

# MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



FUENTES DE ÁREA

## Quema de Combustibles

## **INDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.1 COMBUSTIÓN AGRÍCOLA</b>	<b>4</b>
Información contenida en las hojas de alimentación	4
Factores de emisión	6
Cálculo de emisiones	7
Ejemplo de cálculos Gas LP	8
Ejemplo de cálculos de Queroseno	9
<b>1.2 COMBUSTIÓN COMERCIAL</b>	<b>10</b>
Información contenida en las hojas de alimentación	10
Factores de Emisión	15
Cálculo de emisiones	16
Ejemplos de cálculos para Gas Natural	16
Ejemplo de cálculos para Gas LP	17
<b>1.3 COMBUSTIÓN DOMÉSTICA</b>	<b>19</b>
Información contenida en las hojas de alimentación	19
Factores de emisión	25
Cálculo de emisiones	26

<b>1.4 COMBUSTIÓN INDUSTRIAL</b>	<b>30</b>
Información contenida en las hojas de alimentación	30
Factores de emisión	32
Cálculo de emisiones	33
Ejemplo de cálculo	34
<b>GLOSARIO</b>	<b>35</b>
<b>ACRÓNIMOS</b>	<b>36</b>

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de controlar las emisiones de contaminantes de la atmósfera lo cual se refleja en el impacto a la salud de los seres humanos al incidir en enfermedades crónicas por la mala calidad de aire, es necesario realizar un análisis de las fuentes de emisión para identificar la contribución de contaminantes.

Las fuentes de emisión se dividen en cuatro áreas de estudio que son las siguientes: *Fuentes fijas (industrias)*, *Fuentes móviles (vehículos automotores que circulan por calles y carreteras)*, *Fuentes de área (comercios, servicios, casas habitación y vehículos automotores que no circulan por carreteras)* y *Fuentes naturales (erosión de suelo y emisiones Biogénicas, entre otras)*.

El presente documento se centra en el análisis de las fuentes de área cuyo principal objetivo es el de proporcionar herramientas para calcular las emisiones de este tipo de fuentes. Las fuentes de área están constituidas en 7 categorías y 33 subcategorías, tales como: el consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas LP, principalmente.

En esta primer categoría del manual se agrupan cuatro subcategorías la cuales son: 1.1 Combustión Agrícola, 1.2 Combustión Comercial, 1.3 Combustión Doméstica, 1.4 Combustión Industrial.

El procedimiento descrito en el presente documento está basado en lo que consta el archivo de Excel de cada subcategoría, empezando por el número y nombre de hojas contenidas en cada libro de Excel, datos de actividad y consideraciones realizadas para cada cálculo, por tipo de combustible y contaminante, finalmente un ejemplo del cálculo para ilustrar al lector el procedimiento completo para obtener la emisión total.

La secuencia del cálculo está descrito conforme en la estructura de cada libro de Excel, siendo de manera general la distribución siguiente:

1. *Datos de actividad*: Se muestra toda la información necesaria recopilada junto con sus referencias así como la fecha en que se consultó.
2. *Factores de emisión, criterios y consideraciones*: Contiene los factores de emisión para determinar las emisiones por combustión para cada tipo de combustible y por cada contaminante, así como sus consideraciones, criterios y las referencias de cada uno.
3. *Cálculo de emisiones*: Se encuentran las estimaciones para obtener las emisiones por tipo de combustible y por cada contaminante con una distribución municipal.



## 1.1 COMBUSTIÓN AGRÍCOLA

En el archivo 1.1 Combustión Agrícola INEM 2016. Se encuentran las hojas de cálculo:

1. UPAAF<sup>1</sup>
2. Combustibles
3. FE
4. EMI-GLP
5. EMI-Queroseno
6. Emisiones Totales

### Información contenida en las hojas de alimentación

#### Hoja 1. (UPAAF)

##### Dato de actividad

- a) En las celdas **E8** a la **E2465** se encuentran el número de unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal por entidad y municipio. Información disponible en INEGI de la actualización del marco censal agropecuario 2016. *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”*.

#### Hoja 2. (Combustibles)

##### Datos de actividad

- a) En las celdas **D11** a la **D42** se ubican las ventas de gas L.P. del sector agrícola en Mega gramos por entidad federativa y municipio. Información obtenida del Sistema de Información Energética (SIE) del año 2016. *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”*.
- b) En las celdas **K15** y **K25** se sitúan el consumo de combustible de gas LP y queroseno respectivamente para el sector agropecuario a nivel nacional. Esta información fue obtenida del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar consultado el 8 enero 2018). *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”*.

### Consideraciones y cálculos

- I. Se considera que todas las UPAAF consumen gas LP y queroseno.
- II. Para obtener el consumo por entidad de gas LP se realizó una distribución con base al consumo nacional y a las ventas por cada entidad (Archivo de alimentación).

<sup>1</sup> UPAAF (Unidades de Producción con Actividad Agropecuaria y/o Forestal).

III. A partir del consumo por entidad se calculó el consumo por UPAAF que existen en la entidad.

IV. En el caso del queroseno se toma el valor del consumo nacional y se divide entre el número de UPAAF nacional.

### Consumo de gas LP

Primero se calcula el consumo de combustible de Gas LP por entidad, obteniendo la fracción de consumo a partir de las ventas. La fracción se multiplica por el consumo total nacional reportado del balance nacional de energía.

$$\text{Consumo estatal} = \text{Fracción de ventas}_{\text{estatal}} * \text{Consumo de Gas LP Nacional}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } m^3 = \text{Adimensional} * m^3$$

Donde:

*Consumo estatal* = Consumo estimado de Gas LP por UPAAF para cada estado ( $m^3$ )

*Fracción de ventas*<sub>estatal</sub> = Fracción de ventas de gas L.P. en plantas de distribución al sector agrícola por entidad federativa (Adimensional).

*Consumo de Gas LP Nacional* = Consumo nacional de gas LP ( $m^3$ )

Posteriormente se calcula el consumo de gas LP por UPAAF, aplicando la siguiente operación:

$$\text{Consumo de gas LP por UPAAF en la entidad} = \frac{(\text{Consumo estatal})}{(\text{UPAAF Entidad})}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{\text{UPAAF}} = \frac{m^3}{\text{UPAAF}}$$

Donde:

*Consumo de gas LP por UPAAF en la entidad* = Consumo estimado de Gas LP por UPAAF estatal ( $m^3/\text{UPAAF}$ ).

*Consumo estatal* = Consumo de gas LP en el estado ( $m^3$ ).

*UPAAF*<sub>Entidad</sub> = Numero totales de UPAAF dentro de la entidad

### Consumo de Queroseno

El cálculo del consumo de queroseno por UPAAF, es como se muestra a continuación:

$$\text{Consumo por UPAAF} = \frac{(\text{Consumo de Queroseno Nacional})}{(\text{Numero de UPAAF nacional})}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{\text{UPAAF}} = \frac{m^3}{\text{UPAAF}}$$

Consumo por UPAAF = Consumo de Queroseno por UPAAF (m<sup>3</sup>/UPAAF)  
 Consumo de Queroseno Nacional = Consumo nacional de queroseno (m<sup>3</sup>)  
 UPAAF = Unidades de Producción con Actividad Agropecuaria y/o Forestal total nacional

## Factores de emisión

### Hoja 3. (FE)

- a) En las columnas **D** a la **R** filas **4** a la **5** se ubican los factores de emisión utilizados para combustión agrícola mismos que están presentados en la tabla 3.
- b) En la celda **D36** se encuentra el contenido de azufre, se aplicó de acuerdo a la Norma 016 Comisión Reguladora de Energía para la calidad de combustibles donde se reporta el valor de 0.014%.
- c) Código SCC asignado para gas LP se encuentra en la celda **O** de fila **13** y para queroseno está ubicado en la celda **C51** (Source Classification Code) para esta subcategoría con base en la información del FIRE 6.23 (EPA, 2000), como se muestra en la tabla 4.

TABLA 3. FACTORES DE EMISIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE						
Combustible	Unidades	<sup>b</sup> PM <sub>10</sub>	<sup>b</sup> PM <sub>2.5</sub>	<sup>a</sup> SO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CO	<sup>a</sup> NO <sub>x</sub>
Gas LP	kg/m³	0.1152	0.1152	4.61E-07	0.9432	1.6560
		<sup>a</sup> COV	<sup>a</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CH <sub>4</sub>	<sup>a</sup> N <sub>2</sub> O	*BC
		0.0578	1,586.40	0.02	0.11	0.007
Queroseno	kg/m³	<sup>a</sup> PM <sub>10</sub>	<sup>a</sup> PM <sub>2.5</sub>	<sup>a</sup> SO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CO	<sup>a</sup> NO <sub>x</sub>
		0.00264	0.002016	7.98E-06	0.6	2.16
		<sup>b</sup> COV	<sup>b</sup> NH <sub>3</sub>	<sup>a</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>b</sup> CH <sub>4</sub>	<sup>c</sup> BC
		0.09	0.07	1,586.40	0.06	0.0003
<sup>a</sup> Valores tomados de la tabla 1.5-1 de AP42 y de la de la tabla 1.3-1 de AP42						
<sup>b</sup> Valores obtenidos de Factor Information Retrieval (FIRE ) Data System. Versión 6.23. US EPA, 2000.						
<sup>c</sup> Para la obtencion de BC se utilizó el porcentaje proporcionado por CARB, n. d. PM Profile Name. Que es 15% de las emisiones de PM <sub>2.5</sub>						
<sup>*</sup> Para la obtencion de BC se utiliza la relación 6.7% CN/PM <sub>2.5</sub> de Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación.						

TABLA 4. CÓDIGOS SCC	
SCC Gas LP	SCC Queroseno
10301001-10301002	A2104011000

## Cálculo de emisiones

Para obtener las emisiones que se generan en los municipios, primero se deben determinar los consumos de combustibles con la siguiente ecuación:

### Hoja 4. (EMI-GLP) y Hoja 5. (EMI-Queroseno)

$$\text{Consumo municipal}_i = \text{Total de UPAAF} * \text{CC}_i \text{ por UPAAF}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{(\text{municipio } i)} = \left( \frac{m^3}{\text{UPAAF}} \right)_{\text{estatal}} * \text{UPAAF}$$

Donde:

$\text{Consumo municipal}_i$  = Consumo municipal del combustible  $i$  ( $m^3/\text{municipio año}$ )

$\text{Total de UPAAF}$  = Número total de UPAAF dentro del municipio

$\text{CC}_i \text{ por UPAAF}$  = Consumo del combustible  $i$  por UPAAF ( $m^3/\text{UPAAF}$ )

Una vez obtenido el consumo por municipio para obtener la emisión, se multiplica el consumo por municipio por el factor de emisión de cada contaminante para gas LP y queroseno considerando la conversión de unidades a Mg/año como se muestra a continuación:

$$\text{Emisiones}_j = \text{Consumo Municipal}_i * \text{FE}_{j,i} * \text{FC}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{municipio Año}} = \frac{m^3}{\text{municipio Año}} * \frac{\text{Kg}}{m^3} * \frac{1 \text{ Mg}}{1000 \text{ Kg}}$$

Donde:

$\text{Emisiones}_j$  = Emisiones anuales para el contaminante  $j$  (Mg/municipio)

$\text{Consumo Municipal}_{j,k}$  = Consumo del municipio para el combustible  $i$  ( $m^3/\text{municipio}$ )

$\text{FE}_{j,i}$  = Factor de emisión del combustible  $i$  para el contaminante  $j$

$\text{FC}$  = Factor de Conversión

Por último para obtener las emisiones totales dentro del municipio se suman las emisiones de ambos combustibles como se muestra a continuación:

### Hoja 6. (Emisiones Totales)

$$\text{Emisión Municipal}_j = \text{Emisiones de Queroseno}_j + \text{Emisiones de gas LP}_j$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{año}} = \frac{\text{Mg}}{\text{año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{año}}$$

Donde:

$Emisión\ Municipal_j$	= Emisión municipal del contaminante $j$ (Mg/año)
$Emisiones\ de\ Queroseno_j$	= Emisión de queroseno del contaminante $j$ (Mg/año)
$Emisiones\ de\ gas\ LP_j$	= Emisión de gas LP del contaminante $j$ (Mg/año)

El cálculo de emisiones por municipio de los dos combustibles es el mismo y se realiza mediante la siguiente ecuación:

## Ejemplo de cálculos Gas LP

1. Cálculo de consumo de combustible para la entidad de Aguascalientes.

$$Consumo\ estatal = 0.0476 * 197,384.81 m^3 = 9,400.15 m^3$$

2. Consumo de combustible por UPAAF para la entidad de Aguascalientes.

$$Consumo\ de\ gas\ LP\ por\ UPAAF\ en\ el\ estado = \frac{9,400.15 m^3}{36,751 UPAAF} * 0.2558 \frac{m^3}{UPAAF}$$

3. Consumo municipal de combustible.

$$Consumo\ municipal_i = 0.2558 \frac{m^3}{UPAAF\ Año} * 5,064 UPAAF = 1,295.2677 \frac{m^3}{año}$$

4. Para la obtención de la emisión se aplica la siguiente ecuación

$$Emisiones_j = Consumo\ Municipal_i * FE_{ji} * FC$$

Dónde  $j$  puede ser el contaminante:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $COV$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xileno.

Ejemplo 1.

Cálculo de emisiones de  $PM_{2.5}$  para el primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{PM_{2.5}} = 1,295.2677 \frac{m^3}{año} * 0.1152 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1Mg}{1000Kg} = 0.1492 \frac{Mg}{Año} de PM_{10}$$

Ejemplo 2.

Cálculo de emisiones de BC para el primer municipio de Aguascalientes. Se hace a partir del cálculo de  $PM_{2.5}$  por el factor de ajuste (0.067).

$$Emisiones_{BC} = 0.1492 \frac{Mg}{año} * (0.067) = 0.0209 \frac{Mg}{Año} de BC$$

## Ejemplo de cálculos de Queroseno

1. Consumo de queroseno por UPAAF.

$$\text{Consumo por UPAAF} = \frac{540.68 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{6,418,652 \text{ UPAAF}} = 8.4236 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{UPAAF Año}}$$

2. Consumo de combustible por municipio.

$$\text{Consumo municipal}_{\text{Ags}} = 8.4236 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{UPAAF Año}} * 5,064 \text{ UPAAF}_{\text{Ags}} = 0.4266 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

3. Para los cálculos de emisiones se aplica la siguiente formula:

$$\text{Emisiones}_j = \text{Consumo Municipal}_i * FE_{j,i} * FC$$

Dónde j puede ser: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, COV, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, BC, Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xileno.

Ejemplo 1.

Cálculo de emisión de PM<sub>2.5</sub> para el municipio de Aguascalientes.

$$\text{Emisiones}_{\text{PM}_{2.5}} = 0.4266 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 0.0020 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}} = 8.58 \times 10^{-7} \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de PM}_{2.5}$$

Ejemplo 2.

Cálculo de emisión de BC para el municipio de Aguascalientes.

$$\text{Emisiones}_{\text{BC}} = 8.58 \times 10^{-7} \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de PM}_{2.5} * 14\% = 1.2 \times 10^{-7} \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de BC}$$

Por último se suman las emisiones obtenidas de cada combustible para obtener las emisiones totales del contaminante PM<sub>2.5</sub> para el municipio de Aguascalientes.

$$\text{Emisión Municipal}_{\text{PM}_{2.5}} = 0.1492 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + 8.5 \times 10^{-7} \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} = 0.1492 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

## 1.2 COMBUSTIÓN COMERCIAL

En el archivo 1.2 Combustión Comercial INEM 2016.xls. Se encuentran las hojas de cálculo:

1. INEGI-#Est
2. GN
3. BNE-GLP
4. Factor de Emisión
5. EMI-GN
6. EMI-GLP
7. EMI-Totales

### Información contenida en las hojas de alimentación

#### Hoja 1. (INEGI-#Est)

##### Dato de actividad

- a) De las celdas **E4** a la **E2461** y **F4** a **F2461** se sitúa el número de establecimientos con distribución de empleados de 0-5 y 6-10 personas respectivamente. La información se obtuvo de la base de datos del Directorio Estadístico de Unidades Económicas (DENU) de INEGI. *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”*. Considerando los sectores clasificados de acuerdo al SCIAN:

TABLA 5. CÓDIGOS SCIAN UTILIZADOS EN COMBUSTIÓN COMERCIAL	
Código SCIAN	Sector
72111	Hoteles y moteles, excepto hoteles con casino
721111	Hoteles con otros servicios integrados
721112	Hoteles sin otros servicios integrados)
721113	Motel
721190	Cabañas, villas y similares
721210	Campamentos y albergues recreativos
721311	Pensiones y casas de huéspedes
721312	Departamentos de casas amueblados con servicio de hotelería
722310	Servicios de comedor para empresas e instituciones
722320	Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales
722330	Servicios de preparación de alimentos en unidades móviles
722411	Centros nocturnos, discotecas y similares
722412	Bares, cantinas y similares



72251	Servicio de preparación de alimentos y bebidas alcohólicas y no alcohólicas
722511	Restaurantes con servicio de preparación de alimento a la carta o comida corrida
722512	Restaurantes con servicio de preparación de pescados y mariscos
722513	Restaurantes con servicio de preparación de antojitos
722514	Restaurantes con servicio de preparación de tocos y tortas
722515	Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares
722516	Restaurantes de autoservicio
722517	Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas, hot dog, y pollos rostizados para llevar
722518	Restaurantes que preparan otro tipo de comida para llevar
722519	Servicios de preparación de otros tipos de comida para llevar
812110	Salones y clínicas de belleza y peluquerías
812120	Baños Públicos
812210	Lavanderías y tintorerías

## Hoja 2. (GN)

### Datos de actividad

- a) En la celda **U16** se sitúa el consumo nacional de Gas natural para el sector comercial en metros cúbicos. Esta información se obtuvo a partir del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar consultado el 26 de marzo de 2018). *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”*.
- b) De las celdas **K14** a **K45** está localizado Fracción de Demanda Nacional de Gas Natural (2016) por Estado, Sectores Residencial, Servicios y Autotransporte. Información disponible en el Sistema de Información Energética de la prospectiva de gas natural (SIE). *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”*.

### Consideraciones y cálculos

- I. Debido a que se están considerando los rangos propuestos por INEGI de 0-5 y 6-10 personas, es necesario obtener un consumo de combustible diferenciado por el rango de los establecimientos, por lo tanto se calculó un consumo de 6-10 personas y otro 0-5 personas pero sin sobre pasar el consumo para el estado, por esta razón se debe obtener una fracción de consumo, la cual es proporcional a la cantidad y tamaño de establecimientos, como se muestra a continuación:

$$\text{Fracción de consumo 0-5p} = \frac{\text{Total de est de 0-5}}{\text{Total de est de 0-5} + (2 * \text{est de 6-10})}$$

$$\text{Fracción de consumo 6-10p} = 1 - \text{fracción de consumo de 0-5p}$$

$$\text{Análisis sin unidades: Fracción} = \frac{\text{Establecimiento}}{\text{Establecimiento} + \text{Establecimiento}}$$

Donde:

*Fracción de consumo 0-5p* = Fracción de consumo de 0-5 personas (Adimensional)  
*Total de est de 0-5p* = Total de establecimientos de 0-5p (est)  
*2 \* est de 6-10* = Doble de establecimientos totales de 6-10 p (est)

II. Para llevar a cabo la distribución de gas natural se hace considerando la demanda por entidad, en el cual la fracción de demanda se calculó en un archivo anexo en la carpeta de alimentación. El cálculo se lleva a cabo de la siguiente forma:

$$\text{Consumo}_{GN} = \text{Fracción de demanda por entidad} * \text{Consumo de gas natural}$$

Donde:

*Consumo<sub>GN</sub>* = Consumo de combustible por entidad (m<sup>3</sup>).  
*Fracción de demanda por entidad* = Fracción de demanda de combustible por entidad (adimensional)  
*Consumo de gas natural* = Consumo nacional de gas natural (m<sup>3</sup>)

$$\text{Análisis Dimensional : } m^3 = \text{Fracción} * m^3$$

La estimación de consumo por establecimiento para el combustible gas natural se calcula con la siguiente ecuación:

$$CCE_{GN} = \frac{\text{Consumo}_{GN}}{\text{Número de establecimientos-año}}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{\text{establecimiento Año}}$$

Donde:

*CCE<sub>GN</sub>* = Consumo de combustible por establecimiento para cada entidad (m<sup>3</sup>/ establecimiento-año).  
*Consumo<sub>GN</sub>* = Consumo de combustible por entidad (m<sup>3</sup>).  
*Número de establecimientos* = Número de establecimientos totales para el sector comercial por entidad

Posteriormente se obtiene una distribución de consumo de combustible por municipio haciendo el siguiente cálculo:

$$\text{Consumo municipal} = \text{Número municipal de establecimientos} * CCE_{GN}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{\text{municipio Año}} = \frac{\text{establecimientos}}{\text{municipio}} * \frac{m^3}{\text{establecimiento Año}}$$

Donde:

<i>Consumo municipal</i>	= municipal de gas natural (m <sup>3</sup> /municipio).
<i>Número municipal de establecimientos</i>	= Número de establecimientos que consumen gas natural dentro del municipio.
$CCE_{GN}$	= Consumo de combustible por establecimiento de la entidad (m <sup>3</sup> ).

### Hoja 3. (BNE-GLP)

#### Datos de actividad

- De las celdas **L7** a la **L38** se encuentra la fracción de ventas de gas L.P. al sector comercial y servicios por entidad federativa del año 2016. Información disponible en el Sistema de Información Energética. "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja".
- En la celda **Y9** se sitúa el Consumo nacional de Gas LP para el sector comercial en peta Joules. Esta información se puede obtener del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar del 26 de marzo de 2018). "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja".

#### Consideraciones y cálculos

- Debido a que se están considerando los rangos propuestos por INEGI de 0-5 y 6-10 personas, es necesario obtener un consumo de combustible diferenciado por el rango de los establecimientos, por lo tanto se calculó un consumo de 6-10 personas y otro 0-5 personas pero sin sobre pasar el consumo para el estado, por esta razón se debe obtener una fracción de consumo, la cual es proporcional a la cantidad y tamaño de establecimientos, como se muestra a continuación:

$$\text{Fracción de consumo 0-5p} = \frac{\text{Total de est de 0-5}}{\text{Total de est de 0-5} + (2 * \text{est de 6-10})}$$

$$\text{Fracción de consumo 6-10p} = 1 - \text{fracción de consumo de 0-5p}$$

$$\text{Análisis sin unidades: Fracción} = \frac{\text{Establecimiento}}{\text{Establecimiento} + \text{Establecimiento}}$$

Donde:

<i>Fracción de consumo 0-5p</i>	= Fracción de consumo de 0-5 personas (Adimensional)
<i>Total de est de 0-5p</i>	= Total de establecimientos de 0-5p (est)
<i>2*est de 6-10</i>	= Doble de establecimientos totales de 6-10 p (est)

- Para obtener el consumo de gas LP por estado se calcula a partir del Balance Nacional de Energía (Sistema de Información Energética) considerando fracción de acuerdo la proporción de ventas por entidad para el sector comercios y servicios (m<sup>3</sup>). El cálculo se muestra a continuación:

$$\text{Consumo de Gas LP}_n = \text{Fracción de consumo}_n * \text{Consumo Nacional}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{\text{Año}} = (\text{Adimensional}) * \frac{m^3}{\text{Año}}$$

Donde:

- Consumo de Gas LP<sub>n</sub>* = Consumo de Gas LP a 2016 en el sector servicios para el estado *n* (m<sup>3</sup>/Año).
- Fracción de consumo<sub>n</sub>* = Fracción de Consumo de gas LP para el estado *n* (Adimensional)
- Consumo Nacional Comercial* = Consumo Nacional Comercial 2016 (m<sup>3</sup>/Año). Balance nacional de energía (SENER).

Para obtener el consumo de combustible por establecimiento de cada estado:

$$CCE_n = \frac{\text{Consumo de Gas LP}_n}{\text{Número de establecimientos}_n}$$

Analisis Dimensional:  $\frac{m^3}{\text{Establecimiento Año}} = \frac{\frac{m^3}{\text{Año}}}{\text{Establecimientos}}$

Donde:

- CCE<sub>n</sub>* = Consumo de combustible por establecimiento para el estado *n* (m<sup>3</sup>/establecimiento Año).
- Consumo de Gas LP<sub>n</sub>* = Consumo de Gas LP a 2016 en el sector servicios para el estado *n* (m<sup>3</sup>/Año).
- Número de establecimientos n* = Establecimientos totales del estado *n*.

Posteriormente se obtiene una distribución de consumo de combustible por municipio haciendo el siguiente cálculo:

$$\text{Consumo municipal} = \text{Número de establecimientos} * CCE_n$$

Analisis Dimensional:  $\frac{m^3}{\text{Año}} = \text{establecimientos} * \frac{m^3}{\text{establecimiento Año}}$

Donde:

- Consumo municipal* = Consumo municipal de gas LP (m<sup>3</sup>/año).
- Número de establecimientos* = Número de establecimientos que consumen gas LP dentro del municipio.
- CCE<sub>n</sub>* = Consumo de combustible por establecimiento de la entidad *n* (m<sup>3</sup>/Establecimiento).

## Factores de Emisión

### Hoja 4. (Factores de emisión)

- a) En las columnas de **D** a la **R** fila **3** a la **4** se ubican los factores de emisión, para el caso de Gas LP fueron adecuados para el tipo de combustible en México a partir de las proporciones<sup>2</sup> de propano (60%) y butano (40%) se pueden observar en la Tabla 1.
- b) Para obtener el valor de carbono negro (BC) de Gas Natural, se tomó en cuenta la relación de generación de Carbón Negro que es del 6.7% para combustión comercial con respecto a las emisiones de PM<sub>2.5</sub>, por lo tanto el valor se obtuvo multiplicando 0.067 por el valor estimado de PM<sub>2.5</sub>. Debido a que no hay valor específico para Gas Licuado de Petróleo se asume que es el mismo valor para Gas Natural, el dato del porcentaje se obtuvo de “Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación”, INE, 2010.
- c) Los código SCC (Source Classification Code) se encuentran en las celdas: **C13** para gas natural y **H47** para gas LP con base en la información del FIRE 6.23 (EPA, 2000), como se muestra en la tabla 2.

**TABLA 6. FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS PARA COMBUSTIÓN COMERCIAL POR TIPO DE COMBUSTIBLE**

Combustible	<sup>a</sup> PM <sub>10</sub>	<sup>a</sup> PM <sub>2.5</sub>	<sup>a</sup> SO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CO	<sup>a</sup> NO <sub>x</sub>	<sup>a</sup> COV
Gas Natural (kg/106 m <sup>3</sup> )	121.6	121.6	9.6	1,344	1,600	88
	<sup>b</sup> NH <sub>3</sub>	<sup>a</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CH <sub>4</sub>	<sup>a</sup> N <sub>2</sub> O	<sup>b</sup> BENCENO	<sup>b</sup> TOLUENO
	7.84	1920000	36.8	35	0	0.0544
Combustible	<sup>b</sup> PM <sub>10</sub>	<sup>b</sup> PM <sub>2.5</sub>	<sup>a</sup> SO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CO	<sup>a</sup> NO <sub>x</sub>	<sup>a</sup> COV
Gas LP (kg/m <sup>3</sup> )	0.115152	0.115152	0.004	0.9432	1.656	0.05784
	<sup>a</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CH <sub>4</sub>	<sup>a</sup> N <sub>2</sub> O	*BC	BENCENO	TOLUENO
	1,586	0.024	0.108	0.0077	0	0
<sup>a</sup> Valores tomados de la tabla 1.4-2 de AP42						
<sup>b</sup> Valores obtenidos de Factor Information Retrieval (FIRE ) Data System. Versión 6.23. US EPA, 2000.						
* INE. “Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación”.						

**TABLA 7. CÓDIGO SCC POR TIPO DE COMBUSTIBLE**

SCC Gas LP	SCC Gas Natural
10301002	10300602

<sup>2</sup> Hoja de datos de seguridad del gas licuado del petróleo (Proporcionada por PEMEX).

## Cálculo de emisiones

El procedimiento se lleva a cabo para cada tipo de combustible y por cada contaminante el cual es la multiplicación el consumo por municipio por el factor de emisión correspondiente al combustible como se muestra a continuación:

### Hoja 5. (EMI-GN) y Hoja 6. (EMI-GLP)

$$Emisiones_j = Consumo Municipal_i * FE_{j,i} * FC$$

$$Análisis Dimensional: \frac{Mg}{municipio\ Año} = \frac{m^3}{municipio\ Año} * \frac{kg}{m^3} * \frac{1Mg}{1000Kg}$$

Donde:

$Emisiones_j$	= Emisiones anuales para el contaminante $j$ (Mg/municipio)
$Consumo Municipal_{ik}$	= Consumo del municipio para el combustible $i$ ( $m^3$ /municipio)
$FE_{j,i}$	= Factor de emisión del combustible $i$ para el contaminante $j$ ( $kg/m^3$ )
$FC$	= Factor de Conversión

Esta fórmula aplica para todos los contaminantes excepto carbono negro (BC), ya que se tiene que determinar a partir de las emisiones de  $PM_{2.5}$  multiplicando por el valor 0.067.

Por último para obtener las emisiones totales dentro del municipio se suman las emisiones de ambos combustibles como se muestra a continuación:

### Hoja 6. (Emisiones Totales)

$$Emisión Municipal_j = Emisiones de Gas Natural_j + Emisiones de gas LP_j$$

$$Análisis Dimensional: \frac{Mg}{Año} = \frac{Mg}{Año} + \frac{Mg}{Año}$$

Donde:

$Emisión Municipal_j$	= Emisión municipal del contaminante $j$ (Mg/año)
$Emisiones de Gas Natural_j$	= Emisión de gas natural del contaminante $j$ (Mg/año)
$Emisiones de gas LP_j$	= Emisión de gas LP del contaminante $j$ (Mg/año).

## Ejemplos de cálculos para Gas Natural

- Consumo de gas natural para el estado de Aguascalientes

$$Consumo_{GN} = 0.0024 * 337,404,253 m^3 = 825,923.04 m^3$$

2. Cálculo de la fracción de consumo de acuerdo con el tamaño del establecimiento.

$$\text{Fracción de consumo } 0 - 5p = \frac{6,944}{6,944 + (2 \times 387)} = 0.8996$$

$$\text{Fracción de consumo } 6 - 10p = 1 - 0.8996 = 0.1004$$

3. Cálculo del consumo de combustible por tamaño de establecimiento.

$$\text{Consumo } 0 - 5p = 0.8996 * 825,923.04 \text{ m}^3 = 742,996.19 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo } 6 - 10p = 0.1004 * 825,923.04 \text{ m}^3 = 82,926.85$$

4. Cálculo para determinar el consumo de gas natural por establecimiento de 0-5p

$$\text{Consumo de combustible por establecimiento}_{0-5p} = \frac{742,996.19 \text{ m}^3}{6,944 \text{ Est}} = 107 \frac{\text{m}^3}{\text{Est}}$$

5. Cálculo para determinar el consumo de gas natural del municipio de Aguascalientes para establecimientos con tamaño de 0-5 p.

$$\text{CCE}_{\text{GN}} = 6,944 * \frac{107 \text{ m}^3}{\text{Est}} = 0.742996 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{Año}}$$

6. Para los cálculos de emisiones de aplica la siguiente formula:

$$\text{Emisiones}_j = \text{Consumo Municipal}_i * FE_{ji} * FC$$

Dónde  $j$  puede ser el contaminante:  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{COV}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xileno.

Ejemplo 1.

Este cálculo se realizó para el contaminante  $\text{PM}_{2.5}$  para el municipio de Aguascalientes.

$$\text{Emisiones}_{\text{PM}_{2.5}} = 0.742996 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{Año}} * 121.6 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ Mg}}{1000 \text{ Kg}} = 0.0903 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

Ejemplo 2.

Cálculo de emisión de BC (Black Carbon) para el municipio Aguascalientes. Se lleva a cabo a partir del cálculo de  $\text{PM}_{2.5}$  multiplicando por el porcentaje 6.7%.

$$\text{Emisiones}_{\text{BC}} = 0.0903 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} * (0.067) = 0.0061 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

## Ejemplo de cálculos para Gas LP

1. Cálculo para obtener el consumo en la entidad de Aguascalientes.

$$\text{Consumo de Gas LP } 2016_{\text{AGS}} = 0.016 * 2,498,208 \frac{\text{m}^3}{\text{Año}} = 45,853 \frac{\text{m}^3}{\text{Año}}$$



2. Cálculo de la fracción de consumo de acuerdo con el tamaño del establecimiento.

$$\text{Fracción de consumo } 0 - 5p = \frac{2,521}{2,521 + (2 * 106)} = 0.92277$$

$$\text{Fracción de consumo } 6 - 10p = 1 - 0.92277 = 0.0772$$

3. Cálculo del consumo de combustible por tamaño de establecimiento.

$$\text{Consumo } 0 - 5p = 0.92277 * 45,853 \text{ m}^3 = 42,311.77 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo } 6 - 10p = 0.0772 * 45,853 \text{ m}^3 = 3,539.85 \text{ m}^3$$

4. Cálculo para determinar el consumo de gas natural por establecimiento de 0-5p.

$$CCE_{\text{Aguas}} = \frac{42,311.47 \text{ m}^3}{2,521} = 16.48 \frac{\text{m}^3}{\text{Establecimiento}}$$

5. Cálculo para determinar el consumo de gas natural de municipio de Aguascalientes para establecimientos con tamaño de 0-5 p.

$$\text{Consumo municipal} = 385 \text{ Est} * 16.48 \frac{\text{m}^3}{\text{Est}} = 6,468.53 \text{ m}^3$$

6. Para los cálculos de emisiones de aplica la siguiente formula:

$$\text{Emisiones}_j = \text{Consumo Municipal}_i * FE_{j,i} * FC$$

Dónde  $j$  puede ser el contaminante:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $COV$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xileno.

Ejemplo 1.

Cálculo para el contaminante  $PM_{2.5}$  al estado de Aguascalientes en su primer municipio.

$$\text{Emisiones}_{PM_{2.5}} = 6,468.53 \frac{\text{m}^3}{\text{Año}} * 0.089 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ Mg}}{1000 \text{ kg}} = 0.57 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

Ejemplo 2.

Cálculo de emisión de BC (Black Carbon) al estado de Aguascalientes en su primer municipio con distribución de 0-5p. Se lleva a cabo a partir del cálculo de  $PM_{2.5}$  multiplicando por el ajuste 0.067.

$$\text{Emisiones}_{BC} = 0.57 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} * (* 0.067) = 0.04 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

### 1.3 COMBUSTIÓN DOMÉSTICA

En el archivo 1.3 Combustión Domestica INEM 2016.xls. Se encuentran las hojas de cálculo:

1. INEGI-#Viv
2. Viv-Combus
3. Viv-GN
4. Viv-GLP
5. Viv-Leña
6. Viv-Quero
7. FE (Factores de emisión)
8. EMI-GN
9. EMI-GLP
10. EMI-Leña
11. EMI-Quero
12. EMI-Totales

#### Información contenida en las hojas de alimentación

##### **Hoja 1. (INEGI-#Viv)**

##### **Datos de actividad**

- a) En las celdas **E4** a la **E2461** se encuentran el número de viviendas por municipio. Información obtenida de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENH) año 2015 de INEGI. *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo”.*
- b) En las celdas **K9** a la **K40** se localizan el número total de viviendas por entidad. Información obtenida de la Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) año 2016 de INEGI. *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo”.*
- c) Se determinó el incremento de viviendas a 2016 utilizando la distribución del número de viviendas de los municipios de 2015.

## Hoja 2. (Viv-Combust)

### Dato de actividad

- a) De las columnas de **D, E, F, G** filas **8** a la **39** se localiza el número de viviendas por tipo de combustible por entidad. Dato obtenido de la Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) año 2016. "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo".

## Hoja 3. (Viv-GN)

### Dato de actividad

- a) En la celda **J11** se sitúa el consumo nacional de gas natural para el sector residencial en peta Joules. Esta información fue obtenida del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar consultada en febrero de 2018). "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo".

### Consideraciones y cálculos

- I. Cálculo del ajuste para obtener el número de viviendas que consumen gas natural por municipio.
- II. Cálculo del consumo de gas natural (m<sup>3</sup>) por municipio mediante los siguientes cálculos:

$$CCV = \frac{\text{Consumo de gas Natural}}{\text{Número de viviendas}}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{10^6 \text{m}^3}{\text{vivienda Año}} = \frac{\text{m}^3}{\# \text{ de viviendas}}$$

Donde:

CCV	= Consumo de gas natural por vivienda (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /vivienda Año).
Consumo de gas Natural	= Consumo del Combustible Nacional para el sector residencial (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /Año).
Número de viviendas	= Número de viviendas totales con consumo de Gas Natural.

Para obtener el consumo por municipio se calculan con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo por Municipio} = \text{Número de viviendas} * CCV$$

$$\text{Análisis Dimensional: } 10^6 \text{m}^3 = \cancel{\# \text{ de viviendas}} * \frac{10^6 \text{m}^3}{\cancel{\text{vivienda}}}$$

Donde:

Consumo por Municipio	= Consumo de Combustible por Municipio 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .
Número de Viviendas	= Número de viviendas con suministro de gas natural
CCV	= Consumo por vivienda para el tipo de combustible Gas Natural (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /vivienda)

**Hoja 4. (Viv-GLP)****Datos de actividad**

- a) En la celda **Z10** se ubica el consumo nacional de gas LP para el sector residencial en petajoules. Esta información fue obtenida del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar consultado en febrero de 2018) “Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”.
- b) De las celdas **R10** a **R14** se encuentran las ventas por región de gas LP. en millones de barriles diarios. Valores obtenidos del Sistema de Información Energética (SIE) año 2016. “Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja”.

**Consideraciones y cálculos**

- I. En el consumo de gas LP se calculó por región a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo gas LP} = \% \text{ de consumo de cada región} * \text{consumo nacional de Gas LP}$$

Análisis Dimensional:  $m^3 = (\text{adimensional}) * m^3$

Donde:

Consumo de gas LP	= Consumo de combustible por región ( $m^3$ ).
Consumo nacional de Gas LP	= Consumo nacional de gas LP para el sector residencial ( $m^3$ ).
Porcentaje de consumo de combustible por región	= Porcentaje de consumo por región. (Se calculó utilizando los balances de Gas LP por región en Miles de barriles Diarios, dividiendo entre la suma total de las cinco regiones (Centro, Centro-Occidente, Sur-Sureste, Noreste y Noroeste) con la información de SIE.

Posteriormente se calculó el consumo de combustible por vivienda para cada región usando la siguiente ecuación:

$$CCV_m = \frac{\text{Consumo gas LP}_m}{\text{Viviendas por región}_m}$$

Análisis Dimensional:  $\frac{m^3}{\text{viviendas}} = \frac{m^3}{\# \text{ Viviendas}}$

Donde:

$CCV_m$	= Consumo de combustible por vivienda para la región $m$ ( $m^3$ /vivienda).
Consumo gas LP <sub>m</sub>	= Consumo de gas LP para el sector residencial para la región $m$ ( $m^3$ ).
Viviendas por región <sub>m</sub>	= Número total de viviendas que utilizan gas LP para la región $m$ .

El consumo de combustible municipal se obtiene con la siguiente ecuación:

$$CCM_i = \text{Número de viviendas}_i * CCV_m$$

$$\text{Análisis Dimensional: } m^3 = \# \text{ Viviendas} * \frac{m^3}{\text{vivienda}}$$

Donde:

$CCM_i$	= Consumo de combustible para el municipio $i$ ( $m^3$ ).
$\text{Número de viviendas}_i$	= Número de viviendas que consumen Gas LP para el municipio $i$ .
$CCV_m$	= Consumo de combustible por vivienda del municipio $i$ perteneciente a la región $m$ ( $m^3/\text{vivienda}$ )

### Hoja 5. (Viv-Leña)

#### Datos de actividad

- En las celdas **F7** a la **F2464** se localizan el número de viviendas por municipio que consumen leña. Datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2010. "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo".
- En la celda **M10** se sitúa el consumo nacional de leña para sector residencial en peta Joules. Dato obtenido del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar consultado el febrero de 2018). "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo".

### Consideraciones y cálculos

- Se utilizó el porcentaje de viviendas de INEGI 2010 que consumen leña y se determinó el incremento al año 2016 de acuerdo con información de la Encuesta Nacional de Hogares (ENH).
- Para determinar las viviendas que utilizan leña de cada municipio se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Viviendas que consumen leña}_i = \text{Fracción de consumo}_i * \text{Total de viviendas por estado que usan leña}_i$$

Donde:

$\text{Viviendas que consumen leña}_i$	= Cantidad de viviendas que utilizan leña para el municipio $i$ (Mg/vivienda)
$\text{Fracción de consumo}_i$	= Fracción de viviendas que consumen leña por municipio $i$ (Adimensional)
$\text{Total de viviendas por estado que usan leña}_i$	= Total de viviendas que consumen leña para el estado $i$ .

Ejemplo: Para el Estado de Aguascalientes para el municipio de Aguascalientes:

$$\text{Viviendas que consumen leña}_{\text{Aguascalientes}} = 0.01 * (4,219) = 38$$

**Nota:** Esta fracción se obtiene considerando cada municipio entre el total del estado.

Después se debe de obtener consumo de leña por vivienda con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo por vivienda} = \frac{\text{Consumo nacional de leña}}{\text{Total de viviendas que utilizan leña}}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{vivienda}} = \frac{\text{Mg}}{\text{vivienda}}$$

Donde:

*Consumo por vivienda* = Consumo de leña por vivienda (Mg/Vivienda).

*Consumo nacional de leña* = Consumo de leña a nivel nacional (Mg). Balance Nacional de Energía 2016 (SENER).

*Total de viviendas que utilizan leña* = Cantidad de viviendas que utilizan leña a nivel nacional

Ejemplo: Consumo de leña

$$\text{Consumo de leña por vivienda} = \frac{17,365,732 \text{ Mg}}{4,847,337 \text{ viviendas}}$$

$$\text{Consumo de leña por vivienda} = 3.58 \frac{\text{Mg}}{\text{vivienda}}$$

Por último se calcula el consumo de leña por municipio con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo de Municipal} = \text{Número de vivienda} * \text{Consumo de leña por vivienda}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \text{Mg} = (\text{Vivienda}) * \frac{\text{Mg}}{\text{vivienda}}$$

Donde:

*Consumo de Municipal* = Consumo municipal de leña (Mg).

*Número de viviendas* = Número de viviendas en el municipio con consumo de leña

*Consumo de leña por vivienda* = Consumo de leña por vivienda (Mg/ Vivienda).

Ejemplo: Municipio de Aguascalientes

$$\text{Consumo de Leña} = 38 \text{ Viviendas} * 3.54 \text{ Mg/Vivienda}$$

$$\text{Consumo de Leña} = 136 \text{ Mg}$$

## Hoja 6. (Viv-Quero)

### Dato de actividad

- a) En la celda **L6** se sitúa el consumo nacional de queroseno para sector residencial. Dato obtenido del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar consulta en febrero de 2018). "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo".

### Consideraciones y cálculos

- I. Debido a que no se obtiene el dato específico de viviendas que consumen queroseno se asume que las viviendas que usan otros tipos de combustibles usan este.
- II. Se calculó incremento del número de viviendas que consumen queroseno con datos de la Encuesta Nacional de los Hogares (ENH).
- III. Cálculo del consumo de combustible se lleva a cabo de la siguiente manera:

$$\text{Consumo de queroseno por vivienda} = \frac{\text{Consumo Nacional de queroseno}}{\text{Total de viviendas que usan queroseno}}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{\text{Vivienda Año}} = \frac{\frac{m^3}{\text{Año}}}{\text{Vivienda}}$$

Donde:

*Consumo de queroseno por vivienda* = Consumo de queroseno por vivienda ( $m^3/\text{Vivienda Año}$ ).

*Consumo Nacional de queroseno* = Consumo Nacional de Queroseno para el sector residencial ( $m^3/\text{Año}$ ).

*Total de viviendas que usan queroseno* = Viviendas que usan queroseno.

Posteriormente se obtiene el consumo de queroseno por municipio con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo de queroseno por municipio} = \text{Consumo de queroseno por vivienda} * \text{Número de viviendas municipal}$$

$$\text{Análisis Dimensional} = \frac{m^3}{\text{Año}} = \frac{\frac{m^3}{\text{Año}}}{\text{Vivienda}} * \text{Vivienda}$$



Donde:

*Consumo Municipal de Queroseno* = Consumo municipal de Queroseno ( $\text{m}^3/\text{Año}$ ).

*Consumo de Queroseno por vivienda* = Consumo de queroseno por vivienda ( $\text{m}^3/\text{Vivienda-año}$ ).

*Número de viviendas municipal* = Viviendas que utilizan queroseno para cocinar.

## Factores de emisión

### Hoja 7. (FE)

- En las columnas **D** a la **R** filas de la **4** a la **7** se encuentran los factores de emisión utilizados para esta subcategoría por tipo de combustible, mismos que se pueden observar en la tabla 6.
- En el combustible de leña en la obtención de las  $\text{PM}_{2.5}$  se multiplica por el valor 0.9627 de las emisiones de  $\text{PM}_{10}$ .
- Para el gas natural la proporción de carbono negro (BC) es de 6.7% respecto a las  $\text{PM}_{2.5}$ .
- Para queroseno la proporción de carbono negro (BC) es de 15% respecto a las  $\text{PM}_{2.5}$ .
- Para el gas LP la proporción de carbono negro (BC) es de 6.7% respecto a las  $\text{PM}_{2.5}$ .
- Los factores de emisión para el caso de Gas LP fueron adecuados para el tipo de combustible en México a partir de las proporciones<sup>3</sup> de propano (60%) y butano (40%).
- Códigos SCC en la celda **A11** para gas natural, en la celda **A31** para leña, en la celda **A45** para gas LP y en la celda **A71** para queroseno (Source Classification Code) con base en la información del FIRE 6.23 (EPA, 2000), como se muestra en la tabla 7.

**TABLA 8. FACTORES DE EMISIÓN PARA COMBUSTIÓN DOMÉSTICA**

Combustible	<sup>a</sup> $\text{PM}_{10}$	<sup>a</sup> $\text{PM}_{2.5}$	<sup>a</sup> $\text{SO}_2$	<sup>a</sup> $\text{CO}$	<sup>a</sup> $\text{NOX}$	<sup>a</sup> $\text{COV}$
Gas natural (kg/106m <sup>3</sup> )	121.6	121.6	9.6	1,344	1,600	88
	<sup>b</sup> $\text{NH}_3$	<sup>a</sup> $\text{CO}_2$	<sup>a</sup> $\text{CH}_4$	<sup>a</sup> $\text{N}_2\text{O}$	BC	<sup>b</sup> BENCENO
	7.84	1,920,000	36.8	35.2	8.15	0.0336
Leña (kg/Mg)	<sup>c</sup> $\text{PM}_{10}$	<sup>*</sup> $\text{PM}_{2.5}$	<sup>a</sup> $\text{SO}_2$	<sup>a</sup> $\text{CO}$	<sup>a</sup> $\text{NOx}$	<sup>a</sup> $\text{COV}$
	6.99	6.73	0.2	81.67	2.4	18
	<sup>a</sup> $\text{CO}_2$	<sup>b</sup> $\text{CH}_4$	<sup>a</sup> $\text{N}_2\text{O}$	CBC	BENCENO	TOLUENO
	1,532	6.4	0.48	0.48	-	-

<sup>3</sup> Hoja de datos de seguridad del gas licuado del petróleo (Proporcionada por PEMEX).

Gas LP (kg/m <sup>3</sup> )	<sup>b</sup> PM <sub>10</sub>	<sup>b</sup> PM <sub>2.5</sub>	<sup>a</sup> SO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CO	<sup>a</sup> NO <sub>x</sub>	<sup>a</sup> COV
	0.1152	0.1152	1.61E-06	0.943	1.656	0.0578
	<sup>a</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CH <sub>4</sub>	<sup>a</sup> N <sub>2</sub> O	<sup>*</sup> BC	BENCENO	TOLUENO
	1,586.4	0.024	0.108	0.008	0	0
Queroseno (kg/m <sup>3</sup> )	<sup>a</sup> PM <sub>10</sub>	<sup>a</sup> PM <sub>2.5</sub>	<sup>a*</sup> SO <sub>2</sub>	<sup>a</sup> CO	<sup>a</sup> NO <sub>x</sub>	<sup>b</sup> COV
	0.0026	2.02E-03	7.98E-06	0.6	2.160	0.0856
	<sup>b</sup> NH <sub>3</sub>	<sup>a</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>b</sup> CH <sub>4</sub>	BC	BENCENO	TOLUENO
	0.0678	1,586.40	0.057	3.02E-04	-	-
<sup>a</sup> Valores tomados de AP-42						
<sup>b</sup> Valores obtenidos de Factor Information Retrieval (FIRE ) Data System. Versión 6.23. US EPA, 2000.						
<sup>c</sup> Valores tomados de Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico						
Nota: Las relación de CN/PM <sub>2.5</sub> fueron tomadas de la tabla 7. "Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación". Instituto Nacional de Ecología (INE).						

TABLA 9. CÓDIGOS SCC POR COMBUSTIBLE			
SCC Gas Natural	SCC Leña	SCC Gas LP	SCC Queroseno
10300602	A2104008001	10301002	A2104011000

## Cálculo de emisiones

Una vez obtenido el consumo por municipio para obtener la emisión, se multiplica el consumo por municipio por el factor de emisión correspondiente al combustible como se muestra a continuación:

**Hojas: 8. (EMI-GN), 9. (EMI-GLP), 10. (EMI-Leña) y 11. (EMI-Quero)**

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{municipio Año}} = \frac{\text{m}^3}{\text{municipio Año}} * \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}}$$

Donde:

<i>Emisiones<sub>j</sub></i>	= Emisiones anuales para el contaminante <i>j</i> (Mg/municipio)
<i>Consumo Municipal<sub>j,k</sub></i>	= Consumo del municipio para el combustible <i>i</i> (m <sup>3</sup> /municipio)
<i>FE<sub>j,i</sub></i>	= Factor de emisión del combustible <i>i</i> para el contaminante <i>j</i>
<i>FC</i>	= Factor de Conversión

Para las emisiones totales por municipio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Emisión Municipal}_j = \text{Emi de Gas Natural}_j + \text{Emi de gas LP}_j + \text{Emi de leña}_j + \text{Emi de queroseno}_j$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} = \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} = \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

Donde:

$Emisiones_{Totales}$	= Emisiones totales dentro del municipio para el contaminante $j$ (Mg/año)
$Emi\ de\ Gas\ Natural_j$	= Emisiones del contaminante $j$ del combustible gas natural (Mg/año)
$Emi\ de\ gas\ LP_j$	= Emisiones del contaminante $j$ del combustible gas LP (Mg/año)
$Emi\ de\ leña_j$	= Emisiones del contaminante $j$ del combustible leña (Mg/año)
$Emi\ de\ queroseno_j$	= Emisiones del contaminante $j$ del combustible queroseno (Mg/año)

### Ejemplo de Cálculo gas natural

1. Se hace el cálculo para determinar el consumo de combustible por vivienda:

$$CCV = \frac{905.95 \times 10^6 \text{ m}^3}{2,340,206_{\text{Tot Viviendas}}} = 0.000387122 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{Vivienda Año}}$$

2. Posteriormente se calcula el consumo por municipio para el estado y municipio de Aguascalientes:

$$CCM = 9,980 \text{ Viviendas} * 0.000387122 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{Vivienda Año}} = 3.863 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Aplicando la ecuación:

$$Emisiones_j = Consumo\ Municipal_i * FE_{j,i} * FC$$

Dónde  $j$  puede ser:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $COV$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xileno.

Ejemplo 1.

El cálculo para obtener la emisión de  $PM_{2.5}$  en el primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{PM_{2.5}} = 3.863 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 121.6 * 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}} = 0.470 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de } PM_{2.5}$$

Ejemplo 2.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de BC para el estado y primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{BC} = 0.470 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} * (0.067) = 0.0315 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de BC}$$

### Ejemplo para GLP

Calculo para el estado de Aguascalientes perteneciente a la región centro-occidente.

$$\text{Consumo gas LP por Region} = 0.24 * 9.48 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} = 2.247 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$\text{CCV} = \frac{2.247 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{6,270,577 \text{ Viviendas totales de la region}} = 0.3584 \frac{\text{m}^3}{\text{Viv año}}$$

Cálculo para el primer municipio de Aguascalientes.

$$\text{Consumo del Combustible por Municipio} = 215,801 \text{ viviendas} * 0.3584 \frac{\text{m}^3}{\text{Viv año}} = 77,343.1 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Para el cálculo de emisiones se aplica la siguiente formula:

$$\text{Emisiones}_j = \text{Consumo Municipal}_i * FE_{ji} * FC$$

Ejemplo 1.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de PM<sub>2.5</sub> para el estado y primer municipio de Aguascalientes.

$$\text{Emisiones}_{\text{PM}_{2.5}} = 77,343.1 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 0.1152 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}} = 8.91 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de PM}_{2.5}$$

Ejemplo 2.

Para el cálculo de BC se obtiene a partir de PM<sub>2.5</sub> por el factor 0.067.

$$\text{Emisiones}_{\text{BC}} = 8.91 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} * (0.067) = 0.597 \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de BC}$$

### Ejemplo para leña

Cálculo de consumo para el primer municipio de Aguascalientes.

$$\text{Consumo de Leña} = 38 \text{ Viviendas} * 3.58 \text{ Mg/Vivienda}$$

$$\text{Consumo de Leña} = 136 \text{ Mg}$$

Aplicando la fórmula:

$$\text{Emisiones}_j = \text{Consumo Municipal}_i * FE_{ji} * FC$$

## Ejemplo 1.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de  $PM_{2.5}$  para el estado y primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{PM_{2.5}} = 136 \frac{Mg}{año} * 6.73 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1Mg}{1000Kg} = 0.92 \frac{Mg}{Año} \text{ de } PM_{2.5}$$

## Ejemplo 2.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de COV para el estado y primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{COV} = 136 \frac{Mg}{año} * 18 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1Mg}{1000Kg} = 2.45 \frac{Mg}{Año} \text{ de COV}$$

## Ejemplo 3.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de BC para el primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{BC} = 136 \frac{Mg}{año} * 0.48 \frac{Kg}{Mg} * \frac{1Mg}{1000Kg} = 0.07 \frac{Mg}{Año} \text{ de BC}$$

## Ejemplo Queroseno

Cálculo de consumo de queroseno por vivienda.

$$\text{Consumo de queroseno por vivienda} = \frac{51,633 m^3}{668,372 \text{ Total de viviendas que usan queroseno}} = 0.07723 \frac{m^3}{vivienda}$$

Cálculo para el primer municipio de Aguascalientes.

$$\text{Consumo de Queroseno} = 0.07723 \frac{m^3}{vivienda} * 3,405 \text{ vivienda} = 263 m^3$$

Aplicando la siguiente formula:

$$Emisiones_j = \text{Consumo Municipal}_i * FE_{j,i} * FC$$

## Ejemplo 1.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de  $PM_{2.5}$  para el primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{PM_{2.5}} = 295 m^3 * 0.00202 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1Mg}{1000Kg} = 5.9 \times 10^{-4} \frac{Mg}{Año} \text{ de } PM_{2.5}$$

### Ejemplo 2.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de COV para el estado y primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{COV} = 295 \text{ m}^3 \frac{\text{Mg}}{\text{año}} * 0.0856 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}} = 0.025 \text{ Mg de COV}$$

### Ejemplo 3.

El cálculo se realizó para obtener la emisión de BC, con ajuste de 0.15 por PM<sub>2.5</sub> para el primer municipio de Aguascalientes.

$$Emisiones_{BC} = 295 \text{ m}^3 * (0.00202 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.15) * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}} = 8.9 \times 10^{-5} \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} \text{ de BC}$$

## 1.4 COMBUSTIÓN INDUSTRIAL

En el archivo 1.4 Combustión industrial 2016. xls. Se encuentran las hojas de cálculo:

1. Consumo
2. Factores de Emisión
3. Emi-GLP
4. Emi-Diésel
5. Emisión Total

### Información contenida en las hojas de alimentación

#### Hoja 1. (Consumo)

##### Datos de actividad

- a) En las celdas **D5** a la **D36** se sitúan el número de establecimientos del sector industrial por entidad. La información se obtuvo de la base de datos del Directorio Estadístico de Unidades Económicas (DENU), se tomaron en cuenta las claves 31-32 (Industrias Manufactureras). *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo”*.
- b) En las celdas **M6** y **M14** se ubican el consumo nacional de Diésel y gas LP respectivamente para el sector industrial en peta Joules. Datos obtenidos del Balance Nacional de Energía 2016 de SENER (versión preliminar consultado el 23-Mayo-2018). *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo”*.
- c) Las celdas **E5** a la **E36** contienen la fracción de ventas de gas L.P. en Plantas de distribución al sector industrial por entidad. Información disponible en el Sistema de Información Energética (SIE) en la sección de hidrocarburos. *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo”*.
- d) En las celdas **G5** a la **G36** se encuentra la fracción de la demanda interna de Diésel por Estado para el Sector Industrial. Información disponible en el Sistema de Información Energética (SIE) de la prospectiva de petrolíferos. *“Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo”*.

### Consideraciones y cálculos

- I. El cálculo de esta subcategoría es para los combustibles (gas LP y diésel) que no están reportados en la base de datos de fuentes fijas (obtenidas de las cédulas de operación).
- II. Cálculo del consumo de combustible por establecimiento de cada entidad se lleva a cabo como se muestra a continuación:



El cálculo es el siguiente:

$$\text{Relación de consumo}_i = \left( \frac{\text{Consumo}_{FF\ 2008}}{\text{Consumo}_{BNE\ 2008}} \right)$$

$$\text{Análisis Dimensional: (Adimensional)} = \frac{m^3}{m^3}$$

- Relación de consumo<sub>i</sub>* = Relación de consumo para el combustible *i* (Adimensional)
- Consumo<sub>FF 2008</sub>* = Consumo de combustible reportado de fuentes fijas en el año 2008 (m<sup>3</sup>)
- Consumo<sub>BNE 2008</sub>* = Consumo de combustible del Balance Nacional de Energía 2008 para el sector industrial (m<sup>3</sup>)

$$\text{Consumo Nacional}_i = (1 - \text{Relación de consumo}_i) * \text{Consumo}_{BNE\ 2016}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } m^3 = (\text{Adimensional}) * m^3$$

- Consumo Nacional<sub>i</sub>* = Consumo nacional del combustible *i* (m<sup>3</sup>)
- Relación de consumo<sub>i</sub>* = Relación de consumo de combustible *i* (Adimensional)
- Consumo<sub>BNE 2016</sub>* = Consumo de combustible del Balance Nacional de Energía 2016 para el sector industrial (m<sup>3</sup>)

Posteriormente se calcula el consumo por entidad federativa.

$$\text{Consumo}_{e,i} = \text{Fracción de consumo}_e * \text{Consumo Nacional}_i$$

$$\text{Análisis Dimensional: } m^3 = (\text{Adimensional}) * m^3$$

- Consumo<sub>e,i</sub>* = Consumo de combustible del estado *e* para el combustible *i* (m<sup>3</sup>)
- Fracción de consumo<sub>e</sub>* = Fracción de consumo de la entidad *e* (Adimensional)
- Consumo Nacional<sub>i</sub>* = Consumo de nacional de combustible *i*. Balance Nacional de Energía 2016 para el sector industrial (m<sup>3</sup>)

Ahora se calcula el consumo de combustible por establecimiento con la siguiente formula:

$$\text{Consumo por establecimiento}_e = \left( \frac{\text{Consumo}_{e,i}}{\text{Establecimiento}_e} \right)$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{m^3}{\text{Establecimiento}} = \frac{m^3}{\text{Establecimientos}}$$

- Consumo por establecimiento<sub>e</sub>* = Consumo de combustible del estado *e* (m<sup>3</sup>)
- Consumo<sub>e,i</sub>* = Consumo de combustible del estado *e* para el combustible *i* (m<sup>3</sup>)
- Establecimiento<sub>e</sub>* = Número de establecimientos del estado *e*

## Factores de emisión

### Hoja 2. (Factores de Emisión)

- En las columnas **D** a la **R** filas de la **4** a **5** se encuentran los factores de emisión utilizados para esta subcategoría por tipo de combustible, mismos que se pueden observar en la Tabla 8.
- Se consideró la suma de partículas condensables y de partículas filtrables para la emisión de PM totales reportadas en WEBFire.
- Para el gas natural la proporción de carbono negro (BC) es de 6.7% respecto a las  $PM_{2.5}$ .
- Para diésel la proporción de carbono negro (BC) es de 15% respecto a las  $PM_{2.5}$ .
- Código SCC asignado para gas LP se encuentra en la celda **H15**, para diésel está en la celda **B47** (Source Classification Code) con base en la información del FIRE 6.23 (EPA, 2000), como se muestra en la tabla 11.

**TABLA 10. FACTORES DE EMISIÓN PARA CADA TIPO DE COMBUSTIBLE COMBUSTIÓN INDUSTRIAL\***

COMBUSTIBLE	UNIDADES	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$SO_2$	CO	NOx	COV
Gas LP	kg/m <sup>3</sup>	0.1152	0.1152	1.61E-06	0.9432	1.6560	0.0578
Diésel	kg/m <sup>3</sup>	0.1200	0.0288	0.0065	0.6	2.40	0.0240
COMBUSTIBLE	UNIDADES	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	BC	BENCENO
Gas LP	kg/m <sup>3</sup>	-	1,586.4	0.024	0.108	0.007	-
Diésel	kg/m <sup>3</sup>	0.0960	2,596	0.0062	63.6	0.0043	2.57E-05

\* Factores de emisión proporcionados por web (fire) para combustión industrial.

Nota: Las relación de CN/ $PM_{2.5}$  fueron tomadas de la tabla7. "Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación". Instituto Nacional de Ecología (INE).

**TABLA 11. CLAVE SCC PARA EL SECTOR INDUSTRIAL**

SCC Gas LP	SCC Diésel
10201001	10200502

## Cálculo de emisiones

### Hojas 3. (Emi-GLP) y 4. (Emi-Diésel)

#### Dato de actividad

En las celdas **E5** a la **E2462** se sitúan el número de establecimientos del sector industrial por municipio. La información se obtuvo de la base de datos del Directorio Estadístico de Unidades Económicas (DENUE), se tomaron en cuenta las claves 31-32 (Industrias Manufactureras). "Este dato se encuentra marcado en amarillo dentro de la hoja de cálculo".

Para calcular las emisiones por municipio, primero se debe de obtener el consumo de combustible por establecimiento de acuerdo con lo que se muestra a continuación:

$$\text{Consumo por municipio}_m = \text{Consumo por establecimiento}_e * \# \text{Establecimientos}_m$$

$$\text{Análisis Dimensional: } m^3 = \text{Establecimiento} * \frac{m^3}{\text{Establecimientos}}$$

$\text{Consumo por municipio}_m$	= Consumo de combustible para el municipio $m$ ( $m^3$ )
$\text{Consumo por establecimiento}_e$	= Consumo de combustible por establecimiento del estado $e$ ( $m^3/\text{Establecimiento}$ )
$\# \text{Establecimientos}_m$	= Número de establecimientos del municipio $m$

Posteriormente para obtener las emisiones se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Emisiones}_j = \text{Consumo Municipal}_i * FE_{j,i} * FC$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{municipio Año}} = \frac{m^3}{\text{municipio Año}} * \frac{\text{kg}}{m^3} * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}}$$

Donde:

$\text{Emisiones}_j$	= Emisiones anuales para el contaminante $j$ (Mg/municipio)
$\text{Consumo Municipal}_{j,k}$	= Consumo del municipio $k$ para el combustible $i$ ( $m^3/\text{municipio}$ )
$FE_{j,i}$	= Factor de emisión para el combustible $i$ del contaminante $j$
$FC$	= Factor de Conversión

Por último se obtiene la emisión total del municipio realizando el siguiente cálculo:

$$\text{Emisión Municipal}_j = \text{Emi de Gas Natural}_j + \text{Emi de diesel}_j$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} = \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

$$\text{Análisis Dimensional: } \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} = \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}} + \frac{\text{Mg}}{\text{Año}}$$

Donde:

$\text{Emisiones}_{\text{Totales}}$	= Emisiones totales dentro del municipio para el contaminante $j$ (Mg/año)
$\text{Emi de gas LP}_j$	= Emisiones del contaminante $j$ del combustible gas LP (Mg/año)
$\text{Emi de diesel}_j$	= Emisiones del contaminante $j$ del combustible diesel (Mg/año)

## Ejemplo de cálculo

1. Cálculo del ajuste de consumo de combustible para gas LP.

$$\text{Relación de consumo}_{\text{Gas LP}} = \left( \frac{1,526,875.54 \text{ m}^3}{1,594,737.68 \text{ m}^3} \right) = 0.96$$

2. Cálculo para consumo nacional de gas LP.

$$\text{Consumo Nacional}_{\text{Gas LP}} = (1 - 0.96) * 1,770,314 \text{ m}^3 = 75,334 \text{ m}^3$$

3. Cálculo de consumo de gas LP para el estado de Aguascalientes.

$$\text{Consumo}_{\text{Gas LP}} = 0.0096 * 75,334 \text{ m}^3 = 724.81 \text{ m}^3$$

4. Consumo de gas LP por establecimiento para el estado de Aguascalientes.

$$\text{Consumo por establecimiento}_{\text{Aguascalientes}} = \left( \frac{724.81 \text{ m}^3}{5,283 \text{ Establecimientos}} \right) = 0.14 \frac{\text{m}^3}{\text{Establecimiento}}$$

5. Consumo de gas LP para el primer municipio de Aguascalientes.

$$\text{Consumo por municipio}_{\text{Aguascalientes}} = 0.14 \frac{\text{m}^3}{\text{Establecimiento}} * 3,795 \text{ Establecimientos} = 521 \text{ m}^3$$

Ejemplo 1.

Cálculo para el contaminante  $\text{PM}_{2.5}$  para el primer municipio de Aguascalientes.

$$\text{Emisiones}_{\text{PM}_{2.5}} = 521 \text{ m}^3 * 0.1152 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}} = 0.06 \text{ Mg}$$

Ejemplo 2.

Calculo para el contaminante BC para el primer municipio de Aguascalientes. Se aplicar el factor 0.067 al valor del contaminante  $\text{PM}_{2.5}$ .

$$\text{Emisiones}_{\text{BC}} = 521 * 0.067 * \frac{1\text{Mg}}{1000\text{Kg}} = 0.004 \text{ M}$$

## GLOSARIO

### Contaminante

Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )

Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ )

Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )

Partículas menores a 10 micrómetros ( $\text{PM}_{10}$ )

Partículas menores a 2.5 micrómetros ( $\text{PM}_{2.5}$ )

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

Amoniaco ( $\text{NH}_3$ )

Metano ( $\text{CH}_4$ )

Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )

Carbono negro (BC)

Benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )

Etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )

Tolueno ( $\text{C}_7\text{H}_8$ )

Xileno ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ )

## ACRÓNIMOS

<b>Sigla</b>	<b>Nombre completo</b>
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAPO	Comisión Nacional de Población
PEMEX	Petróleos Mexicanos
ANAFAPYT	Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas
CRE	Comisión Reguladora de Energía
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigación Forestal Agropecuaria y Pesca
ASA	Aeropuertos y Servicios Auxiliares
ARTF	Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario
SIAP	Sistema de Información Agropecuaria y Pecuaria
BIE	Banco de Información Económica
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte
ARTF	Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
SENER	Secretaría de Energía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
SSA	Secretaría de Salud
DGGCARETC	Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

**MEDIO AMBIENTE**

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES