tabla 7. Factores por defecto para la producción de ácido adípico



### III.D. Producción de Caprolactama, Glioxal y Acido Glicoxílico

El caprolactama, el glioxal y el ácido glicoxílico son tres productos químicos cuyos procesos productivos resultan ser importantes fuentes potenciales de emisiones de óxido nitroso.

#### • Caprolactama ( $C_6H_{11}NO$ )

Casi toda la producción anual de caprolactama es utilizada como monómero de fibras de nylon-6 y de plásticos, aunque una proporción significativa también es utilizada para la fabricación de alfombras. Los procesos comerciales de fabricación de caprolactama se basan en el tolueno o en el benceno.

Cuando se produce caprolactama a partir del benceno en el proceso principal, el benceno es hidrogenado en ciclohexano, el cual se oxida luego para producir ciclohexanono ( $C_6H_{10}O$ ). La vía clásica (proceso Raschig) y las ecuaciones de las reacciones básicas para la producción de ciclohexanono se muestran en el siguiente cuadro:

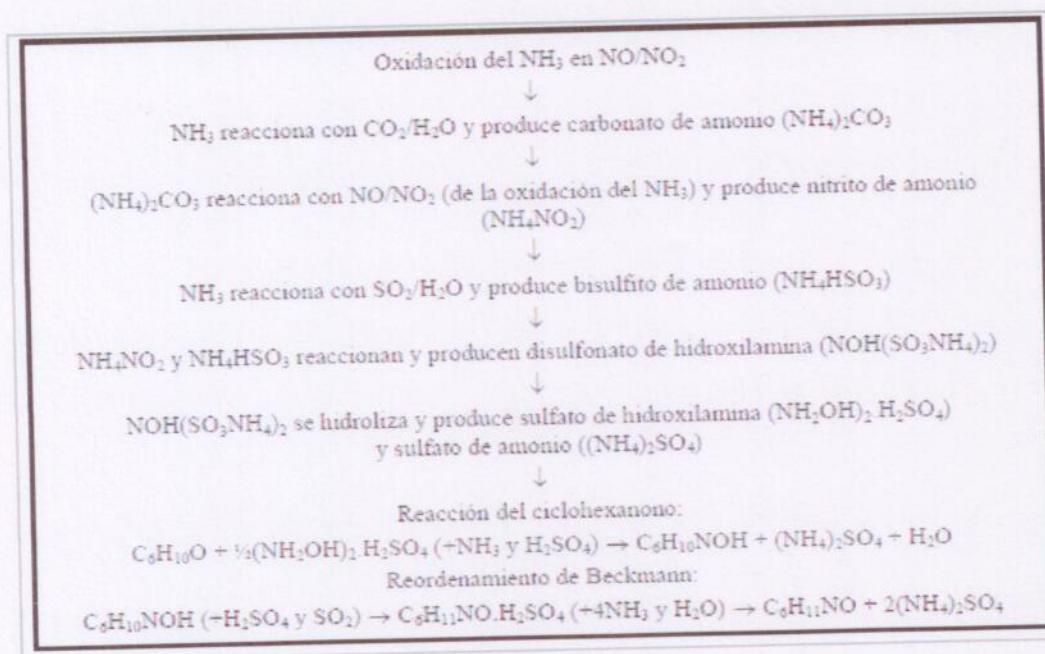


Ilustración 1. Esquema del proceso de producción de caprolactama

La producción de caprolactama no sólo genera emisiones de  $N_2O$ , sino que también emite  $CO_2$ ,  $SO_2$ , y  $CO_2$ , aunque en cantidades poco significativas. Por ello es que las emisiones del  $N_2O$  son las que se contabilizan en este caso.



### III.D.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Caprolactama

$$\text{ECUACIÓN 3.9}$$
$$\text{EMISIONES DE N}_2\text{O DE LA PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA - NIVEL 1}$$
$$E_{N_2O} = EF \cdot CP$$

Donde:

- $E_{N_2O}$  = emisiones de  $N_2O$ , kg.
- EF = factor de emisión de  $N_2O$  (por defecto), kg. de  $N_2O$ /toneladas de caprolactama producido
- CP = producción de caprolactama, en toneladas

De la ecuación anterior surge que el dato clave a los fines del cálculo de emisiones es el nivel de producción de Caprolactama.

En cuanto al factor de emisión, se utiliza el valor por defecto que figura en el siguiente cuadro:

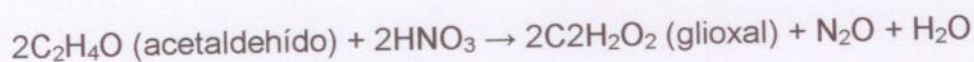
CUADRO 3.5 FACTOR POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE CAPROLACTAMA		
Proceso de producción	Factor de emisión de $N_2O$ (kg. de $N_2O$ / tonelada de caprolactama)	Incertidumbre
Raschig	9,0 <sup>a</sup>	± 40%
<sup>a</sup> Basado en las plantas de alta presión para la producción de ácido nítrico. Fuente: Factores por defecto para la Producción de ácido nítrico (Véase Cuadro 3.3 en este capítulo.)		

### III.E. Producción de Glioxal y Acido Glioxílico

El glioxal (etanedial) ( $C_2H_2O_2$ ) se produce a partir de la oxidación del acetaldehído (etanal) ( $C_2H_4O$ ) con ácido nítrico concentrado ( $HNO_3$ ). El glioxal puede producirse también mediante la oxidación catalítica del etilén glicol (etanediol) ( $CH_2OHCH_2OH$ ). El glioxal se usa como agente reticulante para las resinas de vinil acetato y/o acrílicas, desinfectante, agente endurecedor de gelatinas, agente de acabado de textiles y, aditivos hidrófugos (recubrimientos de papel).



La ecuación de la reacción para la producción de glioxal a partir del acetaldehído es:



La relación estequiométrica indica que una reacción completa resultará en 0,543 toneladas  $\text{N}_2\text{O}$  de por tonelada de glioxal. En condiciones de producción comercial, el rendimiento de  $\text{N}_2\text{O}$  por tonelada de glioxal es aproximadamente de 0,52 toneladas.

Por su parte, el ácido glioxílico se usa para producir aromas sintéticos, productos agroquímicos y productos farmacéuticos intermedios, y se produce por oxidación del glioxal mediante ácido nítrico.

La producción de ácido glioxílico es un proceso por lotes en el cual el ácido nítrico se reduce a  $\text{NO}$  y  $\text{N}_2\text{O}$  con recuperación del  $\text{NO}$  en el proceso como  $\text{HNO}_3$ . El  $\text{N}_2\text{O}$  aparece en el proceso de producción a través de una reacción secundaria en la cual el glioxal se convierte en ácido oxálico  $(\text{COOH})_2$ .

### III.E.1 Metodología para el Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Glioxal y Ácido Glioxílico.

En el cuadro que figura a continuación se muestran los factores por defecto para la producción de glioxal y ácido glioxílico. Las emisiones son estimadas mediante el mismo método descrito anteriormente para la caprolactama, por ello el dato clave a los fines de efectuar el cálculo de emisiones de GEIs es el nivel de producción tanto del glioxal como del ácido glioxílico.

CUADRO 3.6 FACTORES POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE GLIOXAL ÁCIDO GLIOXILICO				
Producto	Factor de generación de $\text{N}_2\text{O}$ (toneladas de $\text{N}_2\text{O}$ /tonelada)	Factor de destrucción de $\text{N}_2\text{O}$ (%)	Factor de emisión de $\text{N}_2\text{O}$ (toneladas de $\text{N}_2\text{O}$ /tonelada)	Incertidumbre (%)
Glioxal	0.52	80	0.10	±10
Ácido glioxílico	0.10	80	0.02	±10
Fuente: Babusiaux (2005)				

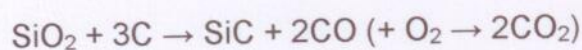
Tabla 8. Factores por defecto para la producción de glioxal ácido glioxílico



### III.F. Producción de Carburo

#### III.F.1 Carburo de Silicio

El carburo de silicio se produce a partir de la arena de sílice o cuarzo y del coque de petróleo, el cual es utilizado como una fuente de carbono, según las siguientes reacciones:



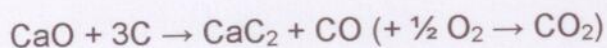
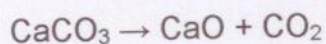
En el proceso de producción se mezcla la arena de sílice con carbono. Una porción del carbono, cercana al 35%, queda contenida dentro del producto; el resto se convierte en  $\text{CO}_2$  con exceso de oxígeno y es liberado en la atmósfera como un producto derivado del proceso.

El coque de petróleo utilizado en el proceso puede contener componentes volátiles que formarán metano. Una parte del metano se escapará hacia la atmósfera, sobre todo durante la fase de arranque.

#### III.F.2 Carburo de Calcio

El carburo de calcio ( $\text{CaC}_2$ ) se fabrica por calentamiento del carbonato de calcio (piedra caliza) seguido de una reducción del  $\text{CaO}$  con carbono, p.e. coque de petróleo. Ambas etapas conducen a emisiones de  $\text{CO}_2$ , como ya se ha detallado anteriormente. Cerca de un 67% del carbono del coque de petróleo estará contenido en el producto.

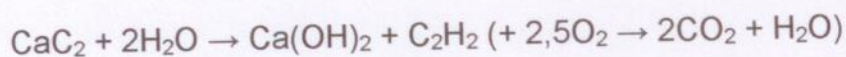
Las reacciones básicas son:



La aplicación más importante del carburo de calcio es la producción de acetileno ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) por reacción del  $\text{CaC}_2$  con el agua. A su vez, el acetileno es utilizado mayormente en la fabricación de aplicaciones relacionadas con la soldadura, pero también en la síntesis química del acetaldehído, el ácido acético, el anhídrido acético, y como alimentación al proceso de fabricación de «negro de acetileno», una forma del negro de humo.



La producción y uso del acetileno para las aplicaciones en soldadura se expresa por la reacción:



En este caso, las emisiones se estiman a través de la cantidad de  $\text{CaC}_2$  utilizado para la producción del acetileno, bajo la hipótesis de que el acetileno habrá sido utilizado durante un período relativamente corto posterior a la producción.

### III.F.3 Metodología para la Estimación de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Carburo de Silicio y Carburo de Calcio:

En ambos casos la se sigue la misma fórmula:

ECUACIÓN 3.11  
EMISIONES DE LA PRODUCCIÓN DE CARBURO

$$E_{\text{CO}_2} = AD \cdot EF$$

Donde:

- $E_{\text{CO}_2}$  = emisiones de  $\text{CO}_2$ , toneladas
- AD = datos de la actividad sobre el consumo de coque de petróleo o de la producción de carburo, toneladas de materia prima utilizada o toneladas de carburo producido
- EF = factor de emisión de  $\text{CO}_2$ .

Se dan las dos posibilidades siguientes:

Cuando se utiliza la producción de carburo como dato de la actividad, EF debe corresponder al promedio de las emisiones de  $\text{CO}_2$  por unidad de salida para la producción de carburo, toneladas de  $\text{CO}_2$ /tonelada de producción de carburo.

Cuando se utiliza el consumo de coque de petróleo como dato de la actividad, EF debe corresponder al factor CCF (factor de contenido de carbono) multiplicado por 44/12 y ajustado para dar cuenta del C contenido del producto, toneladas de  $\text{CO}_2$ /tonelada de material utilizado.



El factor de ajuste para el SiC = 0,35  $\Rightarrow$  Factor de emisión= 0,65 • CCF • COF • 44/12;

El factor de ajuste para el CaC<sub>2</sub> = 0,67  $\Rightarrow$  Factor de emisión= 0,33 • CCF • COF • 44/12.

La ecuación anterior puede emplearse también para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub>, donde EF es el factor de emisión apropiado para el CH<sub>4</sub>.

Para estimar las emisiones provenientes del CaC<sub>2</sub> se necesita incluir las emisiones de CO<sub>2</sub> que se atribuyen indirectamente al CaC<sub>2</sub> el cual se emplea en la producción de acetileno. La Ecuación 3.11 puede aplicarse allí donde AD corresponde a la cantidad de CaC<sub>2</sub> utilizado, y EF es el factor de emisión asociado a este uso. Al usar el método de Nivel 1, es una buena práctica suponer que todo el CaC<sub>2</sub> utilizado en la producción de acetileno da lugar a emisiones de CO<sub>2</sub>.

De la ecuación anterior, surge que los datos relevantes a los fines de estimar las emisiones provenientes de la producción de carburos son los niveles de producción del carburo de silicio y del carburo de calcio.

En cuanto a los factores de emisión a utilizar, los mismos se detallan en la serie de cuadros que se incluyen a continuación:

CUADRO 3.7 FACTORES POR DEFECTO PARA LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Y CH <sub>4</sub> DE LA PRODUCCIÓN DE CARBURO DE SILICIO				
Proceso	Factor de emisión (toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de materia prima utilizada)	Factor de emisión (kg. de CH <sub>4</sub> /tonelada de materia prima utilizada)	Factor de emisión (toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de carburo producido)	Factor de emisión (kg. de CH <sub>4</sub> /tonelada de carburo producido)
Producción de carburo de silicio	2,30	10,2	2,62	11,6
Fuente: Revised 1996 IPCC National Greenhouse Gas Inventories, Vol 3, p. 2.21 (IPCC, 1997)				

Tabla 9. Factores por defecto para las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> de la producción de carburo de silicio



CUADRO 3.8 FACTORES DE EMISIÓN PARA LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN Y USO DEL CARBURO DE CALCIO		
Proceso	Factor de emisión por defecto (toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de materia prima utilizada)	Factor de emisión por defecto (toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de carburo producido)
Uso del coque de petróleo	1.70	1.090
Uso del producto	no pertinente	1.100
Fuente: Revised 1996 IPCC National Greenhouse Gas Inventories, Vol 3, p 2.22 (IPCC, 1997)		

Tabla 10. Factores de emisión para las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de la producción y uso del carburo de calcio

### III.G. Producción de Dióxido de Titanio

El dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) es uno de los pigmentos blancos más utilizados a nivel industrial. Principalmente, encontramos este pigmento en pinturas, papel, plásticos, gomas, cerámicas, tejidos, revestimientos de pisos, tinta de imprenta y otros. Sustancialmente, este elemento se fabrica mediante la utilización de la vía de cloruro, generando emisiones de GEIs de niveles significativos, aunque la producción por la vía de sulfato se mantiene vigente. No obstante, a los fines del presente trabajo, esta última no se considerará ya que el proceso de la vía del sulfato no genera emisiones significativas de gases de efecto invernadero.

El TiO<sub>2</sub> se produce como TiO<sub>2</sub> anatasa y como TiO<sub>2</sub> rutilo. Las formas del TiO<sub>2</sub> difieren en términos de la estructura cristalina y de la pureza del producto final. El proceso de producción de TiO<sub>2</sub> anatasa que genera emisiones GEIs es el que se efectúa a partir de la escoria de titanio.

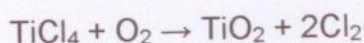
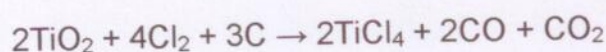
Por su parte, existen otros procesos de producción de TiO<sub>2</sub> que también generan la emisión de GEIs a la atmósfera. Estos son: la producción de escoria de titanio en hornos eléctricos, la producción de rutilo sintético mediante el proceso de Becher y la producción de TiO<sub>2</sub> rutilo por la vía del cloruro.

La escoria de titanio utilizada para la producción de TiO<sub>2</sub> anatasa se produce fundiendo la ilmenita en un horno eléctrico. A su vez, el TiO<sub>2</sub> rutilo puede producirse por procesamiento ulterior del TiO<sub>2</sub> anatasa, y las emisiones de este proceso provienen de la sustancia reductora utilizada en el proceso.



En el caso de la producción de rutilo sintético a través del proceso de Becher, se reduce el óxido de hierro contenido de la ilmenita a hierro metálico y luego se reoxida en óxido de hierro. En el proceso se separa el dióxido de titanio como rutilo sintético entre un 91% y un 93% de pureza. El carbón negro se usa como agente reductor y de aquí provienen las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes de este proceso.

La vía principal de producción del TiO<sub>2</sub> rutilo es la vía del cloruro. El TiO<sub>2</sub> rutilo se produce a través de la cloración carbotérmica del mineral de rutilo o del rutilo sintético para producir tetracloruro de titanio (TiCl<sub>4</sub>) y de la oxidación de los vapores de TiCl<sub>4</sub> en TiO<sub>2</sub> según las reacciones siguientes:



Según estas reacciones, y considerando una conversión completa de C en CO<sub>2</sub> a través de la conversión subsiguiente del CO en exceso de aire, el factor de emisión de CO<sub>2</sub> no puede ser inferior a 0,826 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de TiO<sub>2</sub> (siempre que la reacción posea una relación de 1,5 moles de CO<sub>2</sub> por mol de TiO<sub>2</sub>).

### III.G.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de Dióxido de Titanio

<p><b>ECUACIÓN 3.12</b></p> <p>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN DE ESCORIA DE TITANIO, RUTILO SINTÉTICO Y TiO<sub>2</sub> RUTILO – NIVEL 1</p> $E_{\text{CO}_2} = \sum_i (AD_i \cdot EF_i)$
--

Donde:

- ECO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub>, toneladas
- AD<sub>i</sub> = producción de escoria de titanio, rutilo sintético ó TiO<sub>2</sub> rutilo (producto i), toneladas
- EF<sub>i</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de producción de escoria de titanio, rutilo sintético o TiO<sub>2</sub> rutilo (producto i), toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de producto.



De esta ecuación surge que los datos clave al momento de efectuar las estimaciones de referencia son: el nivel de producción de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), y el método de producción utilizado. Los factores de emisión, que dependen de esta última cuestión, se detallan en el cuadro que se muestra a continuación.

CUADRO 3.9 FACTORES POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE TITANIO (TONELADAS DE $\text{CO}_2$ POR TONELADA DE PRODUCTO)	
Producto	Factor de emisión e incertidumbre respectiva (toneladas de $\text{CO}_2$ /tonelada de producto)
Escoria de titanio <sup>1</sup>	No disponible
Rutilo sintético <sup>2</sup>	1.43 ( $\pm 10\%$ )
Rutilo dióxido de titanio (vía del cloruro) <sup>3</sup>	1.34 ( $\pm 15\%$ )
Fuente: <sup>1</sup> No se dispone de un factor de emisión por defecto pues existen solo dos plantas, Richards Bay en Sudáfrica y Allard Lake en Canadá, y porque los datos son confidenciales. Para los respectivos países, es una buena práctica incluir las estimaciones de emisiones específicas de planta en sus inventarios sobre gases de efecto invernadero. <sup>2</sup> Derivado de datos proporcionados por Iluka Resources. <sup>3</sup> Adaptado de EIPPCB (2004a, p. 99).	

Tabla 11. Factores por defecto para la producción de dióxido de titanio (toneladas de  $\text{CO}_2$  por tonelada de producto)

### III.H. Producción de Ceniza de Sosa

La ceniza de sosa (carbonato de sodio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) es un sólido cristalino blanco que se es utilizado como insumo en una gran variedad de industrias tales como la industria del vidrio, jabón y detergentes, producción de pulpa y papel y el tratamiento de aguas. Las emisiones de  $\text{CO}_2$  se producen a partir del uso de la ceniza de sosa (dichas emisiones se contabilizarán bajo la industria que utiliza este producto), aunque durante su producción también se generan emisiones significativas de GEIs, y la cantidad emitida depende sustancialmente del tipo de proceso industrial empleado para la fabricación de la ceniza de sosa.

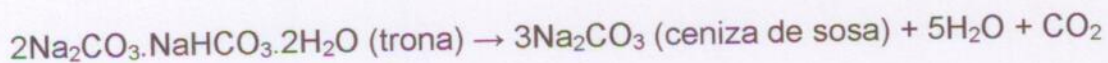
Para producir ceniza de sosa se pueden emplear cuatro procesos diferentes. Tres de estos procesos, se denominan como procesos naturales y son: el del monohidrato, el del sesquicarbonato de sodio (trona) y el de la carbonización directa. El cuarto proceso, o proceso de Solvay, se considera como un proceso sintético. En él, el carbonato de calcio (piedra caliza) es la sustancia empleada como fuente de  $\text{CO}_2$ . Estas emisiones provenientes del uso de la piedra caliza son consideradas dentro de la industria de los minerales.



### III.H.1 Proceso Natural de Producción de Ceniza de Sosa

En el caso de los procesos naturales, durante la producción de la ceniza de sosa, el trona (mineral del cual se extrae la ceniza de sosa en estado natural) se calcina a altas temperaturas y es transformada en ceniza de sosa cruda. Como resultado de este proceso se generan como productos derivados  $\text{CO}_2$  y agua. La reacción química que muestra a continuación detalla lo expresado anteriormente.

Durante el proceso de producción, el trona (el mineral principal del cual se extrae la ceniza de sosa natural) se calcina en un horno rotatorio de altas temperatura y se transforma químicamente en ceniza de sosa cruda. En este proceso se genera dióxido de carbono y agua, como productos derivados. Las emisiones de dióxido de carbono pueden estimarse basándose en la reacción química siguiente:



### III.H.2 Metodología de Cálculo de las Emisiones asociadas al Proceso de Producción Natural de la Ceniza de Sosa

Las emisiones de  $\text{CO}_2$ , durante el proceso de producción de ceniza de sosa se generan, como se ha explicado anteriormente, a partir de la calcinación del mineral trona.

Según la reacción química presentada anteriormente, a partir de 10,27 toneladas de trona se produce 1 tonelada de  $\text{CO}_2$ . Por ello, teniendo el dato respecto a la cantidad de trona que entra al proceso industrial, o la cantidad de ceniza de sosa que es producto del mismo proceso, podremos estimar las emisiones de  $\text{CO}_2$  generadas durante el mencionado proceso. Esto se hace siguiendo la fórmula que se presenta a continuación:

<p style="text-align: center;">ECUACIÓN 3.14 EMISIONES DE <math>\text{CO}_2</math> DE LA PRODUCCIÓN DE CENIZA DE SOSA NATURAL – NIVEL 1 <math>E_{\text{CO}_2} = AD \cdot EF</math></p>
--

Donde:

- $E_{\text{CO}_2}$  = emisiones de  $\text{CO}_2$ , toneladas

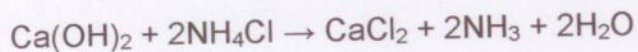
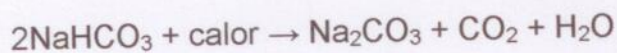
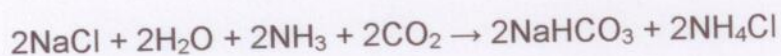
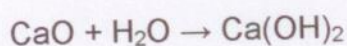
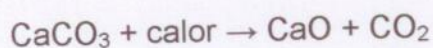


- AD = cantidad de trona utilizado o ceniza de sosa producida, toneladas de trona utilizado o toneladas de ceniza de sosa natural producida
- EF = factor de emisión por unidad de entrada de trona o por unidad de salida de ceniza de sosa natural, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de trona o toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de ceniza de sosa natural producida: EFtrona = 0,097 toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de trona, EFceniza de sosa= 0,138 toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de ceniza de sosa natural producida.

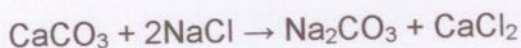
De la fórmula, surge que los datos clave a los fines de estimar las emisiones de GEIs provenientes de la producción de ceniza de sosa es el nivel de producción de la industria a nivel provincial, y el factor de emisión. Siendo este último una constante por defecto tal como se detalla anteriormente.

### III.I. Proceso de Producción de Ceniza de Sosa Sintética

En el proceso Solvay, la salmuera de cloruro de sodio, la piedra caliza, el coque metalúrgico y el amoníaco son utilizados como materias primas en el proceso de producción de ceniza de sosa. Sin embargo, en general el amoníaco es reciclado y sólo se pierde una pequeña cantidad. A continuación se muestra la serie de reacciones químicas que ocurren durante el proceso de producción Solvay de ceniza de sosa sintética.



La reacción global se resumiría como se indica a continuación:



A partir de las reacciones incluidas anteriormente, puede observarse que el CO<sub>2</sub> es generado en dos procesos de pirolisis, aunque el CO<sub>2</sub> generado es capturado, comprimido, y direccionado hacia las torres de Solvay de precipitado para su



consumo en una mezcla de salmuera (NaCl acuoso) y amoníaco. Aunque el  $\text{CO}_2$  se genera como producto derivado, éste se recupera y se recicla para utilizarlo en la etapa de carbonación, por lo que este proceso sería neutro, ya que el  $\text{CO}_2$  que se genera iguala al que se reinyecta.

Sin embargo, en términos prácticos, hay una porción de  $\text{CO}_2$  que es liberado a la atmósfera durante este proceso de producción, ya que el  $\text{CO}_2$  producido durante la reacción química es mayor al requerido. Este exceso de  $\text{CO}_2$  proviene de la calcinación de la piedra caliza con coque. Para los efectos del inventario, se puede usar una versión simplificada del balance suponiendo que las emisiones de  $\text{CO}_2$  resultan de la oxidación estequiométrica del carbono de coque.

### III.J. Producción petroquímica y de negro de humo

Si bien el negro de humo no es considerado un producto petroquímico, durante su proceso de producción se utilizan sustancias petroquímicas como alimentación al proceso. Las emisiones provenientes de la producción de negro de humo son inferiores a las de los procesos petroquímicos pero pueden ser significativas en algunos casos puntuales.

En el ámbito de la industria petroquímica y de la industria del negro de humo, los combustibles fósiles primarios (gas natural, petróleo, carbón) se utilizan con fines no combustibles en la fabricación de productos petroquímicos y de negro de humo. El uso de estos combustibles fósiles primarios puede implicar la combustión de una parte del contenido de hidrocarburo para aumentar el calor y producir combustibles secundarios (p.e. descargas gaseosas). Es importante, a los fines del presente trabajo, aclarar que estas emisiones deben considerarse dentro de la industria química, aunque no su uso, que consiste en la combustión fuera del ámbito de la industria en cuestión.

#### III.J.1 Metanol

La mayor parte del metanol que se fabrica a nivel mundial se hace a partir del gas natural, puntualmente a partir de su reformado al vapor. Este proceso de producción del metanol a partir de gas natural resulta, además de metanol, en ciertos productos derivados del gas de síntesis, tales como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , y  $\text{H}_2$ . Existen varios procesos alternativos para producir metanol a partir del gas natural



u otros combustibles de alimentación a procesos. En el siguiente recuadro se describen los procesos de producción del metanol:

RECUADRO 3.8  
DESCRIPCIONES DEL PROCESO DEL METANOL

Proceso de reformado convencional

El proceso de reformado convencional para la producción de metanol incluye el reformado al vapor (que puede incluir, una única unidad de reformado, o bien una dupla formada por una unidad de reformado primaria con una unidad de reformado secundaria) y la síntesis de metanol. Las ecuaciones generales del proceso de reformado convencional son:

<u>Reformado al vapor</u> $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$ $\text{C}_n\text{H}_m + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow n\text{CO} + (m/2 + n) \text{H}_2$	<u>Reacción de desplazamiento</u> $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	<u>Producción de metanol</u> $\text{CO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ $\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
<u>Reformado/Reacción de desplazamiento</u> $2 \text{CH}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{CO}_2 + 7 \text{H}_2$	<u>Producción de metanol</u> $\text{CO} + \text{CO}_2 + 7 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{OH} + 2 \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$	

El hidrógeno excedente de este proceso y el gas de purga del proceso del metanol que contiene metano y compuestos orgánicos volátiles diferentes del (COVDM), se recuperan y se queman para la recuperación de energía, generalmente dentro del proceso de producción del metanol, para producir vapor de proceso y/o electricidad para el proceso. El proceso de reformado convencional puede utilizar  $\text{CO}_2$  capturado desde otros procesos industriales, en calidad de sustancia complementaria de alimentación al proceso de producción del metanol.

Proceso de reformado combinado

El proceso de reformado combinado combina el proceso de reformado al vapor convencional con un proceso de oxidación catalítica parcial. Las ecuaciones químicas de la oxidación catalítica parcial son:

<u>Reacción de Reformado al vapor del etanol</u> $\text{CH}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$	<u>Reacción de oxidación de la alimentación al proceso</u> $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2$
--	---

El proceso de reformado combinado produce un gas de síntesis que contiene una proporción más equilibrada de hidrógeno respecto del monóxido de carbono (CO) y del  $\text{CO}_2$  que la del proceso de reformado convencional y no produce una corriente de gas hidrógeno para recuperación de energía. El proceso de reformado combinado produce un gas de purga que contiene  $\text{CH}_4$ , el cual se quema para recuperar energía dentro del proceso del metanol.

Otros Procesos de producción

El metanol puede producirse también a partir de la oxidación parcial del petróleo, del carbón o de sustancias petroquímicas de alimentación a procesos, o bien, de la gasificación del carbón en gas de síntesis. Sin embargo, estas sustancias de alimentación a procesos y estos procesos representan actualmente sólo una pequeña parte de la producción mundial de metanol.

Tabla 12. Descripción del proceso del Metanol



### III.J.2 Etileno

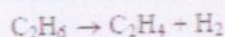
El etileno puede producirse mediante la escisión al vapor de las sustancias petroquímicas de alimentación a procesos en una planta petroquímica y también mediante la escisión y otros procesos operados en las refinerías de petróleo. La escisión al vapor para la producción de etileno también genera productos secundarios, entre los que podemos incluir el propileno y el butadieno. En el siguiente cuadro se detalla el proceso de escisión al vapor para la producción de etileno:

RECUADRO 3.9  
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL ETILENO

#### Escisión al vapor

La ecuación química fundamental para la producción de etileno es la siguiente:

#### Deshidrogenación del etano en etileno



Los tipos y las mezclas de sustancias de alimentación a procesos utilizados en la escisión al vapor para la producción de etileno varían según la región e incluyen sustancias como el etano, propano, butano, nafta, gasóleo y otras sustancias petroquímicas de alimentación a procesos. En Estados Unidos, la mayor parte del etileno se produce a partir de la escisión al vapor del etano, mientras que en Europa, Corea y Japón, la mayor parte del etileno se produce a partir de la escisión al vapor de la nafta.

La escisión al vapor de las sustancias petroquímicas de alimentación a procesos para producir etileno genera también otros productos petroquímicos de alto valor comercial, incluidos el propileno, el butadieno y los compuestos aromáticos. La mayor parte del propileno se produce mundialmente en las refinerías de petróleo como producto derivado de la producción de etileno, recuperándolo ya sea del fraccionador al vapor o de las unidades de desintegración catalítica fluida. Los fraccionadores al vapor que utilizan nafta como alimentación al proceso son la fuente más importante de propileno. Existen otras tecnologías de proceso que se usan para producir propileno, incluida la deshidrogenación catalítica del propano. Nótese que los métodos de estimación de emisiones de esta sección se aplican sólo a la producción de etileno y propileno en fraccionadores al vapor y no se aplican a otras tecnologías de proceso utilizadas para producir etileno o propileno. El proceso de escisión al vapor genera también productos derivados, como el hidrógeno, el metano y los hidrocarburos C4+, que generalmente se queman para recuperar energía al interior del proceso.

(Houdek, 2005: Figura 1 de la Página 3, Página 4)

Tabla 13. Descripción del proceso del etileno

### III.J.3 Dicloruro de Etileno y Monómero de Cloruro de vinilo.

Casi todo el dicloruro etileno (1,2-dicloroetano) es producido por la vía de la cloración directa o de la oxiclación del etileno, o bien por una combinación de ambos procesos (denominado «proceso equilibrado»):

- Proceso de cloración directa y de Oxiclación



En el proceso de cloración directa ocurre una reacción en fase gaseosa del etileno con cloro para producir dicloruro de etileno. El proceso de oxiclорación implica una reacción en fase gaseosa del etileno con ácido clorhídrico y oxígeno para producir dicloruro de etileno y agua. Luego, el dicloruro de etileno se fracciona para producir monómero de cloruro de vinilo y ácido clorhídrico. El proceso de oxiclорación produce una descarga gaseosa que contiene CO<sub>2</sub> como producto derivado producido por la oxidación directa de la alimentación del etileno al proceso.

Las ecuaciones químicas fundamentales para el proceso de cloración directa y de oxiclорación son las que se muestran a continuación:

<u>Cloración directa</u> $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$	<u>Reacción de oxiclорación</u> $C_2H_4 + \frac{1}{2} O_2 + 2 HCl \rightarrow C_2H_4Cl_2 + H_2O$ $[C_2H_4 + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O]$	<u>Dicloruro de etileno &gt; cloruro de vinilo</u> $2 C_2H_4Cl_2 \rightarrow 2 CH_2CHCl + 2 HCl$
--	---	---

#### - Proceso equilibrado

La combinación del proceso de cloración directa que produce dicloruro de etileno con el proceso de escisión del dicloruro de etileno que produce monómero de cloruro de vinilo genera un excedente de cloruro de hidrógeno. El proceso de oxiclорación proporciona un sumidero para el cloruro de hidrógeno. Por lo tanto, las instalaciones de producción de dicloruro de etileno y/o monómero de cloruro de vinilo pueden operar en un «proceso equilibrado», en el cual se combinan ambos procesos, el de cloración directa y el de oxiclорación. El «proceso equilibrado» produce también un venteo de gases de proceso que contiene CO<sub>2</sub> como producto derivado de la oxidación directa del etileno de alimentación al proceso.

Las ecuaciones químicas fundamentales del «proceso equilibrado» para producir el monómero de cloruro de vinilo a partir del etileno son las siguientes:

<u>Reacción dicloruro de etileno – monómero de cloruro de vinilo</u> $2 C_2H_4 + Cl_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow 2 CH_2CHCl + H_2O$	<u>Reacción de oxidación de la alimentación al proceso</u> $[C_2H_4 + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O]$
---	--



Los procesos de cloración directa y oxiclорación para la producción de dicloruro de etileno no son eficientes al 100% en la utilización del etileno de alimentación al proceso. Una fracción del orden del 3% del etileno que alimenta el proceso no se convierte en dicloruro de etileno sino en CO<sub>2</sub> (por oxidación directa en el proceso de oxiclорación), ni en otro hidrocarburo clorado (ya sea en el proceso de oxiclорación o en el de cloración directa). La descarga gaseosa del proceso que contiene otros hidrocarburos clorados es tratada generalmente antes de ser descargada hacia la atmósfera. Los hidrocarburos clorados se convierten en CO<sub>2</sub> en un proceso de incineración térmico o catalítico. La mayor parte de las plantas de dicloruro de etileno y/o de monómero de cloruro de vinilo recuperan energía del incinerador de descargas gaseosas y de las descargas gaseosas del proceso.

#### III.J.4 Óxido de Etileno

El óxido de etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O) se emplea como sustancia de alimentación a los procesos de fabricación de los glicoles, ésteres de glicol, alcoholes y aminas. Se produce a través de la reacción del etileno con oxígeno en presencia de un catalizador. El CO<sub>2</sub> como producto derivado de la oxidación directa del etileno de alimentación al proceso se elimina de la corriente de venteo del proceso utilizando una solución de carbonato reciclado, en tanto el CO<sub>2</sub> recuperado puede ventearse hacia la atmósfera o recuperarse para una utilización ulterior (p.e. producción de alimentos). El oxígeno puede suministrarse al proceso, ya sea mediante aire o como oxígeno puro separado del aire. En el recuadro que se muestra a continuación, se presenta una descripción del proceso de producción de óxido de etileno:

<u>Reacción del óxido de etileno</u>	<u>Reacción de oxidación de la alimentación al proceso</u>	<u>Producción de glicol de monoetileno</u>
$C_2H_4 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow C_2H_4O$	$C_2H_4 + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O$	$C_2H_4O + H_2O \rightarrow HO-C_2H_4-OH$

La cantidad de CO<sub>2</sub> y otros productos derivados producidos en el proceso y la cantidad de vapor producido desde el proceso depende de la selectividad del proceso.



### III.J.5 Acrilonitrilo

La gran mayoría del acrílonitrilo (cianuro de vinilo) se produce por la vía de la amoxidación directa del propileno con amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y oxígeno, en presencia de un agente catalizador. Este proceso se denomina proceso SOHIO. El acrílonitrilo puede fabricarse también por amoxidación del propano o directamente de la reacción del propano con peróxido de hidrógeno. Sin embargo, es muy difícil lograr disponer información acerca de este proceso de producción por cuestiones comerciales y de confidencialidad. Por lo tanto, no se podrán estimar las emisiones provenientes de este tipo de fabricación de acrílonitrilo.

#### - Proceso SOHIO

El proceso SOHIO implica una reacción de lecho fluidizado del propileno de grado químico, amoníaco y oxígeno, en presencia de agentes catalizadores. El catalizador es una mezcla de óxidos de metales pesados entre los que pueden incluirse el bismuto y el molibdeno. El proceso produce acrílonitrilo como producto primario y acetónitrilo (cianuro de metilo) y cianuro de hidrógeno ( $\text{HCN}$ ) como productos secundarios. El rendimiento del proceso en producto primario de acrílonitrilo depende en parte del tipo de catalizador utilizado y de la configuración del proceso. El proceso de amoxidación produce también  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  y agua como productos derivados de la oxidación directa del propileno de alimentación al proceso, así como otros hidrocarburos resultantes de las reacciones secundarias del proceso de amoxidación.

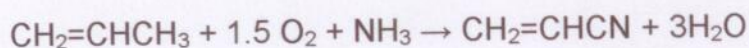
El acetónitrilo y el cianuro de hidrógeno se separan del acrílonitrilo por absorción y el cianuro de hidrógeno puede utilizarse en la fabricación de otros productos en el mismo sitio o venderse como un producto. El cianuro de hidrógeno no utilizado ni vendido puede quemarse en antorcha o para recuperar energía. El acetónitrilo también puede recuperarse para la venta como producto, pero es más frecuente que se queme en antorcha o para recuperar energía. Las descargas gaseosas provenientes del respiradero principal de absorción, que contienen  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , nitrógeno, agua, propileno sin reaccionar y otros hidrocarburos, pueden quemarse en antorcha o tratarse en una unidad de oxidación térmica o catalítica, con o sin recuperación de energía.



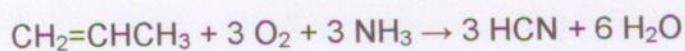
Los líquidos pesados de sedimentación de los procesos de absorción y separación del acetonitrilo – cianuro de hidrógeno – acrilonitrilo pueden también reciclarse o quemarse para recuperar energía. El acrilonitrilo y otros hidrocarburos no metano son liberados también desde los variados respiraderos de venteo, incluidos los tanques de almacenamiento. Estos variados venteos de proceso pueden quemarse en antorcha o capturarse para recuperar energía.

Las ecuaciones químicas fundamentales para la producción de acrilonitrilo por amoxidación son las siguientes:

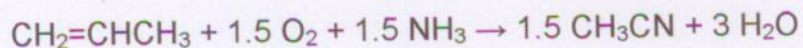
Reacción del acrilonitrilo



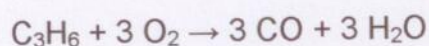
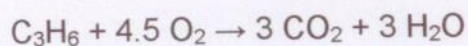
Reacción del cianuro de hidrógeno



Reacción del acetonitrilo



Oxidación de la alimentación al proceso



La amoxidación de propileno en acrilonitrilo no es eficiente al 100% en la utilización del propileno como alimentación al proceso, sino que es del orden del 70%. Una fracción del orden del 85% del propileno de alimentación al proceso se convierte, ya sea en producto primario de acrilonitrilo o en productos secundarios como el acetonitrilo o el cianuro de hidrógeno. El resto del propileno de alimentación al proceso se convierte, ya sea directamente en  $\text{CO}_2$  mediante la oxidación directa de la alimentación en el proceso de amoxidación ó en otros hidrocarburos a través de las reacciones secundarias del proceso de amoxidación.



### III.J.6 Negro de Humo

La gran mayoría del negro de humo que se produce, es utilizado en la industria de los neumáticos y del caucho y el resto se utiliza en aplicaciones de pigmentos; y se fabrica casi totalmente a partir de sustancias de alimentación al proceso basadas en el petróleo o en el carbón mediante el proceso del «negro de horno». Su proceso de fabricación es un proceso de combustión parcial en el cual una parte de la alimentación al proceso se quema para proporcionar energía al mismo proceso.

El negro de humo puede producirse utilizando un proceso de negro de horno, un proceso de negro térmico, un proceso de negro de carbono de acetileno, un proceso de negro canal y un proceso de negro de lámpara. Estos procesos se describen más detalladamente en a continuación

#### - Proceso del negro de horno

El proceso del negro de horno produce negro de humo a partir de «sustancias de alimentación al proceso de negro de humo» (denominadas también «aceites de negro de humo») que son aceites pesados poliaromáticos que pueden obtenerse, ya sea como productos derivados del proceso de refinamiento del petróleo o del proceso de producción del coque metalúrgico (carbón). Tanto para las sustancias derivadas del petróleo como para las derivada del carbón, la alimentación al proceso de negro de humo, o «alimentación primaria», se inyecta en un horno calentado por una «alimentación secundaria» (en general, gas natural o petróleo). Ambas alimentaciones al proceso, la secundaria de gas natural y una parte de la alimentación para el negro de humo, se oxidan para proporcionar calor al proceso de producción que piroliza la alimentación restante y genera negro de humo. El gas de venteo del proceso del negro de humo contiene  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , compuestos de azufre,  $\text{CH}_4$  y COVDM. Por lo general, una fracción del gas de cola se quema para recuperar energía y calentar secundariamente los secadores del producto negro de humo. El gas de cola restante puede también quemarse para recuperar energía, en antorcha, o bien ventearse incontroladamente hacia la atmósfera.



#### - Proceso del negro térmico

En el proceso del negro térmico se produce el negro de humo por descomposición térmica de hidrocarburos gaseosos o de aceites de petróleo atomizados en ausencia de aire en dos hornos de producción. Las sustancias de alimentación al proceso del negro de humo se introducen en un horno precalentado que se calienta con una alimentación secundaria, generalmente gas natural, y con la descarga gaseosa del proceso del negro de humo. Uno de los hornos está en precalentamiento mediante la alimentación secundaria mientras el otro horno está recibiendo la alimentación para el negro de humo. El rendimiento de este proceso es cercano al 45% de la entrada total de carbono al proceso (o de 40% respecto del total de la alimentación para negro de humo utilizada) y la energía utilizada se aproxima a unos 280 MJ/kg. de negro de humo producido.

#### - Proceso del negro de acetileno

El negro de humo se produce a partir del acetileno o de hidrocarburos ligeros que contienen acetileno mediante el suministro de esta alimentación al reactor precalentado, donde el acetileno se descompone en negro de humo por un proceso exotérmico. La producción mundial total de negro de acetileno es de sólo unas 40 000 toneladas métricas por año, aproximadamente. El rendimiento en negro de humo mediante este proceso es aproximadamente de un 95-99% del rendimiento teórico. El negro de acetileno contiene alrededor de un 99,7% de carbono.

#### - Otros procesos de producción

El proceso del negro canal implica la oxidación parcial de una alimentación de carbono vaporizado que se quema en un horno con un gas de transporte. El rendimiento en negro de humo para este proceso puede alcanzar un 60% del total del carbono de entrada para la producción de negro de humo de grado-caucho o entre un 10% a un 30% del total de la entrada de carbono para el negro de humo de grado-pigmento.

El proceso del negro de lámpara consiste en la quema abierta de la alimentación para negro de humo en bandejas poco profundas. Los datos sobre el rendimiento de la alimentación y el consumo de energía del proceso del negro de lámpara no



son de fácil obtención. De todas maneras este proceso representa una parte insignificante de la producción mundial de negro de humo.

### III.J.7 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la Producción Petroquímica y Negro de Humo.

Las emisiones provenientes de los procesos petroquímicos se calculan sobre la base de los datos de la actividad sobre la producción de cada sustancia petroquímica y el factor de emisión específico del proceso para cada sustancia, como se muestra en la ecuación que se muestra a continuación, para la producción de cada producto petroquímico primario (p.e. metanol, etileno, dicloruro de etileno, óxido de etileno, acrilonitrilo) y del negro de humo.

$$\begin{aligned} &\text{ECUACIÓN 3.15} \\ &\text{CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE CO}_2 \text{ DE NIVEL 1} \\ &ECO2_i = PP_i \cdot EF_i \cdot GAF / 100 \end{aligned}$$

Donde:

$ECO2_i$  = emisiones de  $CO_2$  de la producción de la sustancia petroquímica i, toneladas

$PP_i$  = producción anual de la sustancia petroquímica primaria i, toneladas

$EF_i$  = factor de emisión de  $CO_2$  para la sustancia petroquímica i, toneladas de  $CO_2$ /tonelada de producto producido

$GAF$  = factor de ajuste geográfico – porcentaje

Luego, según la información provista en la siguiente tabla, donde se indican las sustancias de alimentación y procesos por defecto para la producción petroquímica, y aplicando los factores de emisión correspondientes según el tipo de proceso productivo que se utiliza, se logra estimar las emisiones de GEIs.

En la tabla que figura a continuación se provee la información pertinente a los fines de identificar las sustancias de alimentación y procesos de producción por defecto para la producción petroquímica.



CUADRO 3.11 SUSTANCIAS DE ALIMENTACIÓN Y PROCESOS POR DEFECTO DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN PETROQUÍMICA		
Proceso petroquímico	Sustancia de alimentación por defecto	Proceso por defecto
Metanol	Gas natural	Reformado al vapor convencional sin unidad de reformado primaria
Etileno	Norteamérica, Sudáfrica, Australia • Etano	Escisión al vapor
	Otros continentes • Nafta	Escisión al vapor
Dicloruro de etileno / monómero de cloruro de vinilo	Etileno	Proceso equilibrado para la producción de EDC con planta de producción de VCM integrada
Óxido de etileno	Etileno	Oxidación catalítica, proceso por aire, con tratamiento térmico
Acilonitrilo	Propileno	Amoxidación directa con quema de productos secundarios para recuperación de energía o en la antorcha
Negro de humo	Sustancia de alimentación para negro de humo y gas natural	Proceso del negro de horno con tratamiento térmico

**Tabla 14. Sustancias de alimentación y procesos por defecto de Nivel 1 para la producción petroquímica**

### *Factores de Emisión Según el Producto Petroquímico*

#### • Metanol

Factores de emisión de CH<sub>4</sub> para la producción de metanol: 2,3 kg. de CH<sub>4</sub> por tonelada de metanol producido.

#### • Etileno

Debido a que el etileno se produce casi en su totalidad a través de escisión al vapor, a los fines del cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> se utilizarán los factores de emisión que se muestran en las tablas que se incluyen a continuación:



CUADRO 3.14 FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE ETILENO POR ESCISIÓN AL VAPOR						
Sustancia de alimentación al proceso	Toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de etileno producido					
	Nafta	Gasóleo	Etano	Propano	Butano	Otro
Etileno (Uso total del proceso y de la alimentación energética)	1,73	2,29	0,95	1,04	1,07	1,73
- Uso de la alimentación al proceso	1,73	2,17	0,76	1,04	1,07	1,73
- Uso de combustible complementario (alimentación energética)	0	0,12	0,19	0	0	0
Fuente: Neelis, M., Patel, M., and de Feber, M., 2003, Cuadro 2.3, Página 26. Las alimentaciones por defecto para la producción de etileno están identificadas en el Cuadro 3.11. Los factores de emisión no incluyen el uso de combustible suplementario en la quema en antorcha. Se supone que las otras sustancias de alimentación presentan los mismos rendimientos de producto que la alimentación de nafta. Los valores de incertidumbre para este cuadro están incluidos en el Cuadro 3.27						

**Tabla 15. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> de Nivel 1 para la producción de Etileno por escisión al vapor**

CUADRO 3.16 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO DE METANO PARA LA PRODUCCIÓN DE ETILENO	
Sustancia de alimentación al proceso	kg. de CH <sub>4</sub> /tonelada de etileno producido
Etano	6
Nafta	3
Todas las demás sustancias de alimentación	3
Fuente: EEA, 2005 (EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook) Los valores de incertidumbre para este cuadro están incluidos en el Cuadro 3.27	

**Tabla 16. Factores de emisión por defecto de Metano para la producción de Etileno**

- Dicloruro de Etileno/Monómero de Cloruro de vinilo

En el Cuadro 3.17 se proporcionan factores de emisión de CO<sub>2</sub> para los procesos de producción de dicloruro de etileno y de monómero de cloruro de vinilo, incluidos el proceso de cloración directa, el proceso de oxiclорación y el proceso equilibrado. En el caso del factor de emisión de CH<sub>4</sub>, se usa el factor por defecto incluido en la tabla 3.19.



<p align="center"><b>CUADRO 3.17</b>  <b>FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> DE NIVEL 1</b>  <b>PARA LA PRODUCCIÓN DE DICLORURO DE ETILENO Y/O CLORURO DE VINILO</b></p>		
Configuración del proceso	Toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de EDC producido	Toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de VCM producido
<b>Proceso de cloración directa</b>		
Venteos de proceso que no provienen de la combustión	emisiones insignificantes	emisiones insignificantes
Emisiones de la combustión	0,191	0,286
Factor de emisión total de CO <sub>2</sub>	0,191	0,286
<b>Proceso de oxidación</b>		
Venteos de proceso que no provienen de la combustión	0,0113	0,0166
Emisiones de la combustión	0,191	0,286
Factor de emisión total de CO <sub>2</sub>	0,202	0,302
<b>Proceso equilibrado [por defecto]</b>		
Venteos de proceso que no provienen de la combustión	0,0057	0,0083
Emisiones de la combustión	0,191	0,286
Factor de emisión total de CO <sub>2</sub>	0,196	0,294
<p>Los valores para las emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de EDC y VCM para varias plantas europeas se han proporcionado en el Documento IPPC LVOC BAT (Oficina europea de IPCC, 2003), Cuadro 12.6 y Cuadro 12.7. Estos valores se promediaron para calcular los factores de emisión de CO<sub>2</sub> para la producción de EDC y VCM. Una planta de EDC que está equipada de un dispositivo de control del CO<sub>2</sub> y que declaró cero emisiones de CO<sub>2</sub> del proceso, no se incluyó en el cálculo del factor de emisión promedio.</p>		
<p>Fuente: Oficina europea del IPCC, 2003 (Documento IPPC LVOC BAT, datos en Cuadro 12.6 y Cuadro 12.7).</p>		
<p>Los valores de incertidumbre para este cuadro están incluidos en el Cuadro 3.27</p>		

**Tabla 17. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> de Nivel 1 para la producción de Biclورو de Etileno y/o Cloruro de Vinilo**

<p align="center"><b>CUADRO 3.19</b>  <b>FACTOR DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub> POR DEFECTO DE NIVEL 1</b>  <b>PARA EL PROCESO DEL DICLORURO DE ETILENO Y/O CLORURO DE VINILO</b></p>	
Configuración del proceso	kg. de CH <sub>4</sub> /tonelada de producto VCM producido
Planta de producción integrada de EDC/VCM	0,0226
<p>Fuentes: Oficina europea del IPCC, 2003 (Documento IPPC LVOC BAT, sección 12.3.1, Cuadro 12.4, Pág. 300); EEA, 2005 (EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, Processes in Organic Chemical Industries (Bulk Production) 1, 2-Dichloroethane and Vinyl Chloride (Balanced Process), Activity 040505, 15 de febrero de 1996, sección 3.4, Págs. B455-3 y Cuadro 9.2, B455-5).</p>	

**Tabla 18. Factor de emisión de CH<sub>4</sub> por defecto de Nivel 1 para el proceso del Biclورو de Etileno y/o Cloruro de Vinilo**

- Oxido de etileno

En el caso del factor de emisión de CO<sub>2</sub>, se presenta en el recuadro que sigue un factor de emisión que se corresponde a cada tipo de proceso productivo de óxido



de etileno. Según el proceso utilizado, se aplicará uno u otro factor de emisión de  $\text{CO}_2$ .

Respecto del factor de emisión de  $\text{CH}_4$ , se presentan dos posibilidades en el cuadro 3.21, cuya aplicación también dependerá del proceso de producción.

CUADRO 3.20 CONSUMO DE SUSTANCIAS DE ALIMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO Y FACTORES DE EMISIÓN DE $\text{CO}_2$			
Configuración del proceso	Selectividad del catalizador	Consumo de sustancia de alimentación (toneladas de etileno/tonelada de óxido de etileno)	Factor de emisión (toneladas de $\text{CO}_2$ /tonelada de óxido de etileno)
Proceso por aire [proceso por defecto]	Por defecto (70)	0,90	0,863
	75	0,85	0,663
	80	0,80	0,5
Proceso por oxígeno	Por defecto (75)	0,85	0,663
	80	0,80	0,5
	85	0,75	0,35

Fuente: Oficina europea del IPCC, 2003 (Documento IPPC LVOC BAT, sección 9.2.1, Pág. 224, sección 9.3.1.1, Pág. 231, figura 9.6)

**Tabla 19. Consumo de sustancias de alimentación en la producción de Óxido de Etileno y factores de emisión de  $\text{CO}_2$**

CUADRO 3.21 FACTORES DE EMISIÓN DE $\text{CH}_4$ DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO	
Configuración del proceso	kg. de $\text{CH}_4$ /tonelada de óxido de etileno producido
Sin tratamiento térmico [factor por defecto]	1,79
Con tratamiento térmico	0,79

Fuente: Oficina europea del IPCC, 2003 (Documento IPPC LVOC BAT, Cuadro 9.6, Pág. 233, Cuadro 9.8, Pág. 236, Cuadro 9.9, Pág. 236).

**Tabla 20. Factores de emisión de  $\text{CH}_4$  de Nivel 1 para la producción de Óxido de Etileno**

- Acrilonitrilo:

A continuación se presentan los factores de emisión de  $\text{CO}_2$  según el proceso productivo empleado.



CUADRO 3.22 FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> DE LA PRODUCCIÓN DE ACRILONITRILLO	
Configuración del proceso	Toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de acrilonitrilo producido
Amonoxidación directa del propileno	
Productos secundarios quemados para recuperación de energía y/o quemados en la antorcha (por defecto)	1,00
Acetonitrilo quemado para recuperación de energía y/o quemado en antorcha	0,83
Acetonitrilo y cianuro de hidrógeno recuperado como producto	0,79
Fuente: Oficina europea del IPCC, 2003 (Documento IPPC LVOC BAT, sección 11.3.1.1, Cuadro 11.2, Pág. 274 y sección 11.3.1.2, Pág. 275).	

**Tabla 21. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> de la producción de Acrilonitrilo**

En cuanto al factor de emisión de CH<sub>4</sub>, no hay información para todos los países, aunque puede utilizarse 0,18 kg. de CH<sub>4</sub>/tonelada de acrilonitrilo producido, que es un factor surgido de información de plantas de acrilonitrilo en Alemania, Italia y el Reino Unido.

- Negro de humo: Producción y Proceso (Cuadro 3.23/24)

A los fines del cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la producción de negro de humo se utilizan los factores de emisión específicos del proceso y de la alimentación del proceso de producción del negro de humo.

CUADRO 3.23 FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE NEGRO DE HUMO			
Configuración del proceso	Toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de negro de humo producido		
	Alimentación primaria	Alimentación secundaria	Alimentación total
Proceso del negro de humo (proceso por defecto)	1,96	0,66	2,62
Proceso del negro térmico	4,59	0,66	5,25
Proceso del negro de acetileno	0,12	0,66	0,78
Fuente: Oficina europea del IPCC, 2005 (Documento borrador IPPC LVIC BAT, datos del Cuadro 4.11)			

**Tabla 22. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> de Nivel 1 para la producción de Negro de Humo**

Las emisiones de CH<sub>4</sub> serán calculadas mediante la aplicación de los factores de emisión que se incluyen en el siguiente cuadro.



<p align="center"><b>CUADRO 3.24</b>  <b>FACTORES DE EMISIÓN DE CH<sub>4</sub> DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE NEGRO DE HUMO</b></p>	
Configuración del proceso	<p align="center">kilogramos de CH<sub>4</sub>/tonelada de negro de humo producido</p> <p align="center">(Gas de cola del proceso del negro de humo)</p>
Sin tratamiento térmico	28,7
Con tratamiento térmico (proceso por defecto)	0,06
<p>Fuente: Oficina europea del IPCC, 2005 (Documento borrador IPPC LVIC BAT, Cuadro 4.8, Pág. 209, Cuadro 4.10, Pág. 213, sección 4.3.2.3, Pág. 210).</p>	

**Tabla 23. Factores de emisión de CH<sub>4</sub> de Nivel 1 para la producción de Negro de Humo**

#### • Producción Fluoroquímica

El trifluorometano (HFC-23 o CHF<sub>3</sub>) se genera como un producto derivado durante la fabricación de clorodifluorometano (HCFC-22 o CHClF<sub>2</sub>) a partir del cual productos tales como el HFC-23 (y otros HFC, PFC y SF<sub>6</sub>) se liberan en la atmósfera. Internacionalmente existe un reducido número de plantas de producción de HCFC-22 y por tanto, un número discreto de fuentes por puntos de emisiones de HFC-23. La metodología que se plantea en las Directrices para la Elaboración de Inventarios Nacionales de GEIs del IPCC (2006) es aplicable a las emisiones de productos derivados de cualquier gas fluorado de efecto invernadero, aunque en un principio había sido desarrollada específicamente para el HFC-23.

#### III.J.8 Metodología de Cálculo de Emisiones de GEIs Asociadas a la Producción de HCFC-22

Tal como se observa en la ecuación que se incluye a continuación, la contabilización de las emisiones de HFC-23 consiste en la aplicación de un factor de emisión por defecto a la cantidad de HCFC-22 producido. Este método puede ser aplicado a nivel industrial, es decir para el inventario de una industria determinada, o a nivel regional o nacional.



**ECUACIÓN 3.30**  
**CÁLCULO DE NIVEL 1 PARA EL HFC-23 MEDIANTE UN FACTOR POR DEFECTO**  
**A PARTIR DEL HCFC-22 (PRODUCIDO)**

$$E_{HFC-23} = EF_{por\ defecto} \cdot P_{HCFC-22}$$

Donde:

- $E_{HFC-23}$  = emisiones de producto derivado HFC-23 de la producción de HCFC-22, kg.
- $EF_{por\ defecto}$  = factor de emisión de HFC-23 por defecto, kg. de HFC-23/kg. de HCFC-22
- $P_{HCFC-22}$  = producción total de HCFC-22, kg.

A partir de la ecuación anterior, surge que los datos clave para lograr la estimación de las emisiones asociadas a la Producción de HCFC-22, es justamente el nivel de producción de HCFC-22 y los factores de emisión por defecto según la tecnología implementada durante el proceso de producción.

CUADRO 3.28 FACTORES DE EMISIÓN DE HFC-23 POR DEFECTO	
Tecnología	Factor de emisión (kg. de HFC-23/kg. de HCFC-22 producido)
Plantas antiguas no optimizadas (p. ej., 1940 a 1990/1995)	0.04
Plantas de diseño reciente, no optimizadas específicamente	0.03
Promedio mundial de emisiones (1978 – 1995) <sup>4</sup>	0.02
<i>A título de comparación:</i>	
<i>Grandes plantas optimizadas –que requieren mediciones de HFC-23 (Nivel 3)</i>	<i>Reducido a 0,014</i>
<i>Plantas con captura efectiva y destrucción de HFC-23 (Nivel 3)</i>	<i>Reducido a cero</i>

**Tabla 24. Factores de emisión de HFC-23 por defecto**



#### **IV. Emisiones de la Industria de los Metales**

##### **IV.A. Producción de Hierro y Acero y de Coque Metalúrgico**

La producción de hierro y acero conduce a emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

A grandes rasgos, la industria del hierro y del acero está constituida por:

- Instalaciones principales que producen, a la vez, hierro y acero;
- Instalaciones secundarias de fabricación de acero;
- Plantas de producción de hierro; y
- Producción de coque metalúrgico fuera de la instalación;

En el siguiente diagrama se incluye un detalle del proceso principal de producción de hierro y acero: producción de coque metalúrgico, de sinterizado, de pelets, procesamiento del mineral de hierro, fabricación de hierro, de acero, moldeo del acero y, muy a menudo, la combustión de gases de alto horno y de horno de coque para otros propósitos. El proceso principal puede desarrollarse en lo que se denomina una instalación "integrada" que incluye típicamente los altos hornos y los hornos básicos de oxígeno para la fabricación de acero (BOF, del inglés, Basic Oxygen Furnace), o bien, en algunos casos, los hornos de reverbero (OHF, del inglés, Open Hearth Furnace). Es común también que una parte de la producción se realice fuera de la planta, bajo la responsabilidad de otro operador, tal como el de una instalación de producción de coque fuera del sitio.



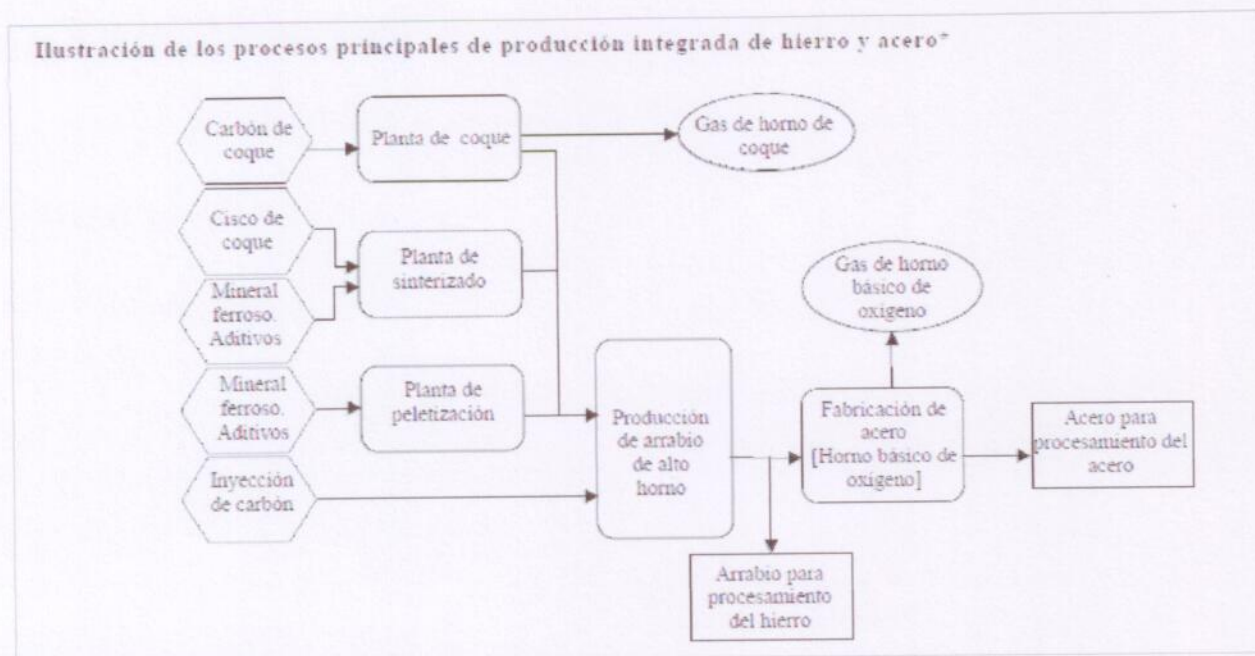


Ilustración 2. Procesos principales de producción integrada de hierro y acero

Siguiendo los procesos ilustrados en la figura anterior, a continuación se presenta una breve descripción de los procesos de producción que ocurren durante la fabricación de Hierro, Acero y Coque Metalúrgico.

- Producción de Sinterizado

La operación de las plantas de sinterización produce emisiones de dióxido de carbono provenientes de la oxidación del cisco de coque y de otras entradas. Las descargas gaseosas de la producción de sinterizado contienen también metano y otros hidrocarburos.

- Producción de Pelets

Los pelets se fabrican a partir de materias primas con alto contenido de hierro (mineral fino y aditivos) mediante la implementación de un proceso a muy altas temperaturas que incluye el molido, el secado, la granulación y el tratamiento térmico de las materias primas. Las plantas de peletización pueden ubicarse en forma aislada o pueden formar parte de las instalaciones de una planta integrada de hierro y acero. Dentro de las plantas de peletización suelen utilizarse gas natural o carbón como combustibles; en el caso de las plantas integradas puede utilizarse en reemplazo de estos últimos el gas de horno de coque. Por lo tanto, el



consumo de energía para el proceso y las emisiones asociadas de  $\text{CO}_2$  dependen de la calidad del hierro y otras materias primas utilizadas en el proceso. Asimismo, los niveles de emisión de  $\text{CO}_2$  dependen también del contenido de carbono y del poder calórico de los combustibles empleados en el proceso.

- Fabricación del Hierro y Función del Coque

La mayor parte del  $\text{CO}_2$  emitido por la industria del hierro y del acero está asociado con la producción de hierro y, más específicamente, con el uso del carbono para convertir el mineral de hierro en hierro metálico. El carbono se suministra al alto horno principalmente bajo la forma de coque producido a partir del carbón coquizable de grado metalúrgico (pudiendo darse también bajo la forma de carbón vegetal de leña o de otras formas de carbono), y funciona como agente reductor para convertir los óxidos de hierro en hierro, pero también como fuente de energía para proporcionar calor cuando el carbono y el oxígeno reaccionan en forma exotérmica. Todo el carbono utilizado en los altos hornos debe considerarse como una fuente de emisiones de GEIs.

Además, el hierro puede producirse mediante un proceso de reducción directa. La reducción directa implica la reducción del mineral de hierro en hierro metálico en el estado sólido a temperaturas inferiores a  $1.000^\circ\text{C}$ . Se pueden estimar las emisiones de  $\text{CO}_2$  de estos procesos a partir del consumo de energía y del contenido de carbono del combustible (p.e. gas natural, carbón).

- Fabricación del Acero

La producción de acero en los hornos básicos de oxígeno para la fabricación del acero (BOF) consiste primero en cargar el horno con un 70–90% de hierro fundido y un 10–30% de chatarra de acero. Luego, El oxígeno de gran pureza se combina con el carbono contenido en el hierro a los fines de dar inicio a una reacción exotérmica que funde la carga, mientras el contenido de carbono comienza a disminuir.

La producción de acero hornos de arco eléctrico (EAF, del inglés, Electric Arc Furnace) se realiza en cambio mediante la carga del horno con 100% de chatarra de acero reciclado, el cual es fundido utilizando energía eléctrica que se aplica mediante electrodos de carbono. Aunque los EAF pueden estar ubicados en las



plantas integradas, la utilización de la chatarra de acero (y no de hierro) como materia prima las convierten en operaciones independientes. Como ya se expuso anteriormente, el proceso en EAF consiste principalmente en la fundición de chatarra y no en la reducción de óxidos, por lo cual la función del carbono no es tan dominante como en el caso del proceso en alto horno y/o en BOF. De todos modos, las emisiones de CO<sub>2</sub> de este proceso están asociadas principalmente con el consumo de electrodos de carbono.

#### IV.A.1 Metodología de Cálculo para las Emisiones Asociadas a la Producción de Hierro y Acero y Coque

A los fines del cálculo de las emisiones de asociadas a la producción de estos elementos, se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} &\text{ECUACIÓN 4.1} \\ &\text{EMISIONES PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE COQUE (NIVEL 1)} \\ &E_{CO_2} = \text{Coque} \cdot EF_{CO_2} \text{ y } E_{CH_4} = \text{Coque} \cdot EF_{CH_4} \text{ (a declarar en el Sector Energía)} \end{aligned}$$

Donde

- $E_{CO_2}$  o  $E_{CH_4}$  = emisiones de CO<sub>2</sub> o de CH<sub>4</sub> generadas por la producción de coque, toneladas de CO<sub>2</sub> o toneladas de CH<sub>4</sub>
- Coque = cantidad de coque producido nacionalmente, toneladas
- EF= factor de emisión, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de producción de coque o toneladas de CH<sub>4</sub>/tonelada de producción de coque

$$\begin{aligned} &\text{ECUACIÓN 4.4} \\ &\text{EMISIONES DE CO}_2 \text{ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO (NIVEL 1)} \\ &\text{Hierro y acero: } E_{CO_2, \text{no-energía}} = BOF \cdot EF_{BOF} + EAF \cdot EF_{EAF} + OHF \cdot EF_{OHF} \end{aligned}$$



ECUACIÓN 4.5  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE ARRABIO NO PROCESADO EN ACERO (NIVEL 1)

$$\text{Producción de arrabio: } E_{CO_2, no-energía} = IP \cdot EF_{IP}$$

ECUACIÓN 4.6  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE HIERRO REDUCIDO DIRECTO (NIVEL 1)

$$\text{Hierro reducido directo: } E_{CO_2, no-energía} = DRI \cdot EF_{DRI}$$

ECUACIÓN 4.7  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE SINTERIZADO (NIVEL 1)

$$\text{Producción de sinterizado: } E_{CO_2, no-energía} = SI \cdot EF_{SI}$$

ECUACIÓN 4.8  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PELETS (NIVEL 1)

$$\text{Producción de pelets: } E_{CO_2, no-energía} = P \cdot EF_P$$

Donde:

- ECO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub>, toneladas
- BOF= cantidad de acero crudo producido en BOF, toneladas
- EAF= cantidad de acero crudo producido en EAF, toneladas
- OHF= cantidad de acero crudo producido en OHF, toneladas
- IP = cantidad de producción de arrabio no convertido en acero, toneladas
- DRI = cantidad de hierro reducido directo producido nacionalmente, toneladas
- SI = cantidad de sinterizado producido nacionalmente, toneladas
- P = cantidad de pelets producido nacionalmente, toneladas
- EF<sub>x</sub>= factor de emisión, toneladas de CO<sub>2</sub>

/tonelada de x producido



ECUACIÓN 4.12  
EMISIONES DE CH<sub>4</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE SINTERIZADO (NIVEL 1)  
Producción de sinterizado:  $E_{CH_4, no-energía} = SI \cdot EF_{SI}$

ECUACIÓN 4.13  
EMISIONES DE CH<sub>4</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE ARRABIO EN LOS ALTOS HORNOS (NIVEL 1)  
Producción de arrabio:  $E_{CH_4, no-energía} = PI \cdot EF_{PI}$

ECUACIÓN 4.14  
EMISIONES DE CH<sub>4</sub> PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE HIERRO REDUCIDO DIRECTO (NIVEL 1)  
Producción de hierro reducido directo:  $E_{CH_4, no-energía} = DRI \cdot EF_{DRI}$

Donde:

- ECH<sub>4</sub>, no-energía = emisiones de CH<sub>4</sub> a ser declaradas en el Sector IPPU, kg.
- SI = cantidad de sinterizado producido nacionalmente, toneladas
- PI = cantidad de hierro producido nacionalmente, incluido el hierro convertido en acero y no convertido en acero, toneladas
- DRI = cantidad de hierro reducido directo producido nacionalmente, toneladas
- EF<sub>x</sub> = factor de emisión, kg. de CH<sub>4</sub>/tonelada de x producido

A partir de las fórmulas anteriormente expuestas surge que los datos clave para efectuar las estimaciones correspondientes a las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> generadas a partir de la fabricación de acero hierro y coque son:

- BOF = cantidad de acero crudo producido en BOF
- EAF = cantidad de acero crudo producido en EAF
- OHF = cantidad de acero crudo producido en OHF
- IP = cantidad de producción de arrabio no convertido en acero
- DRI = cantidad de hierro reducido directo producido
- SI = cantidad de sinterizado producido
- P = cantidad de pelets producido



En cuanto a los factores de emisión por defecto según el tipo de proceso productivo, los mismos se detallan en la serie de tablas que figuran a continuación.

CUADRO 4.1 FACTORES POR DEFECTO DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE COQUE Y DE HIERRO Y ACERO		
Proceso	Factor de emisión	Fuente
Producción de sinterizado (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de sinterizado producido)	0,20	Producción de sinterizado: European IPPC Bureau (2001), <i>Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel</i> , diciembre de 2001, Cuadro 4.1, Página 29. <a href="http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm">http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm</a>
Horno de coque (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de coque producido)	0,56	Producción de coque: European IPPC Bureau (2001), <i>Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel</i> , diciembre de 2001, Cuadro 6.2, Página 122. <a href="http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm">http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm</a>
Producción de hierro (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de arrabio producido)	1,35	Producción de hierro: European IPPC Bureau (2001), <i>Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel</i> , diciembre de 2001, Cuadro 7.2, Página 7.3. <a href="http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm">http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm</a>
Producción de hierro reducido directo (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de DRI producido)	0,70	Producción de hierro reducido directo: European IPPC Bureau (2001), <i>Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel</i> , diciembre de 2001, Cuadro 10.1, Página 322 y Cuadro 10.4, Página 331. <a href="http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm">http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm</a>
Producción de pelets (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de pelets producido)	0,03	Producción de pelets: European IPPC Bureau (2001), <i>Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel</i> , diciembre de 2001, Cuadro 5.1, Página 95. <a href="http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm">http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm</a>

Tabla 25. Factores por defecto de emisión de CO<sub>2</sub> de Nivel 1 para la producción de Coque y de Hierro y Acero



CUADRO 4.1 FACTORES POR DEFECTO DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE COQUE Y DE HIERRO Y ACERO		
Método de fabricación de acero		
Horno básico de oxígeno (BOF) (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de acero producido)	1,46	Producción de acero: Consenso de expertos y IISI Environmental Performance Indicators 2003 STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004)
Horno de arco eléctrico (EAF) (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de acero producido) **	0,08	Producción de acero: Consenso de expertos y IISI Environmental Performance Indicators 2003 STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004)
Horno de solera (OHF) (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de acero producido)	1,72	Producción de acero: Consenso de expertos y IISI Environmental Performance Indicators 2003 STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004)
Factor promedio global (65% BOF, 30% EAF, 5% OHF) (tonelada de CO <sub>2</sub> por tonelada de acero producido)	1,06	Producción de acero: Consenso de expertos y IISI Environmental Performance Indicators 2003 STEEL (International Iron and Steel Institute, 2004)
Factor basado en datos internacionales de 2003, en los que los BOF daban cuenta de aproximadamente un 63 por ciento de la producción de acero al nivel mundial y los EAF de un 33 por ciento; los AHF daban cuenta del 4 por ciento restante, pero en la actualidad éste está disminuyendo.		
** El factor de emisión para la fabricación de acero en EAF no incluye las emisiones de la producción de hierro. Los factores de emisión para la fabricación de acero en BOF y OHF sí incluyen las emisiones de la producción de hierro en altos hornos.		
Nótese que en este cuadro, el factor de emisión de CO <sub>2</sub> para la fabricación de acero en EAF se basa en la producción de acero a partir de chatarra metálica y, por lo tanto, el factor de emisión EAF no da cuenta de ninguna emisión de CO <sub>2</sub> proveniente de la fabricación de hierro en alto horno. Por esto, el factor de emisión de CO <sub>2</sub> de Nivel 1 para los EAF indicado aquí, no es aplicable a los EAF que usan arrabio como materia prima.		

Tabla 26. Factores por defecto de emisión de CO<sub>2</sub> de Nivel 1 para la producción de Coque y de Hierro y Acero

CUADRO 4.2 FACTORES POR DEFECTO DE EMISIÓN DE CH <sub>4</sub> DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE COQUE Y DE HIERRO Y ACERO		
Proceso	Factor de emisión	Fuente
Producción de coque	0,1 g por tonelada de coque producido	Producción de coque: European IPPC Bureau (2001), Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, diciembre de 2001, Cuadro 6.2-3, Página 122. <a href="http://eippcb.jrc.es/pages/Activities.htm">http://eippcb.jrc.es/pages/Activities.htm</a>
Producción de sinterizado	0,07 kg. por tonelada de sinterizado producido	EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005). Procesos con contacto: Plantas de sinterizado y peletización: Sinter and Pelletizing Plants (Except Combustion 030301), Cuadro 8.2a, Emission factors for gaseous compounds
Producción de DRI	1 kg. /TJ (sobre una base calórica neta)	Factor de emisión por defecto del Volumen Energía para las Emisiones de CH <sub>4</sub> de la combustión de gas natural. [Véase Cuadro 2.3 del Volumen 2, Capítulo 2.]

Tabla 27. Factores por defecto de emisión de CH<sub>4</sub> de Nivel 1 para la producción de Coque y de Hierro y Acero

#### • Producción de Ferroaleaciones

Ferroaleación es el término utilizado para describir las aleaciones concentradas de hierro con uno o más metales, tales como silicio, manganeso, cromo,



molibdeno, vanadio y tungsteno. La producción de silicio metálico se incluye generalmente en el grupo de las ferroaleaciones pues el proceso de producción es bastante similar al proceso del ferrosilicio. Se utilizan estas aleaciones para desoxidar y modificar las propiedades materiales del acero. La producción de ferroaleaciones emplea un proceso de reducción metalúrgica que genera emisiones significativas de dióxido de carbono.

En la producción de ferroaleaciones, para obtener la reducción y la fundición, el mineral bruto, los materiales con carbono y los materiales que producen escorias se mezclan y calientan a altas temperaturas. Los agentes reductores carbonáceos son, por lo general, el carbón y el coque. Durante el proceso se emplean hornos de arco eléctrico sumergido con electrodos de grafito o electrodos Söderberg consumibles, donde el calor es producido por los arcos eléctricos y por la resistencia de los materiales de carga. La reducción de los óxidos metálicos por el carbono ocurre cuando se consumen el coque y los electrodos de grafito. El carbono de los electrodos captura el oxígeno de los óxidos metálicos para formar CO, al tiempo que los minerales se reducen en metales básicos fundidos. Los componentes metálicos se combinan entonces en la solución.

Además de las emisiones que se originan en los agentes reductores y en los electrodos, la calcinación de los flujos de carbonatos tales como la piedra caliza o la dolomita, si es el caso, también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero.

Aunque el CO<sub>2</sub> es el principal gas de efecto invernadero generado por la producción de ferroaleaciones, investigaciones recientes han mostrado que el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O dan cuenta de una emisión de efecto invernadero equivalente a hasta un 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas en la producción de ferrosilicio (FeSi) y de silicio metálico (metal-Si).

#### IV.A.2 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIS Asociadas a la Producción de Ferroaleaciones

A los fines de efectuar los cálculos correspondientes a las emisiones generadas a partir de los procesos de producción de Ferroaleaciones, se deben aplicar las siguientes fórmulas por cada GEI:



ECUACIÓN 4.15  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PARA LA PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES POR EL MÉTODO DE NIVEL 1

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

Donde:

- ECO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub>, toneladas
- MP<sub>i</sub> = producción de la ferroaleación de tipo i, toneladas
- EF<sub>i</sub> = factor de emisión de CO<sub>2</sub> genérico para la ferroaleación i, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de ferroaleación producida

ECUACIÓN 4.18  
EMISIONES DE CH<sub>4</sub> PARA LA PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES POR EL MÉTODO DE NIVEL 1

$$E_{CH_4} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

Donde:

- ECH<sub>4</sub> = emisiones de CH<sub>4</sub>, kg.
- MP<sub>i</sub> = producción de la aleación de Si i, toneladas
- EF<sub>i</sub> = factor de emisión genérico para la aleación de Si i, kg. de CH<sub>4</sub>/tonelada de aleación de Si producida específica

En cuanto a los factores de emisión, se utilizarán los que se presentan en las tablas que figuran a continuación, dependiendo del tipo de Ferroaleación.



CUADRO 4.5 FACTORES GENÉRICOS DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> PARA LA PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES (TONELADAS DE CO <sub>2</sub> /TONELADA DE PRODUCTO)	
Tipo de ferroaleación	Factor de emisión
Ferrosilicio 45% Si	2,5
Ferrosilicio 65 % Si	3,6
Ferrosilicio 75% Si	4,0
Ferrosilicio 90% Si	4,8
Ferromanganesos (7% C)	1,3
Ferromanganesos (1% C)	1,5
Silicomanganeso	1,4
Metal silicio	5,0
Ferrocromo	1,3 (1,6 con una planta de sinterizado)
Fuente: IPCC (1997), IPCC (2000), Olsen (2004) and Lindstad (2004)	

Tabla 28. Factores genéricos de emisión de CO<sub>2</sub> para la producción de Ferroaleaciones

CUADRO 4.7 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EL CH <sub>4</sub> (kg. de CH <sub>4</sub> /tonelada de producto)		
Emisión	Aleación	Factor de emisión
CH <sub>4</sub>	Metal-Si	1,2
	FeSi 90	1,1
	FeSi 75	1,0
	FeSi 65	1,0
Fuente: FFF (2000)		

Tabla 29. Factores de emisión por defecto para el CH<sub>4</sub>

#### • Producción Primaria de Aluminio

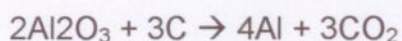
El aluminio primario es producido a nivel mundial a través del proceso electrolítico Hall-Heroult. En este proceso se utilizan celdas electrolíticas de reducción cuya tecnología puede ser: de ánodo precocido central (CWPB, del inglés, Centre-Worked Prebake), de ánodo precocido lateral (SWPB, del inglés, Side-Worked Prebake), de Söderberg a barra horizontal (HSS, del inglés, Horizontal Stud Söderberg) o Söderberg a barra vertical (VSS, del inglés, en Vertical Stud Söderberg).



Las emisiones de proceso más significativas son:

- Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generadas por el consumo de los ánodos de carbono en la reacción que convierte el óxido de aluminio en aluminio metálico;
- Emisiones de perfluorocarbonos (PFC) de CF<sub>4</sub> y C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> generadas durante los efectos de ánodo.

En condiciones normales de operación, el aluminio se produce en el cátodo y el carbono se consume en el ánodo mediante la reacción de reducción electrolítica:



La mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono se producen en la reacción de electrólisis del ánodo del carbono con la alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). El consumo de ánodos de carbono precocidos y de pasta de Söderberg es la principal fuente de las emisiones de dióxido de carbono durante el proceso de producción de aluminio primario. Otras fuentes de emisiones de dióxido de carbono dan cuenta de menos del 10% de las emisiones no energéticas de dióxido de carbono.

Las reacciones que conducen a las emisiones de dióxido de carbono son bien conocidas y las emisiones están muy bien vinculadas al tonelaje de aluminio producido.

#### IV.A.3 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Aluminio Primario.

A los fines de efectuar la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas a partir del proceso de producción de aluminio primario, se aplica la siguiente fórmula:

ECUACIÓN 4.20  
EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE PROCESO DEL CONSUMO DE ÁNODOS Y/O PASTA DE ÁNODOS  
(MÉTODO DE NIVEL 1)

$$E_{\text{CO}_2} = EF_P \cdot MP_P + EF_S \cdot MP_S$$

Donde:

- E<sub>CO<sub>2</sub></sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> originadas en el consumo de ánodos y/o pasta de ánodos, toneladas de CO<sub>2</sub>



- EFP= factor de emisión específico de la tecnología de precocidos (toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de aluminio producido)
- MPP = producción de metal del proceso de ánodos precocidos (toneladas de Al)
- EFS= factor de emisión específico de la tecnología Søderberg, (toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de aluminio producido)
- MPS = producción de metal del proceso Søderberg (toneladas de Al)

De la ecuación anterior surge que los datos clave necesarios para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de aluminio son la cantidad producida diferenciada por tipo de tecnología: Søderberg o de ánodo precocido, al igual que los factores de emisión que se incluyen en la tabla que se presenta a continuación.

<b>CUADRO 4.10</b> <b>FACTORES DE EMISIÓN DE NIVEL 1 ESPECÍFICOS DE LA TECNOLOGÍA PARA CALCULAR LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO GENERADAS POR EL CONSUMO DE ÁNODOS O DE PASTA DE ÁNODOS</b>		
Tecnología	Factor de emisión (toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de Al)	Incertidumbre (+/-%)
Ánodos precocidos <sup>7</sup>	1,6	10
Soderberg	1,7	10
Fuente: Instituto Internacional del Aluminio. <i>Life Cycle Assessment of Aluminium</i> (IAL, 2000).		

**Tabla 30. Factores de emisión de Nivel 1 específicos de la tecnología para calcular las emisiones de Dióxido de Carbono generadas por el consumo de ánodos o pasta de ánodos**

En cuanto a la estimación correspondiente a las emisiones de PFC, se deberá aplicar la ecuación detallada a continuación:

<p align="center"><b>ECUACIÓN 4.25</b>  <b>EMISIONES DE PFC (MÉTODO DE NIVEL 1)</b></p> $E_{CF_4} = \sum_i (EF_{CF_4,i} \cdot MP_i)$ $E_{C_2F_6} = \sum_i^y (EF_{C_2F_6,i} \cdot MP_i)$
---

Donde:

- ECF<sub>4</sub> = emisiones de CF<sub>4</sub> generadas por la producción de aluminio, kg. de CF<sub>4</sub>



- $EC2F_6$  = emisiones de  $C2F_6$  generadas por la producción de aluminio, kg. de  $C2F_6$
- $EFCF_{4,i}$  = factor de emisión por defecto por tipo de tecnología de celda i para el  $CF_4$ , kg. de  $CF_4$ /tonelada de Al
- $EFC2F_{6,i}$  = factor de emisión por defecto por tipo de tecnología de celda i para el  $C2F_6$ , kg. de  $C2F_6$ /tonelada de Al
- $MP_i$  = producción de metal por tipo de tecnología de celda i, toneladas de Al

Al igual que para el  $CO_2$ , en este caso es esencial contar con datos sobre la cantidad de aluminio producido por cada tipo de tecnología.

CUADRO 4.15 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO E INTERVALOS DE INCERTIDUMBRE PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE PFC GENERADAS POR LA PRODUCCIÓN DE ALUMINIO POR TIPO DE TECNOLOGÍA DE CELDA (MÉTODO DE NIVEL 1)				
Tecnología	$CF_4$		$C_2F_6$	
	$EF_{CF_4}$ (kg./tonelada de Al) <sup>a</sup>	Intervalo de incertidumbre (%) <sup>b</sup>	$EF_{C_2F_6}$ (kg./tonelada de Al) <sup>c</sup>	Intervalo de incertidumbre (%) <sup>d</sup>
CWPB	0,4	-99/+380	0,04	-99/+380
SWPB	1,6	-40/+150	0,4	-40/+150
VSS	0,8	-70/+260	0,04	-70/+260
HSS	0,4	-80/+180	0,03	-80/+180

<sup>a</sup> Valores de  $CF_4$  por defecto calculados de la mediana del rendimiento del efecto anódico, tomados de los datos del estudio *1990 LAI survey data* (IAL, 2001).

<sup>b</sup> Incertidumbre basada en el intervalo de las emisiones específicas de  $CF_4$  calculadas por tecnología, tomada de los datos del estudio *1990 LAI survey data* (IAL, 2001).

<sup>c</sup> Valores por defecto para el  $C_2F_6$  calculados a partir del promedio global de la razón  $C_2F_6/CF_4$  por tecnología, multiplicados por el factor de emisión de  $CF_4$  por defecto.

<sup>d</sup> Intervalo de incertidumbre basado en el promedio global de la razón  $C_2F_6/CF_4$  por tecnología, multiplicado por el valor máximo y el valor mínimo de las emisiones específicas de  $CF_4$ , tomados de los datos del estudio *1990 LAI survey data* (IAL, 2001).

Nota: Estos factores de emisión por defecto deben utilizarse sólo en ausencia de datos de Nivel 2 o 3.

Tabla 31. Factores de emisión por defecto e intervalos de incertidumbre para el cálculo de emisiones de PFC generadas por la producción de aluminio por tipo de tecnología de celda (Método Nivel 1)

#### • Producción de Magnesio

En la industria del magnesio hay una serie de gases y de fuentes potenciales de emisión. La cantidad y el tipo de emisiones generadas por la industria del magnesio se corresponden con las materias primas utilizadas para la producción de magnesio metálico primario y/o con el tipo de mezcla de gases de cobertura



empleada en las fundiciones de moldeo y reciclado, para evitar la oxidación del magnesio fundido.

A continuación se muestra un cuadro donde se detallan las posibles emisiones de GEIs que pueden ser liberadas a la atmósfera en el momento de la producción y el moldeo de metal magnesio primario y secundario.

CUADRO 4.18 POSIBLES EMISIONES DE GEI RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN Y EL PROCESAMIENTO DEL MAGNESIO				
PROCESO	EMISIÓN POTENCIAL DE GEI ASOCIADA AL PROCESO			
	SF <sub>6</sub>	HFC	CO <sub>2</sub>	Otros*
Preparación de la materias primas para la producción primaria				
Baso en la dolomita y/o magnesita	-	-	X	-
Otras materias primas	-	-	-	-
Moldeo (primario y secundario)				
Moldeo primario de lingotes	X	X	X	X
Moldeo por inyección a presión	X	X	X	X
Moldeo por gravedad	X	X	X	X
Otros métodos de moldeo	X	X	X	X
Producción secundaria de Mg**	X	X	X	X
* Otros incluye las cetonas fluoradas y varios productos fluorados de descomposición, p. ej., PFC				
** Incluye los procesos que implican el reciclado y/o la recuperación de magnesio metálico				

Tabla 32. Posibles emisiones de GEI relacionadas con la producción y el procesamiento del Magnesio

El magnesio primario se refiere al magnesio metálico derivado de fuentes minerales. El magnesio primario puede producirse mediante electrólisis, o bien por un proceso de reducción térmica. Las materias primas utilizadas para la producción de magnesio primario son la dolomita, la magnesita, la carnalita, la serpentina, las salmueras o el agua de mar. Es durante el procesamiento de las materias primas carbonatadas (magnesita y dolomita) que se emite CO<sub>2</sub> durante el proceso de fabricación de magnesio. Puntualmente, el CO<sub>2</sub> es liberado durante la calcinación de los minerales basados en carbonatos (dolomita/magnesita), una



etapa de tratamiento previo al proceso principal de reducción electrolítica y/o térmica

La producción de magnesio secundario incluye la recuperación y el reciclado de magnesio metálico a partir de una variedad de materiales de chatarra que contienen magnesio: por ejemplo, componentes reciclados postconsumo, virutas y desechos de maquinado, chatarras de moldeos, residuos de horno, entre otros. Los procesos de moldeo del magnesio pueden emplear metal proveniente de la producción, tanto de magnesio primario como de magnesio secundario. El magnesio fundido puede moldearse mediante una variedad de métodos que incluyen el moldeo por gravedad, moldeo en arena, moldeo por inyección a presión y otros.

Todo el magnesio fundido arde espontáneamente en presencia de oxígeno atmosférico, y para evitar que esto se produzca se utilizan diversos sistemas de protección. Los más comúnmente utilizados son aquellos que emplean componentes gaseosos con un elevado Potencial de Calentamiento Global (PCA), tales como el  $\text{SF}_6$ .

#### IV.A.4 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs asociadas a la producción de Magnesio:

##### • Magnesio Primario

A los fines de estimar las emisiones de  $\text{CO}_2$  generadas al momento de la fabricación de magnesio primario se debe aplicar la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 4.28  
EMISIONES DE  $\text{CO}_2$  PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE MAGNESIO PRIMARIO (NIVEL 1)

$$E_{\text{CO}_2} = (P_d \cdot EF_d + P_{mg} \cdot EF_{mg}) \cdot 10^{-3}$$

Donde:

- $E_{\text{CO}_2}$  = emisiones de  $\text{CO}_2$  generadas por la producción de magnesio primario, Gg
- $P_d$  = producción de magnesio primario a partir de la dolomita, toneladas
- $P_{mg}$  = producción de magnesio primario a partir de la magnesita, toneladas



- EFd = factor de emisión por defecto para las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la producción de magnesio primario a partir de la dolomita, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de Mg primario producido

- EFmg = factor de emisión por defecto para las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la producción de magnesio primario a partir de la magnesita, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de Mg primario producido

De la fórmula anterior surge que los datos de vital importancia a los fines del cálculo de emisiones resultan ser los de la cantidad de magnesio producida.

En la siguiente tabla se incluyen los factores de emisión por defecto según los carbonatos utilizados durante el proceso de fabricación de Magnesio.

<p style="text-align: center;">CUADRO 4.19 FACTORES DE EMISIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE METAL MG PRIMARIO ESPECÍFICAS DE LOS MINERALES</p>	
Materia prima	Toneladas de emisión de CO <sub>2</sub> /tonelada de Mg primario producido
Dolomita	5,13
Magnesita	2,83

**Tabla 33. Factores de emisión para la producción de metal Mg Primario específicas de los minerales**  
A los fines de estimar las emisiones de SF<sub>6</sub> que son liberadas a la atmósfera durante el proceso de producción de magnesio primario y secundario deberá aplicarse la ecuación siguiente:

<p>ECUACIÓN 4.30</p> <p>EMISIONES DE SF<sub>6</sub> PROVENIENTES DEL MOLDEO DEL MAGNESIO (NIVEL 1)</p> $E_{SF6} = MGc \cdot EF_{SF6} \cdot 10^{-3}$
---

Donde:

- ESF<sub>6</sub> = emisiones de SF<sub>6</sub> generadas por el moldeo del magnesio, toneladas
- MGc = cantidad total de magnesio manipulado o moldeo en el país, toneladas
- EFSF<sub>6</sub> = factor de emisión por defecto para las emisiones de SF<sub>6</sub> generadas por el moldeo del magnesio, kg. de SF<sub>6</sub>/tonelada de Mg moldeo



De la ecuación anterior surge, que a igual que en el caso del  $\text{CO}_2$ , los datos clave a los fines de estimar las emisiones de  $\text{SF}_6$  generadas a partir del proceso de producción del Magnesio son los de la cantidad de Magnesio producida. De este modo, el factor de emisión por defecto resulta ser el mismo, sea el método de producción primario o secundario.

CUADRO 4.20 FACTORES DE EMISIÓN DE $\text{SF}_6$ PARA LOS PROCESOS DE MOLDEO DEL MAGNESIO (NIVEL 1)	
Sistema de moldeo	kg. de emisión de $\text{SF}_6$ por tonelada de Mg moldeo
Todos los procesos de moldeo	1,0
Fuente: Gjestland y Magers (1996)	

#### • Producción de Plomo

##### *Producción de Plomo en Bruto*

Existen dos procesos primarios para la producción de plomo en bruto a partir de concentrados de plomo: el de la sinterización/fundición, que consiste en etapas secuenciales de sinterización y de fundición, y que resulta el método de fabricación más utilizado; y el de la fundición directa, que elimina la etapa de sinterización.

En el proceso de sinterización/fundición, la sinterización inicial mezcla los concentrados de plomo con sinterizados reciclados, piedra caliza y sílice, oxígeno y lodos con alto contenido de plomo, para eliminar el azufre y los metales volátiles mediante la combustión. Este proceso, resulta en la emisión de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) relacionado con la energía, proveniente del gas natural utilizado para encender los óxidos de plomo. El sinterizado tostado se introduce en un alto horno junto con minerales que contienen otros metales, aire, productos derivados de fundición y coque metalúrgico. El coque se quema al reaccionar con el aire y produce monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) que es el que provoca la reacción de reducción química del óxido de plomo. El proceso de fundición ocurre, ya sea en un alto horno tradicional o en un horno de fundición Imperial Smelting Furnace (ISF) y es la reducción del óxido de plomo durante el proceso la que produce las emisiones de  $\text{CO}_2$ .



En el proceso de fundición directa, la etapa de sinterización es omitida y el concentrado de plomo y otros materiales entran directamente a un horno en el cual son fundidos y oxidados. Estos hornos pueden ser de varios tipos, entre los cuales los hornos Isasmelt-Ausmelt, Queneau-Schumann-Lurgi, Kaldo y el horno Kivcet. En el proceso se emplean una serie de agentes reductores que incluyen el carbón, el coque metalúrgico y el gas natural, en cantidades diferentes para cada horno, lo cual resulta en diferentes niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> para cada tipo de horno.

#### *Producción Secundaria de Plomo*

La producción secundaria de plomo refinado consiste en el procesamiento del plomo reciclado con el fin de prepararlo para su reutilización. La gran mayoría de este plomo reciclado proviene de la chatarra de plomo de las baterías ácidas. Las baterías ácidas de plomo, se trituran con molino de martillo y se introducen en el proceso de fundición con o sin desulfurización, o bien, se funden enteras. Los altos hornos tradicionales, los Imperial Smelting Furnaces, los hornos al arco eléctrico, los hornos de resistencia eléctrica, los de reverbero, los Isasmelt, Queneau-Schumann-Lurgi y Kivcet, pueden ser utilizados para fundir estas baterías o la chatarra de plomo reciclado. Al igual que en el caso anterior, estos hornos generan diferentes niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del uso de diferentes tipos y cantidades de agentes reductores. Los agentes reductores primarios son el carbón, el gas natural y el coque metalúrgico, aunque el horno de resistencia eléctrica emplea coque de petróleo.

#### IV.A.5 Metodología de Cálculo para las Emisiones Asociadas a la Producción de Plomo

$$\begin{aligned} &\text{ECUACIÓN 4.32} \\ &\text{EMISIONES DE CO}_2 \text{ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PLOMO} \\ &E_{CO_2} = DS \cdot EF_{DS} + ISF \cdot EF_{ISF} + S \cdot EF_S \end{aligned}$$

Donde:

- ECO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la producción de plomo, toneladas
- DS = cantidad de plomo producido por fundición directa, toneladas



- EFDS = factor de emisión para la fundición directa, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de producto de plomo
- ISF = cantidad de plomo producido en hornos Imperial Smelting Furnaces, toneladas
- EFISF = factor de emisión para los hornos Imperial Smelting Furnaces, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de producto de plomo
- S = cantidad de plomo producido a partir de materiales secundarios, toneladas
- EFS = factor de emisión para los materiales secundarios, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de producto de plomo

De la ecuación anterior surge que los datos clave a los fines del cálculo de las emisiones generadas a partir de los procesos de producción de plomo, son la cantidad de plomo producida por cada tecnología de producción empleada. Del mismo modo, a continuación se presentan los factores de emisión por defecto según el tipo de producción.

<p>CUADRO 4.21</p> <p>FACTORES GENÉRICOS DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> PARA LA PRODUCCIÓN DE PLOMO POR FUENTE Y TIPO DE HORNO</p> <p>(toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de producto)</p>			
Producción en hornos <i>Imperial Smelt Furnace</i> (ISF)	Producción por fundición directa (DS)	Por tratamiento de materias primas secundarias	Factor de emisión por defecto (80% ISF, 20% DS)
0,59	0,25	0,2	0,52
Fuente: Sjardin ( 2003).			

Tabla 34. Factores genéricos de emisión de CO<sub>2</sub> para la producción de plomo por fuente y tipo de horno (toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de producto)

#### • Producción de Zinc

Existen tres tipos de producción primaria de cinc. El primer método es un proceso metalúrgico llamado destilación electro-térmica, que es el empleado para combinar el concentrado tostado y los productos secundarios de cinc en un sinterizado de alimentación que se quema para eliminar cinc, haluros, cadmio y otras impurezas. El sinterizado resultante, rico en óxido de cinc, se combina con el coque metalúrgico en un horno eléctrico de retorta que reduce los óxidos de cinc y produce cinc vaporizado que se captura en un condensador al vacío. La reacción de reducción produce la liberación de emisiones no energéticas de



dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El segundo método de producción de cinc es el proceso pirometalúrgico que implica el uso de un horno Imperial Smelting Furnace, el cual permite el tratamiento simultáneo del cinc y de los concentrados de cinc. El proceso resulta en la producción simultánea de plomo y de cinc y en la liberación de emisiones no energéticas de  $\text{CO}_2$ . El tercer método de producción de cinc es el proceso electrolítico, en el que se calcina sulfuro de cinc, y se produce óxido de cinc. El óxido de cinc se filtra luego en ácido sulfúrico y se purifica para eliminar las impurezas de hierro, cobre y cadmio. Luego, se extrae el cinc de la solución mediante electrólisis. Este proceso no genera emisiones de GEIs.

#### *Procesos Secundarios de Producción de Zinc*

Existen más de 40 tecnologías hidrometalúrgicas y pirometalúrgicas que pueden emplearse para recuperar el metal de cinc a partir de varios materiales. El método depende de la fuente de cinc (nivel de contaminación y concentración del cinc) y del uso final deseado para el cinc recuperado. En muchos casos, el proceso consiste en la concentración del cinc (a través de una separación física y/o química), la sinterización, la fundición y el refinado.

Las etapas de sinterizado, fundición y refinado son idénticas a las etapas utilizadas en los procesos de producción primaria de cinc, de modo que ciertos procesos de fundición son considerados como emisores desde el punto de vista de las emisiones no energéticas de  $\text{CO}_2$ , en tanto que las etapas de sinterización y de refinación son consideradas como no emisoras. Cuando la etapa de concentración implica el uso de agentes reductores que contienen carbono y el uso de altas temperaturas para volatilizar o humear el cinc desde los materiales de fuente, el proceso puede liberar emisiones no energéticas de  $\text{CO}_2$ . El proceso de Waelz Kiln y el proceso de reducción de escorias o de humeado son dos de los métodos de concentración, durante este último es donde se utiliza el carbón o de otra fuente de carbono como agente reductor.



#### IV.A.6 Metodología de Cálculo de las Emisiones Asociadas a la Producción de Zinc

En el caso de que no se disponga de información que permita identificar los distintos métodos de producción de zinc utilizados, a los fines del cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> liberadas a la atmósfera al momento de la producción de zinc, se aplicará la siguiente ecuación:

$$\text{ECUACIÓN 4.33} \\ \text{EMISIONES DE CO}_2 \text{ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE ZINC (NIVEL 1)}$$

$$E_{CO_2} = Zn \cdot EF_{\text{por defecto}}$$

Donde:

- E<sub>CO<sub>2</sub></sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por la producción de cinc, toneladas
- Zn = cantidad de cinc producido, toneladas
- EF<sub>por defecto</sub> = factor de emisión por defecto, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de cinc producido.

Si en cambio, se cuenta con información acerca de los distintas tecnologías empleadas para la producción de cinc y de la cantidad producida por cada una de ellas, estaremos en condiciones de aplicar la ecuación que se detalla a continuación.

$$\text{ECUACIÓN 4.34} \\ \text{EMISIONES DE CO}_2 \text{ PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE ZINC (NIVEL 1)}$$

$$E_{CO_2} = ET \cdot EF_{ET} + PM \cdot EF_{PM} + WK \cdot EF_{WK}$$

Donde:

- E<sub>CO<sub>2</sub></sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por la producción de cinc, toneladas
- ET = cantidad de cinc producido por destilación electro-térmica, toneladas
- EF<sub>ET</sub> = factor de emisión para la destilación electro-térmica, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de cinc producido



- PM = cantidad de cinc producido por el proceso pirometalúrgico (proceso Imperial Smelting Furnace), toneladas
- EFPM = factor de emisión para el proceso pirometalúrgico, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de cinc producido
- WK = cantidad de cinc producido por el proceso Waelz Kiln, toneladas
- EFWK = factor de emisión para el proceso Waelz Kiln, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de cinc producido

Los factores de emisión a utilizar en las dos ecuaciones anteriores se incluyen en el siguiente cuadro:

CUADRO 4.24 FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> DE NIVEL 1 PARA LA PRODUCCIÓN DE CINCO		
Proceso	Factor de emisión	Fuente
Waelz Kiln (toneladas de CO <sub>2</sub> / tonelada de cinc)	3,66	Derivado de Viklund-White C. (2000) <i>The Use of LCA for the Environmental Evaluation of the Recycling of Galvanized Steel</i> . ISIJ International. Volumen 40 No. 3: 292-299.
Pirometalúrgico ( <i>Imperial Smelting Furnace</i> ) (toneladas de CO <sub>2</sub> / tonelada de cinc)	0,43	Sjardin 2003. <i>CO<sub>2</sub> Emission Factors for Non-Energy Use in the Non-Ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry</i> . Copernicus Institute, Utrecht, Países Bajos. Junio de 2003.
Electro-térmico	Desconocido	
Factor por defecto (toneladas de CO <sub>2</sub> / tonelada de cinc)	1,72	el factor por defecto se basa en una ponderación de factores de emisión conocidos (60% Imperial Smelting, 40% Waelz Kiln)

Tabla 35. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> de Nivel 1 para la producción de Cinc



## V. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes

### V.A. Lubricantes

El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte. Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. Según su utilización, se distinguen dos tipos de lubricantes: aceites para motores, aceites industriales, y grasas. Estos difieren según sus características físicas de sus aplicaciones comerciales y de su destino ambiental.

Las emisiones de GEIs a considerarse en este apartado involucran aquellas emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al uso de lubricantes, en los procesos en los que no existe combustión de los mismos en los motores (ya que en este caso las emisiones deberían considerarse en el sector energía). Las emisiones de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O son tan pequeñas que son despreciables.

#### V.A.1 Metodología de Cálculo de las Emisiones de GEIs Asociada al Uso de Lubricantes

A los fines de estimar las emisiones provenientes del Uso de Lubricantes se aplica la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{c} \text{ECUACIÓN 5.2} \\ \text{LUBRICANTES – MÉTODO DE NIVEL 1} \\ CO_2 \text{ Emisiones} = LC \cdot CC_{\text{Lubricante}} \cdot ODU_{\text{Lubricante}} \cdot 44/12 \end{array}$$

Donde:

- CO<sub>2</sub> Emisiones = emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los lubricantes, toneladas de CO<sub>2</sub>
- LC = consumo total de lubricantes, TJ
- CCLubricante = contenido de carbono de los lubricantes (por defecto), tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ)
- ODULubricante = factor ODU (basado en la composición por defecto de aceites y grasas), fracción



- $44/12$  = cociente de masa del  $\text{CO}_2/\text{C}$

CUADRO 5.2 FRACCIONES DE OXIDACIÓN POR DEFECTO PARA ACEITES LUBRICANTES, GRASAS Y LUBRICANTES EN GENERAL		
Lubricante / tipo de uso	Fracción por defecto en el total de lubricantes <sup>a</sup> (%)	Factor ODU
Aceite lubricante (aceite para motores / aceites industriales)	90	0,2
Grasas	10	0,05
Valor por defecto del IPCC para el total de lubricantes <sup>b</sup>		0,2
<sup>a</sup> Excluido el uso en motores de 2 tiempos. <sup>b</sup> Suponiendo un consumo de aceites lubricantes del 90 por ciento y un consumo de grasas del 10 por ciento y redondeando a una cifra decimal significativa. Fuente: Rinehart (2000).		

**Tabla 36. Fracciones de oxidación por defecto para aceites lubricantes, grasas y lubricantes en general**

De la ecuación anterior surge que los datos fundamentales a la hora de efectuar las estimaciones correspondientes es el consumo total de lubricante por tipo y los factores de emisión y demás factores por defecto incluidos en los cuadros anteriores.

## V.B. Ceras de parafina

En esta categoría se incluyen productos como la vaselina (petrolato), ceras de parafina y otras ceras, incluida la ozocerita (mezcla de hidrocarburos saturados, sólida a temperatura ambiente). Las ceras de parafina se separan del petróleo crudo durante la producción de aceites lubricantes (destilado) livianos. Las ceras de parafina se clasifican según el contenido de aceite y el grado de refinación.

Las ceras poseen una variedad de usos diferentes, ya que pueden aplicarse en: velas, cajas corrugadas, revestimientos de papel, encolados de placas, producción de alimentos, betunes de brillo, tensoactivos (como los utilizados en los detergentes) y muchas otras. Las emisiones provenientes del uso de las ceras se generan principalmente cuando las ceras o los derivados de la parafina se queman durante el uso (un ejemplo claro de esto es cuando se prenden las velas).



#### V.B.1 Metodología de Cálculo para las Emisiones Asociadas al Uso de Ceras de Parafina

A los fines de estimar las emisiones generadas en el uso de ceras de parafina se aplica la siguiente ecuación:

**ECUACIÓN 5.4**  
**CERAS – MÉTODO DE NIVEL 1**

$$CO_2 \text{ Emisiones} = PW \bullet CC_{Cera} \bullet ODU_{Cera} \bullet 44/12$$

Donde:

- $CO_2$  Emisiones = emisiones de  $CO_2$  generadas por las ceras, toneladas de  $CO_2$
- PW = consumo total de ceras, TJ
- $CC_{Cera}$  = contenido de carbono de las ceras de parafina (por defecto), tonelada de C/TJ (=Kg. de C/GJ)
- $ODU_{Cera}$  = factor ODU de la cera de parafina, fracción
- $44/12$  = cociente de masa del  $CO_2/C$

Se puede suponer que un 20% de las ceras de parafina se usan de un modo que conduce a emisiones, principalmente a través de la quema de velas, lo cual significa un factor ODU por defecto de 0,2; y el contenido de carbono por defecto de 20,0 kg./GJ.

De la ecuación anterior surge que el dato clave para la estimación de las emisiones generadas a partir del uso de ceras de parafina es la cantidad utilizada.

#### V.C. Alquitrán, road oil y otros diluyentes de petróleo

Este tipo de productos son utilizados principalmente en la producción de asfalto para la pavimentación de rutas y en actividades tales como la impermeabilización de techos.

La producción y uso del asfalto produce principalmente emisiones de COVDM, CO,  $SO_2$  y materias granuladas, pero en el caso de las emisiones generadas durante la instalación de los materiales de impermeabilización de techos son consideradas insignificantes.



### *Producción y Uso del Asfalto para Pavimentar Rutas*

El pavimento de asfalto consiste en una mezcla de agregados, arena, rellenos, alquitrán y, a veces, varios aditivos. Las superficies de las rutas asfaltadas están compuestas de agregados compactados y de alquitrán aglutinante. Otros tipos de pavimentos de rutas incluyen el asfalto disuelto o revertido y el asfalto emulsionado, ambos asfaltos líquidos. Los asfaltos disueltos o revertidos se licuan al mezclarlos con solventes de petróleo (diluyentes tales como los aceites residuales pesados, queroseno o solventes de nafta) y, por lo tanto, presentan un nivel relativamente alto de emisiones de CO y COVDM debido a la evaporación del diluyente. Por esto, la mayoría de las emisiones de los pavimentos de rutas provienen del uso de los asfaltos disueltos. Se distinguen tres tipos, en función de la tasa de evaporación: los de curado rápido (CR, del inglés, Rapid-Cure), que usan nafta o diluyentes de tipo gasolina de alta volatilidad, los de curado moderado (MC, del inglés, Medium-Cure) que usan diluyentes de volatilidad intermedia y los asfaltos disueltos de curado lento (SC, del inglés, Slow-Cure) que usan aceites de baja volatilidad. Contrastan con el llamado asfalto emulsionado que contiene principalmente agua y prácticamente ningún solvente. La cantidad de diluyente utilizado es generalmente menor en los países con clima cálido que en los países fríos y, por lo tanto, se puede esperar que los factores de emisión sean más bajos en los países cálidos.

Si no se conoce la cantidad de asfalto utilizado en los pavimentos, pero se conoce el área pavimentada, para calcular la masa de asfalto producido se puede usar un factor de conversión de 100 Kg. de asfalto/m<sup>2</sup> de superficie de ruta pavimentada.

Los gases se emiten en las plantas de asfalto (mezclado en caliente, disuelto o emulsionado), en las operaciones de asfaltado de las superficies de las rutas y ulteriormente en las superficies de las rutas asfaltadas..

### *Impermeabilización de Techos con Asfalto*

La industria de la impermeabilización de techos con asfalto produce fieltros saturados, tejas y rollos para paramentos horizontales y verticales: tejas asfaltadas, rollos de techado de superficie lisa con fieltros orgánicos y de asbesto, paramentos recubiertos con rollos de fieltro orgánico y de asbesto con superficie



mineral, fieltros orgánicos y de asbesto saturados de asfalto, láminas saturadas y/o recubiertas con asfalto y compuesto asfáltico. La mayoría de estos productos se utilizan para impermeabilizar techos y otras aplicaciones de la construcción. Las etapas principales del proceso total incluyen el almacenamiento del asfalto, el soplado del asfalto, la saturación de los fieltros, el recubrimiento y depósito de superficies minerales, entre los cuales se trata aquí el soplado del asfalto. Las emisiones directas de gases de efecto invernadero de los productos de impermeabilización de techos son insignificantes.

El soplado del asfalto es el proceso de polimerización y de estabilización del asfalto que mejora sus características de impermeabilización. Los asfaltos soplados se utilizan en la elaboración de productos asfálticos para techos. El soplado se realiza en una planta de procesamiento de asfalto o en una planta de impermeabilización de techos. El soplado del asfalto origina las emisiones más elevadas de COVDM y CO, más que ninguna otra etapa del proceso.

#### V.C.1 Metodología de Cálculo para las Emisiones asociadas a la producción y uso de Alquitrán, Road Oil, y otros Diluyentes de Petróleo

A los fines de poder estimar las emisiones provenientes del uso y producción de alquitrán, road oil y otros diluyentes de petróleo la información que resulta clave es la de cantidad de producto

##### *Espíritu blanco, queroseno, algunos aromáticos*

El uso de los solventes fabricados con combustibles fósiles utilizados como sustancias de alimentación a procesos puede resultar en emisiones evaporativas de varios compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), que continúan oxidándose ulteriormente en la atmósfera. Los combustibles fósiles utilizados como solventes son, notablemente, el espíritu blanco y el queroseno. El espíritu blanco se emplea como solvente de extracción, de limpieza, de desgrase y como solvente en los aerosoles, pinturas, conservantes de la madera, lacas, barnices y productos asfálticos.

Aparte de las emisiones originadas en el transporte terrestre y, cuando fuere el caso, en la producción y el manejo de la combustión de aceites y de



biocombustibles, esta categoría de fuente es a menudo la más grande de las emisiones de COVDM y la proporción puede variar entre 5% y 30 por ciento, con un promedio mundial cercano al 15 por ciento.

#### V.C.2 Metodología de Cálculo para las emisiones asociadas a la utilización de Solventes

Los datos que resultan fundamentales para efectuar los cálculos de referencia resultan en la cantidad por tipo de solvente utilizado.



## **VI. Emisiones de la Industria electrónica**

Los sectores específicos de la industria electrónica que se analizan incluyen la fabricación de semiconductores, pantallas planas a transistores de película delgada (TFT-FPD, del inglés, thin-film-transistor flat panel display) y dispositivos fotovoltaicos (PV, del inglés, photovoltaic) (denominados genéricamente «industria electrónica»).

Las emisiones varían según los gases utilizados en la fabricación de los diferentes tipos de dispositivos electrónicos, el proceso empleado (o más groseramente, del tipo de proceso (p.e. CVD o decapado)), la marca de las herramientas de proceso utilizadas y la implementación de una tecnología de reducción de las emisiones.

Los cálculos de las estimaciones se apoyan en un conjunto fijo de factores genéricos de emisión. Los elementos del conjunto difieren según el sector (o la clase) de los productos electrónicos fabricados (semiconductores, TFT-FPD o células PV). Cada elemento de un conjunto, que corresponde a un factor de emisión específico del gas, expresa las emisiones promedio por unidad de área de la superficie de sustrato (p.e. silicio, pantalla TFT-FPD o célula PV) consumido durante la fabricación. Para cada clase de productos electrónicos, los factores (elementos del conjunto) se multiplican por la utilización de la capacidad anual (Cu, una fracción) y la capacidad anual de diseño de la fabricación (Cd, en unidades de giga metros cuadrados (Gm<sup>2</sup>)) de procesamiento de sustrato. El producto (Cu • Cd) es una estimación de la cantidad de sustrato consumido durante la fabricación electrónica. El resultado es un conjunto de emisiones anuales expresadas en kg. de gases que abarcan el conjunto para cada clase de productos electrónicos. Debido a que el uso de los CF varía ampliamente durante la producción de PV, para estimar las emisiones de los CF generadas por la fabricación de células PV, se necesita un tercer factor que dé cuenta de la proporción de PV fabricado que emplea CF.

### **VI.A. Metodología de Cálculo para las emisiones asociadas a la Industria Electrónica**

Para el presente trabajo no se contemplaran las emisiones asociadas a la industria electrónica debido a la falta de información y complejidad del cálculo.



## **VI.B. SUSTITUTOS FLUORADOS PARA LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO**

Los hidrofluorocarbonos (HFC) y, en una medida muy limitada, los perfluorocarbonos (PFC), sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) que están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal. Las áreas actuales y previsibles de aplicación de los HFC y los PFC incluyen:

- Refrigeración y aire acondicionado;
- Extinción de incendios y protección contra explosiones;
- Aerosoles;
- Limpieza con solventes;
- Agentes espumantes; y
- Otras aplicaciones (Equipos de esterilización, tabaco y como solventes en la fabricación de adhesivos, revestimientos y tintas).

## **VI.C. Desechos**

El tratamiento y la eliminación de los desechos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de metano ( $\text{CH}_4$ ) y en menor medida dióxido de carbono biogénico ( $\text{CO}_2$ ) y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ).

La descomposición de la materia orgánica derivada de las fuentes de biomasa (p.e. cultivos, madera) es la fuente principal de liberación de  $\text{CO}_2$  a partir de desechos. Estas emisiones de  $\text{CO}_2$  no están incluidas en los totales nacionales porque el carbono es de origen biogénico y las emisiones netas se contabilizan en otro sector. Cabe Destacar que no se considerarán las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  procedentes de los SEDS pues éstas no son significativas.



## VI.C.1 Desechos Sólidos Industriales

Al momento de estimar las emisiones provenientes de la descomposición de desechos industriales resulta fundamental considerar en cada tipo de industria el contenido de DOC y Carbono fósil de los desechos en cuestión. Esto es así ya que el contenido de DOC y Carbono fósil es uno de los factores que determina el nivel de emisión que se generará al momento de la descomposición de los mencionados residuos. En el cuadro que se presenta a continuación se muestran los mencionados valores por defecto del contenido de DOC (carbono orgánico degradable) y Carbono Fósil de los desechos según el tipo de industria.

CUADRO 2.5 VALORES POR DEFECTO PARA CONTENIDOS DE DOC Y CARBONO FÓSIL EN DESECHOS INDUSTRIALES (EN PORCENTAJES DE DESECHOS HUMEDOS PRODUCIDOS) <sup>1</sup>				
Tipo de industria	DOC	Carbono fósil	Carbono total	Contenido de agua <sup>2</sup>
Alimentos, bebidas y tabaco (otros que lodo)	15	-	15	60
Textiles	24	16	40	20
Madera y productos de madera	43	-	43	15
Pulpa y papel (otros que lodo)	40	1	41	10
Productos del petróleo, disolventes, plásticos	-	80	80	0
Caucho	(39) <sup>3</sup>	17	56	16
Construcción y demolición	4	20	24	0
Otros <sup>4</sup>	1	3	4	10

Fuente: Dictamen de expertos, Pipatti *et al.* 1996; Yamada *et al.* 2003.

<sup>1</sup> Los valores por defecto solo se refieren a la generación de desechos por los procesos realizados en ciertas industrias; se supone que los desechos de oficina y otros similares forman parte de los DSM.

<sup>2</sup> Nótese que los contenidos de agua de los desechos industriales varían enormemente, inclusive dentro de una misma industria.

<sup>3</sup> Es muy probable que los cauchos de origen natural no se degraden en condiciones anaeróbicas en los SEDS.

<sup>4</sup> Estos valores podrán utilizarse también como valores por defecto para el total de desechos de industrias manufactureras, cuando no se disponga de datos para la producción de desechos por tipo de industria. Los desechos de la minería y de canteras deben excluirse de los cálculos, ya que los valores pueden ser elevados y los contenidos de DOC y carbono fósil serán probablemente insignificantes.

Tabla 37. Valores por defecto para contenidos de DOC y carbono fósil en desechos industriales

El otro dato que resulta fundamental a los fines de estimar las emisiones provenientes de la eliminación de residuos sólidos industriales es el tipo de manejo que se les da a los residuos. Cada forma de manejo de los residuos posee asignado un Factor de Corrección de Metano que implica la fracción de los desechos tratados en condiciones anaeróbicas; a mayor fracción mayor será el nivel de emisión. A partir de lo expresado se puede observar que este factor es de



suma relevancia, ya que también determinará el nivel de emisiones liberadas a la atmósfera en la descomposición de los residuos sólidos industriales.

CUADRO 3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SEDS Y FACTORES DE CORRECCIÓN DE METANO (MCF)	
Tipo de sitio	Valores por defecto del Factor de corrección de metano (MCF, del inglés, <i>Methane Correction Factor</i> )
Gestionado – anaeróbico <sup>1</sup>	1,0
Gestionado – semi-aeróbico <sup>2</sup>	0,5
No gestionado <sup>3</sup> – profundo (>5 m desechos) y/o capa freática elevada	0,8
No gestionado <sup>4</sup> – poco profundo (<5m de desechos)	0,4
SEDS no categorizado <sup>5</sup>	0,6

<sup>1</sup> Sitios anaeróbicos no gestionados de eliminación de desechos sólidos: Deben implementar la colocación controlada de los desechos (o sea: los desechos son dirigidos a áreas específicas de deposición donde se ejerce un cierto control sobre la recuperación informal de residuos reciclables y la quema de basuras) e incluir por lo menos uno de los siguientes elementos: (i) material protector de la cubierta; (ii) compactación mecánica o (iii) nivelación de los desechos.

<sup>2</sup> Sitios semi-aeróbicos gestionados de eliminación de desechos sólidos: deben garantizar la ubicación controlada de los desechos e incluir todas las estructuras siguientes para introducir aire en las capas de desechos: (i) material de la cubierta permeable; (ii) sistema de drenaje para la lixiviación; (iii) estanques de regulación y (iv) sistema de ventilación de gases.

<sup>3</sup> Sitios no gestionados de eliminación de desechos sólidos - profundos y/o con capa freática elevada: Todos los SEDS que no cumplen con los criterios de los SEDS gestionados y que tienen profundidades mayores o iguales a 5 metros y/o una capa freática elevada cercana al nivel del suelo. La última situación corresponde al llenado con desechos de un terreno con aguas fluviales, como un estanque, río o humedal.

<sup>4</sup> Sitios no gestionados poco profundos de eliminación de desechos sólidos: todos los SEDS que no cumplen con los criterios de los SEDS gestionados y que tienen profundidades de menos de 5 metros.

<sup>5</sup> Sitios no categorizados de eliminación de desechos sólidos: Sólo si los países no pueden categorizar sus SEDS dentro de las cuatro anteriores categorías de SEDS gestionados y no gestionados pueden emplear el MCF para esta categoría

Fuentes: IPCC (2000); Matsufuji *et al.* (1996)

Tabla 38. Clasificación de los SEDS y factores de corrección de Metano (MCF)

## VI.C.2 Tratamiento y eliminación de Aguas Residuales Industriales

Las aguas residuales pueden ser una fuente de metano (CH<sub>4</sub>) cuando se las trata o elimina en medio anaeróbico. También pueden ser una fuente de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes de las aguas residuales no se consideran ya que éstas son de origen biogénico y no deben incluirse.

Al igual que en el caso de la gestión de los residuos sólidos, en el cuadro que figura a continuación se detallan las formas de tratamiento de las aguas residuales industriales, y su correspondiente MCF, que determinará el nivel de emisiones asociada al tipo de manejo de los efluentes.



CUADRO 6.8 VALORES DE MCF POR DEFECTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES			
Tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación	Comentarios	MCF <sup>1</sup>	Intervalo
<b>No tratadas</b>			
Eliminación en río, lago y mar	Los ríos con altas cargas de orgánicos pueden volverse anaeróbicos, pero esta situación no se considera aquí	0,1	0 – 0,2
<b>Tratado</b>			
Planta de tratamiento aeróbico	Debe ser bien gestionada. Puede emitir algo de CH <sub>4</sub> desde las cuencas de decantación y otros tanques	0	0 – 0,1
Planta de tratamiento aeróbico	Mal operada. Sobrecargada	0,3	0,2 – 0,4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH <sub>4</sub>	0,8	0,8 – 1,0
Reactor anaeróbico (e. ej., UASB, Reactor de membrana fija)	Aquí no se considera la recuperación de CH <sub>4</sub>	0,8	0,8 – 1,0
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros, recurrir al dictamen de expertos	0,2	0 – 0,3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros	0,8	0,8 – 1,0
<sup>1</sup> Basado en dictamen de expertos realizado por los autores principales de esta sección			

**Tabla 39. Valores de MCF por defecto para las aguas residuales industriales**

Se pueden obtener datos sobre la producción industrial y las aguas residuales resultantes a partir de las estadísticas nacionales, los organismos reguladores, las asociaciones industriales o de tratamiento de aguas residuales. En algunos casos, la cuantificación de la carga de COD en las aguas residuales puede necesitar un dictamen de expertos. En algunos países, se pueden obtener datos sobre el COD y la utilización total de agua por sector, directamente de un organismo regulador. Una alternativa es la de obtener datos sobre la producción industrial y buscar en la bibliografía las toneladas de COD generado por tonelada de producto. El Cuadro que se incluye a continuación ofrece ejemplos que se pueden utilizar como valores por defecto. Estos deben usarse con precaución, por ser parámetros específicos del país, de la industria y del proceso.



## ESQUEMAS DE CÁLCULO



## VII. INDUSTRIA PETROQUÍMICA

### VII.A. Polo Campana

#### VII.A.1 Planta BUNGE

- Amoníaco ( $\text{NH}_3$ )
- Urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )
- UAN ( $\text{NH}_4\text{-CO}(\text{NH}_2)_2$ )
- Tiosulfato de Amonio ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ )

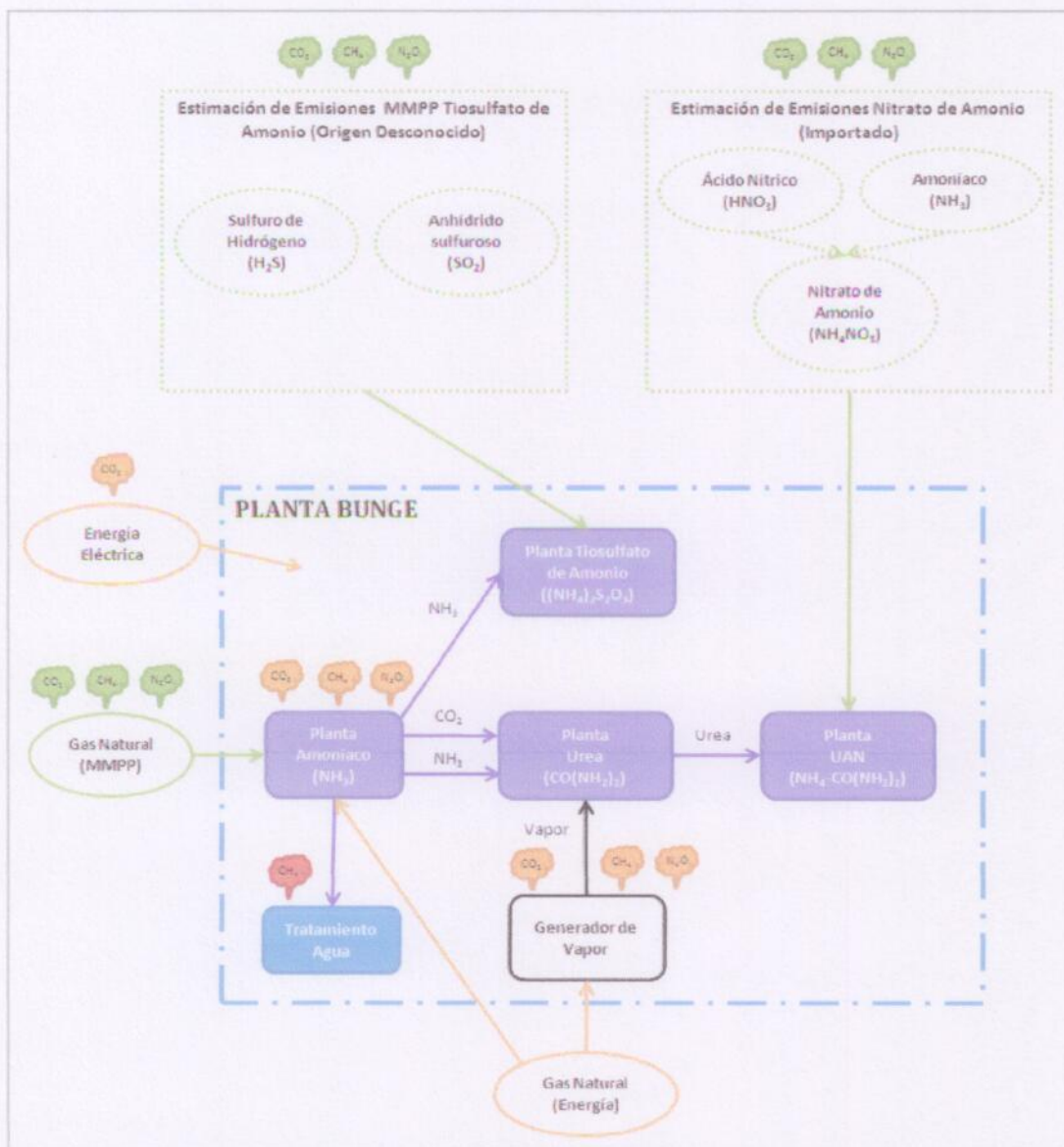


Ilustración 3. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Procesos productivos y emisiones asociadas



Planta NH3				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t NH3	GN MMPP + GN Energía	7.595
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	235 33%
GN MMPP	Gas Natural (Materias Primas)	Millones de Calorías/t NH3	Dato	5.928
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
R <sub>CO2</sub>	CO2 recuperado para utilización ulterior en un proceso secundario (UREA)	%	Dato IPA	96%
E <sub>CO2 - GN MMPP</sub>	Emisiones de CO2 proveniente de la Producción de Amoníaco	KgsCO <sub>2eq</sub>	Ecuación 3.1	56 8%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t NH3	Dato	1.667
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		391 55%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t NH3	Dato	53
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	19 3%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn NH <sub>3</sub>	Dato	1,10
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	3,30
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	1
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	14 2%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn NH3	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn NH <sub>3</sub>		714

Tabla 40. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de Amoníaco



Planta Urea				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t Urea	GN MMPP + GN Energía	418
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	13 2%
CE <sub>NH3</sub>	Consumo Específico de Amoníaco	Tn NH3 / Tn Urea	Dato	0,57
FE <sub>NH3</sub>	Factor de Emisión Producción NH3	KgsCO <sub>2eq</sub> /TN NH3	Estimado para Planta de NH3	714
E <sub>CO2 NH3</sub>	Emisiones por producción de NH3	KgsCO <sub>2eq</sub>		407 70%
CE <sub>CO2</sub>	Consumo Específico de CO2	Tn CO2 / Tn Urea	Dato	0,74
FE <sub>CO2</sub>	Factor de Emisión Producción CO2	KgsCO <sub>2eq</sub> /TN CO2	Se considera incluido en el FE NH3	-
E <sub>CO2 CO2</sub>	Emisiones por producción de CO2	KgsCO <sub>2eq</sub>	Se libera en el Uso	- 0%
Vapor	Cantidad de Vapor	Tn Vapor / Tn Urea	Dato	0,73
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t Urea	Vapor * CE GN VPR	418
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		98 17%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t Urea	Dato	176
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	62 11%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn UREA	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Urea		580

Tabla 41. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de Urea



Planta UAN				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
$CE_{UREA}$	Consumo Específico de Urea	Tn Urea / Tn UAN	Dato	36%
$FE_{UREA}$	Factor de Emisión Producción Urea	KgsCO <sub>2eq</sub> /TN NH <sub>3</sub>	Estimado para Planta de Urea	580
$E_{CO2\ UREA}$	Emisiones por producción de Urea	KgsCO <sub>2eq</sub>		209 17%
$CE_{NH4-NO3}$	Consumo específico Nitrato de Amonio	Tn NH <sub>4</sub> -NO <sub>3</sub> / Tn UAN		44%
$CE_{NH3}$	Consumo Específico de Amoniaco para Fabricar Nitrato de Amonio	Tn CO <sub>2</sub> / Tn NH <sub>4</sub> -NO <sub>3</sub>	Por estequiometría	27%
$FE_{NH3}$	Factor de Emisión Producción NH <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub> /TN NH <sub>3</sub>	Estimado para Planta de NH <sub>3</sub>	714
$E_{CO2\ NH3}$	Emisiones por producción de NH <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub>		84
$CE_{HNO3}$	Consumo Específico de HNO <sub>3</sub> para Fabricar Nitrato de Amonio	Tn CO <sub>2</sub> / Tn NH <sub>4</sub> -NO <sub>3</sub>	Por estequiometría	73%
$FE_{HNO3}$	Factor de Emisión Producción HNO <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub> /TN HNO <sub>3</sub>	Dato Default IPCC 2006 - Cuadro 3.3	2.790
$E_{CO2\ HNO3}$	Emisiones por producción de HNO <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub>		902
$E_{CO2\ NH4-NO3}$	Emisiones Nitrato de Amonio	KgsCO <sub>2eq</sub>		985 78%
$EE$	Energía Eléctrica	kWh/t UAN	Dato Idem Urea	176
$FE_{EE}$	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
$E_{CO2-EE}$	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	$EE * FE_{EE}$	62 5%
$E_{Total}$	Emisiones Totales por Tn UAN	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn UAN		1.256

Tabla 42. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de UAN



Planta Tiosulfato de Amonio				
Variable	Descripcion	Unidades	Ecuación	Valor
$CE_{NH_3}$	Consumo Especifico de Amoniaco	Tn $NH_3$ / Tn Tiosulfato	Por estequiometria	23%
$FE_{NH_3}$	Factor de Emision Produccion $NH_3$	Kgs $CO_{2eq}$ / TN Tiosulfato	Estimado para Planta de $NH_3$	714
$E_{CO_2 NH_3}$	Emisiones por produccion de $NH_3$	Kgs $CO_{2eq}$		164 73%
$CE_{SO_2+H_2S}$	Consumo Especifico de $SO_2+H_2S$	Tn $SO_2+H_2S$ / Tn Tiosulfato	Por estequiometria	77%
$FE_{SO_2+H_2S}$	Factor de Emision Produccion $SO_2+H_2S$	Kgs $CO_{2eq}$ / TN $SO_2+H_2S$	No hay Datos para estimarla	
$E_{CO_2 SO_2+H_2S}$	Emisiones por produccion de $SO_2+H_2S$	Kgs $CO_{2eq}$		- 0%
EE	Energia Electrica	kWh/t Tiosulfato	Dato Idem Urea	176
FE EE	Factor de Emision Energia Electrica de la Red	Kgs $CO_{2eq}$ / kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
$E_{CO_2 - EE}$	Emisiones de $CO_2$ por uso de la energia	Kgs $CO_{2eq}$	$EE * FE_{EE}$	62 27%
$E_{Total}$	Emisiones Totales por Tn Tiosulfato	Kgs $CO_{2eq}$ / Tn Tiosulfato		226

Tabla 43. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge". Esquema de cálculo para la producción de Tiosulfato de Amonio

## VII.A.2 Planta CABOT

### VII.A.2.a Negro de Humo

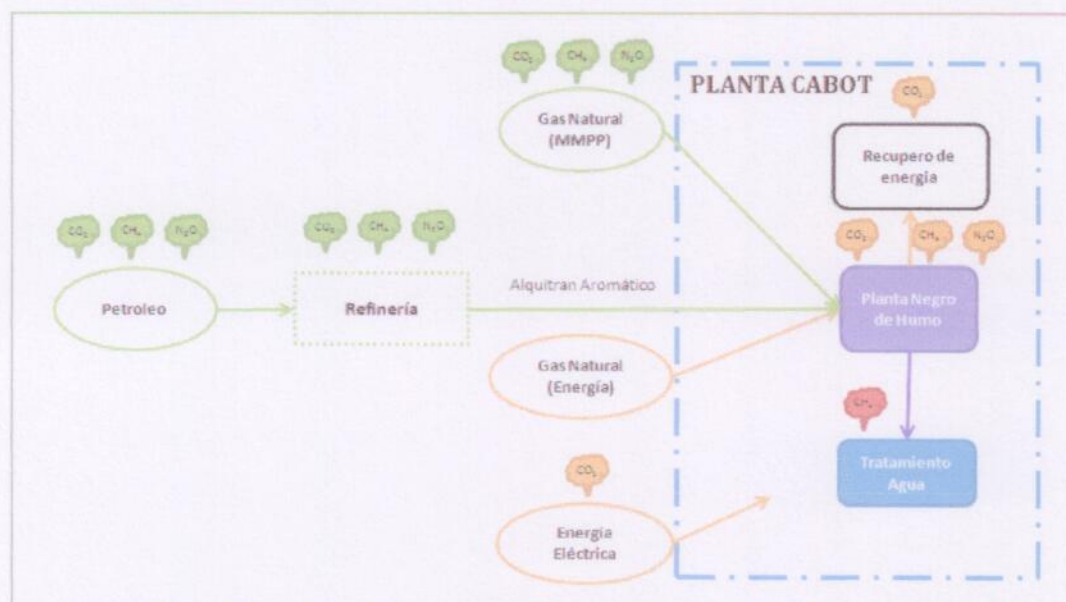


Ilustración 4. Industria Petroquímica. Empresa "Cabot". Procesos productivos y emisiones asociadas



Planta Negro de Humo					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t BC	GN MMPP + GN Energía	4,748	
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031	
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	147	5%
GN MMPP	Gas Natural (Materias Primas)	Millones de Calorías/t BC	Dato	4,222	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Incluido en Factor de Emisión del Proceso	-	
E <sub>CO2 - GN MMPP</sub>	Emisiones de CO2 proveniente de la Producción de Amoníaco	KgsCO <sub>2eq</sub>		-	0%
CE ALQUITRAN	Consumo Específico de Alquitrán	Tn Alquitrán / Tn BC	Dato	1,637	
FE ALQUITRAN	Factor de Emisión Producción Alquitrán	KgsCO <sub>2eq</sub> /TnBC	No hay Datos para estimarla	-	
E <sub>CO2 ALQUITRAN</sub>	Emisiones por producción de Alquitrán	KgsCO <sub>2eq</sub>		-	0%
FE Prd BC	Factor de Emisión DE CO2 (Nivel 1) - Producción negro de Humo	KgsCO <sub>2eq</sub>	Dato por Defecto IPCC - Cuadro 3.23	2,620	84%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t BC	Dato	526	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Incluido en Factor de Emisión del Proceso	-	
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		-	0%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t BC	Dato	556	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	195	6%
FE CH4 Gas Cola	Factor de emisión incontrolada de CH4	KgCH <sub>4</sub> / TN BC	Dato por Defecto IPCC - Cuadro 3.24	0,006	
FE CH4 Gas Cola	Factor de emisión incontrolada de CH4	KgsCO <sub>2eq</sub>	FE CH4 Gas Cola * 21	0,13	0%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn BC	Dato	13,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	39,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	8	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	164	5%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn BC	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn BC		3,126	

Tabla 44. Industria Petroquímica. Empresa "Cabot". Esquema de cálculo para la producción de Negro de Humo



## VII.B. Polo Bahía Blanca

### VII.B.1 Planta PROFÉRTIL

- Amoníaco ( $\text{NH}_3$ )

- Urea Granulada ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )

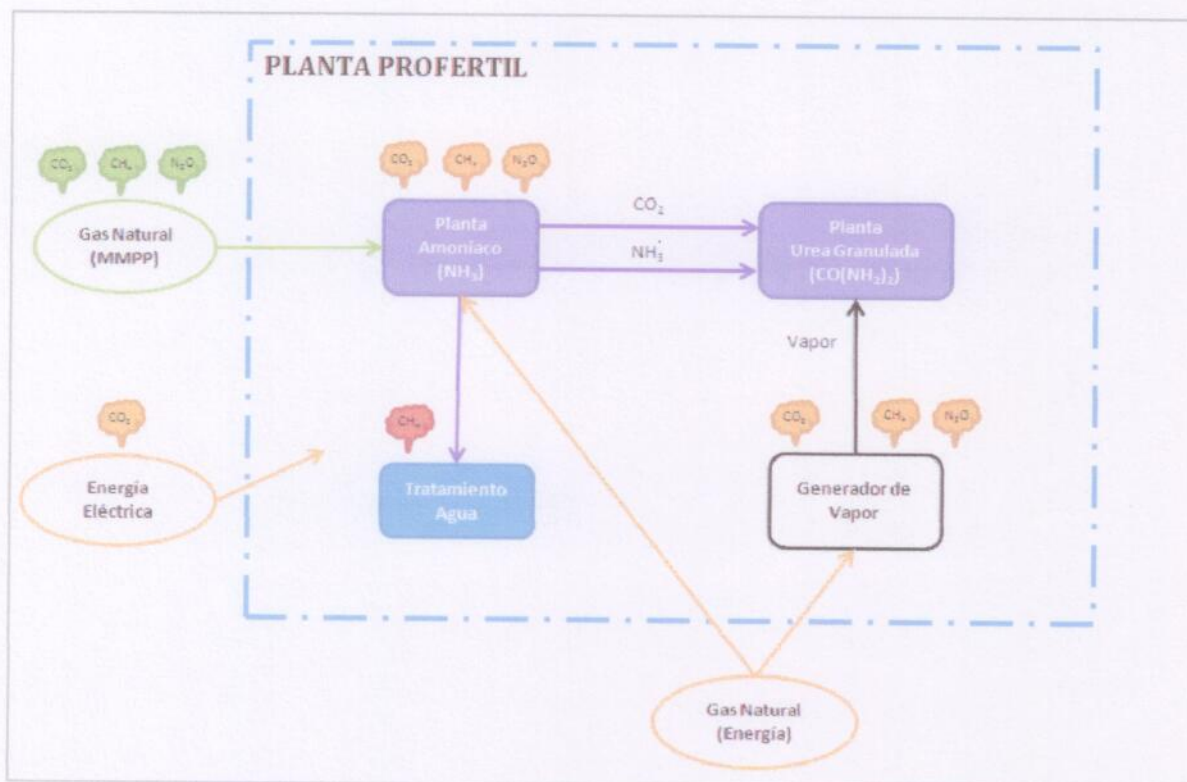


Ilustración 5. Industria Petroquímica. Empresa "Profertil". Procesos productivos y emisiones asociadas



Planta NH3					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t NH <sub>3</sub>	GN MMPP + GN Energía	7.595	
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031	
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	235	33%
GN MMPP	Gas Natural (Materias Primas)	Millones de Calorías/t NH <sub>3</sub>	Dato	5.928	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
R <sub>CO2</sub>	CO2 recuperado para utilización ulterior en un proceso secundario (UREA)	%	Dato IPA	96%	
E <sub>CO2 - GN MMPP</sub>	Emisiones de CO2 proveniente de la Producción de Amoníaco	KgsCO <sub>2eq</sub>	Ecuación 3.1	56	8%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t NH <sub>3</sub>	Dato	1.667	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		391	55%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t NH <sub>3</sub>	Dato	53	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	19	3%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn NH <sub>3</sub>	Se utiliza el mismo dato planta BUNGE	1,10	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	3,30	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	1	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 21	14	2%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn NH <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn NH <sub>3</sub>		714	

Tabla 45. Industria Petroquímica. Empresa "Profertil". Esquema de cálculo para la producción de Amoníaco



Planta Urea Granulada				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t Urea	GN MMPP + GN Energía	384
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	12 2%
CE <sub>NH3</sub>	Consumo Específico de Amoníaco	Tn NH <sub>3</sub> / Tn Urea	Dato	0,57
FE <sub>NH3</sub>	Factor de Emisión Producción NH <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub> / TN NH <sub>3</sub>	Estimado para Planta de NH <sub>3</sub>	714
E <sub>CO2 NH3</sub>	Emisiones por producción de NH <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub>		407 66%
CE <sub>CO2</sub>	Consumo Específico de CO2	Tn CO <sub>2</sub> / Tn Urea	Dato	0,75
FE <sub>CO2</sub>	Factor de Emisión Producción CO2	KgsCO <sub>2eq</sub> / TN CO <sub>2</sub>	Se considera incluido en el FE NH <sub>3</sub>	-
E <sub>CO2 CO2</sub>	Emisiones por producción de CO2	KgsCO <sub>2eq</sub>	Se libera en el Uso	- 0%
Vapor	Cantidad de Vapor	Tn Vapor / Tn Urea	Dato	0,67
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t Urea	Vapor * CE GN VPR	384
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		90 15%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t Urea	Dato	309
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	109 18%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn UREA	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Urea		618

Tabla 46. Industria Petroquímica. Empresa "Profertil". Esquema de cálculo para la producción de Urea granulada



## VII.C. Polo Ensenada – La Plata

### VII.C.1 Petroquímica La Plata – YPF

Complejo Aromáticos YPF				
El cálculo se basó en las producciones del año 2010 y los consumos asociados. Solo se consideró como Producción a los "Productos"				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
Nf Virgen	Nafta Virgen Procesada	Tn/Tn Prd	Dato	1,2289
CE Nf Virgen	Factor de Emisión Extracción + Refinamiento Nafta Virgen	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL-ACM0017 / Versión 01.1 - Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRD NAFTA VIRGEN</sub>	Emisiones producción de Nafta Virgen	KgsCO <sub>2eq</sub>		376 26%
EE	Energía Eléctrica	KWh/Tn	Dato - Compra	66,53
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> / KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	23 2%
GN	Gas Natural (EE + Proceso + Vapor) Se asume que se combustiona el total del gas.	M <sup>3</sup> / Tn	Dato	95,29
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / M <sup>3</sup>	Ver Hoja Combustibles	1,95
E <sub>GN</sub>	Emisiones por combustión GN	KgsCO <sub>2eq</sub>		186 13%
LPG	Gas Licuado de Petróleo. Se asume combustión completa.	Kgs / Tn	Dato	1,83
FE LPG	Factor de Emisión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	Ver Hoja Combustibles	2,87
E <sub>LPG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		5 0%
FG	Fuel Gas	Kgs / Tn	Dato	219,61
FE FG	Factor de Emisión Fuel Gas	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	No se cuenta con datos se utilizan los valores para LPG	2,87
E <sub>FG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		631 43%
FO	Fuel Oil (FO + FO Residual)	Kgs / Tn	Dato	71,00
FE FO	Factor de Emisión FO	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	Ver Hoja Combustibles	3,17
E <sub>FO</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		225 15%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgsVapor/Tn	Dato	88,84
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE GN VPR	51
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		12 1%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn Prd	Cuadro 6.9 - Refinerías de Petróleo	0,60
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Refinerías de Petróleo	1,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	0,60
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.9 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bd	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	0
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	3 0%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Prd	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		1.461

Tabla 47. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo del Complejo Aromáticos



Complejo Olefinas YPF					
Estimación de los consumos específicos para cada línea.					
Variable	Descripcion	Unidades	Ecuación	Valor	
Prd TAME	Produccion de TAME	Tn / Año	Real año 2010	105.690	
Prd MTBE	Produccion de MTBE	Tn / Año	Real año 2010	65.179	
Prd 1-BUTENO	Produccion de 1-Buteno	Tn / Año	Real año 2010	2.435	
Prd OXO-ALCOHOL	Produccion de Oxo-Alcohol	Tn / Año	Real año 2010	33.491	
Prd TOTAL	Produccion total planta Olefinas	Tn / Año	Real año 2010	206.795	
Utility	Comentarios	Unidades	Consumo Anual	Produccion (Calculo CE)	CE (Unid/Tn)
EE	Compra	kWh/a	23.978.715	206.795	115,95
GN	Para generar EE	m³/a	5.886.329	206.795	28,46
LPG		t/a	659	206795	0,00
Vapor (alta P)	Compra a tercero	t/a	10.214	33.491	0,30
GN		m³/a	7.972.928	33.491	238,06
Fuel Gas	Para generar vapor de alta presión	t/a	4.881	33.491	0,15
Fuel Oil		t/a	8.163	33.491	0,24
GN	Combustible a proceso/s.	m³/a	5.922.068	33.491	176,83
Fuel Gas		t/a	8.017	33.491	0,24
MMPP	Para produccion de:	Unidades	Consumo Anual	Produccion (Calculo CE)	CE (Tn/Tn)
Isomilenos	TAME	t/a	230.880	105.690	2,18
Butenos-Butilenos	MTBE/Buteno-1	t/a	203.545	67.614	3,01
Metanol	TAME/MTBE/Buteno-1	t/a	44.319	173.304	0,26

Tabla 48. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo del Complejo Olefinas



Planta MTBE				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>Butanos-Butilenos</sub>	Consumo específico de Butanos-Butilenos	Tn/Tn MTBE+Buteno1	Estimado en base a consumo real 2010	3,01
FE <sub>Butanos-Butilenos</sub>	Factor de Emisión Extracción + Refinamiento Butanos-Butilenos	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRD Butanos-Butilenos</sub>	Emisiones producción de Butanos-Butilenos	KgsCO <sub>2eq</sub>		921 56%
CE <sub>Metanol</sub>	Consumo específico de Metanol	Tn/Tn MTBE+Buteno1	Estimado en base a consumo real 2010	0,26
FE <sub>Metanol</sub>	Factor de Emisión Producción Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - EFMaOH_PC	1,950
E <sub>PRD Metanol</sub>	Emisiones producción de Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub>		499 31%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn MTBE+Buteno1	Estimado en base a consumo real 2010	116
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> / kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	41 2%
GN	Gas Natural (Solo para Generación EE)	M <sup>3</sup> / Tn MTBE+Buteno1	Estimado en base a consumo real 2010	28,46
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / M3	Ver Hoja Combustibles	1,95
E <sub>GN</sub>	Emisiones por combustión GN	KgsCO <sub>2eq</sub>		55 3%
LPG	Gas Licuado de Petróleo (Solo para Generación de EE)	Kgs / Tn MTBE+Buteno1	Estimado en base a consumo real 2010	3,19
FE LPG	Factor de Emisión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	Ver Hoja Combustibles	2,87
E <sub>LPG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		9 1%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn MTBE+Buteno1	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.9 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	106 6%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn MTBE/Buteno 1	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		1.631

Tabla 49. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo de Planta MTBE



Planta TAME				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>ISOAMILENOS</sub>	Consumo específico de ISOAMILENOS	Tn/Tn TAME	Dato	2,18
FE <sub>ISOAMILENOS</sub>	Factor de Emisión Extracción + Refinamiento ISOAMILENOS	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRO ISOAMILENOS</sub>	Emisiones producción de ISOAMILENOS	KgsCO <sub>2eq</sub>		668 49%
CE <sub>Metanol</sub>	Consumo específico de Metanol	Tn/Tn TAME	Dato	0,26
FE <sub>Metanol</sub>	Factor de Emisión Producción Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - EFMeOH_PC	1.950
E <sub>PRO Metanol</sub>	Emisiones producción de Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub>		499 36%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn	Estimación	116
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> / kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	41 3%
GN	Gas Natural (Solo para Generación EE)	M <sup>3</sup> / Tn	Estimación	28,46
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / M <sup>3</sup>	Ver Hoja Combustibles	1,95
E <sub>GN</sub>	Emisiones por combustión GN	KgsCO <sub>2eq</sub>		55 4%
LPG	Gas Licuado de Petróleo (Solo para Generación de EE)	Kgs / Tn	Dato	3,19
FE LPG	Factor de Emisión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	Ver Hoja Combustibles	2,87
E <sub>LPG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		9 1%
W	Efluentes por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn Prd	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgOQ/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	106 8%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Prd	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		1.378

Tabla 50. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo de Planta TAME



Planta OxoAlcoholes				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE GAS NATURAL	Consumo específico de Gas Natural (Proceso + Energía)	M <sup>3</sup> /Tn OxoAlcohol	Dato	443,35
FE GAS NATURAL	Factor de Emisión producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /M <sup>3</sup>	Ver hoja de emisiones fugitivas	0,257
E <sub>PRD GAS NATURAL</sub>	Emisiones producción de Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub>		114 8%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn	Estimación	116
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	41 2%
GN	Gas Natural (Generación EE+Vapor)	M <sup>3</sup> /Tn	Estimación	267
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /M <sup>3</sup>	Ver Hoja Combustibles	1,95
E <sub>GN</sub>	Emisiones por combustión GN	KgsCO <sub>2eq</sub>		519 32%
LPG	Gas Licuado de Petróleo (Solo para Generación de EE)	Kgs/Tn	Dato	3,19
FE LPG	Factor de Emisión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kg	Ver Hoja Combustibles	2,87
E <sub>LPG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		9 1%
FG	Fuel Gas	Kgs/Tn	Dato	145,74
FE FG	Factor de Emisión Fuel Gas	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kg	No se cuenta con datos se utilizan los valores para LPG	2,87
E <sub>FG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		419 26%
FO	Fuel Oil (FO + FO Residual)	Kgs/Tn	Dato	0,24
FE FO	Factor de Emisión FO	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kg	Ver Hoja Combustibles	3,17
E <sub>FO</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		1 0%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgsVapor/Tn	Dato	305
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN/Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE GN VPR	175
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		41 3%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 5.9 - Refinerías de Petróleo	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 5.9 - Refinerías de Petróleo	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 5.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 5.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 21	106 6%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Oxoalcoholes	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Prd		1.249

Tabla 51. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo de Planta OxoAlcoholes



Complejo MAN YPF				
El cálculo se basó en las producciones del año 2010 y los consumos asociados.				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>BUTANO</sub>	Consumo de Butano	Tn/Tn Prd	Dato	2,79
FE <sub>BUTANO</sub>	Factor de Emisión Producción de Butano	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn	No se cuenta con el dato se asumen las emisiones según Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRD BUTANO</sub>	Emisiones producción de Butano	KgsCO <sub>2eq</sub>		853 32%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn	Dato - Compra	1.287
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	452 17%
GN	Gas Natural (EE + Proceso) Se asume que se combustiona el total del gas.	M <sup>3</sup> /Tn	Dato	605
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /M <sup>3</sup>	Ver Hoja Combustibles	1,95
E <sub>GN</sub>	Emisiones por combustión GN	KgsCO <sub>2eq</sub>		1.179 44%
LPG	Gas Licuado de Petróleo. Se asume combustión completa.	Kgs/Tn	Dato	35,40
FE <sub>LPG</sub>	Factor de Emisión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kg	Ver Hoja Combustibles	2,87
E <sub>LPG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		102 4%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	106 4%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Prd	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Prd		2.692

Tabla 52. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo Complejo MAN



## Complejo PIB YPF

El cálculo se basó en las producciones del año 2010 y los consumos asociados.

Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
CE ISOBUTILENO	Consumo de Isobutileno	Tn/Tn Prd	Dato	6,34	
FE ISOBUTILENO	Consumo de Isobutileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn	No se cuenta con el dato se asumen las emisiones según Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	306	
E <sub>PRO ISOBUTILENO</sub>	Consumo de Isobutileno	KgsCO <sub>2eq</sub>		1.940	45%
EE	Energía Eléctrica	KWh/Tn	Dato - Compra	473	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351	
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	166	4%
GN	Gas Natural (EE + Proceso) Se asume que se combustiona el total del gas.	M <sup>3</sup> /Tn	Dato	435	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /M <sup>3</sup>	Ver Hoja Combustibles	1,95	
E <sub>GN</sub>	Emisiones por combustión GN	KgsCO <sub>2eq</sub>		848	20%
LPG	Gas Liqueado de Petróleo. Se asume combustión completa.	Kgs/Tn	Dato	13,01	
FE LPG	Factor de Emisión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kg	Ver Hoja Combustibles	2,87	
E <sub>LPG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		37	1%
FG	Fuel Gas	Kgs/Tn	Dato	146	
FE FG	Factor de Emisión Fuel Gas	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kg	No se cuenta con datos se utilizan los valores para LPG	2,87	
E <sub>FG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		420	10%
FO	Fuel Oil (FO + FO Residual)	Kgs/Tn	Dato	244	
FE FO	Factor de Emisión FO	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kg	Ver Hoja Combustibles	3,17	
E <sub>FO</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		775	18%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgsVapor/Tn	Dato	306	
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673	
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE GN VPR	175	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		41	1%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	106	2%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn PIB	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Prd		4.332	

Tabla 53. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo Complejo PIB



Complejo LAB YPF				
El cálculo se basó en las producciones del año 2010 y los consumos asociados.				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>KEROSEN</sub>	Consumo de Kerosén	Tn/Tn Prd	Dato	5,17
FE <sub>KEROSEN</sub>	Consumo de Kerosén	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	No se cuenta con el dato se asumen las emisiones según Metodología MDL ACM0017 / Version 01.1 -Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRD KEROSEN</sub>	Consumo de Kerosén	KgsCO <sub>2eq</sub>		1.581 45%
CE <sub>BENCENO</sub>	Consumo de Benceno	Tn/Tn Prd	Dato	0,33
FE <sub>BENCENO</sub>	Consumo de Benceno	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Complejo Aromáticos YPF	1.461
E <sub>PRD BENCENO</sub>	Consumo de Benceno	KgsCO <sub>2eq</sub>		482 14%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn	Dato - Compra	381
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> / kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	134 4%
GN	Gas Natural (EE + Proceso) Se asume que se combustiona el total del gas.	M <sup>3</sup> / Tn	Dato	93,45
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / M <sup>3</sup>	Ver Hoja Combustibles	1,95
E <sub>GN</sub>	Emisiones por combustión GN	KgsCO <sub>2eq</sub>		182 5%
LPG	Gas Licuado de Petróleo. Se asume combustión completa.	Kgs / Tn	Dato	10,47
FE <sub>LPG</sub>	Factor de Emisión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	Ver Hoja Combustibles	2,87
E <sub>LPG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		30 1%
FG	Fuel Gas	Kgs / Tn	Dato - Se usó densidad del GLP para pasar a Kg	270,09
FE <sub>FG</sub>	Factor de Emisión Fuel Gas	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	No se cuenta con datos se utilizan los valores para LPG	2,87
E <sub>FG</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		776 22%
FO	Fuel Oil (FO + FO Residual)	Kgs / Tn	Dato	27,97
FE <sub>FO</sub>	Factor de Emisión FO	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kg	Ver Hoja Combustibles	3,17
E <sub>FO</sub>	Emisiones por combustión GLP	KgsCO <sub>2eq</sub>		89 3%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgsVapor/Tn	Dato	978,20
CE <sub>GN VPR</sub>	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	572,673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	560
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		132 4%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn Prd	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	CH <sub>4</sub> * 21	106 3%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Prd	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		3.511

Tabla 54. Industria Petroquímica. Empresa YPF. Esquema de cálculo Complejo LAB



## VII.C.2 Petroken – Petroquímica Ensenada S.A.

Planta PETROKEN				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>PROPYLENO</sub>	Consumo de Propileno	Tn/Tn Prd	Dato. Consumo Especifico mas perdidas	1,06
FE <sub>PROPYLENO</sub>	Factor de Emision Produccion de Propileno	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	No se cuenta con el dato se asumen las emisiones según Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 -Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRD PROPYLENO</sub>	Emisiones produccion de Propileno	KgsCO <sub>2eq</sub>		325 49%
EE	Energia Electrica	kWh/Tn	Dato - Compra	507
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emision Energia Electrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energia	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	178 27%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgsVapor/Tn	Dato	400
CE <sub>GN VPR</sub>	Consumo especifico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energia	Gas Natural (Energia)	Millones de Calorias/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	229
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emision Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energia</sub>	Emisiones por Gas Natural Energia	KgsCO <sub>2eq</sub>		54 8%
W	Efluente por tn Produccion	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 6.9 - Sustancias quimicas organicas	67,00
COD	Demanda Quimica de Oxigeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias quimicas organicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuacion 6.6	201,00
MCF	Factor de Correccion metano	Fraccion	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Limite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad maxima de produccion Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emision por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuacion 6.5	0,03
S	Componente organico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaerobica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperacion de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuacion 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	106 16%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Polipropileno	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		662

Tabla 55. Industria Petroquímica. Empresa Petroken – Petroquímica Ensenada S.A. Esquema de Producción



### VII.C.3 Plantas MEGATGS

Planta MEGA				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
Gas Proc.	Gas Natural Procesado	millones M <sup>3</sup> /Año	Datos de actividad	13.000
Prd Etano	Etano	Tn/año	Datos de actividad	540.000
Prd C5/C6	Propano/Butano	Tn/año	Datos de actividad	600.000
Prd Gasolina	Gasolina Natural	Tn/año	Datos de actividad	210.000
Prd Total	Total Producción planta de extracción	Tn/año	Suma Prd Etano + C5/C6 + Gasolina Natural	1.350.000
REL Gas/P M3	Relación entre Gas Procesado y Producción	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Gas Proc./Prd Total	9.630
REL Gas/P kcal	Emisiones de la Producción Gas Natural	Millones de Calorías/Tn Prd	Cambio de Unidades	79,9
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2</sub> - Prd GN	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	REL Gas/PKCAL *FE Prd GN	2 50%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t Prd	No se tiene información	-
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2</sub> - EE	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	- 0%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 6.9 - Refinerías de Petróleo	0,60
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Refinerías de Petróleo	1,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 5.6	0,60
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 5.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4</sub> Efluentes	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 5.4	0
E <sub>CO2</sub> Efluentes	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	3 50%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Prd	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Prd		5

Tabla 56. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Planta MEGA. Esquema de Producción



Planta TGS				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
Gas Proc.	Gas Natural Procesado	millones M <sup>3</sup> /Año	Datos de actividad	15,695
Prd Etano	Etano	Tn/año	Datos de actividad	350.000
Prd C5/C6	Propano/Butano	Tn/año	Datos de actividad	550.000
Prd Gasolina	Gasolina Natural	Tn/año	Datos de actividad	100.000
Prd Total	Total Produccion planta de extracción	Tn/año	Suma Prd Etano + C5/C6 + Gasolina Natural	1.000.000
REL Gas/P M3	Relacion entre Gas Procesado y Produccion	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Gas Proc./Prd Total	15,695
REL Gas/P kcal	Emisiones de la Produccion Gas Natural	Millones de Calorías/Tn Prd	Cambio de Unidades	130,3
FE Prd GN	Factor de Emision Produccion Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 produccion de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	REL Gas/PKCAL *FE Prd GN	4 62%
EE	Energia Electrica	kWh/t Prd	No se tiene informacion	-
FE EE	Factor de Emision Energia Electrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energia	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	- 0%
W	Efluente por tn Produccion	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 6.9 - Refinerias de Petroleo	0,60
COD	Demanda Química de Oxigeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Refinerias de Petroleo	1,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuacion 6.6	0,60
MCF	Factor de Correccion metano	Fracccion	Cuadro 6.8 - Laguna Anaerobica	0,80
Bo	Capacidad maxima de produccion Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emision por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuacion 6.5	0,20
S	Componente organico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaerobica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperacion de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuacion 6.4	0
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	3 38%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Prd	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		7

Tabla 57. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Planta TGS. Esquema de Producción



# VII.C.4 Planta PROFÉRTIL

Planta NH3				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t NH3	GN MMPP + GN Energía	7.595
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2,eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	235 33%
GN MMPP	Gas Natural (Materias Primas)	Millones de Calorías/t NH3	Dato	5.928
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
R <sub>CO2</sub>	CO2 recuperado para utilización ulterior en un proceso secundario (UREA)	%	Dato IPA	96%
E <sub>CO2 - GN MMPP</sub>	Emisiones de CO2 proveniente de la Producción de Amoníaco	KgsCO <sub>2,eq</sub>	Ecuación 3.1	56 8%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t NH3	Dato	1.667
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2,eq</sub>		391 55%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t NH3	Dato	53
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2,eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2,eq</sub>	EE * FE EE	19 3%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn NH <sub>3</sub>	Se utiliza el mismo dato planta BUNGE	1,10
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	3,30
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	1
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2,eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 21	14 2%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn NH3	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Tn NH <sub>3</sub>		714

Tabla 58. Industria Petroquímica. Empresa Profertil. Planta NH<sub>3</sub>

Planta Urea Granulada				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t Urea	GN MMPP + GN Energía	384
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	12 2%
CE <sub>NH3</sub>	Consumo Específico de Amoníaco	Tn NH <sub>3</sub> / Tn Urea	Dato	0,57
FE <sub>NH3</sub>	Factor de Emisión Producción NH <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn NH <sub>3</sub>	Estimado para Planta de NH <sub>3</sub>	714
E <sub>CO2 NH3</sub>	Emisiones por producción de NH <sub>3</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub>		407 66%
CE <sub>CO2</sub>	Consumo Específico de CO2	Tn CO <sub>2</sub> / Tn Urea	Dato	0,75
FE <sub>CO2</sub>	Factor de Emisión Producción CO2	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn CO <sub>2</sub>	Se considera incluido en el FE NH <sub>3</sub>	-
E <sub>CO2 CO2</sub>	Emisiones por producción de CO2	KgsCO <sub>2eq</sub>	Se libera en el Uso	- 0%
Vapor	Cantidad de Vapor	Tn Vapor / Tn Urea	Dato	0,67
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t Urea	Vapor * CE GN VPR	384
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		90 15%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t Urea	Dato	309
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	109 18%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn UREA	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Urea		618

Tabla 59. Industria Petroquímica. Empresa Profertil. Planta Urea granulada



## VII.C.5 PBB Polisor - DOW

Planta de Etileno					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/ Tn Etileno	GN Energía	3,301	
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031	
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd*FE Prd GN	102	11%
CE <sub>ETANO</sub>	Consumo Específico de Etano	Tn Etano / Tn Etileno	Dato	1,2342	
FE <sub>CO2 ETANO</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Etano	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Etano	Promedio Plantas MEGA/TGS	5,77	
E <sub>ETANO</sub>	Emisiones por producción de Etano	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Etileno		7	1%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/ Tn Etileno	Dato	3,301	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		775	82%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn Etileno	Dato	29	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FEE	10	1%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Etileno	Progreso de DOW y PBB Polisor con los Objetivos del 2005	3,90	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	11,70	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Efluentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	2	
E <sub>CO2 Efluentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *11	49	5%
E <sub>TOTAL ETILENO</sub>	Emisiones Totales por Tn Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Etileno		944	

Tabla 60. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor - DOW. Planta de Etileno

Planta de PEBD - Arco (alta presión)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>ETILENO</sub>	Consumo Específico de Etileno	Tn Etileno / Tn PEBD	Dato	1,0600
FE <sub>CO2 ETILENO</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Etileno	KgsCO2/Tn Etileno	Planta de Etileno	944
E <sub>ETILENO</sub>	Emisiones por producción de Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PEBD		1.000 72%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn PEBD	Dato	941
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2-EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	331 24%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn PEBD	Progreso de DOW y PBBPolisur con los Objetivos del 2005	3,90
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	11,70
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	2
E <sub>CO2 Efluentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	49 4%
E <sub>Total PEBD</sub>	Emisiones Totales por Tn PEBD	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PEBD		1.380
Emisiones asociadas a los subproductos recuperados				
V <sub>SSC</sub>	Vapor	Tn Vapor / Tn PEBD	Dato	0,18
FE <sub>VAP</sub>	FE Vapor (*)	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	134
	Emisiones recuperadas por Vapor	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PEBD		24
E <sub>Total NETO PEBD</sub>	Emisiones Netas por Tn PEBD	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PEBD		1.356

(\*) Se considera evitar la producción de Vapor con Gas Natural.

Tabla 61. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisur - DOW. Planta de PEBD – Arco (alta presión)



Planta de PEAD - Hoechst				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t PEAD	GN MMPP + GN Energía	200
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	6 1%
CE <sub>ETILENO</sub>	Consumo Específico de Etileno	Tn Etileno / Tn PEAD	Dato	1,0350
FE <sub>CO2 ETILENO</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Etileno	Planta de Etileno	944
E <sub>ETILENO</sub>	Emisiones por producción de Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PEAD		977 83%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn PEAD	Dato	280
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	98 8%
Vapor	Cantidad de Vapor	Tn Vapor / Tn PEAD	Dato	0,35
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t PEAD	Vapor * CE GN VPR	200
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		47 4%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn PEAD	Progreso de COW y PBB Polisur con los Objetivos del 2005	3,90
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	11,70
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
B <sub>0</sub>	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Fuentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	2
E <sub>CO2 Fuentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	49 4%
E <sub>Total PEAD</sub>	Emisiones Totales por Tn PEAD	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PABD		1.177

Tabla 62. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisur - DOW. Planta de PEAD - Hoechst

Planta de PEBDL-PEAD - Union Carbide				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t PEBDL-PEAD	GN MMPP + GN Energía	39
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2,eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	1 0%
CE <sub>ETILENO</sub>	Consumo Específico de Etileno	Tn Etileno / Tn PEBDL-PEAD	Dato	0,9428
FE <sub>CO2 ETILENO</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Etileno	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Tn Etileno	Planta de Etileno	944
E <sub>ETILENO</sub>	Emisiones por producción de Etileno	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Tn PEBDL-PEAD		890 76%
CE <sub>BUTENO-1</sub>	Consumo Específico de Buteno-1	Tn Buteno-1 / Tn PEBDL-PEAD	Dato	0,0896
FE <sub>CO2 BUTENO-1</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Buteno-1	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Tn Buteno-1	Planta de YPF Olefinas - Ensenada	1.631
E <sub>BUTENO-1</sub>	Emisiones por producción de Buteno	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Tn PEBDL-PEAD		146 12%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn PEBDL-PEAD	Dato	399
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2,eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2,eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	140 12%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t PEBDL-PEAD	Vapor * CE GN VPR	39
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2,eq</sub>		9 1%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn PEBDL-PEAD	Progreso de DOW y PBB Polisur con los Objetivos del 2005	3,90
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	11,70
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	2
E <sub>CO2 Efluentes Industriales</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2,eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 21	49 4%
E <sub>Total PEBDL-PEAD</sub>	Emisiones Totales por Tn PEBDL-PEAD	KgsCO <sub>2,eq</sub> / Tn PEBDL-PEAD		1.236

Tabla 63. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisur - DOW. Planta de PEBDL-PEAD – Union Carbide



Planta de PEBDL-PEAD - DOW Solution				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t PEBDL-PEAD	GN MMPP + GN Energía	178
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	6 0%
CE ETILENO	Consumo Específico de Etileno	Tn Etileno / Tn PEBDL-PEAD	Dato	0,9532
FE <sub>CO2 ETILENO</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Etileno	Planta de Etileno	944
E <sub>ETILENO</sub>	Emisiones por producción de Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PEBDL-PEAD		899 76%
CE OCTANO-1	Consumo Específico de Octano-1	Tn Octano-1 / Tn PEBDL-PEAD	Dato	0,0728
FE <sub>CO2 OCTANO-1</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Octano-1	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Octano-1	No se cuenta con valor se toman datos de 1-Benceno Planta de YPF Olefinas (Ensenada)	1.631
E <sub>OCTANO-1</sub>	Emisiones por producción de Octano-1	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PEBDL-PEAD		119 10%
CE SOLVENTE	Consumo Específico de Solvente	Tn Solvente / Tn PEBDL-PEAD	Dato	0,0403
FE <sub>CO2 SOLVENTE</sub>	Factor de Emisión CO2 Producción Solvente	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Solvente	No se cuenta con valor se toman datos de Planta de YPF (Ensenada) Oxid Alcoholes	1.249
E <sub>SOLVENTE</sub>	Emisiones por producción de Solvente	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PEBDL-PEAD		50 4%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn PEBDL-PEAD	Dato	143
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	50 4%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t PEBDL-PEAD	Vapor * CE GN VPR	178
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		42 4%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn PEBDL-PEAD	Progreso de DOW y PBB Polisur con los Objetivos del 2005	3,90
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgOQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	11,70
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	2
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 21	49 4%
E <sub>Total PEBDL-PEAD</sub>	Emisiones Totales por Tn PEBDL-PEAD	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PEBDL-PEAD		1.215

Tabla 64. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisur - DOW. Planta de PEBDL-PEAD – DOW Solution

## VII.C.6 SOLVAY – INDUPA

Planta de Cloro				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>SAL</sub>	Consumo específico de Sal	Tn /Tn Cloro	Dato	1,65130
CE <sub>Ac. Clorhídrico</sub>	Consumo específico de Ácido Clorhídrico	Tn /Tn Cloro	Dato	0,03570
CE <sub>Carbonato de Sodio</sub>	Consumo específico de Carbonato de Sodio	Tn /Tn Cloro	Dato	0,03452
CE <sub>Cloruro de Calcio</sub>	Consumo específico de Cloruro de Calcio	Tn /Tn Cloro	Dato	0,01290
CE <sub>Ac. Sulfúrico</sub>	Consumo específico de Ácido Sulfúrico	Tn /Tn Cloro	Dato	0,00863
FE <sub>SAL</sub>	Factor de emisión Producción de Sal	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE <sub>Ac. Clorhídrico</sub>	Factor de emisión Producción de Ácido Clorhídrico	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE <sub>Carbonato de Sodio</sub>	Factor de emisión Producción de Carbonato de Sodio	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE <sub>Cloruro de Calcio</sub>	Factor de emisión Producción de Cloruro de Calcio	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE <sub>Ac. Sulfúrico</sub>	Factor de emisión Producción de Ácido Sulfúrico	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
E <sub>CO2-MMP</sub>	Emissiones por producción de Materias Primas	KgsCO <sub>2</sub> eq	Suma CE*FE	- 0%
Prd <sub>NaOH</sub>	Producción de NaOH (Subproducto del proceso)	Tn NaOH /Tn Cloro	Dato	1,19
FO <sub>PO</sub>	Producción Fuel Oil	Millones de Calorías/t NH <sub>3</sub>	PO	926
FE <sub>PO-PO</sub>	Factor de Emisión Producción PO - Extracción + Refinamiento de Petróleo	KgsCO <sub>2</sub> eq /Kcal	Metodología MDL- ADM0017 / Version Q1.1 - Valor para Gas-Oil	0,000036
E <sub>CO2-PO</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> producción de PO	KgsCO <sub>2</sub> eq	PO Prd*FE Prd PO	33 1%
Vapor	Cantidad de Vapor	Tn Vapor / Tn Cloro	Dato	1,40
CE <sub>FO VPR</sub>	Consumo específico de Fuel Oil	Kcal PO / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor. Se toma valor máximo para GN	661,693
FO <sub>Energía</sub>	Fuel Oil (Energía)	Millones de Calorías/t Cloro	Vapor * CE <sub>FO VPR</sub>	926
FE <sub>FO</sub>	Factor de Emisión Fuel Oil	KgsCO <sub>2</sub> eq /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000324
E <sub>CO2-FO Energía</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por Fuel Oil Energía	KgsCO <sub>2</sub> eq		300 14%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t Cloro	Dato	3,565
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2-EE</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE <sub>EE</sub>	1,252 56%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Cloro	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgOQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4-Efluentes</sub>	Emissiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40
E <sub>CO2-Efluentes</sub>	Emissiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2</sub> eq	EqCH <sub>4</sub> *11	844 38%
E <sub>Total Cloro</sub>	Emisiones Totales por Tn Cloro	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn Cloro	Prorrateado por Balance de masas	1,109
E <sub>Total NaOH</sub>	Emisiones Totales por Tn NaOH	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn NaOH	Prorrateado por Balance de masas	1,109

Tabla 65. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY – INDUPA. Planta de Cloro



Planta de Cloruro de Vinilo					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
CE <sub>Cloro</sub>	Cloro	Tn /Tn VCM	Dato	0,59375	
CE <sub>Etileno</sub>	Etileno	Tn /Tn VCM	Dato	0,46783	
CE <sub>Origeno</sub>	Origeno	Tn /Tn VCM	Dato	0,13172	
CE <sub>soda caustica (50%)</sub>	Soda Caustica (50%)	Tn /Tn VCM	Dato	0,00790	
CE <sub>Amoniaco</sub>	Amoniaco	Tn /Tn VCM	Dato	0,00143	
FE <sub>Cloro</sub>	Factor de emision produccion Cloro	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Planta de Cloro Solvay Indupa	1.109	
FE <sub>Etileno</sub>	Factor de emision produccion Etileno	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Planta de Etileno de PBB Polizur	944	
FE <sub>Origeno</sub>	Factor de emision produccion Origeno	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
FE <sub>soda caustica (50%)</sub>	Factor de emision produccion Soda Caustica (50%)	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Planta de Cloro Solvay Indupa al 50%	555	
FE <sub>Amoniaco</sub>	Factor de emision produccion Amoniaco	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Planta de Profectil	714	
E <sub>CO2 MMPP</sub>	Emisiones por produccion de Materias Primas	KgsCO <sub>2</sub> eq	Suma CE x FE	1.105	46%
FO <sub>Prod</sub>	Produccion Fuel Oil	Millones de Calorias/t VCM	RO	1.022	
FE <sub>Prod FO</sub>	Factor de Emision Production FO	KgsCO <sub>2</sub> eq /Kcal	Metodologia MDL- ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	0,000030	
E <sub>CO2 - Prod FO</sub>	Emisiones de CO2 produccion de FO	KgsCO <sub>2</sub> eq	RO Prod*FE Prod FO	31	1%
FO <sub>Energia</sub>	Fuel Oil (Energia)	Millones de Calorias/t VCM	Dato	1.022	
FE <sub>FO</sub>	Factor de Emision Fuel Oil	KgsCO <sub>2</sub> eq /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000324	
E <sub>CO2 - FO Energia</sub>	Emisiones de CO2 por Fuel Oil Energia	KgsCO <sub>2</sub> eq		331	14%
EE	Energia Electrica	kWh/t VCM	Dato	86	
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emision Energia Electrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energia	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE <sub>EE</sub>	30	1%
% Comb <sub>Etileno</sub>	Combustion de Etileno que no reacciona (para generacion de vapor)	%	Recuadro 3.10 - IPCC 2006	3%	
Comb <sub>Etileno</sub>	Total etileno que no reacciona	Tn /Tn VCM		0,0140	
FE <sub>Etileno</sub>	Factor de Emision Etileno	KgsCO <sub>2</sub> eq /Kg	Ver Hoja Combustibles - Se toman valores de BLP	2,87	
E <sub>Comb Etileno</sub>	Emisiones por combustion de etileno	KgsCO <sub>2</sub> eq	Comb Etileno * FE Etileno * 1.000	40	2%
Venteos	Venteos de proceso que no provienen de la combustion	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn VCM	Cuadro 3.17 - Factores de Emision de Cloruro de Vinilo Proceso Equilibrado	8,30	0%
W	Efluente por on Produccion	M <sup>3</sup> /Tn VCM	Cuadro 6.9 - Sustancias quimicas organicas	67,00	
COD	Demanda Quimica de Origeno	KgOQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias quimicas organicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuacion 6.6	201,00	
MCF	Factor de Corraccion metano	Fraccion	Cuadro 6.8 - Laguna Anaerobica	0,80	
Bo	Capacidad maxima de produccion Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emision por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuacion 6.5	0,20	
S	Componente organico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaerobica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperacion de metano	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuacion 6.4	40	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2</sub> eq	6CH <sub>4</sub> *21	844	35%
E <sub>Total VCM</sub>	Emisiones Totales por Tn VCM	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn VCM		2.390	

Tabla 66. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY – INDUPA. Planta de Cloruro de Vinilo

Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>VCM</sub>	Cloruro de Vinilo	Tn/Tn PVC	Dato	1,00914
CE <sub>soda caustica</sub>	Soda Caústica (50%)	Tn/Tn PVC	Dato	0,00354
CE <sub>HCL</sub>	Acido clorhídrico	Tn/Tn PVC	Dato	0,00171
CE <sub>copolimero</sub>	Copolimero	Tn/Tn PVC	Dato	0,00115
CE <sub>Monolaurato de sorbitan</sub>	Monolaurato de sorbitán	Tn/Tn PVC	Dato	0,00115
CE <sub>DEHP</sub>	DEHP	Tn/Tn PVC	Dato	0,00077
CE <sub>hidroquinona</sub>	Hidroquinona	Tn/Tn PVC	Dato	0,00001
CE <sub>VCM</sub>	Cloruro de Vinilo	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn	Planta de VCM - Solvay Indupa	2.390
CE <sub>soda caustica</sub>	Soda Caústica (50%)	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn	Planta de Cloro Solvay Indupa al 50%	555
CE <sub>HCL</sub>	Acido clorhídrico	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn	No hay datos. Se considera 0	-
CE <sub>copolimero</sub>	Copolimero	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn	No hay datos. Se considera 0	-
CE <sub>Monolaurato de sorbitan</sub>	Monolaurato de sorbitán	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn	No hay datos. Se considera 0	-
CE <sub>DEHP</sub>	DEHP	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn	No hay datos. Se considera 0	-
CE <sub>hidroquinona</sub>	Hidroquinona	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn	No hay datos. Se considera 0	-
E <sub>CO2 MIXPE</sub>	Emissiones por producción de Materias Primas	KgsCO <sub>2</sub> eq	Suma CE x PE	2.414
FO <sub>PG</sub>	Producción Fuel Oil	Millones de Calorías/t PVC	PG	437
FE <sub>PG FO</sub>	Factor de Emisión Producción PG	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal	Metodología MDL ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	0,000030
E <sub>CO2 - PG FO</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> producción de PG	KgsCO <sub>2</sub> eq	PG Fnd*FE PG FO	13
Vapor	Cantidad de Vapor	Tn Vapor/Tn PVC	Dato	0,66
CE <sub>FO VPR</sub>	Consumo específico de Fuel Oil	Kcal PG/Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor. Se toma valor máximo para GN	661.693
FO <sub>Energía</sub>	Fuel Oil (Energía)	Millones de Calorías/t VCM	Dato	437
FE <sub>FO</sub>	Factor de Emisión Fuel Oil	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000324
E <sub>CO2 - PG Energía</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por Fuel Oil Energía	KgsCO <sub>2</sub> eq		141 6%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t PVC	Dato	371
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq/kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	130 5%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn VCM	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COO	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Fuentes</sub>	Emissiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40
E <sub>CO2 Fuentes</sub>	Emissiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2</sub> eq	8CH <sub>4</sub> *21	844 35%
E <sub>Total PVC</sub>	Emissiones Totales por Tn PVC	KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn PVC		3.543

Tabla 67. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY – INDUPA. Planta de Policloruro de Vinilo



# VII.C.7 Empresa BUNGE

Planta NH3				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t NH3	GN MMPP + GN Energía	7.595
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	235 33%
GN MMPP	Gas Natural (Materias Primas)	Millones de Calorías/t NH3	Dato	5.928
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
R <sub>CO2</sub>	CO2 recuperado para utilización ulterior en un proceso secundario (UREA)	%	Dato IPA	96%
E <sub>CO2 - GN MMPP</sub>	Emisiones de CO2 proveniente de la Producción de Amoníaco	KgsCO <sub>2eq</sub>	Ecuación 3.1	56 8%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t NH3	Dato	1.667
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		391 55%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t NH3	Dato	53
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	19 3%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn NH <sub>3</sub>	Dato	1,10
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	3,30
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
B <sub>0</sub>	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	1
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	14 2%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn NH3	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn NH <sub>3</sub>		714

Tabla 68. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta NH<sub>3</sub>

Planta Urea				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t Urea	GN MMPP + GN Energía	418
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	13 2%
CE <sub>NH3</sub>	Consumo Específico de Amoníaco	Tn NH3 / Tn Urea	Dato	0,57
FE <sub>NH3</sub>	Factor de Emisión Producción NH3	KgsCO <sub>2eq</sub> /TN NH3	Estimado para Planta de NH3	714
E <sub>CO2 NH3</sub>	Emisiones por producción de NH3	KgsCO <sub>2eq</sub>		407 70%
CE <sub>CO2</sub>	Consumo Específico de CO2	Tn CO2 / Tn Urea	Dato	0,74
FE <sub>CO2</sub>	Factor de Emisión Producción CO2	KgsCO <sub>2eq</sub> /TN CO2	Se considera incluido en el FE NH3	-
E <sub>CO2 CO2</sub>	Emisiones por producción de CO2	KgsCO <sub>2eq</sub>	Se libera en el Uso	- 0%
Vapor	Cantidad de Vapor	Tn Vapor / Tn Urea	Dato	0,73
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t Urea	Vapor * CE GN VPR	418
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		98 17%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t Urea	Dato	176
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	62 11%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn UREA	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Urea		580

Tabla 69. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta Urea



Planta UAN				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>UREA</sub>	Consumo Especifico de Urea	Tn Urea / Tn UAN	Dato	36%
FE <sub>UREA</sub>	Factor de Emision Produccion Urea	KgsCO <sub>2,ss</sub> /TN NH3	Estimado para Planta de Urea	580
E <sub>CO2 UREA</sub>	Emisiones por produccion de Urea	KgsCO <sub>2,ss</sub>		209 17%
CE <sub>NH4-NO3</sub>	Consumo especifico Nitrato de Amonio	Tn NH4-NO3 / Tn UAN		44%
CE <sub>NH3</sub>	Consumo Especifico de Amoniac para Fabricar Nitrato de Amonio	Tn CO2 / Tn NH4-NO3	Por estequiometria	27%
FE <sub>NH3</sub>	Factor de Emision Produccion NH3	KgsCO <sub>2,ss</sub> /TN NH3	Estimado para Planta de NH3	714
E <sub>CO2 NH3</sub>	Emisiones por produccion de NH3	KgsCO <sub>2,ss</sub>		84
CE <sub>HNO3</sub>	Consumo Especifico de HNO3 para Fabricar Nitrato de Amonio	Tn CO2 / Tn NH4-NO3	Por estequiometria	73%
FE <sub>HNO3</sub>	Factor de Emision Produccion HNO3	KgsCO <sub>2,ss</sub> /TN HNO3	Dato Default IPCC 2006 - Cuadro 3.3	2.790
E <sub>CO2 HNO3</sub>	Emisiones por produccion de HNO3	KgsCO <sub>2,ss</sub>		902
E <sub>CO2 NH4-NO3</sub>	Emisiones Nitrato de Amonio	KgsCO <sub>2,ss</sub>		985 78%
EE	Energia Electrica	kWh/t UAN	Dato Idem Urea	176
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emision Energia Electrica de la Red	KgsCO <sub>2,ss</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energia	KgsCO <sub>2,ss</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	62 5%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn UAN	KgsCO <sub>2,ss</sub> /Tn UAN		1.256

Tabla 70. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta UAN

Planta Tiosulfato de Amonio				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>NH3</sub>	Consumo Especifico de Amoniaco	Tn NH3/ Tn Tiosulfato	Por estequiometria	23%
FE <sub>NH3</sub>	Factor de Emision Produccion NH3	KgsCO <sub>2eq</sub> / TN Tiosulfato	Estimado para Planta de NH3	714
E <sub>CO2 NH3</sub>	Emisiones por produccion de NH3	KgsCO <sub>2eq</sub>		164 73%
CE <sub>SO2+H2S</sub>	Consumo Especifico de SO2+H2S	Tn SO2+H2S / Tn Tiosulfato	Por estequiometria	77%
FE <sub>SO2+H2S</sub>	Factor de Emision Produccion SO2+H2S	KgsCO <sub>2eq</sub> / TN SO2+H2S	No hay Datos para estimarla	
E <sub>CO2 SO2+H2S</sub>	Emisiones por produccion de SO2+H2S	KgsCO <sub>2eq</sub>		- 0%
EE	Energia Electrica	kWh/t Tiosulfato	Dato Idem Urea	176
FE EE	Factor de Emision Energia Electrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energia	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	62 27%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Tiosulfato	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Tiosulfato		226

Tabla 71. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE. Planta Tiosulfato de Amonio



## VII.C.8 Empresa CABOT

Planta Negro de Humo					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t BC	GN MMPP + GN Energía	4,748	
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031	
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	147	3%
GN MMPP	Gas Natural (Materias Primas)	Millones de Calorías/t BC	Dato	4,222	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Incluido en Factor de Emisión del Proceso	-	0%
E <sub>CO2 - GN MMPP</sub>	Emisiones de CO2 proveniente de la Producción de Amoniaco	KgsCO <sub>2eq</sub>		-	0%
CE ALQUITRAN	Consumo Específico de Alquitrán	Tn Alquitrán / Tn BC	Dato	1,637	
FE ALQUITRAN	Factor de Emisión Producción Alquitrán	KgsCO <sub>2eq</sub> / TnBC	No hay Datos para estimarla	-	0%
E <sub>CO2 ALQUITRAN</sub>	Emisiones por producción de Alquitrán	KgsCO <sub>2eq</sub>		-	0%
FE Prd BC	Factor de Emisión DE CO2 (Nivel 1) - Producción negro de Humo	KgsCO <sub>2eq</sub>	Dato por Defecto IPCC - Cuadro 3.23	2,620	84%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t BC	Dato	526	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Incluido en Factor de Emisión del Proceso	-	0%
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		-	0%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t BC	Dato	556	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	195	6%
FE CH4 Gas Cola	Factor de emisión incontrolada de CH4	KgCH <sub>4</sub> / Tn BC	Dato por Defecto IPCC - Cuadro 3.24	0,006	
FE CH4 Gas Cola	Factor de emisión incontrolada de CH4	KgsCO <sub>2eq</sub>	FE CH4 Gas Cola * 21	0,13	0%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn BC	Dato (=Consumo de agua)	13,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgCOD/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	39,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bd	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido destruido	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de	-	
E <sub>CH4 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Fuentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	8	
E <sub>CO2 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Fuentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	6CH4 * 21	164	5%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn BC	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn BC		3,126	
Emisiones asociadas a los subproductos recuperados					
FG <sub>REC</sub>	Fuel Gas (*)	Millones de Calorías/t BC		5,833	
V <sub>REC</sub>	Vapor	Tn Vapor / Tn BC		1,70	
FE <sub>VAP</sub>	FE Vapor (**)	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	134	
	Emisiones recuperadas por Vapor	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn BC		229	
E <sub>Total NETO</sub>	Emisiones Netas por Tn BC	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn BC		2,897	

(\*) En el caso del Fuel Gas solo se podría considerar las emisiones asociadas a la producción de combustibles sustitutos.

(\*\*) Se considera evitar la producción de Vapor con Gas Natural.

Tabla 72. Industria Petroquímica. Empresa CABOT. Planta Negro de Humo

# VII.C.9 DAK AMERICAS Argentina S.A.

Planta PET 0,6 (Amorfo)					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t PET 0,6	GN MMPP + GN Energía	548	
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031	
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd * FE Prd GN	17	1%
CE ETILENGLICOL	Consumo Específico de Etilenglicol	Tn Etilenglicol / Tn PET 0,6	Dato	0,3385	
FE TOTAL ETILENO	Factor de Emisión Total (CO2+CH4)	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Etileno	Planta de Etileno de P&B POLISUR	944	
R Oxido de Etileno	Rendimiento Oxido de Etileno/Etileno	Tn de etileno / Tn de óxido de etileno	Valor por Default - Cuadro 3.20	90%	
FE CO2 Oxido de Etileno	Factor de Emisión CO2 Producción Oxido de Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Oxido de Etileno	Valor por Default - Cuadro 3.20	863	
FE CH4 Oxido de Etileno	Factor de Emisión CH4 Producción Oxido de Etileno	KgsCH <sub>4eq</sub> /Tn Oxido de Etileno	Valor por Default Cuadro 3.21	1,79	
FE Total Oxido de Etileno	Factor de Emisión Total (CO2+CH4)	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Oxido de Etileno		901	
FE ETILENGLICOL	Factor de Emisión Producción Etilenglicol	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PET 0,6	Se asume un promedio entre las Materias Primas	975	
E <sub>ETILENGLICOL</sub>	Emisiones por producción de Etilenglicol	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PET 0,6		330	13%
CE AC. TEREF TALICO	Consumo Específico de Ac. Tereftálico	Tn Ac. Tereftálico / Tn PET 0,6	Dato	0,8675	
FE P-XILENO	Factor de Emisión Producción P-Xileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn P-Xileno	Se toman datos de YPF Aromáticos	1.461	
R AC. TEREF TALICO	Rendimiento Ac. Tereftálico/P-Xileno	Tn de Ac. Tereftálico / Tn de P-Xileno	No hay dato. Se toma 90% por Default	90%	
FE PRO AC. TEREF TALICO	Factor de Emisión CO2 Producción Ac. Tereftálico	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Ac. Tereftálico	No hay dato. Se supone una oxidación similar a la producción de Oxido de Etileno	901	
FE AC. TEREF TALICO	Factor de Emisión Ac. Tereftálico	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Ac. Tereftálico	Se asume un promedio entre las Materias Primas	1.262	
E <sub>AC. Tereftálico</sub>	Factor de Emisión Producción Ac. Tereftálico	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PET 0,6		1.095	45%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t PET 0,6	Dato	548	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		129	5%
EE	Energía Eléctrica	KWh/t PET 0,6	Dato	101	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	35	1%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn PET 0,6	Cuadro 5.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 5.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 5.6	201,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 5.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
BF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 5.8	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Fuentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 5.4	40	
E <sub>CO2 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Fuentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 21	844	34%
E <sub>TOTAL PET 0,6</sub>	Emisiones Totales por Tn PET 0,6	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PET 0,6		2.450	

Tabla 73. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMÉRICAS Argentina S.A. Planta PET 0,6 (Amorfo)



Planta PET 0,82 (Cristalino)					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t PET 0,82	GN MMPP + GN Energía	199	
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031	
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd*FE Prd GN	6	0%
CE ETILENGLICOL	Consumo Específico de Etilenglicol	Tn Etilenglicol / Tn PET 0,82	Dato	0,013	
FE CO2 ETILENO	Factor de Emisión CO2 Producción Etileno	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Etileno	Valor por Default Cuadro 3.14 - a partir de Etano	2.450	
FAG	Factor de Ajuste Geográfico	%	Valor por Default Cuadro 3.15 - Sudamerica	110%	
FE CO2 ETILENO AJ	Factor de Emisión CO2 Producción Etileno Ajustado	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Etileno		2.695	
FE CH4 ETILENO	Factor de Emisión CH4 Producción Etileno	KgsCH <sub>4eq</sub> /Tn Etileno	Valor por Default Cuadro 3.16	6,00	
FE Total ETILENO	Factor de Emisión Total (CO2+CH4)	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Etileno		2.821	
R Oxido de Etileno	Rendimiento Oxido de Etileno/Etileno	Tn de etileno / Tn de óxido de etileno	Valor por Default - Cuadro 3.20	90%	
FE CO2 Oxido de Etileno	Factor de Emisión CO2 Producción Oxido de Etileno	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Oxido de Etileno	Valor por Default - Cuadro 3.20	863	
FE CH4 Oxido de Etileno	Factor de Emisión CH4 Producción Oxido de Etileno	KgsCH <sub>4eq</sub> /Tn Oxido de Etileno	Valor por Default Cuadro 3.21	1,79	
FE Total Oxido de Etileno	Factor de Emisión Total (CO2+CH4)	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Oxido de Etileno		901	
FE ETILENGLICOL	Factor de Emisión Producción Etilenglicol	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PET 0,82		4.035	
E <sub>ETILENGLICOL</sub>	Emisiones por producción de Etilenglicol	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PET 0,82		52	2%
CE PET 0,6	Consumo Específico de PET 0,6	Tn PET 0,6 / Tn PET 0,82	Dato	1,0030	
FE PET 0,6	Factor de Emisión PET 0,6	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn PET 0,82	De planta de PET 0,6	2.450	
E <sub>PET 0,6</sub>	Factor de Emisión Producción Etilenglicol	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PET 0,82		2.457	71%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t PET 0,82	Dato	199	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		47	1%
EE	Energía Eléctrica	KWh/t PET 0,82	Dato	101	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	35	1%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn PET 0,82	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	844	25%
E <sub>Total PET 0,82</sub>	Emisiones Totales por Tn PET 0,82	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn PET 0,82		3.442	

Tabla 74. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMÉRICAS Argentina S.A. Planta PET 0,82 (Cristalino)

## VII.C.10 Petrobrás Energy – PS (Poliestireno)

Planta Poliestireno (GPPS)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t GPPS	GN Energía	132
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031
E <sub>Prd GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> producción de GN	KgsCO <sub>2,eq</sub>	GN Prd*FE Prd GN	4 0%
CE <sub>ESTIRENO+ETILBENCENO</sub>	Consumo Específico de Estireno+Etilbenceno	Tn Estireno+Etilbenceno/Tn GPPS	Dato	1,0116
FE <sub>ETILENO</sub>	Factor de Emisión Producción Etileno	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Tn Etileno	No se cuenta con valor de planta de Petrobrás se toman datos de Planta de Etileno de PBB Polisar	944
FE <sub>BENCENO</sub>	Factor de Emisión Producción Benceno	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Benceno	No se cuenta con valor de planta de Petrobrás se toman datos de Planta de Aromáticos YPF Ensenada	1.461
FE <sub>ESTIRENO</sub>	Factor de Emisión Producción Estireno	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Estireno	Se asume una promedio entre el Etileno y el benceno. No se consideran emisiones de la producción del Etilbenceno	1.202
E <sub>ESTIRENO</sub>	Emisiones por producción de Estireno	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Tn GPPS		1.216 57%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t GPPS	Dato	132
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2,eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2,eq</sub>		31 1%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t GPPS	Dato	121
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2,eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2,eq</sub>	EE * FE EE	43 2%
W	Efluente por tn Producción	M3 /Tn GPPS	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2,eq</sub>	ECH4 *21	844 39%
E Total GPPS	Emisiones Totales por Tn GPPS	KgsCO <sub>2,eq</sub> / Tn GPPS		2.138

Tabla 75. Industria Petroquímica. Empresa Petrobrás Energy. Planta Poliestireno (GPPS)



Planta Poliestireno (HIPS)					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
GN Prd	Producción Gas Natural	Millones de Calorías/t HIPS	GN Energía	132	
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031	
E <sub>Prd GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> producción de GN	KgsCO <sub>2eq</sub>	GN Prd*FE Prd GN	4	0%
CE <sub>MMPP</sub>	Consumo Específico de Estireno+Etilbenceno+Polibutadieno+T-Butil Perbenzoato	Tn Estireno+Etilbenceno/Tn HIPS	Dato	1,0119	
FE <sub>ETILENO</sub>	Factor de Emisión Producción Etileno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Etileno	No se cuenta con valor de planta de Petrobrás se toman datos de Planta de Etileno de PBB Polisar	944	
FE <sub>BENCENO</sub>	Factor de Emisión Producción Benceno	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Benceno	No se cuenta con valor de planta de Petrobrás se toman datos de Planta de Aromáticos YPF Ensenada	1.461	
FE <sub>ESTIRENO</sub>	Factor de Emisión Producción Estireno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Estireno	Se asume un promedio entre el Etileno y el benceno. No se consideran emisiones de la producción del Etilbenceno	1.202	
E <sub>ESTIRENO</sub>	Emisiones por producción de Estireno	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn HIPS		1.217	57%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/t HIPS	Dato	132	
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		31	1%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t HIPS	Dato	128	
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	45	2%
W	Efluente por tn Producción	M3 /Tn HIPS	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> *21	844	39%
E Total HIPS	Emisiones Totales por Tn HIPS	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn HIPS		2.141	

Tabla 76. Industria Petroquímica. Empresa Petrobrás Energy. Planta Poliestireno (HIPS)

## VII.C.11 CARBOCLOR S.A.

Planta de Isopropanol (IPA)					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
CE <sub>PROPILENO</sub>	Consumo específico de Propileno	Tn /Tn IPA	Dato	0,82220	
CE <sub>NA-OH</sub>	Consumo específico de Soda Caustica al 50%	Tn /Tn IPA	Dato	0,00108	
CE <sub>CATALIZADOR</sub>	Consumo específico de Catalizador	Tn /Tn IPA	Dato	0,00012	
CE <sub>CARBON ACTIVADO</sub>	Consumo específico de Carbon Activado	Tn /Tn IPA	Dato	0,00009	
FE <sub>PROPILENO</sub>	Factor de emisión producción de Propileno (Extracción+Refinamiento)	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	306	
FE <sub>NA-OH</sub>	Factor de emisión producción de Soda Caustica al 50%	Kgs CO <sub>2eq</sub> /Tn	Valores de planta Cloro SOLVAY INDUPA	1.109	
FE <sub>CATALIZADOR</sub>	Factor de emisión producción de Catalizador	Kgs CO <sub>2eq</sub> /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
FE <sub>CARBON ACTIVADO</sub>	Factor de emisión producción de Carbon Activado	Kgs CO <sub>2eq</sub> /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
E <sub>MMPP</sub>	Emisiones por producción de Materias Primas	KgsCO <sub>2eq</sub>	Suma CE x FE	253	39%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t IPA	Dato	93	
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,3513	
E <sub>CO2-EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	33	5%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	1.111	
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		261	40%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn IPA	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> *21	106	16%
E <sub>Total IPA</sub>	Emisiones Totales por Tn IPA	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn IPA		652	

Tabla 77. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta de Isopropanol (IPA)



Planta Acetona				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>ISOPROPANOL</sub>	Consumo específico de Isopropanol	Tn/Tn Acetona	Valor estimado según informe 2010 del IPA	2,172
FE <sub>ISOPROPANOL</sub>	Factor de Emisión producción IPA	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Planta IPA	652
E <sub>PRD ISOPROPANOL</sub>	Emisiones producción IPA	KgsCO <sub>2eq</sub>		1,416 70%
CE <sub>Metanol</sub>	Consumo específico de Metanol	Tn/Tn Acetona	Dato	0,172
FE <sub>Metanol</sub>	Factor de Emisión Producción Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - ERMech_PC	1,950
E <sub>PRD Metanol</sub>	Emisiones producción de Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub>		334 17%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn Acetona	Dato	50,00
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> / kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	18 1%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgsVapor/Tn	Dato	1,100
CE <sub>GN VPR</sub>	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	630
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		148 7%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn Acetona	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	106 5%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Acetona	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		2.021

Tabla 78. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta Acetona

Planta MIK				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>ACETONA</sub>	Consumo específico de Acetona+Catalizadores+Químicos	Tn/Tn MIK	Dato	1,307
FE <sub>ACETONA</sub>	Factor de Emisión producción Acetona	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Planta Acetona	2,021
E <sub>PRD ACETONA</sub>	Emisiones producción Acetona	KgsCO <sub>2eq</sub>		2,642 86%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn Acetona	Dato	66,00
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	23 1%
Vap	Vapor comprado a Bros	KgsVapor/Tn	Dato	2,300
CE <sub>GN VPR</sub>	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	572,673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	1,317
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		309 10%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn MIK	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> *21	106 3%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn MIK	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		3,080

Tabla 79. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta MIK



Planta de Butanol Secundario (SBA)					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
CE <sub>BUTILENO</sub>	Consumo específico de Butileno	Tn /Tn SBA	Dato	1,65080	
CE <sub>Resina de Intercambio</sub>	Consumo específico de Resina de Intercambio	Tn /Tn SBA	Dato	0,00090	
CE <sub>Agua desionizada</sub>	Consumo específico de Agua desionizada	Tn /Tn SBA	Dato	0,24000	
FE <sub>BUTILENO</sub>	Factor de emisión producción de Butileno (Extracción+Refinamiento)	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	306	
FE <sub>Resina de Intercambio</sub>	Factor de Emisión Producción de Resina de Intercambio	Kgs CO <sub>2eq</sub> /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
FE <sub>Agua Desionizada</sub>	Factor de Emisión producción de Agua desionizada	Kgs CO <sub>2eq</sub> /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
E <sub>MMPP</sub>	Emisiones por producción de Materias Primas	KgsCO <sub>2eq</sub>	Suma CE x FE	505	33%
EE	Energía Eléctrica	KWh/t SBA	Dato	97	
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,3513	
E <sub>CO2-EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	34	2%
GN <sub>Energía</sub>	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	3.800	
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>GN<sub>Energía</sub></sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		892	58%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn SBA	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5	
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 *21	106	7%
E <sub>Total SBA</sub>	Emisiones Totales por Tn SBA	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn SBA		1.537	

Tabla 80. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta de Butanol Secundario (SBA)

Planta MEK				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>SBA</sub>	Consumo específico de SBA	Tn/Tn MEK	Valor estimado según informe 2010 del IPA	1,30632
CE <sub>Sal de Roca</sub>	Consumo específico de Sal de roca	Tn/Tn MEK	Dato	0,00340
CE <sub>Resina de Intercambio</sub>	Consumo específico de Resina de Intercambio	Tn/Tn MEK	Dato	0,00100
CE <sub>Agua desionizada</sub>	Consumo específico de Agua desionizada	Tn/Tn MEK	Dato	0,26000
FE <sub>SBA</sub>	Factor de emisión producción de SBA	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn	Planta de Butileno Secundario	1,537
FE <sub>Sal de Roca</sub>	Factor de emisión producción de Sal de roca	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE <sub>Resina de Intercambio</sub>	Factor de Emisión Producción de Resina de Intercambio	Kgs CO <sub>2eq</sub> /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE <sub>Agua Desionizada</sub>	Factor de Emisión producción de Agua desionizada	Kgs CO <sub>2eq</sub> /Tn	No hay datos. Se considera 0	-
E <sub>MMPP</sub>	Emisiones por producción de Materias Primas	KgsCO <sub>2eq</sub>	Suma CE x FE	2,008 88%
EE	Energía Eléctrica	kWh/t MEK	Dato	115
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,3513
E <sub>CO2-EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	40 2%
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	501
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		118 5%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn MEK	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 21	106 5%
E <sub>Total MEK</sub>	Emisiones Totales por Tn MEK	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn MEK		2,271

Tabla 81. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta MEK



Planta MTBE				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>ALIMENTACION C4</sub>	Consumo específico de Alimentación C4	Tn/Tn MTBE	Dato	1,512
FE <sub>ALIMENTACION C4</sub>	Factor de Emisión Extracción + Refinamiento Alimentación C4	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRD ALIMENTACION C4</sub>	Emisiones producción de Alimentación C4	KgsCO <sub>2eq</sub>		463 35%
CE <sub>Metanol</sub>	Consumo específico de Metanol	Tn/Tn MTBE	Dato	0,361
FE <sub>Metanol</sub>	Factor de Emisión Producción Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - EPMCH_PC	1.950
E <sub>PRD Metanol</sub>	Emisiones producción de Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub>		704 53%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn MTBE	Estimado en base a consumo real 2010	6,60
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> / kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	2 0%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgsVapor/Tn	Dato	430
CE <sub>GN VPR</sub>	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	246
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> / Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		58 4%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn MTBE	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento aeróbico. Límite superior del Intervalo.	0,10
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,03
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	5
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	106 8%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn MTBE	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		1.332

Tabla 82. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Planta MTBE

## VII.C.12 Empresa ATANOR

Planta Acetaldehído (Baradero)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>ETANOL</sub>	Consumo de Etanol	Tn/Tn Prd	Dato.	0,68
FE <sub>ETANOL</sub>	Factor de Emisión Producción de Etanol	KgCO <sub>2eq</sub> /Tn	No se cuenta con el dato se asumen las emisiones según Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 -Valor para Gas-Oil	306
E <sub>PRD ETANOL</sub>	Emisiones producción de Etanol	KgCO <sub>2eq</sub>		208 14%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn	Dato - Compra	112
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgCO <sub>2eq</sub> /kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgCO <sub>2eq</sub>	EE * FE <sub>EE</sub>	39 3%
Vap	Vapor comprado a 3ros	KgVapor/Tn	Dato	3.000
CE <sub>GN VPR</sub>	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN/Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE <sub>GN VPR</sub>	1.718
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgCO <sub>2eq</sub>		403 27%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento anaeróbico	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCO <sub>2eq</sub>	CH <sub>4</sub> * 21	844 56%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Acetaldehído	KgCO <sub>2eq</sub> /Tn Prd		1.495

Tabla 83. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Acetaldehído (Baradero)



Planta Acido Acético (Baradero)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE ACETALDEHIDO	Consumo de Acetaldehido	Tn/Tn Prd	Valor estimado según informe 2010 del IPA	0,80
FE ACETALDEHIDO	Factor de Emisión Producción de Acetaldehido	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn	Planta de acetaldehido	1.495
E <sub>PRD ACETALDEHIDO</sub>	Emisiones producción de Acetaldehido	KgsCO <sub>2eq</sub>		1.192 40%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn	Dato - Compra	381
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	134 5%
Vap	Vapor comprado a Bros	KgsVapor/Tn	Dato	5.900
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Cálculo Vapor	572.673
GN Energía	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE GN VPR	3.379
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energía</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		793 27%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Prd	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento anaeróbico	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH <sub>4</sub> * 2,1	844 28%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Acido Acético	KgsCO <sub>2eq</sub> / Tn Prd		2.964

Tabla 84. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Acido Acético (Baradero)

Planta Formaldehído (Munro)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>Metanol</sub>	Consumo específico de Metanol	Tn/Tn PRD	Dato	1,173
FE <sub>Metanol</sub>	Factor de Emisión Producción Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn	Metodología MDL: ACM0017 / Version 01.1 - EFMeOH_PC	1.950
E <sub>PRD Metanol</sub>	Emisiones producción de Metanol	KgsCO <sub>2eq</sub>		2.288 71%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn PRD	Estimado en base a consumo real 2010	249
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2eq</sub> /kWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2eq</sub>	EE * FE EE	87 3%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn PRD	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	67,00
COO	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Sustancias químicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	201,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Planta de tratamiento anaeróbico	0,80
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	40
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2eq</sub>	ECH4 * 21	844 26%
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales por Tn Formaldehído	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Prd		3.220
Emisiones asociadas a los subproductos recuperados				
Vap	Vapor (*)	KgsVapor/Tn	Dato	1.700
CE GN VPR	Consumo específico de Gas Natural	Kcal GN / Tn Vapor	Ver hoja Calculo Vapor	572.673
GN Energia	Gas Natural (Energía)	Millones de Calorías/Tn	Vapor * CE GN VPR	974
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235
E <sub>GN Energia</sub>	Emisiones por Gas Natural Energía	KgsCO <sub>2eq</sub>		229
E <sub>Total NETO</sub>	Emisiones Netas por Tn Formaldehído	KgsCO <sub>2eq</sub> /Tn Prd		2.991

(\*) Se considera evitar la producción de Vapor con Gas Natural.

Tabla 85. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Formaldehído (Munro)



# VII.C.13 Empresa INVISTA Argentina

Planta Nylon 66 - INVISTA				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>ACIDO ADIPICO</sub>	Consumo Especifico de Ac. Adipico	Tn Ac. Adipico / Tn Nylon	Dato	0,6535
FE <sub>ACIDO ADIPICO</sub>	Factor de Emision produccion de Acido Adipico	KgsN <sub>2</sub> O/Tn Ac. Adipico	Cuadro 3.4 - Oxidación con ácido nítrico	300
DF <sub>ACIDO ADIPICO</sub>	Factor de destrucción de N <sub>2</sub> O	%	Cuadro 3.4 - Destrucción catalítica	92,5%
ASUF <sub>ACIDO ADIPICO</sub>	Factor de utilización	%	Cuadro 3.4 - Destrucción catalítica	89,0%
FE <sub>Acido Adipico</sub>	Emisiones de N <sub>2</sub> O de la Producción de Acido Adipico - Nivel 2	KgsN <sub>2</sub> O/Tn Ac. Adipico	Ecuación 3.8	53
FE <sub>Acido Adipico</sub>	Emisiones de N <sub>2</sub> O de la Producción de Acido Adipico - Nivel 2	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> /Tn Ac. Adipico	FE * 310	16,438
E <sub>PRD ACIDO ADIPICO</sub>	Emisiones produccion de Ac. Adipico	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub>		10,742 54%
CE <sub>HEXAMETILENDIAMIDA</sub>	Consumo Especifico de Ac. Adipico	Tn Ac. Adipico / Tn Nylon	Dato	0,5198
FE <sub>HEXAMETILENDIAMIDA</sub>	Factor de emision produccion de Hexametilendiamida	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> /Tn Hexametilendiamida	No se cuenta con el dato, pero se elabora a partir de Ac.Adipico por lo cual se considera el mismo FE.	16,438
E <sub>PRD HEXAMETILENDIAMIDA</sub>	Emisiones produccion de Hexametilendiamida	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub>		8,544 43%
FO <sub>PRD</sub>	Produccion Fuel Oil	Millones de Calorias/t NH <sub>3</sub>	FO	1,667
FE <sub>PRD FO</sub>	Factor de Emision Produccion FO - Extraccion + Refinamiento de Petroleo	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> /Kcal	Metodologia MOL: ACM0017 / Version 01.1 - Valor para Gas-Oil	0,000036
E <sub>CO2 - PRD FO</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> produccion de FO	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub>	FO PRD * FE PRD FO	59 0%
FO <sub>Energia</sub>	Fuel Oil (Energia)	Millones de Calorias/t Claro	Vapor * CE FO VPR	1,667
FE <sub>FO</sub>	Factor de Emision Fuel Oil	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> /Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000324
E <sub>CO2 - FO Energia</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por Fuel Oil Energia	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub>		539 3%
EE	Energia Electrica	kWh/t PET 0,6	Dato	88
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emision Energia Electrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> /KWH	Ver Hoja Combustibles	0,351270
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energia	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub>	EE * FE EE	31 0%
W	Efluente por tn Produccion	M <sup>3</sup> / Tn Prd	Dato. Se toman valores de consumo de agua	2,40
COD	Demanda Quimica de Oxigeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 5.9 - Sustancias quimicas orgánicas	3,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 5.6	7,20
MCF	Factor de Correccion metano	Fraccion	Cuadro 5.8 - Laguna Anaerobica	0,80
B <sub>0</sub>	Capacidad maxima de produccion Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emision por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 5.5	0,20
S	Componente organico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaerobica	-
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperacion de metano	-
E <sub>CH4 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 5.4	1
E <sub>CO2 Efluentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub>	6CH <sub>4</sub> * 21	30 0%
E <sub>Total Nylon 66</sub>	Emisiones Totales por Tn Nylon 66	KgsCO <sub>2</sub> <sub>eq</sub> / Tn Prd		19,946

Tabla 86. Industria Petroquímica. Empresa INVISTA Argentina. Planta Nylon 66

## Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero



## VIII. Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
<b>CO<sub>2</sub></b>	CO <sub>2</sub>	1
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	21
<b>Oxido Nitroso</b>	N <sub>2</sub> O	310

Tabla 87. Potenciales de calentamiento de los Gases de Efecto Invernadero. Fuente: IPCC – SAR2

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo vida del producto.

Las emisiones han sido estimadas por unidad de producto y luego, si se cuenta con información estadística, se han estimado las emisiones netas.

### VIII.A. Factores de emisión - Datos Estadísticos

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

- "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".
- Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007.

- Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina - 31ª Edición - Julio 2011 – Instituto Petroquímico Argentino (IPA)<sup>1</sup>.
- *Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017- Production of biodiesel for use as fuel* - Version 01.1 de la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)<sup>2</sup>.

#### **VIII.B. Gas Natural**

El factor de emisión correspondiente a la combustión del Gas Natural se obtuvo de la Segunda Comunicación Nacional. En la tabla a continuación se indica la marcha de cálculo utilizada:

---

<sup>1</sup> [http://www.ipa.org.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9&Itemid=39](http://www.ipa.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=39)

<sup>2</sup> <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/WENY1VXSSZHD73WXG3RXX8KNAICCAT>



Variable	Descripción	Unidades	Fuente	M <sup>3</sup>
<b>PCI</b>	Poder Calorífico Inferior	Kcal/M <sup>3</sup>	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO <sub>2</sub>	8,300
<b>D</b>	Densidad	Kgs./ M <sup>3</sup>	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO <sub>2</sub>	0,7190
<b>Frac Ox</b>	Fracción de Carbono Oxidado	%	Modulo Energía - Hoja 1-1 - Método de Referencia	0,995
<b>C<sub>c</sub></b>	Contenido de Carbono	TC/TJ	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO <sub>2</sub>	15,31
<b>FE<sub>CO2</sub> Kcal</b>	Factor de emisión de CO <sub>2</sub>	KgsCO <sub>2</sub> /Kcal	$FE_{CO2} = C_c * Frac\ Ox * 44/12$	0,0002339
<b>FE<sub>CO2</sub> Unidad</b>	Factor de emisión de CO <sub>2</sub>	KgsCO <sub>2</sub> /M <sup>3</sup>	FE x PCI	1,94
<b>FE<sub>N2O</sub></b>	Factor de emisión de N <sub>2</sub> O	KgsN <sub>2</sub> O/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	0,525
<b>FE<sub>CH4</sub></b>	Factor de emisión de CH <sub>4</sub>	KgsCH <sub>4</sub> /TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	3,125
<b>FE<sub>CO2eq</sub> Unidad</b>	Factor de emisión de CO <sub>2eq</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub> /M <sup>3</sup>	FE total x M <sup>3</sup>	1,95
<b>FE<sub>CO2eq</sub> Kcal</b>	Factor de emisión de CO <sub>2eq</sub>	KgsCO <sub>2eq</sub> /Kcal	FE total x Kcal	0,0002348

**Tabla 88. Segunda Comunicación Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Factor de emisión de la combustión del Gas Natural**

Por otra parte se estimaron las emisiones asociadas a la producción y el transporte del Gas Natural hasta las plantas de proceso. Dicho valor se estimó en base a la categoría "Emisiones Fugitivas" correspondiente al Gas Natural del Inventario de Gases de Efecto invernadero de la República Argentina correspondiente al año 2000, el cual incluye las emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero durante los procesos de extracción, transporte y procesamiento del gas natural.

Año 2000	Inventario GEIs (TnCO <sub>2</sub> eq)	Producción de Gas Natural (Mill. M <sup>3</sup> )	Kgs CO <sub>2</sub> eq/M <sup>3</sup>	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Kcal
<b>Emisiones Fugitivas Gas Natural</b>	1.585.340	45.135	0,26	0,000031

Tabla 89. Emisiones asociadas a la producción y el transporte del Gas Natural

### VIII.C. Materias Primas de Refinerías/Metanol

En el caso de todas las corrientes de materias primas provenientes de las refinerías se han utilizado los valores de emisiones asociadas a la extracción de petróleo y refinación de la Metodología MDL: *“Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Version 01.1”*. En el siguiente cuadro se indican los valores para cada una de las etapas:

Variable	Descripción	Valor
<b>EF<sub>PROD</sub></b>	Emission factor for production of crude oil	0,073 tCO <sub>2</sub> e/tn petrodiesel
<b>EF<sub>REF</sub></b>	Emission factor related to oil refinery	0,233 tCO <sub>2</sub> e/t petrodiesel
<b>EF<sub>MeOH_PC</sub></b>	Specific emission per tonne of produced methanol	1.95 tCO <sub>2</sub> /tonne produced methanol

Tabla 90. Factores de emisión asociados a la extracción y refinación de petróleo

Debido a que no se cuenta con los valores desagregados para cada uno de los productos de refinerías, el valor aplicado a las corrientes de salida de refinería es el correspondiente a Petrodiesel.

### VIII.D. Electricidad

El factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO<sub>2</sub>eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva- Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAYDS – 2010. Es importante destacar que



el valor utilizado corresponde con el Promedio total del Sistema Interconectado Nacional. En el caso de un análisis más detallado este valor debiera ajustarse.

#### **VIII.E. Consumo de Vapor**

Para estimar las emisiones asociadas al consumo de vapor de los procesos se ha considerado la performance real de una caldera de presión 10 Kgs/cm<sup>2</sup> y 10 Tn/hora de capacidad nominal alimentada con Gas Natural y con un recupero del 85% de condensado. Se tomaron los valores mínimos de un periodo de 12 meses. Estos valores son muy conservativos dado que es esperable que las calderas de alta presión y altos consumos tengan valores inferiores de emisiones por tonelada de vapor. En la siguiente tabla se pueden apreciar los consumos y emisiones consideradas:

Parámetro	Unidades	Valor
Consumo específico (GN)	M <sup>3</sup> GN/Tn Vapor	69
Consumo específico (KCAL)	Kcal/Tn Vapor	572.673
Emisiones GEIs	KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Vapor	134,47

**Tabla 91. Factores de emisión asociados al Consumo de Vapor**

#### **VIII.F. Emisiones asociadas a los procesos**

En aquellos casos que corresponden emisiones asociadas a los procesos de producción, se utilizaron los valores indicados en las Guías del IPCC Volumen 3.

Tratamiento de Efluentes:

En general no se han podido obtener datos sobre los efluentes, volúmenes, DQO de entrada y salida a los sistemas de tratamiento y el tipo de tratamiento. Debido a ello se han utilizado valores de referencia internacionales especificados en las guías del IPCC en el volumen 5.

#### **VIII.G. Otros Insumos y Materias Primas elaboradas**

Se han realizado estimaciones de las emisiones de los insumos en aquellos casos en que fue posible reconstruir los procesos de producción, aun siendo de origen

externo. Por otra parte en los casos en que los productos petroquímicos son elaborados en los polos analizados se han utilizado los valores estimados. Finalmente se indican las materias primas para las que no ha sido posible realizar ninguna estimación con una incertidumbre razonable.

#### **VIII.H. Asignación de emisiones entre Co-Productos**

Para la asignación de emisiones se han considerado solo los principales productos elaborados, es decir aquellos que dan origen a la planta de producción. Los subproductos que se generan adicionalmente no han sido contemplados en la asignación de emisiones.



## IX. Industria Petroquímica

### IX.A. Polo Ensenada

#### IX.A.1 Petroquímica La Plata – YPF

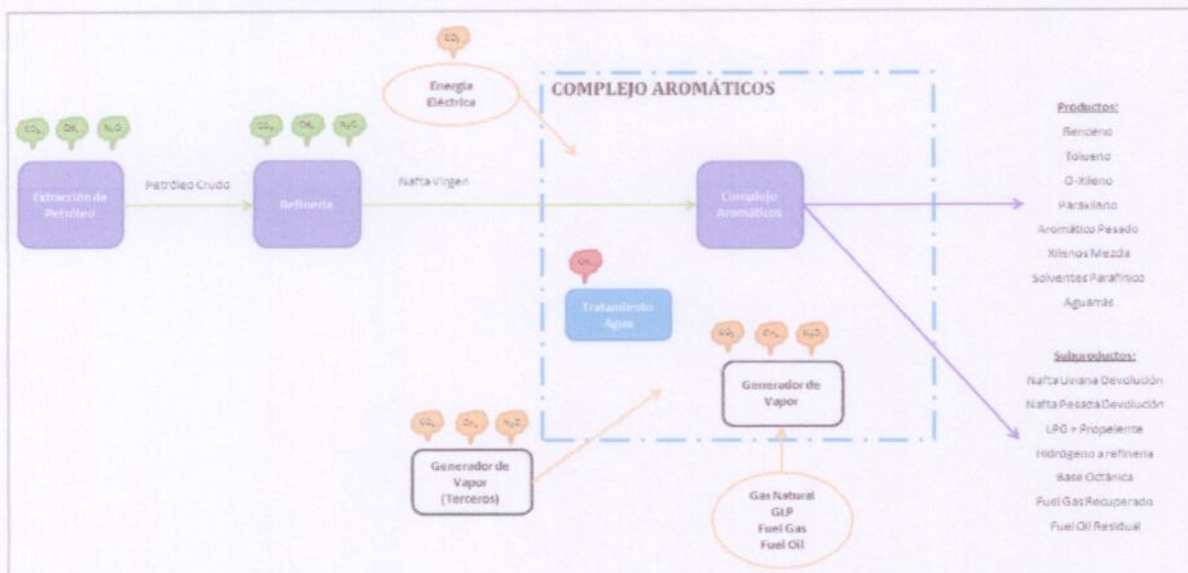


Ilustración 6. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Aromáticos

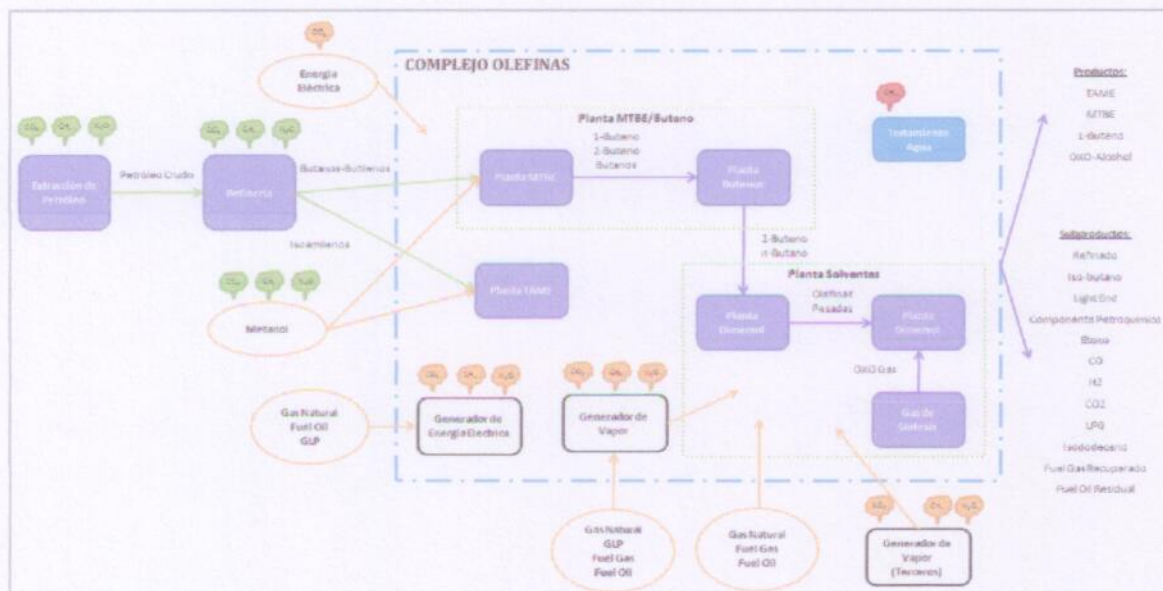


Ilustración 7. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Olefinas

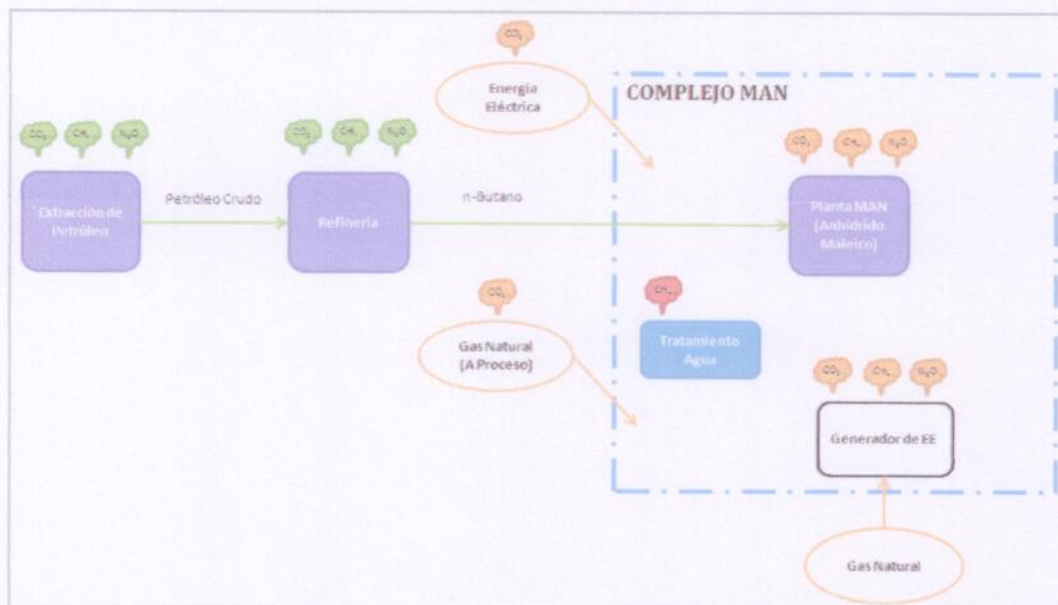


Ilustración 8. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo MAN

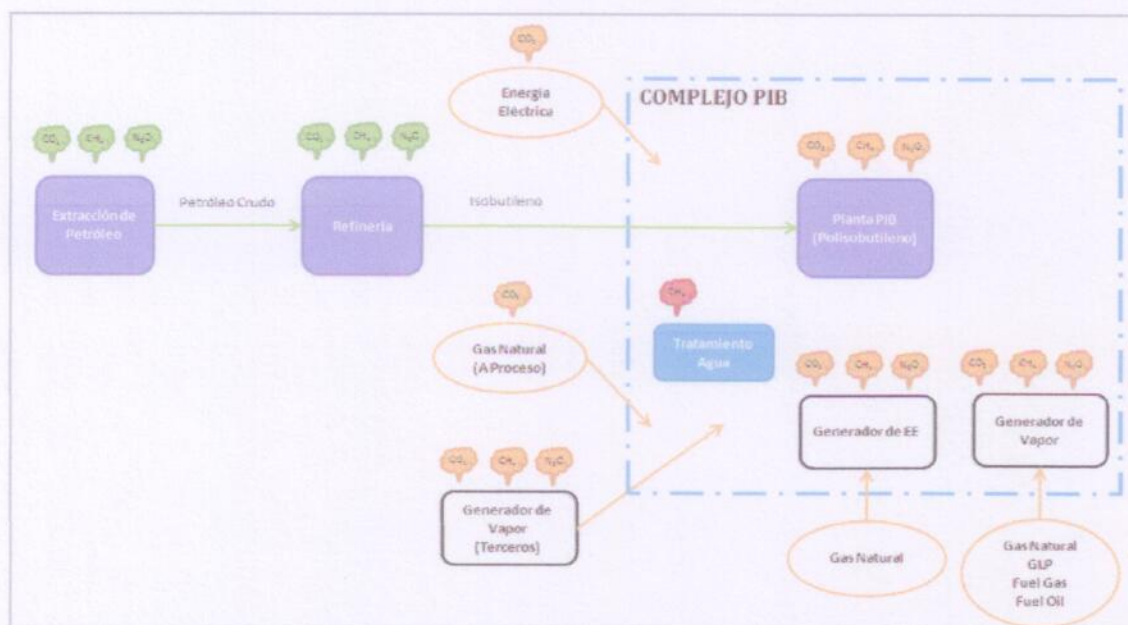


Ilustración 9. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Complejo PIB

En la siguiente tabla se observan las emisiones para cada uno de los productos elaborados en la planta YPF, por concepto:



Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Benceno</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>Tolueno</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>O-Xileno</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>Paraxileno</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>Aromático Pesado</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>Xilenos Mezcla</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>Solventes Parafínicos</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>Aguarrás</b>	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	<b>1.461</b>
<b>TAME</b>	Complejo Olefinas YPF	1.167	105	-	106	<b>1.378</b>
<b>MTBE</b>	Complejo Olefinas YPF	1.420	105	-	106	<b>1.631</b>
<b>1-Buteno</b>	Complejo Olefinas YPF	1.420	105	-	106	<b>1.631</b>
<b>OXO-Alcohol</b>	Complejo Olefinas YPF	633	511	-	106	<b>1.249</b>
<b>Anhídrido Maleico</b>	Complejo MAN YPF	853	1.733	-	106	<b>2.692</b>
<b>Polisobutileno</b>	Complejo PIB YPF	1.940	2.287	-	106	<b>4.332</b>
<b>LAB/LAS</b>	Complejo LAB YPF	2.063	1.343	-	106	<b>3.511</b>

Tabla 92. Industria Petroquímica. Empresa Petroquímica La Plata – YPF. Emisiones por concepto

Respecto a los efluentes, para el complejo aromático se consideraron los efluentes de una refinería de petróleo, mientras que para el resto de los complejos productivos se tomaron los valores correspondientes a Sustancias químicas orgánicas.

Se asumió que todos los combustibles se queman en forma completa, y se calculan las emisiones como si se liberaran en el proceso.

En el caso de algunos procesos (Ej. Oxoalcoholes) resulta complicada la separación entre los conceptos de Energía y Procesos, por lo cual se asignaron todas las emisiones al concepto Energía.

#### IX.A.2 Petroken - Petroquímica Ensenada S.A.

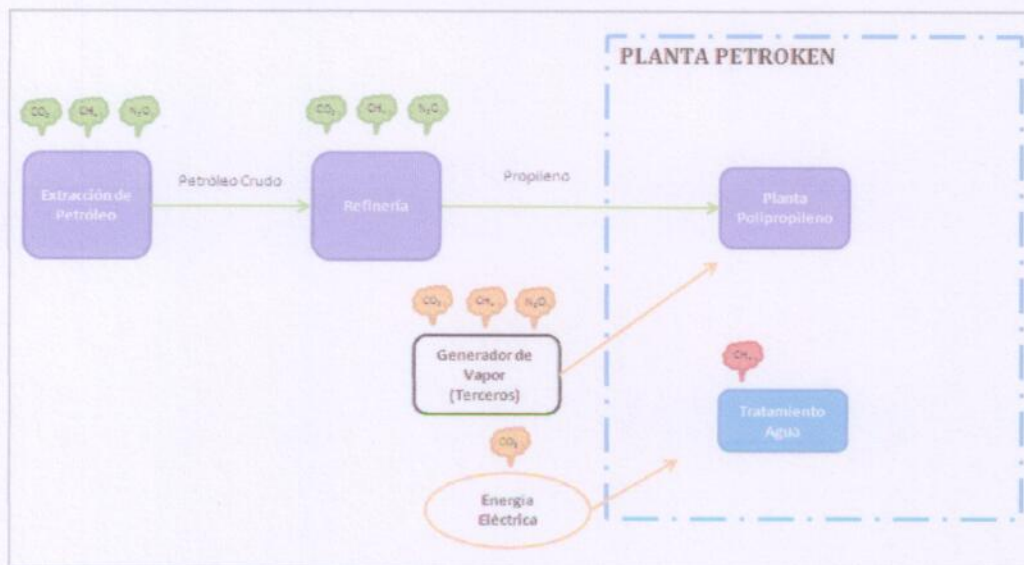


Ilustración 10. Industria Petroquímica. Empresa Petroken - Petroquímica Ensenada S.A. Esquema de Planta

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Polipropileno</b>	Planta PETROKEN	325	232	-	106	<b>662</b>

Tabla 93. Industria Petroquímica. Empresa Petroken - Petroquímica Ensenada S.A. Emisiones de GEIs por concepto



## IX.B. Polo Bahía Blanca

### IX.B.1 Plantas MEGA/TGS

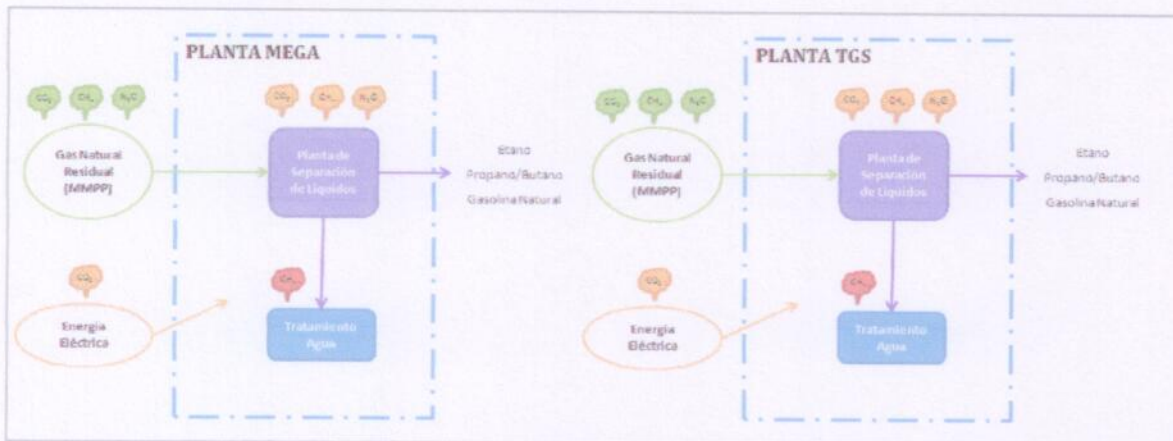


Ilustración 11. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Esquema de procesos

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Etano</b>	Planta MEGA	2	-	-	3	<b>5</b>
<b>Etano</b>	Planta TGS	4	-	-	3	<b>7</b>

Tabla 94. Industria Petroquímica. Plantas MEGA/TGS. Emisiones por concepto

Los valores de rendimiento de las materias primas, y los porcentajes de extracción de etano, han sido obtenidos de las páginas web correspondientes a las empresas mencionadas. En este caso también es complicada la separación de las emisiones asociadas a la energía utilizada en el proceso.

## IX.B.2 Empresa PROFÉRTIL

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Amoniaco</b>	Planta Amoniaco	235	410	56	14	<b>714</b>
<b>Urea Granulada<sup>(*)</sup></b>	Planta Urea	419	199	-		<b>618</b>

(\*) No incluye el CO<sub>2</sub> que se libera en su uso.

Tabla 95. Industria Petroquímica. Empresa Profértil. Emisiones por Concepto

En el caso del amoniaco se ha considerado que el 96% del mismo se utiliza para la producción de Urea, con lo cual también se recupera el mismo porcentaje de CO<sub>2</sub>. Es importante destacar que el CO<sub>2</sub> recuperado, es liberado durante el uso de la Urea y derivados. Esto representa aproximadamente 750 Kilos de CO<sub>2</sub> eq/Tn de Urea utilizada. Este valor NO ESTÁ INCLUIDO en el presente cálculo.

## IX.B.3 Empresa PBB Polisor - DOW

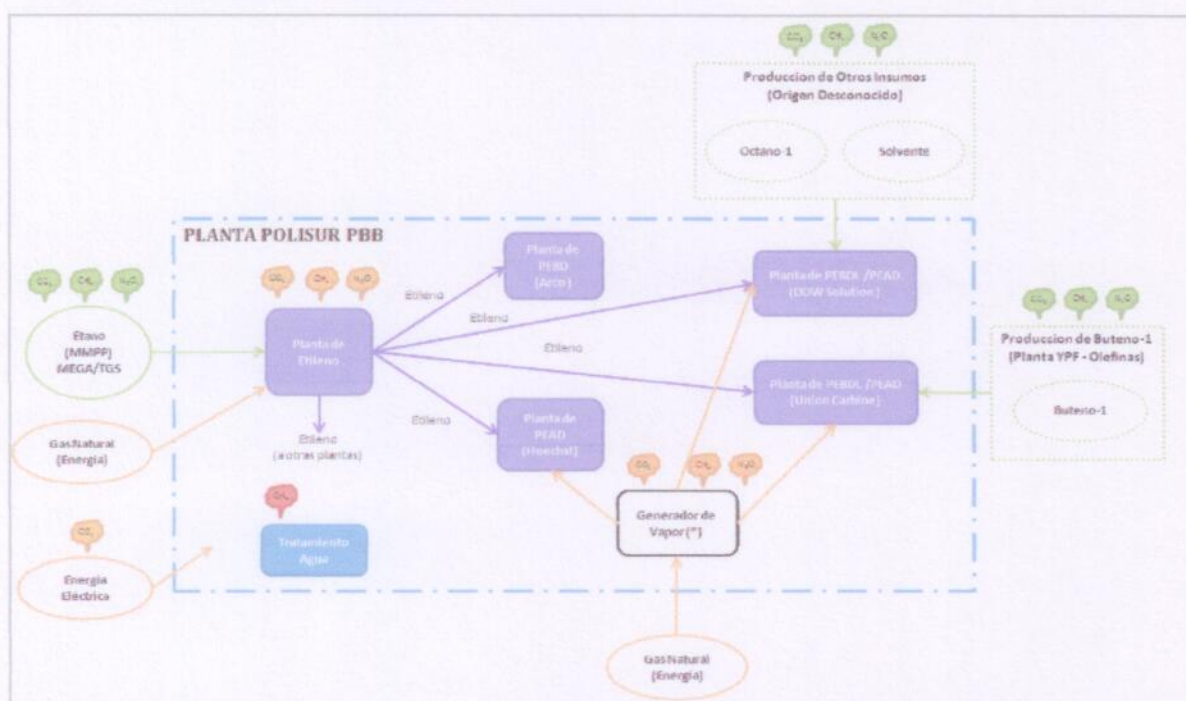


Ilustración 12. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor – DOW. Esquema de procesos



Producto	Planta	Emisiones por Concepto (Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Etileno</b>	Planta de Etileno	109	785	-	49	<b>944</b>
<b>PEBD</b>	Planta de PEBD - Arco (alta presión)	1.000	306	-	49	<b>1.356</b>
<b>PEAD</b>	Planta de PEAD - Hoechst	983	145	-	49	<b>1.177</b>
<b>PEBDL/PEAD</b>	Planta de PEBDL-PEAD - Union Carbide	1.037	149	-	49	<b>1.236</b>
<b>PEBDL/PEAD</b>	Planta de PEBDL-PEAD - DOW Solution	1.074	92	-	49	<b>1.215</b>

Tabla 96. Industria Petroquímica. Empresa PBB Polisor – DOW. Emisiones por Concepto

Debido a la imposibilidad de separar las corrientes de efluentes de cada línea, se ha tomado un valor único (Volumen y DQO) para todas las producciones de la planta, este valor ha sido contrastado con el publicado en el informe de sostenibilidad de PBB-Polisor del año 2010, dando un desvío del orden del 2% aproximadamente. En el caso de la planta de PEAD de proceso ARCO, el recupero de vapor excedentario del proceso se descuenta del concepto energía. Nuevamente es complicada la separación de los conceptos Energía y Procesos, por lo cual la combustión del Gas Natural, se asigna completamente al concepto energía.

Es importante destacar la importación de Octano-1, ya que indirectamente se están importando también las emisiones GEIs asociadas.

**PLANTA SOLVAY INDUPA**

El diagrama ilustra el proceso de producción de PVC en la Planta Solvay Indupa. Los flujos principales son:

- Cloruro de Sodio** (verde) → **Planta de Cloro** (púrpura).
- En la **Planta de Cloro**, se añaden  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}$  (naranja). Se produce **Cloro** (púrpura) que fluye a la **Planta de Cloruro de Vinilo (VCM)** (púrpura).
- En la **Planta de Cloro**, se produce **Soda Caústica (NaOH)** (púrpura) que fluye a **Tratamiento Agua** (azul).
- En **Tratamiento Agua**, se añade  $\text{CH}_4$  (rojo).
- Energía Eléctrica** (naranja) → **Generador de Vapor (\*)** (negro).
- Fuel Oil (Energía)** (naranja) → **Generador de Vapor (\*)**.
- El **Generador de Vapor (\*)** produce vapor (naranja) que se reparte a la **Planta de Cloro**, la **Planta de Cloruro de Vinilo (VCM)** y la **Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)** (púrpura).
- En la **Planta de Cloruro de Vinilo (VCM)**, se añaden  $\text{CO}_2$  (naranja) y se produce **Cloruro de Vinilo** (púrpura) que fluye a la **Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)**.
- En la **Planta de Cloruro de Vinilo (VCM)**, se produce **Mezcladura en Etileno** (naranja) que fluye a la **Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)**.

[\*] Se grafica un solo generador de vapor para simplificar el esquema

**Ilustración 13. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY-INDUPA – DOW. Esquema de procesos**

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Cloro	Planta de Cloro	-	1.585	-	844	2.429
NaOH	Planta de Cloro	-	1.585	-	844	2.429
Cloruro de Vinilo (VCM)	Planta de Cloruro de Vinilo (VCM)	1.136	401	8	844	2.390
PVC	Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)	2.427	272	-	844	3.543

Tabla 97. Industria Petroquímica. Empresa SOLVAY-INDUPA – DOW. Emisiones por Concepto

En el caso de la planta de Cloro, cuyo principal insumo es la Sal, no se ha podido obtener el valor de emisiones asociadas. Debido a que en el proceso se obtiene NaOH (Soda Caústica) se han asignado las mismas emisiones por tonelada producida.



La combustión del etileno que no reacciona en la planta del Cloruro de Vinilo, se incluyeron en el concepto de energía dado que se utiliza para generar vapor para el proceso.

## IX.C. Polo Campana

### IX.C.1 Empresa BUNGE

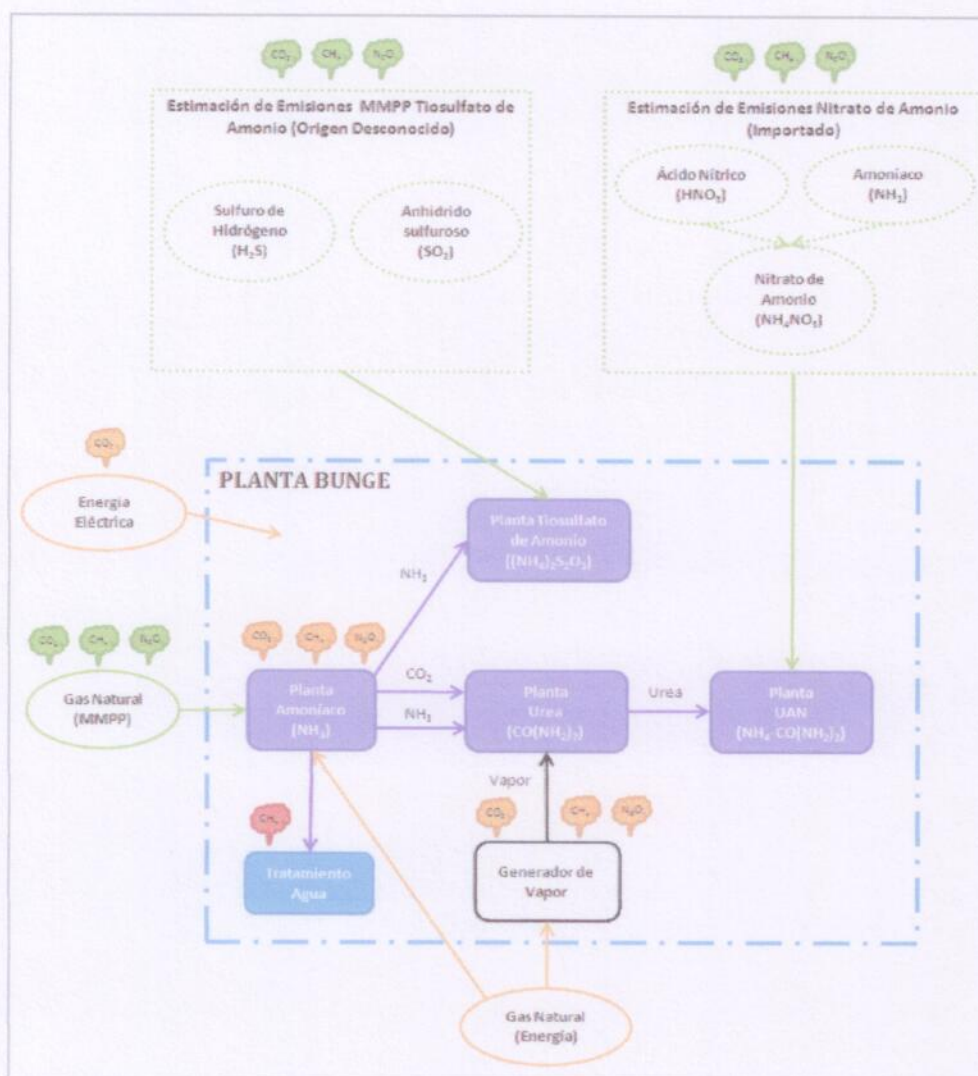


Ilustración 14. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE – DOW. Esquema de procesos

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Amoniaco</b>	Planta NH <sub>3</sub>	235	410	56	14	<b>714</b>
<b>Urea (*)</b>	Planta Urea	420	160	-	-	<b>580</b>
<b>UAN (*)</b>	Planta UAN	1.194	62	-	-	<b>1.256</b>
<b>Tiosulfato de Amonio</b>	Planta Tiosulfato de Amonio	164	62	-	-	<b>226</b>

(\*) No incluye el CO<sub>2</sub> que se libera en su uso.

Tabla 98. Industria Petroquímica. Empresa BUNGE – DOW. Emisiones por Concepto

En el caso del amoníaco se ha considerado que el 96%<sup>3</sup> del mismo se utiliza para la producción de Urea, con lo cual también se recupera el mismo porcentaje de CO<sub>2</sub>. Es importante destacar que el CO<sub>2</sub> recuperado, es liberado durante el uso de la Urea y derivados. Esto representa aproximadamente 750 Kilos de CO<sub>2</sub> eq/Tn de Urea utilizada, o un valor de 263 KgsCO<sub>2</sub>eq/Tn UAN. Este valor NO ESTÁ INCLUIDO en el presente cálculo.

Respecto a la producción de UAN, el Nitrato de Amonio es importado en su totalidad, se han supuesto unas emisiones asociadas al mismo de acuerdo con un probable proceso de producción el cual utiliza Amoníaco y Acido Nítrico. Por otra parte al no tener la información de los consumos de energía necesarios se utilizaron valores de consumo eléctrico similares.

<sup>3</sup> De acuerdo a la Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina - 31ª Edición - Julio 2011 – Instituto Petroquímico Argentino (IPA)



En el caso de la producción de Tiosulfato de Amonio, no se pudo estimar de manera razonable las emisiones de los insumos básicos, por lo cual se los dejó en 0 y se consideró el consumo eléctrico de la planta de Urea por no tener valor.

## IX.C.2 Empresa CABOT

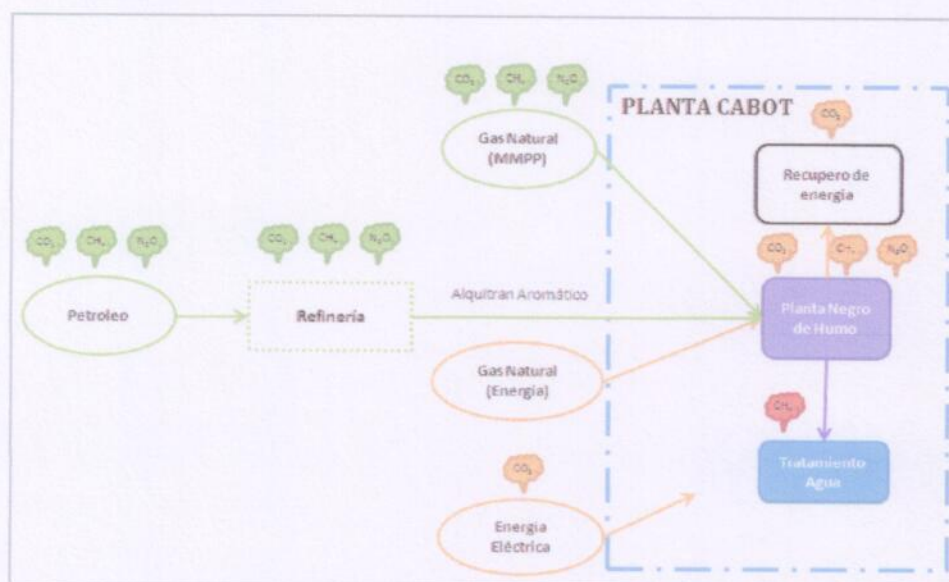


Ilustración 15. Industria Petroquímica. Empresa CABOT. Esquema de procesos

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Negro de Humo</b>	Planta BC	147	-33	2.620	164	<b>2.897</b>

Tabla 99. Industria Petroquímica. Empresa CABOT. Emisiones por Concepto

Las emisiones por recupero de vapor se incluyen en el concepto energía, es por eso que obtiene un valor negativo. No se consideraron las emisiones del Fuel Gas Recuperado.

Para las emisiones debidas al proceso se han utilizado los valores indicados en la guía del IPCC por Defecto para la producción de Negro de Humo.

### IX.C.3 Empresa DAK AMERICAS Argentina S.A.

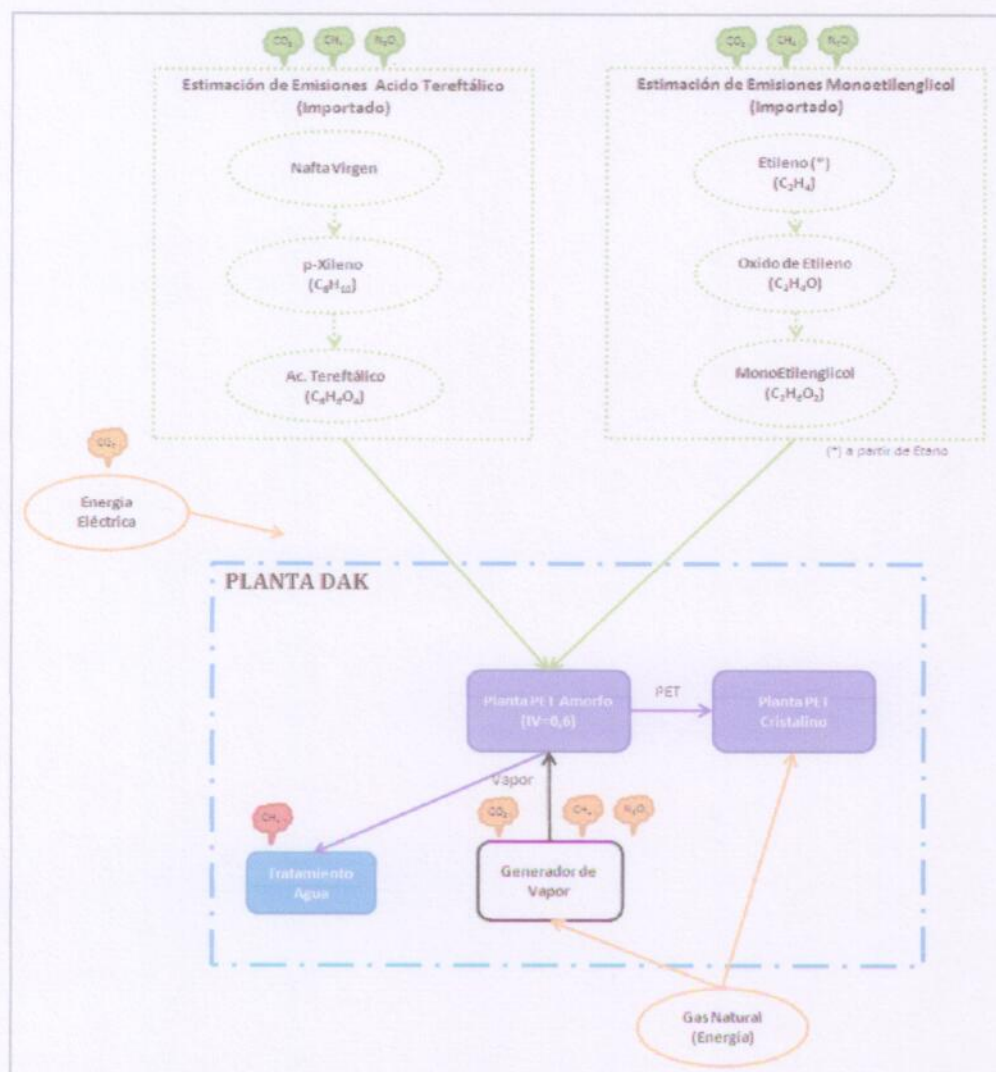


Ilustración 16. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMERICAS Argentina S.A. Esquema de procesos

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>PET 0,6</b>	Planta PET 0,6 (Amorfo)	1.442	164	-	844	<b>2.450</b>
<b>PET 0,82</b>	Planta PET 0,82 (Cristalino)	2.516	82	-	844	<b>3.442</b>

Tabla 100. Industria Petroquímica. Empresa DAK AMERICAS Argentina S.A. Emisiones por Concepto

En el caso del PET ambas materias primas básicas son importadas, se han estimado las emisiones asociadas de acuerdo a la información disponible. Debido



a la falta de información sobre los sistemas de tratamiento de efluentes se consideraron procesos anaeróbicos con datos de Volumen y DQO por defecto de la guía del IPCC para Sustancias Orgánicas.

#### IX.C.4 Empresa Petrobras Energy – PS (Poliestireno)

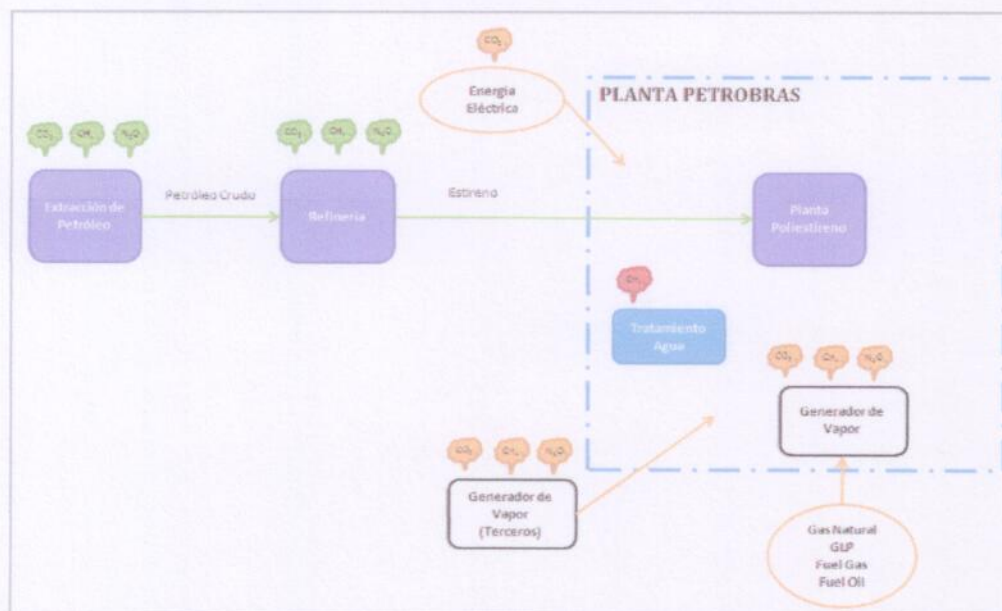


Ilustración 17. Industria Petroquímica. Empresa Petrobras Energy. Esquema de procesos

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Poliestireno (GPPS)</b>	Planta Poliestireno	1.220	73	-	844	<b>2.138</b>
<b>Poliestireno (HIPS)</b>	Planta Poliestireno	1.221	76	-	844	<b>2.141</b>

Tabla 101. Industria Petroquímica. Empresa Petrobras Energy. Emisiones por Concepto

En la estimación de las materias primas no se cuenta con valor de la planta de Petrobrás de donde proviene el estireno, por lo cual se toman datos de Planta de Etileno de PBB Polisor, de la Planta de Aromáticos YPF Ensenada y se asume un promedio entre el Etileno y el benceno. A su vez no se consideran emisiones de la producción del Etilbenceno.

Debido a la falta de información sobre los sistemas de tratamiento de efluentes se consideraron procesos anaeróbicos con datos de Volumen y DQO por defecto de la guía del IPCC para Sustancias Orgánicas.

#### IX.C.5 CARBOCLOR S.A.

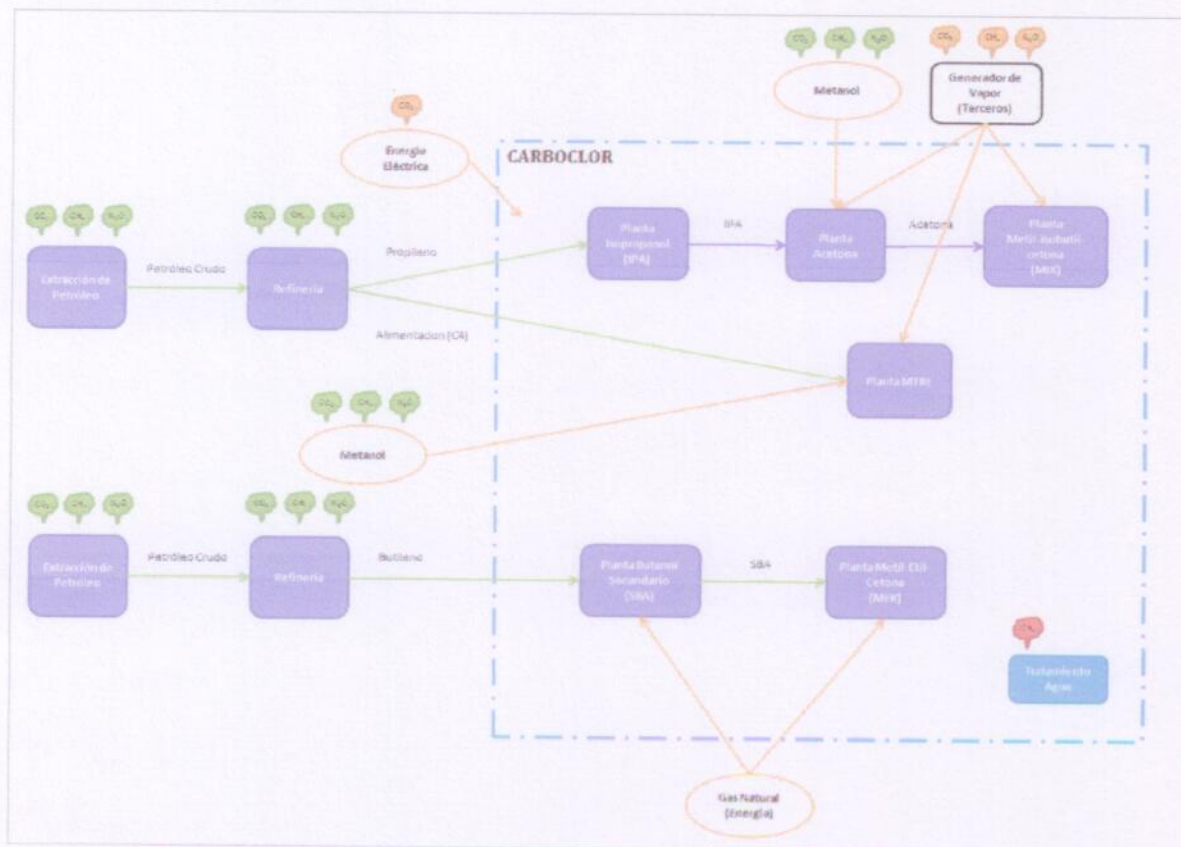


Ilustración 18. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Esquema de procesos



Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>IPA</b>	Planta de Isopropanol (IPA)	253	294	-	106	<b>652</b>
<b>Acetona</b>	Planta Acetona	1.750	165	-	106	<b>2.021</b>
<b>MIK</b>	Planta MIK	2.642	332	-	106	<b>3.080</b>
<b>SBA</b>	Planta de Butanol Secundario (SBA)	505	926	-	106	<b>1.537</b>
<b>MEK</b>	Planta MEK	2.008	158	-	106	<b>2.271</b>
<b>MTBE</b>	Planta MTBE	1.167	60	-	106	<b>1.332</b>

Tabla 102. Industria Petroquímica. Empresa CARBOCLOR S.A. Emisiones por Concepto

En referencia al tratamiento de efluentes se consideró un sistema Aeróbico con los valores de ingreso por defecto de las guías del IPCC para Sustancias Orgánicas.

#### IX.D. Polo Petroquímico “Gran Buenos Aires”

##### IX.D.1 Empresa ATANOR

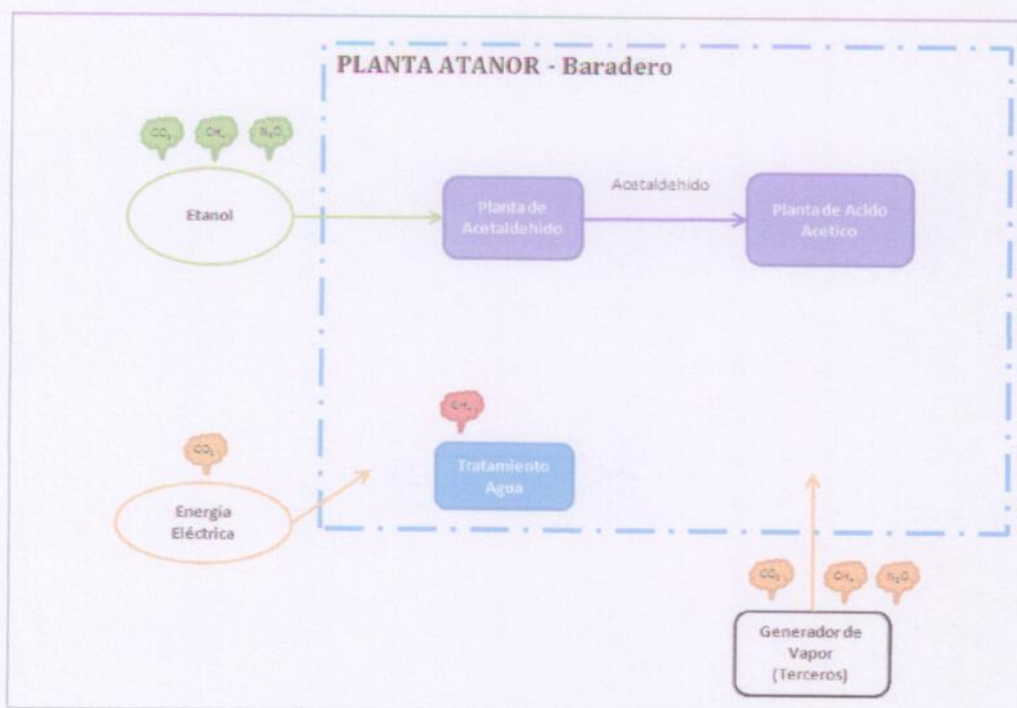


Ilustración 19. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Baradero. Esquema de procesos

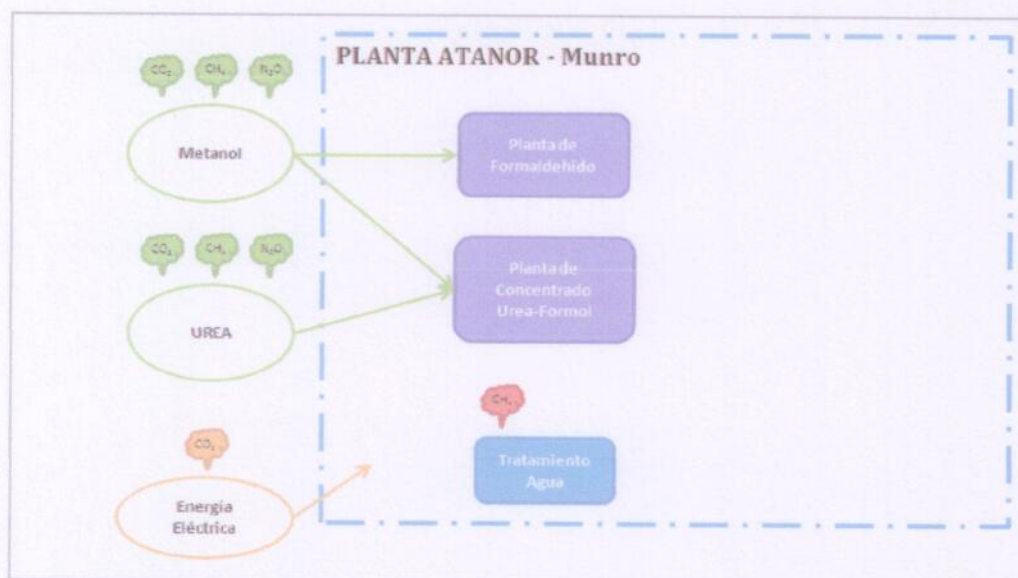


Ilustración 20. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Planta Munro. Esquema de procesos

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Acetaldehído	Planta Acetaldehído (Baradero)	208	443	-	844	1.495
Acido Acético	Planta Acido Acético (Baradero)	1.192	927	-	844	2.964
Formaldehído	Planta Formaldehído (Munro)	2.059	87	-	844	2.991

Tabla 103. Industria Petroquímica. Empresa ATANOR. Emisiones por Concepto

En el caso del recupero de Vapor correspondiente al formaldehído, el mismo se descuenta del concepto energía.

Debido a la falta de información sobre el tratamiento de efluentes se consideró una planta de tratamiento anaeróbica.

#### IX.D.2 Empresa INVISTA Argentina

La planta de la firma INVISTA produce Nylon 66 a partir de Acido Adípico y Hexametilendiamina, ambos productos son importados en su totalidad. Estos materiales en su proceso de producción liberan corrientes gaseosas del orden de los 300 KgsN<sub>20</sub>/Tn, y de acuerdo al sistema de tratamiento de los gases se reducen en un 92% aproximadamente . Esto da como resultado las elevadas



emisiones de las materias primas. Como se puede apreciar el Nylon es el producto petroquímico analizado que mas cantidad de emisiones por tonelada posee por la razón antes mencionada.

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn Prod)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
<b>Nylon 66</b>	Planta Nylon 66	19.286	630	-	30	<b>19.946</b>

Tabla 104. Industria Petroquímica. Empresa INVISTA Argentina. Emisiones por Concepto

## X. Industria Siderúrgica

### X.A. Empresa SIDERAR

Planta de Pelets (Origen Mexico)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE Mineral de Hierro	Mineral de hierro utilizado en el proceso de producción de pelets	Tn mineral de hierro/Tn de pelets	Planta de Huasco (Chile)	1,21
FE PRD Mineral de Hierro	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> eq para la producción de mineral de hierro	KgsCO <sub>2</sub> eq/Tn mineral de hierro	No hay dato.	-
E PRD Mineral de Hierro	Emisiones provenientes de la producción del mineral de hierro	KgsCO <sub>2</sub> eq	FE*Mineral de hierro	- 0%
FE CO <sub>2</sub> PELETS	Factor de Emisión CO <sub>2</sub> Producción pelets	KgsCO <sub>2</sub> /Tn pelets	Cuadro 4.1	30 31%
EE	Energía Eléctrica	KWh/Tn pelets	Planta de Huasco (Chile)	54,70
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq/KWh	Factor de emisión de la Red Mexicana	0,4946
E <sub>CO<sub>2</sub> - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	27 28%
CE GN	Consumo Específico Gas Natural	Kcal/Tn Pelets	Planta de Huasco (Chile)	151.800
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural a uso	KgsCO <sub>2</sub> eq /Kcal	Ver hoja combustibles	0,000235
E <sub>CO<sub>2</sub> - GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por Gas Natural	TnCO <sub>2</sub> eq	FE*uso GN	36 37%
GN Prd	Producción Gas Natural	Kcal/t pelets	GN MMPP +GN Energía	151.800
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> eq /Kcal	No se cuenta con dato de México se utiliza el valor para Argentina	0,000031
E <sub>CO<sub>2</sub> - Prd GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> producción de GN	Tn CO <sub>2</sub> eq	GN Prd*FE Prd GN	5 5%
E <sub>Total pelets</sub>	Emisiones Totales Pelets	TnCO <sub>2</sub> eq / Tn pelets		97
No se consideraron emisiones asociadas al transporte.				

Tabla 105. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta de Pelets. Marcha de Cálculo

Planta de Coque				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE Carbon Mineral	Consumo específico de Carbon Mineral para la producción de coque metalúrgico	Kgr Carbon Mineral / Tn Coque	Se asume que el 10% del Carbon se utiliza para proveer energía al proceso.	1,10
FE Fugitivas Carbon	Factor de emisión de CH <sub>4</sub>	M3CH <sub>4</sub> /tn	Valor por default. Ecuación 4.1.3/4.1.4 (Extracción+Postextracción)	20,5
F conversión	Factor de conversión	KgsCH <sub>4</sub> /M3	Densidad a 20 °C y Presión de 1 ATM.	0,67
FE Carbon	Factor de emisión extracción de Carbon Mineral. Emisiones Fugitivas Minas de Carbon	KgCO <sub>2</sub> eq/Tn Carbon mineral	Ecuación 4.1.3/4.1.4 (Extracción+Postextracción) No se considera captura y quema	288
E PRD Carbon Mineral	Emisiones de CO <sub>2</sub> eq x la producción de carbon de coque	KgsCO <sub>2</sub> eq	Emisiones Fugitivas según Capítulo 2 - IPCC 2006	317 36%
FE CO <sub>2</sub> coque	Factor de Emisión CO <sub>2</sub> Producción Coque	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Coque	Cuadro 4.1	560
FE CH <sub>4</sub> coque	Factor de Emisión de CH <sub>4</sub> de la producción de coque	KgsCH <sub>4</sub> /TnCoque	Cuadro 4.2	0,00
E <sub>Proceso Coque</sub>	Emisiones de CH <sub>4</sub> proveniente de la Producción de coque	KgsCO <sub>2</sub> eq		560 63%
EE	Energía Eléctrica	KWh/Tn coque	<a href="http://natlaw.com/interam/dh/eg/sp/spcheg00004.pdf">http://natlaw.com/interam/dh/eg/sp/spcheg00004.pdf</a>	26
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	TnCO <sub>2</sub> eq /MWh	Ver hoja combustible	0,351270
E <sub>CO<sub>2</sub> - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	9 1%
E <sub>Total coque</sub>	Emisiones por Tn Coque	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn coque		887

Tabla 106. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta de Coque. Marcha de Cálculo



Planta de Sinterizado				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE Carbonatos	Consumo Especifico Carbonatos	Kgs Carbonatos / Tn Si	<a href="http://www.ociotec.org/mx/ahmsatech/Sinter.htm">http://www.ociotec.org/mx/ahmsatech/Sinter.htm</a>	7,00
FE Sinterizacion Carbonatos	Factor de emisión por producción de calota	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Calota	No hay dato.	-
E PRD Carbonatos	Emisiones por producción de carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> eq		- 0%
FE CO <sub>2</sub> S	Factor de Emisión de CO <sub>2</sub> Producción Sinterizado	KgsCO <sub>2</sub> / Tn Si	Cuadro 4.1	200
FE CH <sub>4</sub> S	Factor de Emisión de CH <sub>4</sub> Producción Sinterizado	KgsCH <sub>4</sub> /Tn Si	Cuadro 4.2	0,07
E Proceso Si	Emisiones Proceso de Sinterizado	Tn CO <sub>2</sub> eq		201 85%
EE	Energía Eléctrica	KWh/t sinterizado	<a href="http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/371002/371002_yn.htm">http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/371002/371002_yn.htm</a>	99
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> /KWh	Ver hoja combustibles	0,35127
E CO <sub>2</sub> - EE	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	35 15%
E Energía Térmica	Emisiones por combustión energéticas	KgsCO <sub>2</sub> eq	No hay dato. Se asume que se genera con las corrientes de gases de la planta, cuyas emisiones están contempladas en los otros productos.	- 0%
E Total Si	Emisiones Sinterizado	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn Si		236

**Tabla 107. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta de Sinterizado. Marcha de Cálculo**

Producción de Arrabio (Alto Horno)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE coque	Consumo Especifico de Coque	Tn Coque / Tn arrabio	Dato Camara Argentina del Acero	0,450
FE PRD coque	Factor de emisión para Producción de coque	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn coque	Estimado para Planta de Coque.	887
E PRD coque	Emisiones Producción de Coque	KgsCO <sub>2</sub> eq	FE*consumo específico	399 19%
CE sinterizado	Consumo Especifico de Sinterizado	Tn Si/Tn Arrabio	Sección 4.2.2.1.3 - Volumen 3 - Capítulo 4 - IPCC 2006	1,160
FE sinterizado	Factor de emisión para Producción de Sinterizado	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn Si	Estimado para Planta de Sinterizado.	236
E sinterizado	Emisiones Producción de Sinterizado	KgsCO <sub>2</sub> eq	FE*consumo específico	274 13%
CE PELETS	Consumo Especifico de Pelets	Tn pelets / Tn Arrabio	<a href="http://materias.fi.uba.ar/6715/Material_archivos/Material%20complementario%2067.17/Aceros.pdf">http://materias.fi.uba.ar/6715/Material_archivos/Material%20complementario%2067.17/Aceros.pdf</a>	0,995
FE PELETS	Factor de emisión para Producción de Pelets	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn de pelets	Estimado para planta de pelets (Importado de Mexico)	97
E PELETS	Emisiones Producción de Pelets	KgsCO <sub>2</sub> eq	FE*consumo específico	97 5%
CE CARBONATOS	Cantidad de Carbonato utilizado	Tn Carbonatos / Tn Arrabio	<a href="http://materias.fi.uba.ar/6715/Material_archivos/Material%20complementario%2067.17/Aceros.pdf">http://materias.fi.uba.ar/6715/Material_archivos/Material%20complementario%2067.17/Aceros.pdf</a>	0,112
FE PRD CARBONATOS	Factor de emisión por producción de Carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> / Tn Carbonato	No hay dato.	-
E PRD CARBONATOS	Emisiones de CO <sub>2</sub> por producción de carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> eq		- 0%
EF CO <sub>2</sub> ARRABIO	Factor de Emisión de CO <sub>2</sub> por producción de arrabio	Kgs CO <sub>2</sub> /Tn Arrabio	Cuadro 4.1	1.350
EF CH <sub>4</sub> ARRABIO	Factor de emisión CH <sub>4</sub> Producción de Hierro	Kgs CH <sub>4</sub> /Tn Arrabio	No se cuenta con el dato	-
EF TOTAL PROCESO ARRABIO	Factor de emisión proceso Arrabio	KgsCO <sub>2</sub> eq		1.350 64%
E Energía Térmica	Emisiones por combustión energéticas	KgsCO <sub>2</sub> eq	Se asume que está incluido en el factor de emisión del proceso.	- 0%
E Total	Emisiones Arrabio	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn Arrabio		2.120

No se considera recupero de energía del proceso debido a que se asume la utilización en la planta integrada.

**Tabla 108. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Producción de Arrabio. Marcha de Cálculo**

Planta Acero BOF				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE ARRABIO	Consumo específico de Arrabio	Tn Arrabio/Tn Acero	Sección 4.2.2.2.3 - Volumen 3 - Capítulo 4 - IPCC 2006	0,94
PE <sub>ARRABIO</sub>	Factor de emisión Producción de Arrabio	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn de Arrabio	Estimado para planta de arrabio	2.120
E <sub>ARRABIO</sub>	Emissiones Producción de Arrabio	TnCO <sub>2</sub> eq	PE*consumo específico	1.993 92%
CE CARBONATOS	Cantidad de Carbonato utilizado	TnCarbonatos / TnArrabio	<a href="http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/Fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Facts20sheet_Raw%20materials2011.pdf">http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/Fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Facts20sheet_Raw%20materials2011.pdf</a>	0,15
PE <sub>ARRABIO CARBONATOS</sub>	Factor de emisión por producción de Carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> / Tn Carbonato	No hay dato.	-
E <sub>ARRABIO CARBONATOS</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por producción de carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> eq		- 0%
PE <sub>CO<sub>2</sub> PROCESO BOF</sub>	Factor de Emisión CO <sub>2</sub> Producción Acero BOF	Kgs CO <sub>2</sub>	Cuadro 4.1 - El factor original contempla las emisiones del Alto Hornos, por lo cual se descuentan las emisiones del arrabio para dejar solo las correspondientes al proceso BOF	110 5%
EE	Energía Eléctrica	KWh/T Acero	<a href="http://nadiaw.com/interam/dh/eg/sp/epcheg00004.pdf">http://nadiaw.com/interam/dh/eg/sp/epcheg00004.pdf</a>	151
PE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq / KWh	Ver hoja de combustibles	0,35127
E <sub>CO<sub>2</sub> - EE</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	TnCO <sub>2</sub> eq	EE * PE <sub>EE</sub>	53 2%
E <sub>Energía Térmica</sub>	Emissiones por combustión energética	KgsCO <sub>2</sub> eq	Se asume que está incluido en el factor de emisión del proceso.	- 0%
E <sub>Total Acero</sub>	Emissiones Totales por Tn Acero BOF	TnCO <sub>2</sub> eq / Tn Acero		2.156

Tabla 109. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta Acero BOF. Marcha de Cálculo

Planta Acero EAF				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>MMPP</sub>	Consumo específico de Chatarra - Otras MMPP	Tn MMPP/Tn Acero	No hay dato. Se asume 1 Tn/Tn Acero EAF	1,00
PE <sub>ARRABIO MMPP</sub>	Factor de emisión Chatarra - Otras MMPP	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn de Chatarra - Otras MMPP	No hay dato. Se considera que todas las MMPP tienen el PE de Acero BOF.	2.156
E <sub>ARRABIO MMPP</sub>	Emissiones Producción Chatarra - Otras MMPP	TnCO <sub>2</sub> eq	PE*consumo específico	2.156 78%
PE <sub>CO<sub>2</sub> PROCESO EAF</sub>	Factor de Emisión CO <sub>2</sub> Producción Acero EAF	Kgs CO <sub>2</sub>	Cuadro 4.1	80 3%
EE	Energía Eléctrica	KWh/T Acero	<a href="http://nadiaw.com/interam/dh/eg/sp/epcheg00004.pdf">http://nadiaw.com/interam/dh/eg/sp/epcheg00004.pdf</a>	1.539
PE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq / KWh	Ver hoja de combustibles	0,35127
E <sub>CO<sub>2</sub> - EE</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	TnCO <sub>2</sub> eq	EE * PE <sub>EE</sub>	541 19%
E <sub>Total Acero</sub>	Emissiones Totales por Tn Acero EAF	TnCO <sub>2</sub> eq / Tn Acero		2.776

Tabla 110. Industria Siderúrgica. Empresa SIDERAR. Planta Acero EAF. Marcha de Cálculo



## X.B. Empresa AcerBrag

Planta AcerBrag (EAF)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE <sub>MMPP</sub>	Consumo específico de Chatarra - Otras MMPP	Tn MMPP/Tn Acero	No hay dato. Se asume 1 Tn/Tn Acero EAF	1,00
FE <sub>PRD MMPP</sub>	Factor de emisión Chatarra - Otras MMPP	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn de Chatarra - Otras MMPP	No hay dato. Se considera que todas las MMPP tienen el FE de Acero BQF.	2.156
E <sub>PRD MMPP</sub>	Emissiones Producción Chatarra - Otras MMPP	TnCO <sub>2</sub> eq	FE*consumo específico	2.156 76%
CE <sub>CARBONATOS</sub>	Cantidad de Carbonatos utilizado	TnCarbonatos / Tn Acero EAF	<a href="http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Fact%20sheet_Raw%20materials2011.pdf">http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Fact%20sheet_Raw%20materials2011.pdf</a>	0,043
FE <sub>PRD CARBONATOS</sub>	Factor de emisión por producción de Carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> / Tn Carbonato	No hay dato.	-
E <sub>PRD CARBONATOS</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por producción de carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> eq		- 0%
CE <sub>Carbon Mineral</sub>	Consumo específico de Carbon Mineral para la producción de coque metalúrgico	Kgs Carbon Mineral / Tn Coque	<a href="http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Fact%20sheet_Raw%20materials2011.pdf">http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Fact%20sheet_Raw%20materials2011.pdf</a>	0,15
FE <sub>Fugitivas Carbon</sub>	Factor de emisión de CH <sub>4</sub>	M3CH <sub>4</sub> /tn	Valor por default. Ecuación 4.1.3/4.1.4 (Btracción+Postextracción)	20,5
F <sub>CONVERSION</sub>	Factor de conversión	KgsCH <sub>4</sub> /M3	Densidad a 20 °C y Presión de 1 ATM.	0,67
FE <sub>Carbon</sub>	Factor de emisión extracción de Carbon Mineral. Emissiones Fugitivas Minas de Carbon	KgCO <sub>2</sub> eq/Tn Carbon mineral	Ecuación 4.1.3/4.1.4 (Btracción+Postextracción) No se considera captura y quema	288
E <sub>PRD Carbon Mineral</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> eq y la producción de carbon de coque	KgsCO <sub>2</sub> eq	Emissiones Fugitivas según Capítulo 2 - IPCC 2006	43 2%
FE <sub>CO2 PROCESO EAF</sub>	Factor de Emisión CO <sub>2</sub> Producción Acero EAF	Kgs CO <sub>2</sub>	Cuadro 4.1	80 3%
EE	Energía Eléctrica	KWh/T Acero	<a href="http://natlaw.com/interam/dh/eg/sp/spchag20004.pdf">http://natlaw.com/interam/dh/eg/sp/spchag20004.pdf</a>	1.539
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq / KWh	Ver hoja de combustibles	0,35127
E <sub>CO2-EE</sub>	Emissiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	TnCO <sub>2</sub> eq	EE * FE <sub>EE</sub>	541 19%
E <sub>Total Acero</sub>	Emissiones Totales por Tn Acero EAF	TnCO <sub>2</sub> eq / Tn Acero		2.820

Tabla 111. Industria Siderúrgica. Empresa AcerBrag. Planta AcerBrag EAF. Marcha de Cálculo

## X.C. Empresa Tenaris

Planta Tenaris (EAF)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE DR	Consumo específico de Hierro Esponja	Tn DRI/Tn Acero	<a href="http://www.tenaris.com/Argentina/es/perfil/proc_prod_escobura.aspx">http://www.tenaris.com/Argentina/es/perfil/proc_prod_escobura.aspx</a>	0,35
FE PRD DRI	Factor de emisión Hierro Esponja. Incluye energía pero no emisiones de extracción de Mineral de Hierro	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn DRI	Cuadro 4.1	700
E PRD DRI	Emisiones Producción DRI	TnCO <sub>2</sub> eq	FE*consumo específico	245 11%
CE CHATARRA	Consumo específico de Chatarra Férrica	Tn Chatarra/Tn Acero	<a href="http://www.tenaris.com/Argentina/es/perfil/proc_prod_escobura.aspx">http://www.tenaris.com/Argentina/es/perfil/proc_prod_escobura.aspx</a>	0,65
FE CHATARRA	Factor de emisión Chatarra Férrica	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn Chatarra	No hay dato. Se considera que todas las MMPP tienen el FE de Acero BOF.	2.156
E PRD CHATARRA	Emisiones Producción Chatarra	TnCO <sub>2</sub> eq	FE*consumo específico	1.401 62%
CE CARBONATOS	Cantidad de Carbonato utilizado	TnCarbonatos / Tn Acero EAF	<a href="http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Fact%20sheet_Raw%20materials2011.pdf">http://www.worldsteel.org/dms/InternetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_Raw-materials2011/document/Fact%20sheet_Raw%20materials2011.pdf</a>	0,043
FE PRD CARBONATOS	Factor de emisión por producción de Carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> / Tn Carbonato	No hay dato.	-
E PRD CARBONATOS	Emisiones de CO <sub>2</sub> por producción de carbonatos	KgsCO <sub>2</sub> eq		- 0%
FE CO <sub>2</sub> PROCESO EAF	Factor de Emisión CO <sub>2</sub> Producción Acero EAF	Kgr CO <sub>2</sub>	Cuadro 4.1	80 4%
EE	Energía Eléctrica	KWh/T Acero	<a href="http://natlaw.com/interam/dh/eg/sp/spcheg00004.pdf">http://natlaw.com/interam/dh/eg/sp/spcheg00004.pdf</a>	1.539
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgrCO <sub>2</sub> eq / KWh	Ver hoja de combustibles	0,35127
E <sub>CO<sub>2</sub> - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	TnCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	541 24%
E <sub>Total Acero</sub>	Emisiones Totales por Tn Acero EAF	TnCO <sub>2</sub> eq / Tn Acero		2.267

Tabla 112. Industria Siderúrgica. Empresa Tenaris. Marcha de Cálculo



## XI. Industria Cementera

A continuación se detalla la marcha de cálculo utilizada para la estimación de las emisiones correspondientes a la producción de Cemento Portland:

Planta Genérica de Producción de Cemento Portland (95%)					
Variable	Descripción	Unidades	Equación	Mínimo	Máximo
CE Óxido de calcio	Consumo específico Óxido de Calcio (preda caliza)	Tn de CaO/Tn Portland	<a href="http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf">http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf</a>	0,645	0,645
CE Óxido de Silicio	Consumo específico Óxido de silicio (Arcillas)	Tn SiO <sub>2</sub> /Tn Portland	<a href="http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf">http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf</a>	0,210	0,210
CE Óxido de Aluminio	Consumo específico Óxido de Aluminio (Arcillas)	Tn Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Tn Portland	<a href="http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf">http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf</a>	0,060	0,060
CE Óxido de Hierro	Consumo específico Óxido de Hierro (Arcillas)	Tn Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Tn Portland	<a href="http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf">http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf</a>	0,045	0,045
CE Yeso	Consumo específico de yeso	Tn yeso /Tn Portland	<a href="http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf">http://www.lamona.biz/BLN2008BNTG-1/historial%20de%20DOCUMENTO.pdf</a>	0,020	0,020
FE CaO	Factor de emisión de la producción de CaO	Kgs CO <sub>2</sub> eq/tm CaO	No hay dato	-	-
FE SiO <sub>2</sub>	Factor de emisión de la producción de SiO <sub>2</sub>	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn SiO <sub>2</sub>	No hay dato	-	-
FE Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Factor de emisión de la producción de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kgs CO <sub>2</sub> eq/tm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	No hay dato	-	-
FE Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Factor de emisión de la producción de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kgs CO <sub>2</sub> eq/tm Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	No hay dato	-	-
FE Yeso Prod	Factor de emisión de la producción de yeso	Kgs CO <sub>2</sub> eq/tm Yeso	No hay dato	-	-
E Prod NIMPP	Emisiones provenientes de la Producción de NIMPP	Kgs CO <sub>2</sub> eq/Tn Portland		0%	0%
CI	Fracción de clínker de cemento tipo I, Portland	Fracción	Se asume un 95% de Clínker en el Cemento	95%	95%
EF <sub>CO<sub>2</sub> PROCECO</sub>	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> producción clínker	KgsCO <sub>2</sub> /Tn Clínker	Equación 2.4 - IPCC 2006	520	520
E <sub>CO<sub>2</sub> PROCECO</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> producción de cemento	KgsCO <sub>2</sub> eq		494 69%	494 57%
EE	Energía Eléctrica	KWh/Tn cemento	Cachan 2021 - Se toma consumo máximo	90	130
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq/KWh		0,3513	0,3513
E <sub>EE</sub>	Emisiones por Electricidad	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	32 4%	46 5%
Energía Horno	Requerimiento energético para el Horno de Clínker	Kcal/Tn cemento	Cachan 2021 - Se asume 95% Clínker en el Cemento Portland	726.092	1.247.970
% de GN	% GN utilizada en el horno de clinkerización	%	Supuesto	60%	60%
% Fuel Oil	%Fuel Oil utilizado en el horno de clinkerización	%	Supuesto	30%	30%
% de Biomasa	% Biomasa utilizada en el horno de clinkerización	%	Supuesto	10%	10%
CE <sub>GN</sub>	Consumo específico Gas Natural en el horno de clínker	Kcal/Btu / Tn Cemento	% de Consumo / Requerimiento total	435.655	748.782
CE <sub>FO</sub>	Consumo específico Fuel Oil en el horno de clínker	Kcal/Btu / Tn Cemento	% de Consumo / Requerimiento total	217.827	374.391
CE <sub>BIOMASA</sub>	Consumo específico Biomasa en el horno de clínker	Kcal/Btu / Tn Cemento	% de Consumo / Requerimiento total	72.609	124.797
FE <sub>GN</sub>	Factor de emisión por combustión Gas Natural en el horno de clínker	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal GN	Ver hoja de combustibles	0,0002348	0,0002348
FE <sub>FO</sub>	Factor de emisión por combustión Fuel Oil en el horno de clínker	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal FO	Ver hoja de combustibles	0,0003236	0,0003236
FE <sub>BIOMASA</sub>	Factor de emisión por combustión Biomasa en el horno de clínker	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal BIOMASA	Se consideran solo las emisiones de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O. Ver hoja de combustibles	0,0000078	0,0000078
E Energía	Emisiones por combustión en el horno de Clínker	KgsCO <sub>2</sub> eq		173 24%	298 34%
FE <sub>Producción GN</sub>	Factor de emisión por Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal GN	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,0000309	0,0000309
FE <sub>Producción FO</sub>	Factor de emisión por Producción Fuel Oil	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal FO	Metodología MQL NORM017 / Version 01.1 - Véase para Gas-Oil	0,0000355	0,0000355
FE <sub>Producción BI</sub>	Factor de emisión por Producción Biomasa	KgsCO <sub>2</sub> eq/Kcal BIOMASA	No hay dato. Se considera 0.	-	-
E Análisis Energético	Emisiones por producción energética	KgsCO <sub>2</sub> eq		21 3%	36 4%
E <sub>Total cemento</sub>	Emisiones Totales por Tn Cemento	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn Cemento		720	874

Tabla 113. Industria Cementera. Producción de Cemento Portland. Marcha de Cálculo

## XII. Industria Aceitera

A continuación se detalla la marcha de cálculo utilizada para la estimación de las emisiones correspondientes a la producción de Aceite de Soja:

ACEITE DE SOJA				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
Mol	Molienda de grano	Tn	Origen y aplicación de los cinco principales gases designados de Argentina - OCHA - Gaseografía de las campañas 2000/2009	254,948
Pa aceite	Producción de aceite	Tn		48,038
Psu	Producción de subproductos	Tn		200,457
Ra aceite	Rendimiento Aceite	N sobre Grano		18,84%
Rsu	Rendimiento Subproductos	N sobre Grano	Tn subproductos/Tn Grano	78,63%
PM <sub>aceite</sub>	Precio de Mercado Aceite	USD/TN	OCHA al 11/12/2011	1,208
PM <sub>pellet</sub>	Precio de Mercado Pellets	USD/TN	OCHA al 11/12/2011	373
AF	Apropiación de emisiones - Aceite	%	BS-SO - IE-MOL Apropiación por Frecido	43,72%
Region	Regionalización Huella I		Estudio CFI - UNLP - Huella I	Norte Norte Sur Sur
Modelo	Modelo productivo		Estudio CFI - UNLP - Huella I	RN-SO-1P90%-51% RN-SO-SF-51% RS-SO-1P90%-51% RS-SC-1P90%-51%
E <sub>campo</sub>	Campo	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn	Estudio CFI - UNLP - Huella I	114,9 136,3 127,0 133,8
E <sub>flaca corto</sub>	Flaca Campo - Acopiado	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn	Estudio CFI - UNLP - Huella I	2,1 2,1 2,1 2,1
E <sub>acopiado y secado</sub>	Acopiado y Secado	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn	Estudio CFI - UNLP - Huella I	5,5 5,5 5,5 5,5
E <sub>flaca largo</sub>	Flaca Acopiado - Molino	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn	Estudio CFI - UNLP - Huella I	18,4 18,4 23,0 23,0
E <sub>total en Planta</sub>	Emisiones totales MMPP Planta en Planta	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn	Estudio CFI - UNLP - Huella I	140,9 162,3 157,6 164,4
E <sub>MMPP x Tn Aceite</sub>	Emisiones de Materias Primas por tonelada de aceite	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn Aceite	E Total MMPP * AF / R Aceite	326,94 370,50 365,75 381,42
FE <sub>Prod GN</sub>	Factor de Emisión Producción Gas Natural	Kgr CO <sub>2</sub> / Kcal	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,000031 0,000031 0,000031 0,000031
E <sub>CO<sub>2</sub> - Ato GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> producción de GN	Kgr CO <sub>2</sub> / Tn	FE <sub>Prod</sub> * FE <sub>Prod GN</sub>	14 14 14 14
E <sub>Prod CO<sub>2</sub> x Tn Aceite</sub>	Emisiones de Producción de GN por tonelada de aceite	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn Aceite	E <sub>CO<sub>2</sub> Prod GN</sub> * AF / R Aceite	33,45 33,45 33,45 33,45
CE <sub>GN</sub>	Consumo específico de Gas Natural x Tn de grano	Kcal GN / Tn Grano	Informa INTA - BR-SC-IMP-02-09	486,227 486,227 486,227 486,227
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	Kgr CO <sub>2</sub> / Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235 0,000235 0,000235 0,000235
E <sub>CO<sub>2</sub> - GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por Gas Natural por tonelada de grano	Kgr CO <sub>2</sub> / Tn		109 109 109 109
E <sub>CO<sub>2</sub> GN x Tn Aceite</sub>	Emisiones Gas Natural por tonelada de aceite	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn Aceite	E <sub>CO<sub>2</sub> GN</sub> * AF / R Aceite	254,00 254,00 254,00 254,00
EE	Energía Eléctrica	KWh / Tn grano	Dato	34 34 34 34
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	Kgr CO <sub>2</sub> / KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351270 0,351270 0,351270 0,351270
E <sub>CO<sub>2</sub> - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	Kgr CO <sub>2</sub> / Tn	EE * FE <sub>EE</sub>	12 12 12 12
E <sub>CO<sub>2</sub> EE x Tn Aceite</sub>	Emisiones Energía eléctrica por tonelada de aceite	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn Aceite	E <sub>CO<sub>2</sub> EE</sub> * AF / R Aceite	27,95 27,95 27,95 27,95
CE <sub>Hidroeléctrica de Soja</sub>	Consumo específico de Hidroeléctrica de Soja	Kg / Tn Aceite	INTA - BR-SC-IMP-03-09	0,865 0,865 0,865 0,865
CE <sub>Hidrógeno</sub>	Consumo específico de Hidrógeno	Kg / Tn Aceite	INTA - BR-SC-IMP-03-09	5,855 5,855 5,855 5,855
CE <sub>metanol de Soja</sub>	Factor de emisión Hidroeléctrica de Soja	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn	Casapulo Industria Petroquímica Planta Bahía Blanca (Bolívar)	1,109 1,109 1,109 1,109
CE <sub>metano</sub>	Factor de emisión Producción de Metano	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn	No hay datos, se considera el valor promedio para Aramiticos	1,461 1,461 1,461 1,461
E <sub>CO<sub>2</sub> metano</sub>	Emisiones por producción de metano	Kgr CO <sub>2</sub> / Tn	Suma CE x FE / 1000	9,52 9,52 9,52 9,52
W	Bueltas por Tn Producción	M <sup>2</sup> / Tn Aceite	Cuadro 5.9 - Aceites vegetales	3,10 3,10 3,10 3,10
COO	Gaseografía Química de Origen	Kg COO / M <sup>2</sup>	Cuadro 5.9 - IPCC 2006 - Se toma valor promedio	0,85 0,85 0,85 0,85
TOW	Total de materia degradable	Kg COO / año	Sección 5.6	2,64 2,64 2,64 2,64
MOF	Factor de Corrección metano	Frecuencia	Cuadro 5.8 - Laguna Anaeróbica	0,80 0,80 0,80 0,80
Ba	Capacidad máxima de producción Metano	Kg CH <sub>4</sub> / Kg COO	Factor IPCC Default	0,25 0,25 0,25 0,25
BP	Factor de emisión por sistema de tratamiento	Kg CH <sub>4</sub> / Kg COO	Sección 5.6	0,20 0,20 0,20 0,20
S	Componente orgánico separado como lodo	Kg COO	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	- - - -
R	Cantidad de metano recuperado	Kg CH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	- - - -
E <sub>CH<sub>4</sub> - Residuo</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	Kg CH <sub>4</sub>	Sección 5.4	0,53 0,53 0,53 0,53
E <sub>CO<sub>2</sub> - Metano</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales por Tonelada de Aceite	Kgr CO <sub>2</sub> / Tn	GHG 12.1	11,07 11,07 11,07 11,07
E <sub>total Aceite de Soja</sub>	Emisiones Totales por Tn Aceite de Soja	Kgr CO <sub>2</sub> eq / Tn Ac. Soja		663 712 702 717

Tabla 114. Industria Aceitera. Producción de Aceite de Soja. Marcha de Cálculo



### XIII. Industria Papelera

A continuación se detalla la marcha de cálculo utilizada para la estimación de las emisiones correspondientes a la producción de Papel:

Producción de Papel: Pulpado Mecánico (Proceso CTMP)					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor	
CE <sub>H2O2</sub>	Consumo Específico H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (peróxido)	Tn /Tn Pulpa	Dato	45,0	
CE <sub>NaOH</sub>	Consumo específico NaOH	Tn /Tn Pulpa	Dato	26,0	
CE <sub>MgSO4</sub>	Consumo Específico MgSO <sub>4</sub> (sulfato de magnesio)	Tn /Tn Pulpa	Dato	4,0	
CE <sub>Na2SiO3</sub>	Consumo Específico Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (silicato de sodio)	Tn /Tn Pulpa	Dato	20,0	
CE <sub>OTPA</sub>	Consumo Específico OTPA (estabilizante blanqueo)	Tn /Tn Pulpa	Dato	1,0	
CE <sub>Otros</sub>	Otros Consumos	Tn /Tn Pulpa	Dato	5,0	
FE <sub>H2O2</sub>	Factor de emisión H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (peróxido)	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
FE <sub>NaOH</sub>	Consumo específico NaOH	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Capítulo Industria Petroquímica - Planta SOLVAY INDUPA	1.109	
FE <sub>MgSO4</sub>	Factor de emisión MgSO <sub>4</sub> (sulfato de magnesio)	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
FE <sub>Na2SiO3</sub>	Factor de emisión Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (silicato de sodio)	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
FE <sub>OTPA</sub>	Factor de emisión OTPA (estabilizante blanqueo)	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
FE <sub>Otros</sub>	Factor de emisión Otros Consumos	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	
E <sub>CO2 MMPP</sub>	Emisiones por producción de Materias Primas	KgrCO <sub>2</sub> ...	Suma CE x FE	29	0%
FE <sub>Prod GN</sub>	Factor de Emisión Producción GN	KgsCO <sub>2</sub> .../Kcal	Ver hoja de emisiones fugitivas	0,000031	
E <sub>CO2 - Prod GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> producción de GN	KgsCO <sub>2</sub> ...	GN Energía * FE Prod GN	22	0%
GN Energía	Consumo de Gas Natural	Millones de Calorías/Tn papel	Dato	717	
FE <sub>GN</sub>	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> .../Kcal	Ver Hoja Combustibles	0,000235	
E <sub>CO2 - GN Energía</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por Gas Natural	KgrCO <sub>2</sub> ...		168	2%
EE	Energía Eléctrica	KWh/t Papel	Dato	1.985	
FE <sub>EE</sub>	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> .../KWh	Ver Hoja Combustibles	0,351	
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> ...	EE * FE EE	697	10%
W	Efluente por tn Producción	M <sup>3</sup> /Tn Papel	Cuadro 6.9 - Pulpa y Papel combinados	162,00	
COD	Demanda Química de Oxígeno	KgDQO/M <sup>3</sup>	Cuadro 6.9 - Pulpa y Papel combinados	9,00	
TOW	Total de materia degradable	Kg COD/año	Ecuación 6.6	1.458,00	
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 6.8 - Laguna Anaeróbica	0,80	
Bo	Capacidad máxima de producción Metano	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Factor IPCC Default	0,25	
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	KgCH <sub>4</sub> /KgCOD	Ecuación 6.5	0,20	
S	Componente orgánico separado como lodo	KgCOD	Se considera que el lodo ha sido degradado en forma anaeróbica	-	
R	Cantidad de metano recuperado	KgCH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-	
E <sub>CH4 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgCH <sub>4</sub>	Ecuación 6.4	292	
E <sub>CO2 Fuentes</sub>	Emisiones de Metano por Efluentes Residuales Industriales	KgsCO <sub>2</sub> ...	6CH <sub>4</sub> *11	6.124	87%
E <sub>Total Papel</sub>	Emisiones Totales por Tn Papel	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn		7.040	

Tabla 115. Industria Papelera. Producción de Papel: Pulpado Mecánico (Proceso CTMP)

Producción de Papel: Pulpado Químico (Proceso KRAFT)				
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Valor
CE_H2O2	Consumo Específico H2O2 (peróxido)	Kg / Tn Pulpa	Dato	10,9
CE_NaOH	Consumo específico NaOH	Kg / Tn Pulpa	Dato	34,7
CE_MgSO4	Consumo Específico MgSO4 (sulfato de magnesio)	Kg / Tn Pulpa	Dato	2,0
CE_O2	Consumo Específico Oxígeno	Kg / Tn Pulpa	Dato	29,0
CE_H2SO4	Consumo Específico Ácido Sulfúrico	Kg / Tn Pulpa	Dato	22,2
CE_CaO	Consumo Específico Piedra Caliza	Kg / Tn Pulpa	Dato	20,0
CE_Clariflo	Consumo Específico Cloruro de Sodio	Kg / Tn Pulpa	Dato	15,8
CE_Oxido Cloro	Consumo Específico Cloruro de Cloro	Kg / Tn Pulpa	Dato	9,3
CE_Talco	Consumo Específico Talco	Kg / Tn Pulpa	Dato	2,0
CE_MnO2	Consumo Específico Manganés	Kg / Tn Pulpa	Dato	1,7
CE_Urea	Consumo Específico Urea	Kg / Tn Pulpa	Dato	0,6
CE_Ac. Perbórico	Consumo Específico Ácido Perbórico	Kg / Tn Pulpa	Dato	5,0
FE_H2O2	Consumo Específico H2O2 (peróxido)	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_NaOH	Consumo específico NaOH	Kg CO2eq / Tn	Capítulo Industrial Petroquímico - Planta SQUIN INDUPA	1.109
FE_MgSO4	Consumo Específico MgSO4 (sulfato de magnesio)	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_O2	Consumo Específico Oxígeno	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_H2SO4	Consumo Específico Ácido Sulfúrico	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_CaO	Consumo Específico Piedra Caliza	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_Oxido Cloro	Consumo Específico Cloruro de Sodio	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_Oxido Cloro	Consumo Específico Cloruro de Cloro	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_Talco	Consumo Específico Talco	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
FE_MnO2	Consumo Específico Manganés	Kg CO2eq / Tn	Metadología MDL, NOM0017 / Versión 01.1 - BRS&CH_PIC	1.950
FE_Urea	Consumo Específico Urea	Kg CO2eq / Tn	Industria Petroquímica - Planta PABRENTIL	618
FE_Ac. Perbórico	Consumo Específico Ácido Perbórico	Kg CO2eq / Tn	No hay datos. Se considera 0	-
E_CO2+CH4	Emissiones por producción de Materiales Primas	Kg CO2eq	Suma CE x FE	42 1%
FE_Fuel FO	Factor de Emisión Producción FO	Kg CO2eq / Kg	No se cuenta con el dato se asumen las emisiones según Metodología MDL, NOM0017 / Versión 01.1 - Valor para Gas-Oil	0,306
E_CO2-Fuel FO	Emissiones de CO2 producción de FO	Kg CO2eq	FO Energía*FE Fuel FO	14 0%
FO Energía	Consumo de Fuel Oil	Kg / Tn papel	Dato	45
FE FO	Factor de Emisión Fuel Oil	Kg CO2eq / Kg	Ver Hoja Combustibles	3,17
E_CO2-Fuel FO	Emissiones de CO2 por Fuel Oil	Kg CO2eq		143 2%
EE	Energía Eléctrica	kWh/Tn Papel	Dato	529
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	Kg CO2eq / kWh	Se asume que la energía es generada con biomasa	-
E_CO2-EE	Emissiones de CO2 por uso de la energía	Kg CO2eq	EE*FE EE	- 0%
W	Buente por tn Producción	M <sup>3</sup> / Tn Papel	Cuadro 5.9 - Pulpa y Papel combinados	162,00
COO	Demanda Química de Oxígeno	Kg OQO / M <sup>3</sup>	Cuadro 5.9 - Pulpa y Papel combinados	9,00
TOW	Total de materia degradable	Kg COO / año	Ecuación 5.6	1.458,00
MCF	Factor de Corrección metano	Fracción	Cuadro 5.6 - Laguna Anaeróbica	0,80
Ba	Capacidad máxima de producción Metano	Kg CH <sub>4</sub> / Kg COO	Factor IPCC Default	0,25
EF	Factor de emisión por sistema de tratamiento	Kg CH <sub>4</sub> / Kg COO	Ecuación 5.8	0,20
IS	Componente orgánico separado como lodo	Kg COO	Se considera que el lodo no es lodo degradado en forma anaeróbica	-
R	Cantidad de metano recuperado	Kg CH <sub>4</sub>	No existe sistema de recuperación de metano	-
E_CH4-Buentes	Emissiones de Metano por Buentes Residuales Industriales	Kg CH <sub>4</sub>	Ecuación 5.4	292
E_CH4-Buentes	Emissiones de Metano por Buentes Residuales Industriales	Kg CO2eq	5CH4*21	6.124 97%
E total papel	Emissiones Totales por Tn Papel	Kg CO2eq / Tn		6.322

Tabla 116. Industria Papelera. Producción de Papel: Pulpado Químico (Proceso Kraft)



#### XIV. Industria Automotriz

Finalmente, se detalla la marcha de cálculo utilizada para la estimación de las emisiones correspondientes al sector Automotriz:

Industria Automotriz					
Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	Automóviles	Pick-ups
Masa	Masa del vehículo	Kgs	Dato Terminal Córdoba	1.021	1.829
CE Ferrosos	% de Materiales Ferrosos	%	Dato Terminal Córdoba	67%	67%
CE Aluminio	% de Materiales de Aluminio	%	Dato Terminal Córdoba	3%	3%
CE Plásticos	% de Materiales Plásticos	%	Dato Terminal Córdoba	13%	13%
CE Elastómeros	% de Materiales Elastómeros (Neumáticos)	%	Dato Terminal Córdoba	4%	4%
CE Vidrio	% de Vidrio	%	Dato Terminal Córdoba	4%	4%
CE Líquidos	% de Líquidos (Lubricantes)	%	Dato Terminal Córdoba	3%	3%
CE Varios	% de Materiales Varios	%	Dato Terminal Córdoba	5%	5%
FE Ferrosos	Factor de emisión Ferrosos	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Industria Siderúrgica - Planta Siderar: Acero EAF	2.776	2.776
FE Aluminio	Factor de emisión Aluminio (incluye CO <sub>2</sub> y PFCs)	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	IPCC 2006 - Cuadro 4.10 (Anodos preoxidados) + Cuadro 4.15 - CWPB (Sistema Aluar)	4.568	4.568
FE Plásticos	Factor de emisión Plásticos	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Industria Petroquímica: 50% Polipropileno (Planta Petroken) 50% Poliestireno (Planta Petrobras)	1.400	1.400
FE Elastómeros	Factor de emisión Elastómeros	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Ver estimación de Industria de neumáticos.	3.754	3.754
FE Vidrio	Factor de emisión Vidrio	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	IPCC 2006 - Cuadro 2.6 Tipo de vidrio flotado	210	210
FE Líquidos	Factor de emisión Líquidos (Lubricantes)	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	Factor de Emisión Extracción + Refinamiento - Metodología MDL ACM0017 / Version 01.1 - Valor por Gas-Oil	306	306
FE Varios	Factor de emisión Varios	Kgs CO <sub>2</sub> eq /Tn	No hay datos. Se considera 0	-	-
E <sub>CO2 Insumos</sub>	Emisiones por producción de insumos	KgsCO <sub>2</sub> eq / Vehículo	Suma CE x FE x Masa	2.424	4.341
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> eq /M3	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,257	0,257
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> producción de GN	KgsCO <sub>2</sub> eq	FE Prd * CE GN	21	31
CE GN	Consumo específico de Gas Natural x Vehículo	M3 GN / Vehículo	Informe INTA - IIR-BC-INF-07-09	80	120
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> eq /M3	Ver Hoja Combustibles	1,95	1,95
E <sub>CO2 - GN</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por Gas Natural por Vehículo	KgsCO <sub>2</sub> eq		156	234
CE EE	Consumo específico de Energía Eléctrica por Vehículo	kWh/Vehículo	Dato	771	1.157
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq /KWh	Ver Hoja Combustibles	0,35	0,35
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	271	406
E <sub>Total Vehículo</sub>	Emisiones Totales por Vehículo	KgsCO <sub>2</sub> eq / Vehículo		2.871	5.012

Tabla 117. Industria Automotriz. Marcha de Cálculo

## Industria Neumáticos

Fuente: Primer Reporte de Responsabilidad Social Empresaria - Bridgestone 2009

[http://comunicarseweb.com.ar/download.php?tipo=acrobat&view=1&data=1304290073\\_Bridgestone-Reporte.pdf](http://comunicarseweb.com.ar/download.php?tipo=acrobat&view=1&data=1304290073_Bridgestone-Reporte.pdf)

Variable	Descripción	Unidades	Ecuación	2009
CE <sub>caucho Natural</sub>	Consumo Real Caucho Natural	Tn	Dato Reporte Bridgestone	8.201
CE <sub>caucho Sintético</sub>	Consumo Real Caucho Sintético	Tn	Dato Reporte Bridgestone	7.112
FE <sub>caucho Natural</sub>	Factor de emisión Caucho Natural	Kgs CO <sub>2</sub> eq / Tn	No existe el dato. Se considera un 50% de la correspondiente a caucho Sintético	601
FE <sub>caucho Sintético</sub>	Factor de emisión Caucho Sintético	Kgs CO <sub>2</sub> eq / Tn	Industria Petroquímica: Estimación para Estireno (Planta Petrobras)	1.202
E <sub>CO2 Insumos</sub>	Emisiones por producción de insumos	KgsCO <sub>2</sub> eq / Año	Suma CE x FE x Masa	13.482.178
FE Prd GN	Factor de Emisión Producción Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> eq / M3	Ver Hoja Emisiones Fugitivas	0,257
E <sub>CO2 - Prd GN</sub>	Emisiones de CO2 producción de GN	KgsCO <sub>2</sub> eq	FE Prd * CE GN	3.168.251
CE GN	Consumo específico de Gas Natural x Año	M3 GN / Año	Dato Reporte Bridgestone	12.343.101
FE GN	Factor de Emisión Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> eq / M3	Ver Hoja Combustibles	1,95
E <sub>CO2 - GN</sub>	Emisiones de CO2 por Gas Natural	KgsCO <sub>2</sub> eq		24.056.162
CE EE	Consumo específico de Energía Eléctrica por año	kWh/Año	Dato Reporte Bridgestone	47.776.740
FE EE	Factor de Emisión Energía Eléctrica de la Red	KgsCO <sub>2</sub> eq / kWh	Ver Hoja Combustibles	0,35
E <sub>CO2 - EE</sub>	Emisiones de CO2 por uso de la energía	KgsCO <sub>2</sub> eq	EE * FE EE	16.782.535
E <sub>Total</sub>	Emisiones Totales Año	KgsCO <sub>2</sub> eq / Año		57.489.127
E <sub>Total x Tn Caucho</sub>	Emisiones Totales por Tn de Caucho procesado	KgsCO <sub>2</sub> eq / Tn		3.754

Tabla 118. Industria Automotriz. Producción de Neumáticos. Marcha de Cálculo





## **XV.        APENDICE. 1<sup>er</sup> Encuentro Taller “Huella de Carbono en las exportaciones de la Provincia de Buenos Aires”**

### **XV.A.     Introducción**

Como parte del Plan de Tareas previsto en el presente proyecto se realizó, el día 17 de abril, en la Sede de Postgrado de la Universidad Nacional de La Plata en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el 1er Encuentro Taller “Huella de Carbono en las exportaciones de la Provincia de Buenos Aires”.

Al mismo fueron convocados distintos actores de los sectores público, privado, y científico/académico<sup>4</sup>, con el objetivo de exponer los avances en la materia por parte de la provincia de Buenos Aires, resaltando la cooperación interinstitucional entre el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) provincial, y la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, ejecutora de los mencionados proyectos.

### **XV.B.     Desarrollo**

La primera parte del Taller estuvo dedicada a exponer los resultados de los estudios sobre cálculo de la Huella de Carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires para los principales productos agropecuarios de exportación, así como también los *clusters* industriales más relevantes en la estructura productiva provincial.

Adicionalmente, se expusieron los avances iniciales del proyecto “Huella Hídrica en las exportaciones agrícolas de la provincia de Buenos Aires”.

---

<sup>4</sup> Las disertaciones presentadas con motivo del Taller, los archivos de audio correspondientes a las mismas, y el listado de asistentes e instituciones presentes, forman parte del archivo digital adjunto al Informe Final y al presente Anexo.



Una vez finalizada esta sección, y mediante el trabajo de grupos afines por tipo de institución, se trabajó en aulas separadas en base a preguntas motivadoras de reflexiones e inquietudes por parte de los asistentes, al tiempo que se recogieron experiencias y sugerencias que agregaron valor al presente proyecto y a la línea de investigación en curso.

Finalmente, se convocó a plenario de asistentes, a fin de dar lectura a las reflexiones recogidas, y trazar los pasos a seguir en términos de cooperación, intercambio de información y futuras instancias de trabajo conjunto.

A continuación se exponen, por sector, las reflexiones obtenidas con motivo del Taller realizado, a modo de síntesis de la actividad, y de resumen de los aportes que su desarrollo constituyó para el Informe Final del presente documento.

## **XV.C. Sector Público**

### **XV.C.1 Preguntas**

- a) ¿Cuál debiera ser el rol del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires respecto a la temática de huella de carbono?
- b) En el marco del desarrollo de una economía baja en carbono ¿Qué instrumentos de política pública debiera generar la Provincia para promoverlo? (ej. Marco Regulatorio, Tasas y subsidios, etc.).
- c) ¿Cuáles son las acciones que debiera llevar adelante la provincia para reducir los impactos comerciales y económicos de los potenciales “nuevos requerimientos” referidos a la huella de carbono?

#### **XV.C.1.a Reflexiones**

- Se destacó la utilidad de los estudios provinciales en cálculo de huella de carbono como una herramienta con la cual contar al momento de enfrentar el requisito por parte del importador.
- Se puntualizó la postura a nivel de gobierno nacional, desde el Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, de que la Argentina no avala metodologías de cálculo unilaterales, como lo son varias de las existentes y conocidas, por no incorporar las mismas los compromisos derivados del principio de



“responsabilidades comunes pero diferenciadas” y financiamiento a países en desarrollo para la implementación de procesos bajos en emisiones de GEIs.

- Se hizo foco en la responsabilidad y posición estratégica que el sector público provincial tiene como agente de capacitación y difusión a nivel del territorio provincial y, fundamentalmente, local, actuando como facilitador del proceso de concientización en la materia.

- Desde la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), se planteó un cambio de enfoque del abordaje de la problemática, que parta de cuestiones tales como, por ejemplo, la identificación de porqué no se expanden a nivel global los productos bajos en carbono. También se remarcó la necesidad de contar con herramientas integradas de gestión que vayan más allá del simple cálculo de la huella de carbono.

- Desde el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), se remarcó la necesidad de incorporar la dimensión/componente ambiental en estudios como los presentados por los disertantes durante el Taller.

- Desde la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), se comentó la experiencia, en curso, del trabajo interinstitucional e interdisciplinario que la entidad está realizando en conjunto con INTA y la Universidad de Buenos Aires.

- Finalmente, desde la Dirección Nacional de Cambio Climático se puso el acento en la necesidad, para el país, de contar con una metodología propia que sea una alternativa local a las internacionales ya existentes al momento de las negociaciones comerciales.

#### **XV.D. Sector Científico-Académico**

##### **XV.D.1 Preguntas**

a) ¿Cuáles que son las necesidades que debiera cubrir el Sistema de Innovación referido a los aspectos comerciales de la huella de carbono?

b) ¿Cómo se podría fomentar la vinculación efectiva entre instituciones del sistema de innovación?



c) ¿Cómo se podrían orientar las acciones del Sistema de innovación hacia las necesidades del sector productivo en la temática?

d) ¿Qué instrumentos de financiamiento se podrían generar?

#### XV.D.2 Reflexiones

- Desarrollo de metodología propia

- Se resaltó la necesidad de una definición de reglas claras para la estimación de emisiones.

- Se destacó la necesidad de desarrollo de una Metodología a nivel local - consensuada con organismos internacionales- para darle validez "comercial", pudiendo de este modo ser utilizada por el sector privado.

- Acorde con el establecimiento de reglas claras inicialmente mencionado, se comentó la necesidad de desarrollo de una metodología unificada de mediciones a campo, que permita tanto obtener datos locales como posibilitar el desarrollo de factores de emisión locales, otorgándole al proceso la necesaria validez metodológica para su utilización en procesos de estimación de emisiones que puedan ser reconocidos a nivel internacional.

- Se mencionó la posición que debiera adoptar el sector científico/académico respecto a la capacitación de los actores involucrados en la temática, una vez consensuadas las bases metodológicas.

- Financiamiento

- Se puntualizó como demanda específica la necesidad de contar con laboratorios adecuados y en particular el correspondiente financiamiento para el mantenimiento de las actividades a realizar ya que, normalmente, el financiamiento disponible cubre la inversión de capital inicial pero no existen a posteriori líneas de financiamiento para el funcionamiento de las instalaciones.

- Se destacó que el financiamiento debe ser mixto "Público/Privado", debido a que ambos sectores tienen interés específico en el desarrollo de la temática.

- En términos operativos e instrumentales, se resaltó la necesidad de concretizar las líneas de trabajo a partir de un previo consenso con el sector privado.



- Cooperación Interdisciplinaria e Interinstitucional. Vinculación

- Se discutió la necesidad de contar con herramientas dinámicas de vinculación entre grupos de trabajo, con el objetivo de compartir resultados e informar avances en la temática. En este sentido, se resaltó la necesidad de “saber lo que están haciendo” los grupos de trabajo en las distintas instituciones.
- Se mencionó también que, debido a la falta de comunicación entre grupos de trabajo, muchas veces se solapan las investigaciones, duplicando la necesidad de recursos para investigaciones similares, y demandando que los grupos “empiecen de cero” cuando podrían continuar y/o profundizar las líneas en marcha.
- Respecto a la vinculación con las demandas de los distintos sectores, se resaltó que existen instrumentos para acceder a financiación a través de las Unidades de Vinculación Tecnológica (UVTs) de los distintos organismos, que podrían resolver las demandas del sector privado. En este punto, , respecto a las PyMEs, se **remarcó la complicación que supone, para estructuras reducidas, destinar la carga laboral necesaria para la formulación de los proyectos.**
- Finalmente, **se resaltó también la complejidad de la burocracia necesaria para presentar/formalizar vinculaciones entre instituciones.**

- Difusión

- **Se resaltó la necesidad de contar con líneas de difusión para fomentar la vinculación entre instituciones público-privadas, a través de las acciones y/o servicios que pueden prestar los centros de investigación.**
- Se comentó que, en general, las prioridades del sector público (Nacional/regional/local) en I+D+i no están alineadas con las prioridades de los investigadores lo cual, si bien en algunos aspectos de investigación básica puede ser una característica positiva, en instancias de investigación aplicada constituye un factor negativo.



## **XV.E. Sector Privado**

### **XV.E.1 Preguntas**

- a) ¿Cuáles son las principales necesidades del sector productivo frente a la temática?
- b) ¿Cuáles serían las acciones que debiera llevar adelante el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires para fortalecer al sector productivo frente a los potenciales “nuevos requerimientos” referidos a la huella de carbono?
- c) ¿Cuál debiera ser el rol del sector privado productivo frente a la temática?

### **XV.E.2 Reflexiones**

- **Metodologías**

- Se resaltó la necesidad de una estandarizar de las metodologías de cálculo, y de criterios a nivel nacional (metodología nacional) que sea compatible con estándares internacionales. En este sentido, se puso de manifiesto la inconveniencia práctica de metodologías provinciales debido a que, si ese fuera el esquema de trabajo, un proveedor que entrega sus productos en diferentes provincias debería calcular su huella de carbono más de una vez, con métodos distintos y los consecuentes costos asociados.
- Mantener actualizados los requisitos por parte de los países europeos que más han avanzado en el tema.
- Necesidad de herramientas financieras para implementar políticas y campañas de medición.
- Se remarcó la necesidad de revisar los factores de emisión locales, a fin de incorporarle ajustes.
- Se expresó la necesidad de un Sistema de Gestión Integrado que incorpore a la huella de carbono como uno de los ítems a calcular.

- **Interinstitucionalidad / Interdisciplinariedad**

- Trabajar fuertemente con las cámaras para nuclear a las Pymes, y aprovechar la estructura de Universidades regionales para que sea posible dar información clara



y útil. En este sentido, desde la Universidad se podría brindar asesoramiento a las Pymes con respecto al cálculo de su huella, utilizando las prácticas rentadas que realizan los alumnos antes de graduarse, cubriendo el vacío en la estructura de las Pymes que, en general, no cuentan con los medios necesarios para contratar profesionales para calcular la huella. También pueden hacerse calculadores de huella simplificados que puedan utilizarlos.

- Se postuló como imprescindible el abordaje interdisciplinario.

- Capacitación/Difusión

- Se remarcó la necesidad de capacitar principalmente a las Pymes, a fin de que comiencen a incorporar los mecanismos internos para saber qué es lo que tienen que hacer respecto a la huella de carbono. En general, se coincidió en que las empresas grande ya están abordando el tema.

- Capacitar, a través de las Universidades regionales, a la mayor cantidad posible de empresas. Esta sería una alternativa superadora de la dinámica de talleres, ya que se esperaría una capacitación regional permanente y con efecto multiplicador.

- La capacitación brindada tendría que ser monitoreada, a fin de que haya retroalimentación.

- Al exterior del sistema productivo/empresario, se enfatizó la necesidad de una mayor concientización social en la materia.

- Políticas públicas

- Se debe ir de lo global al detalle. Es necesario optimizar el tiempo y los recursos y por ello habría que instrumentar, prioritariamente, mecanismos de apoyo que ayuden a las Pymes a las que se identifique previamente como aquellas que serán las primeras a las que se les va a pedir que calculen su huella de carbono, por ser proveedoras de una empresas exportadoras.

- En este sentido, se puntualizó que no debería tratarse de una ley o norma que obligue a calcular la huella de carbono, sino que debiera consistir en un programa de incentivos/beneficios al sector privado que genere el compromiso con el cálculo de la huella de carbono.



- En líneas generales, se expresó la necesidad de continuidad por parte de los gobiernos en el seguimiento del tema, clarificando el rumbo a seguir.
- Se plasmó la inquietud de que sector privado y Estado trabajen en conjunto, activamente y con compromiso mutuo.
- Se comentó la posibilidad de que las empresas brinden datos confidenciales a través de las cámaras que las nuclean, a fin de que pueda trabajarse con datos anónimos. En este sentido, el sector privado estaría en principio interesado en saber cuál es su posición en términos de huella de carbono frente a sus competidores, más que el valor específico de su huella como dato interno.
- En relación a los datos recabados del sector privado, el compromiso anteriormente mencionado pasaría, por parte de la autoridades gubernamentales, en tener un feedback entre ambas partes, elaborando incluso indicadores de *benchmarking* como información al sector privado.
- Se puso como ejemplo que, en Uruguay y Costa Rica, el Estado fue quien se hizo cargo de los costos de calcular la huella de carbono de los principales productos exportados por ese país.