

**UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**



**DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE  
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PRODUCIDAS POR  
CENTRALES TÉRMICAS EN EL ECUADOR EN EL  
PERIODO 2002-2010**

Tesina previa a la obtención  
de Título de Ingeniero Eléctrico.

**AUTORES:**

Pablo Andrés Morales Mariño  
Andrés Mauricio Valladarez Briones

**DIRECTOR:**

Ing. Antonio Barragán Escandón

**TUTOR:**

Ing. Antonio Barragán Escandón

**CUENCA – ECUADOR.  
2012**



## Resumen.

El consumo de combustibles fósiles en centrales térmicas para la producción de energía eléctrica, genera varios contaminantes que son expulsados a la atmósfera entre ellos se tiene: el dióxido de Carbono, el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas sólidas suspendidas e hidrocarburos no combustionados.

Con el objetivo de garantizar un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado a la población por parte de la República del Ecuador, el CONELEC (Concejo Nacional de Electricidad), dispuso el Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas en el cual se manifiestan los procedimientos aplicables al sector eléctrico del Ecuador ya sea para generación, transmisión o distribución en sus etapas de construcción, operación, mantenimiento y abandono. Del mismo modo el Ministerio del Ambiente formuló las “Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte (Puertos y Aeropuertos)” en cuyo Anexo 3A menciona la Norma de Emisiones al Aire desde Centrales Termoeléctricas.

En el presente trabajo, se determinan las emisiones de contaminantes atmosféricos, mediante dos metodologías. En la primera se considera el combustible consumido por todo el parque termoeléctrico (autogeneradoras, generadoras, distribuidoras) del Ecuador, y el segundo se considera la energía total producida. Para la determinación de emisiones, se debe determinar de antemano un factor de emisión para cada caso.

Finalmente se realiza la comparación de cada una de las metodologías para observar los resultados y poder emitir criterios sobre los métodos empleados y poder obtener las correspondientes conclusiones.



## Abstract

The consumption of fossil fuels in power plants to produce electricity, generate more pollutants that are emitted into the atmosphere among them are: carbon dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur oxides, suspended solid particles and unburned hydrocarbons.

In order to ensure a healthy environment and ecologically balanced by the population of the Republic of Ecuador, the CONELEC created the Environmental Regulations for electricity operations which are manifested in the procedures applicable to the electricity sector in Ecuador either for generation, transmission and distribution during the construction, operation, maintenance and abandonment. Similarly, the Ministry of Environment has development "Environmental Standards for the Prevention and Control of Environmental Pollution for the Infrastructure Sectors: Electrical, Telecommunications and Transportation (Ports and Airports)" mentioned in the Annex 3A Standard Air Emissions from power plants.

In this paper, defines the air pollutant emissions, using two methodologies. The first is considered the fuel consumed throughout the park thermoelectric (self-generating, generation, distribution) of Ecuador, and the second one considers the total energy produced. For the determination of emissions must be calculated in advance an emission factor for each case.

Finally a comparison is made of each of the methodologies to be able to see the results and making judgments about the methods used and to draw the appropriate conclusions.



<b>ÍNDICE</b>	<b>Páginas</b>
Resumen .....	1
Abstract .....	2
RESPONSABILIDAD .....	5
AGRADECIMIENTO.....	7
DEDICATORIA.....	8

## **CAPÍTULO I**

Planteamiento del Problema .....	9
Justificación.....	9
Objetivos .....	10

## **CAPÍTULO II**

### **LA GENERACIÓN TÉRMICA EN EL ECUADOR**

2.1. Introducción.....	11
2.2. Contaminación Atmosférica producida por centrales térmicas.....	12
2.2.1. Dióxido de Carbono.....	13
2.2.2. Monóxido de Carbono .....	15
2.2.3. Óxidos de Nitrógeno.....	16
2.2.4. Óxidos de Azufre .....	17
2.2.5. Partículas Sólidas.....	18
2.2.6. Hidrocarburos No Combustionados .....	20
2.3. Legislación .....	20
2.3.1. Norma de emisiones al aire desde centrales termoeléctricas .....	26
2.3.1.1. De los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire en centrales termoeléctricas que operan con calderos generadores de vapor..	26
2.3.1.2. De los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire en centrales termoeléctricas que operan con turbinas a gas.....	27
2.3.1.3. De los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire en centrales termoeléctricas que operan con motores de combustión interna ..	28
2.4. Tipos de Centrales Térmicas que se utilizan en el Ecuador.....	30
2.4.1. Central térmica con Motores a Combustión Interna .....	32
2.4.2. Central Térmica a Vapor .....	33
2.4.3. Central Térmica a Gas/ Ciclo Combinado .....	34
2.5. Estadísticas Energéticas .....	35



**CAPÍTULO III**

**DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES**

3.1. Introducción..... 38  
3.2. Consumo de Combustibles 2002-2010 ..... 38  
3.3. Metodologías para el cálculo de emisiones..... 40  
3.3.1. Factor de emisión por combustible ..... 42  
3.3.2. Factor de emisión por energía..... 48

**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1. Comparativa de las metodologías ..... 49  
4.1.1. Cálculo de emisiones mediante método por combustible..... 49  
4.1.2. Cálculo de emisiones mediante método por energía ..... 55  
4.2. Resultados obtenidos ..... 62  
4.3. Evaluación y Validación de resultados ..... 65

**CAPÍTULO V**

Conclusiones..... 72  
Recomendaciones..... 75

**CAPÍTULO VI**

Bibliografía..... 76

Anexo I: Consumo histórico de combustible y energía producida por centrales  
térmicas del Ecuador ..... 81  
Anexo II: Consumo histórico de combustibles fósiles..... 95  
Anexo III: Histórico de energía total producida por centrales térmicas..... 97



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### Reconocimiento de los Derechos de Autor y Responsabilidad.

Yo, **Pablo Andrés Morales Mariño**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Yo, **Pablo Andrés Morales Mariño**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Morales Mariño', written over a horizontal line.

Pablo Morales Mariño  
010481747-3



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### **Reconocimiento de los Derechos de Autor y Responsabilidad.**

Yo, **Andrés Mauricio Valladarez Briones**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Yo, **Andrés Mauricio Valladarez Briones**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

---

**Andrés Valladarez Briones**  
010412176-9



## **AGRADECIMIENTO:**

Queremos agradecer a nuestras familias por el apoyo incondicional que nos han brindado en la trayectoria de nuestra formación.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## **DEDICATORIA:**

Dedicamos este trabajo realizado con gran esfuerzo y dedicación a Dios y a todos nuestros amigos y maestros que nos apoyaron y colaboraron en todo momento.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## CAPÍTULO I

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La demanda de energía eléctrica ha ido incrementándose con el pasar del tiempo, esto se debe al desarrollo económico, tecnológico y a que la calidad de vida del ser humano ha ido mejorando; acciones que conllevan a un aumento en la generación de energía eléctrica para satisfacer la demanda.

Desde hace varios años la principal fuente de energía primaria para la obtención de energía eléctrica han sido los combustibles fósiles tales como el carbón o el petróleo y sus derivados como el diesel, búnker, fuel oil, gas natural y nafta.

El consumo de estos combustibles genera contaminantes que son depositados en la atmósfera entre los más destacados se anotan: el dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, material particulado, contaminantes que a su vez han sido responsables de importantes fenómenos como el calentamiento global y la afección a la salud de los seres vivos.

Es por esta razón que se pretende reducir las emisiones de estos contaminantes que afectan al aire ambiente al suelo y al agua; para lograr dicho propósito se han establecido normativas y regulaciones así como metodologías para la medición y control de las emisiones por autoridades competentes con el fin de mejorar la calidad de vida de quienes están afectados por este tipo de actividades.

### 1.2. JUSTIFICACIÓN

Puesto que un gran porcentaje de energía eléctrica proviene de centrales térmicas, utilizando combustibles fósiles para la transformación de energía



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

mediante una máquina rotativa y como consecuencia de la combustión, se emiten contaminantes atmosféricos, motivo por el cual se desea determinar la cantidad de emisiones de los distintos contaminantes.

Para determinar la cantidad de emisiones en este documento se consideran dos metodologías, por una parte se considera la cantidad de contaminantes emitidos por unidad de combustible consumido y por otra parte la cantidad de contaminante por unidad de energía producida. Como datos de partida es necesario disponer de los factores de emisión de los contaminantes y un estadístico de la generación de energía producida por centrales termoeléctricas despachadas por el CENACE (Concejo Nacional de Electricidad) en el Sistema Nacional Interconectado.

### 1.3. OBJETIVOS

#### **General:**

Determinar las emisiones de contaminantes atmosféricos producidas por centrales térmicas en el Ecuador en el periodo 2002 - 2010.

#### **Específicos:**

- Definir los tipos de contaminantes que se producen en las centrales térmicas utilizadas en el Ecuador.
- Establecer datos estadísticos de la cantidad de combustible utilizada en las centrales térmicas del Ecuador en el periodo 2002 – 2010.
- Determinar el factor de emisiones de contaminantes atmosféricos por tipo de combustible utilizados en centrales térmicas del Ecuador.

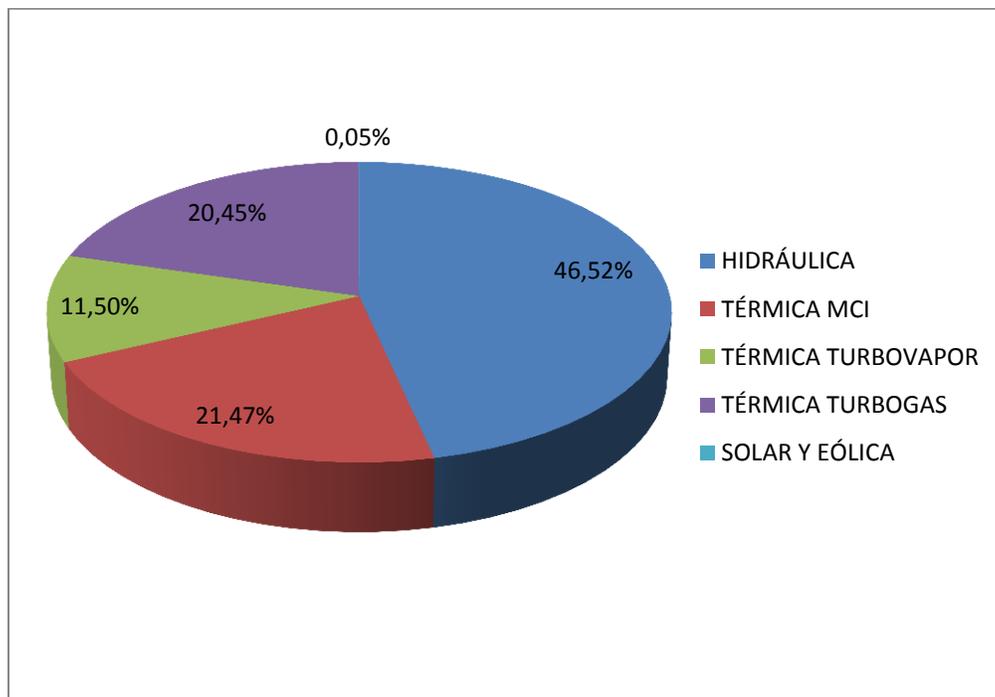


## CAPÍTULO II LA GENERACIÓN TÉRMICA EN EL ECUADOR

### 2.1. INTRODUCCIÓN.

A medida que la población crece día a día, también crece la demanda de energía eléctrica para satisfacer distintas necesidades. En el Ecuador, para la obtención de energía se cuentan con centrales hidroeléctricas, centrales termoeléctricas y con pequeñas centrales que utilizan energía renovable (eólica, fotovoltaica, biomasa) para la producción de energía eléctrica.

En la Gráfica 2.1 se indica como está distribuida la potencia total efectiva instalada en el Ecuador por los diferentes tipos de centrales eléctricas:



**Gráfica 2.1. Potencia total efectiva año 2010**  
Fuente: CONELEC



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Se puede notar claramente que existe una considerable aportación de energía por parte de centrales termoeléctricas lo que a su vez indica un importante consumo de combustibles para la obtención de esta cantidad de energía.

Al utilizar combustibles fósiles como el carbón o petróleo y sus derivados, como fuente primaria de energía en las centrales térmicas, para la obtención de energía eléctrica, se tiene (producto de la combustión) la producción de emisiones de varios contaminantes a la atmósfera, las mismas que afectan al medio ambiente y al bienestar de los seres vivos.

Entre los contaminantes que se pueden identificar son: el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas sólidas suspendidas, hidrocarburos no combustionados. [1]

El objetivo del presente trabajo, es determinar las emisiones de contaminantes atmosféricos producidas por la operación de centrales termoeléctricas en el periodo 2002-2010, para lo cual se consideran dos metodologías: la primera basada en el consumo de combustible (toneladas de combustible) y la segunda basada en la energía producida por este tipo de centrales (MWh), además se realiza un análisis comparativo entre éstas metodologías.

### **2.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PRODUCIDA POR CENTRALES TÉRMICAS.**

Entiéndase por contaminación atmosférica a cualquier proceso orgánico o producido por el hombre que emita un gas, polvo o forma de energía a la atmósfera y que altere la composición natural de la misma, afectando a la integridad de los seres vivos. [2]



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Por el principio de funcionamiento de una máquina térmica, ésta requiere de algún combustible para la posterior producción de energía eléctrica, estos combustibles son derivados del petróleo tales como: nafta, diesel, búnker, fuel oil, residuos de petróleo, carbón, sin obviar al gas natural que es otra fuente primaria importante en el contexto de la producción de energía eléctrica. [1]

Dado que se produce la quema de los combustibles expuestos anteriormente, para el movimiento de las máquinas y la transformación de la energía, se emiten gases o partículas hacia la atmósfera ya sea por el proceso mismo de combustión o por la eficiencia o rendimiento de las máquinas.

A continuación se describen de una manera general los contaminantes mencionados:

### 2.2.1. DIÓXIDO DE CARBONO ( $CO_2$ )

El dióxido de carbono a temperatura ambiental (18 – 25 °C) es un gas incoloro, inodoro e insípido, no inflamable, que se encuentra en pequeñas cantidades en la composición de la atmósfera terrestre de manera natural. Su fórmula química es  $CO_2$ , es decir, el gas está conformado por un átomo de carbono al que están ligados 2 átomos de oxígeno, siendo un gas más denso que el aire ( $1.87 \text{ kg/m}^3$ ). [3].

El  $CO_2$  además del vapor de agua, metano y otros gases es uno de los principales gases de efecto invernadero. El efecto invernadero es un efecto natural, que se produce por la concentración de ciertos gases en la atmósfera, que ayudan a mantener la temperatura de la Tierra en un rango determinado, reteniendo la radiación emitida por la superficie del planeta cuando sobre ésta incide la radiación solar, de no ser así la temperatura terrestre sería unos 33°C más fría. Sin embargo el incremento de éstos gases ( $CO_2$  principalmente) por



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

encima de dicho rango determinado, es la causa por la que se produce el actual calentamiento global. [3]

Existen básicamente dos fuentes de producción de dióxido de carbono, las fuentes naturales y fuentes relacionadas con la actividad humana (antropogénicas). [4].

Las fuentes naturales están relacionadas directamente con el ciclo del dióxido de carbono, que consiste de un ciclo corto, en el que el intercambio de dióxido de carbono y oxígeno en la atmósfera, se produce entre la respiración de los seres vivos (humanos y animales) y el proceso de fotosíntesis por parte de la vegetación. Por otra parte se tiene un ciclo más extenso, que consiste en el intercambio de  $CO_2$  entre la atmósfera el suelo y los océanos, un sistema de fuentes y sumideros. [3].

Hay que considerar que entre las fuentes naturales también incluyen descomposiciones de materia orgánica, actividad volcánica, incendios forestales naturales y la cantidad de  $CO_2$  que se encuentra contenida en los glaciares de la Antártida y Groenlandia según estudios realizados, que podrían pasar a la atmósfera por el derretimiento de los glaciares. [5]

En fuentes relacionadas con actividad humana, se generan por la quema de cualquier combustible que posea carbono como combustibles fósiles, carbón, petróleo, gas natural entre otros [6]. Las mayores emisiones provienen del transporte, industria y de la producción de energía eléctrica, contribuyendo a un aumento de los gases de efecto invernadero, principal responsable del actual problema de calentamiento global como se había explicado anteriormente.



## 2.2.2. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El monóxido de carbono, es un gas incoloro, inodoro, insípido, que puede ser inflamable y es altamente tóxico capaz de producir la muerte por inhalación de grandes proporciones y de disminuir las capacidades físicas y mentales de una persona que se encuentra expuesta a pequeñas cantidades. Químicamente está descrito por la fórmula CO, es decir, un átomo de oxígeno está asociado a un átomo de carbono y es un gas con una densidad de  $1.145 \text{ kg/m}^3$ . [7]

Al quemar combustibles tales como el carbón, petróleo, madera, nafta, diesel, etc., que son combustibles que poseen carbono, se produce el monóxido de carbono debido a que la cantidad de oxígeno en el proceso de combustión es insuficiente, por lo que la combustión se realiza de manera incompleta produciéndose de esta manera el gas y emitiéndose a la atmósfera. [7]

Las fuentes de producción de monóxido de carbono son tanto naturales como producidas por actividades humanas (antropogénicas).

Entre las fuentes naturales se encuentra la oxidación del metano, las emisiones oceánicas, las producidas en incendios forestales, por erupciones volcánicas y por descomposición de materia orgánica. [8]

Por otra parte las emisiones producidas por actividad humana presentan dos fuentes: estacionarias y móviles.

Las estacionarias son producidas por la combustión del carbón y del petróleo en industrias (refinerías de petróleo, acerías, fundiciones de acero, entre otros) y para la obtención de energía eléctrica por quema de derivados del petróleo (nafta, diesel, búnker). [9]



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Mientras que las fuentes móviles corresponden a emisiones de automotores, barcos y aviones. Se considera al humo del tabaco como otra de las principales fuentes de CO.

### 2.2.3. ÓXIDOS DE NITROGENO (NO<sub>x</sub>)

Los óxidos de nitrógeno engloba a una serie de compuestos que contienen átomos de oxígeno asociadas con átomos de nitrógeno en diferentes proporciones entre los que podemos mencionar:  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $N_2O_3$ ,  $N_2O_4$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O_5$ . Sin embargo el óxido de nitrógeno ( $NO$ ) y el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) son los dos contaminantes atmosféricos más importantes dado su nivel de toxicidad y a los cuales corresponden la nomenclatura de  $NO_x$ . [10]

Hay que acotar que los óxidos de nitrógeno se forman únicamente por actividades humanas (las fuentes naturales son despreciables), tales como el transporte, plantas termoeléctricas en donde se usan motores diesel e industria en general en donde se queman combustibles. [11]

El óxido de nitrógeno es un gas incoloro, con un característico olor y sabor dulce, no inflamable, tóxico, representado por la fórmula química  $NO$ , lo que significa que es un gas que esta conformado por un átomo de nitrógeno al que se le está asociado un átomo de oxígeno y cuya densidad es  $1.03 \text{ kg/m}^3$ . [12]

Su producción se da a partir esencialmente de la quema de combustibles tales como el diesel, carbón, petróleo o gas natural, a altas temperaturas en el proceso de combustión. Si al  $NO$  producido inmediatamente después del proceso de combustión se le enfría lentamente mientras son expulsados, se obtiene  $O_2$  y  $N_2$ . Debido a que en la mayoría de ocasiones no existe este tiempo suficiente para enfriar y descomponer los gases, se expulsa  $NO$  a la atmósfera. [10]



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

El dióxido de nitrógeno es un gas que posee una coloración marrón-anaranjada, de fuerte olor desagradable, no inflamable pero tóxico capaz de producir irritación en las vías respiratorias al estar expuesto a él. Está formado por 2 átomos de oxígeno y un átomo de nitrógeno representado por la fórmula química  $NO_2$  y cuya densidad es  $1.499 \text{ kg/m}^3$ . [13]

Su formación se da a partir de la interacción entre el  $NO$  expulsado por el proceso de combustión y el  $O_2$  en la atmósfera y a temperaturas más bajas. Debido a las reacciones fotoquímicas en la atmósfera se produce también un aumento en la cantidad del  $NO_2$  existente, por lo que evidentemente ocurre una disminución en la cantidad de  $NO$ . [14]

Los óxidos de nitrógeno generados por las actividades del hombre, al encontrarse en ambientes húmedos (al combinarse con el vapor de agua básicamente) son capaces de producir lluvia ácida. La lluvia ácida es agua lluvia que se precipita con un pH menor al normal dado que ha interactuado con los óxidos de nitrógeno y con óxidos de azufre, afectando directamente al desarrollo de la vida marina y terrestre, así como a estructuras o edificaciones. [15]

### 2.2.4. ÓXIDOS DE AZUFRE ( $SO_x$ ).

Los óxidos de azufre son un conjunto de gases, formados por la unión de un átomo de azufre y átomos de oxígeno en distintas proporciones. Entre los óxidos de azufre tenemos al trióxido de azufre  $SO_3$  y el dióxido de azufre  $SO_2$  siendo este último el de mayor consideración, ya que el trióxido de azufre es un compuesto intermediario para la formación de ácido sulfúrico. [16]

Este tipo de óxidos son los causantes de generar lluvia ácida al estar en contacto en ambientes húmedos o por la presencia de algún catalizador, y cuyas consecuencias son las mismas que se mencionaron anteriormente.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

El dióxido de azufre, es un gas incoloro, de olor picante en altas concentraciones, no inflamable levemente tóxico cuya densidad es  $1.4 \text{ kg/m}^3$ , más pesado que el aire y afecta directamente a los pulmones y a las vías respiratorias en los seres humanos. [17]

A diferencia de otros contaminantes, el dióxido de azufre tiene una vida media en la atmósfera de unos pocos días, sin embargo el impacto contaminante es importante. [16]

Este tipo de óxidos tienen 2 fuentes al igual que otros contaminantes expuestos, una fuente natural y una fuente producto de las actividades del hombre.

Las fuentes naturales más importantes son las erupciones volcánicas y la descomposición de la materia según procesos anaeróbicos de la misma, sin embargo últimamente existe un aumento considerable de los óxidos de azufre debido a la participación del hombre en la industria. [18]

Las principales fuentes antropogénicas provienen de la quema de combustibles que poseen azufre tales como el carbón el petróleo y sus derivados en industrias como la metalurgia, generación de electricidad y el transporte, de modo que al producirse la combustión se liberan dichos gases a la atmósfera. [16]

### 2.2.5. PARTÍCULAS SÓLIDAS SUSPENDIDAS (PM)

Las partículas sólidas suspendidas o denominadas también PM (Particulate Matter) son partículas tanto sólidas como líquidas que están dispersas y suspendidas en el aire. Entre las partículas sólidas tenemos a varias tales como el hollín, polvo, humo, ceniza, mientras que en las partículas líquidas tenemos pequeñas gotitas de agua. [19]



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Se clasifican según su tamaño y forma en dos grupos, aquellas cuyo tamaño aerodinámico es menor o igual a  $2.5 \mu\text{m}$  y son consideradas como “partículas finas” cuya nomenclatura está representada por  $PM_{2.5}$  y aquellas cuyo diámetro aerodinámico es menor o igual a  $10 \mu\text{m}$  y son consideradas como “partículas gruesas” representadas por la nomenclatura  $PM_{10}$ . [20]

Las partículas finas tienen una mayor capacidad de mantenerse suspendidas en el aire debido a su peso y una mayor facilidad de trasladarse de un lugar a otro por las corrientes de viento, cosa contraria a la que sucede con las partículas gruesas que se acentúan en la superficie de una manera más prematura y a distancias no muy grandes de su fuente. [20]

El origen de éstas partículas se deben a dos fuentes: las naturales y las producidas por actividad del hombre. Entre emisiones de fuentes naturales importantes tenemos a las erupciones volcánicas, incendios forestales naturales, la erosión del suelo, la salinidad en las costas, el polen emitido por cierta variedad de plantas entre otros. [21] Entre las fuentes de emisiones de material particulado provenientes de actividades humanas para la producción de energía eléctrica, transporte e industria en general, podemos destacar la quema de combustibles fósiles, la quema de carbón, la quema de diesel (formación de hollín, cristales de carbono), la explotación minera, la quema de biocombustible para la generación de “energía eléctrica renovable”. [22]

Las partículas sólidas son las responsables de un desbalance en la radiación que incide sobre la superficie de la Tierra y de varias afecciones a la salud del ser humano relacionadas sobre todo con las vías respiratorias y sistema cardiovascular debido a que las partículas se alojan en los pulmones limitando la capacidad de ingreso de oxígeno, siendo las partículas finas las que mayor daño causen al poder albergarse en lugares mas pequeños. Además las partículas sólidas son responsables de la disminución de la visibilidad debido a la bruma que se crea en el ambiente. [22]



## 2.2.6. HIDROCARBUROS NO COMBUSTINADOS (HC)

Los hidrocarburos no combustionados denominados por *HC*, son gases que se obtienen debido a una combustión incompleta, es decir, combustible no quemado dentro de la cámara de combustión. [23]

La combustión incompleta se produce básicamente por dos razones, la primera puede ser por falta o insuficiencia de oxígeno en el proceso de combustión y la segunda puede ser por una velocidad lenta de inflamación, esta última está relacionada con el rendimiento o eficiencia de la máquina.

Conformados por átomos de hidrógeno como de carbono aunque pueden contener átomos de oxígeno y nitrógeno. Tienen un olor característico fuerte que los hace identificables. [24]

Existen 2 fuentes de hidrocarburos no combustionados, una fuente móvil, que está representada por todo tipo de vehículo que utiliza combustible fósil para su operación y cuyos gases se pueden expandir a largas distancias, y otra fuente estática representada por la industria como refinería de petróleo, plantas de generación eléctrica (térmicas), fabricación de pinturas, etc. [23]

Los hidrocarburos no combustionados son causantes del smog y de afecciones a la salud, principalmente a las vías respiratorias, están relacionados con problemas de alergias y pueden ser cancerígenos. [25]

## 2.3. LEGISLACIÓN.

La República del Ecuador en su Constitución<sup>1</sup> contempla en varios artículos el respeto al medio ambiente y el derecho de vivir en un ambiente sano y

---

<sup>1</sup> Registro Oficial No. 449 del 20 de Octubre de 2008



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

ecológicamente equilibrado, de igual manera contempla el derecho que tenemos todos sus habitantes por un ambiente adecuado para la vida, a continuación se presenta un resumen relacionado con los artículos ambientales:

**Tabla 2.1. Resumen constitución Ecuador respecto al medio ambiente**  
**Fuente: Asamblea Nacional**

ARTICULO	DESCRIPCIÓN
14, 15	Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Se declara de interés público la preservación del ambiente, conservación de los ecosistemas y biodiversidad. El estado promoverá el uso de tecnologías y energías alternativas no contaminantes.
30	Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable.
66	El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.
71	La naturaleza tiene derecho a que se respete íntegramente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales. Toda persona, comunidad pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de estos derechos
72	En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.
73	El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.
83	Son deberes y responsabilidades de los ecuatorianos entre otros el siguiente: respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional,



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

	sustentable y sostenible.
391	El Estado generará y aplicará políticas demográficas que contribuyan a un desarrollo territorial e intergeneracional equilibrado y garanticen la protección del ambiente y la seguridad de la población.
395	El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas.
396	El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.
397	En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Establecerá mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.
399	El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Por otro lado, en el Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas publicado por el CONELEC<sup>2</sup>, se manifiestan los procedimientos aplicables al sector eléctrico del Ecuador para varias etapas: construcción, operación, mantenimiento y abandono, ya sea para generación, transmisión y distribución.

Este reglamento se ha establecido con la finalidad de reducir o prevenir los impactos negativos y maximizar los impactos positivos para un proyecto termoeléctrico; en el artículo 10 y en sus diversos literales expresa lo siguiente:

### **ARTÍCULO 10.** Ministerio del Ambiente.

Al Ministerio del Ambiente le compete:

- a) Supervisar y evaluar el cumplimiento de la política y normativa ambiental nacional en el sector eléctrico.
- b) Coordinar con el CONELEC la gestión ambiental eléctrica.
- d) Analizar los Estudios de Impacto Ambiental.

Las acciones del artículo anterior le corresponden al Ministerio de Ambiente, mientras las acciones que le corresponden al CONELEC se expresa en el artículo 7 del mismo reglamento y en sus diversos literales y expresa:

### **ARTÍCULO 7. CONELEC**

Le compete al CONELEC:

- a) Cumplir y hacer cumplir la legislación ambiental aplicable a las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

---

<sup>2</sup> Registro Oficial No. 396 del 23 de Agosto de 2001



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- e) Dictar, de acuerdo con la Ley, las regulaciones referentes a parámetros técnicos de tolerancia y límites permisibles a los cuales deben sujetarse las actividades eléctricas, a fin de atenuar los efectos negativos en el ambiente.
- f) Controlar la realización de los planes de Manejo Ambiental de las empresas autorizadas que se encuentren operando en actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, sobre la base de las auditorias ambientales que deberán practicarse.
- j) Mantener la información necesaria por parte de los agentes generadores, transmisores y distribuidores para verificar el cumplimiento de las normas y regulaciones ambientales.
- m) Permitir el acceso a la ciudadanía a la información ambiental.

La Tabla 2.2, además resume algunos artículos del Reglamento:

**Tabla 2.2. Resumen reglamento ambiental para actividades eléctricas**  
Fuente: CONELEC

ARTICULO	DESCRIPCION
9, 11, 12	El CONELEC y el Ministerio del Ambiente mantendrán una estrecha coordinación y cooperación a fin de, gestionar, agilizar, prevenir y solucionar conflictos ambientales, con sujeción al Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental previsto en la Ley de Gestión Ambiental. Además el Ministerio de Energía y Minas coordinará con el CONELEC la aplicación de políticas ambientales, y finalmente el CONECEL coordinará con entidades del Régimen Seccional Autónomo el cumplimiento de planes ambientales dentro de sus jurisdicciones.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

13	Los concesionarios y titulares de permisos y licencias para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, serán responsables de la aplicación de las normas legales, reglamentos, regulaciones e instructivos impartidos por el CONELEC, dentro del marco general del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. Entre otras cosas destaca para ello lo siguiente: Utilizar en las operaciones, procesos y actividades, tecnologías y métodos que atenúen, y en la medida de lo posible prevengan, la magnitud de los impactos negativos en el ambiente.
15	Las personas naturales o jurídicas autorizadas por el CONELEC para realizar actividades de generación, transmisión o distribución de energía eléctrica están obligadas a tomar medidas técnicas y operativas, con el fin de que el contenido contaminante de las emisiones y descargas provenientes de sus actividades no superen los límites permisibles establecidos en las normas nacionales y seccionales de protección ambiental. Para emisiones a la atmósfera Las emisiones se mantendrán por debajo de los límites permisibles establecidos en el Reglamento que determina las normas generales de emisión para fuentes fijas de combustión

De acuerdo a lo expresado en el literal e) del Artículo 7 del Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), ha elaborado “Normas y técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte Puertos y Aeropuertos”<sup>3</sup> cuyo Anexo 3A, menciona entre otras cosas lo siguiente [26]:

<sup>3</sup> Registro Oficial 041 del 14 de Marzo de 2007



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### 2.3.1. NORMA DE EMISIONES AL AIRE DESDE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

La presente normativa tiene como objetivo proteger la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, este instrumento establece los límites máximos permisibles de emisiones al aire desde las centrales termoeléctricas que utilizan tecnologías con calderos de vapor, turbina a gas y motores de combustión interna.

#### 2.3.1.1. DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS QUE OPERAN CON CALDEROS GENERADORES DE VAPOR.

Para calderos generadores de vapor, los límites máximos permisibles de emisión están establecidos en la Tabla 2.3 y en la Tabla 2.4:

**Tabla 2.3 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para calderos generadores de vapor norma para fuentes en operación antes de Enero del 2003**

Fuente: Ministerio del Ambiente.

Contaminante Emitido	Combustible Utilizado	Valor	Unidades
Partículas Totales	Sólido	355	$mg/Ndm^3$
	Líquido	355	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Sólido	1100	$mg/Ndm^3$
	Líquido	700	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	500	$mg/Ndm^3$
Dióxido de Azufre	Sólido	1650	$mg/Ndm^3$
	Líquido	1650	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 2.4 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para calderos generadores de vapor norma para fuentes en operación a partir de Enero del 2003**

Fuente: Ministerio del Ambiente.

Contaminante Emitido	Combustible Utilizado	Valor	Unidades
Partículas Totales	Sólido	150	$mg/Ndm^3$
	Líquido	150	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Sólido	850	$mg/Ndm^3$
	Líquido	550	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	400	$mg/Ndm^3$
Dióxido de Azufre	Sólido	1650	$mg/Ndm^3$
	Líquido	1650	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

Para el caso de calderos generadores de vapor que utilicen combustibles derivados de la biomasa, los límites máximos permisibles de emisión se muestran en la Tabla 2.5

**Tabla 2.5 Límites máximos permisibles de emisiones al aire desde combustión de biomasa en calderos generadores de vapor**

Fuente: Ministerio del Ambiente.

Contaminante Emitido	Fuentes existentes	Fuentes nuevas	Unidades
Partículas Totales	300	150	$mg/Ndm^3$

### 2.3.1.2. DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS QUE OPERAN CON TURBINAS A GAS.

En las Tablas 2.6 y 2.7 se indican los límites máximos permisibles de emisión para centrales termoeléctricas que operan con turbinas a gas:



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 2.6 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para turbinas a gas norma para fuentes en operación antes de Enero del 2003**  
**Fuente: Ministerio del Ambiente.**

Contaminante Emitido	Combustible Utilizado	Valor	Unidades
Partículas Totales	Líquido	150	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Líquido	400	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	300	$mg/Ndm^3$
Dióxido de Azufre	Líquido	700	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

**Tabla 2.7 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para turbinas a gas norma para fuentes en operación a partir de Enero del 2003**  
**Fuente: Ministerio del Ambiente.**

Contaminante Emitido	Combustible Utilizado	Valor	Unidades
Partículas Totales	Líquido	50	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Líquido	165	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	125	$mg/Ndm^3$
Dióxido de Azufre	Líquido	700	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

### **2.3.1.3. DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES AL AIRE EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS QUE OPERAN CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

En las Tablas 2.8 y 2.9 se indican los límites máximos permisibles de emisión para centrales termoeléctricas que operan con motores de combustión interna.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 2.8 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para motores de combustión interna norma para fuentes en operación antes de Enero del 2003**

**Fuente: Ministerio del Ambiente.**

<b>Contaminante Emitido</b>	<b>Combustible Utilizado</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Partículas Totales	Líquido	350	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Líquido	2300	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	2300	$mg/Ndm^3$
Dióxido de Azufre	Líquido	1500	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

**Tabla 2.9 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para motores de combustión interna norma para fuentes en operación a partir de Enero del 2003**

**Fuente: Ministerio del Ambiente.**

<b>Contaminante Emitido</b>	<b>Combustible Utilizado</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Partículas Totales	Líquido	150	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Líquido	2000	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	2000	$mg/Ndm^3$
Dióxido de Azufre	Líquido	1500	$mg/Ndm^3$
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

Nota:  $mg/Ndm^3$ , miligramo por metro cúbico de gas, a condiciones normales, mil trece milibares de presión (1013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca, y corregidos a 15% de oxígeno.

Los combustibles líquidos comprenden: diesel, kerosene, búnker, crudo, nafta entre otros.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### 2.4. TIPOS DE CENTRALES TÉRMICAS QUE SE UTILIZAN EN EL ECUADOR.

Actualmente existen tres tipos de centrales térmicas generadoras que operan en el Ecuador, ellas son: centrales a vapor, centrales a gas y centrales con máquinas a combustión interna, en la Tabla 2.10 se muestra la central, la capacidad o potencia instalada y el tipo de central correspondiente:

**Tabla 2.10. Centrales térmicas en el Ecuador.  
Fuente: CELEC, CONELEC, ELECTROGUAYAS**

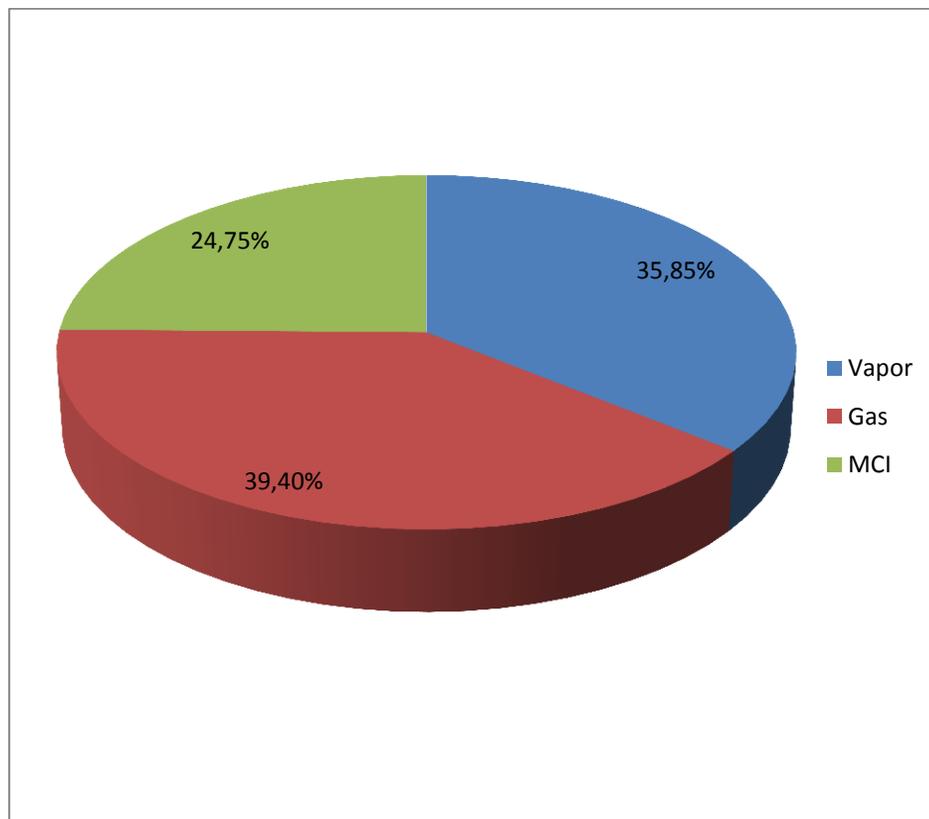
UNIDAD CENTRAL DE NEGOCIOS	CENTRAL	CAPACIDAD	TIPO	COMBUSTIBLE UTILIZADO
Termoesmeraldas	Esmeraldas	132	Vapor	Fuel Oil #6
Electroguayas	Trinitaria	133	Vapor	Fuel Oil #4
	Gonzalo Zevallos	146	Vapor	Diesel - Arranque Búnker - Operación
	Santa Elena	90	MCI	Diesel
	Pascuales	96	Gas	Diesel 2
	Pascuales II	132	Gas	Diesel 2
	Gonzalo Zevallos TG4	20	Gas	Diesel 2
Termogas Machala	Gas Machala	132	Gas	Gas Natural
Termopichincha	Miraflores Manta TG1	22	Gas	Diesel/Gas Natural
	Santa Rosa	49.8	Gas	Diesel
	La Propicia	9.2	MCI	Fuel Oil #6
	Miraflores U7 ,8, 16, 18, 22, 9, 10,	32	MCI	Fuel Oil y Diesel



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

	13, 14, 15, 3, 11, 12			
	Guangopolo	32.2	MCI	Residuo de Petróleo
	Manta II	20.4	MCI	Fuel Oil
	Quevedo	100	MCI	Diesel 2
<b>TOTAL</b>		1146.6		

En la Gráfica 2.2 se muestra la distribución de las capacidades instaladas de las centrales térmicas generadoras según su tecnología:

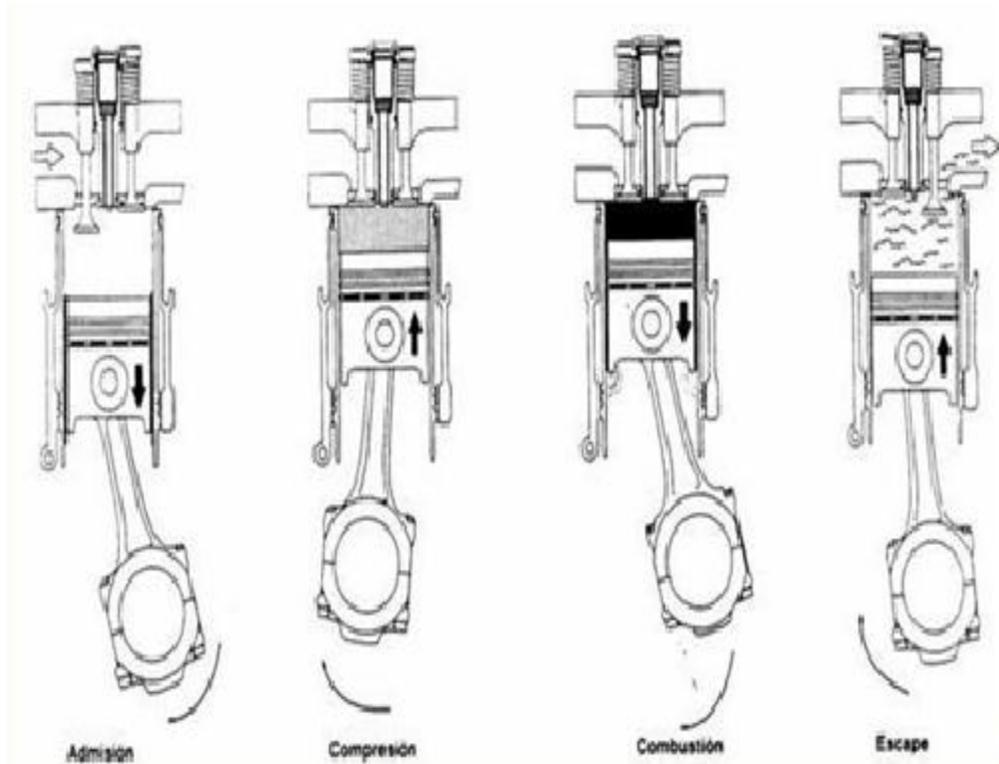


**Gráfica 2.2. Distribución de las capacidades instaladas según tecnología.**  
Fuente: CELEC, CONELEC, ELECTROGUAYAS



A continuación se explica brevemente los principios de funcionamiento de las diferentes tecnologías de máquinas térmicas para generación eléctrica que se utilizan en el Ecuador y que se habían mencionado anteriormente:

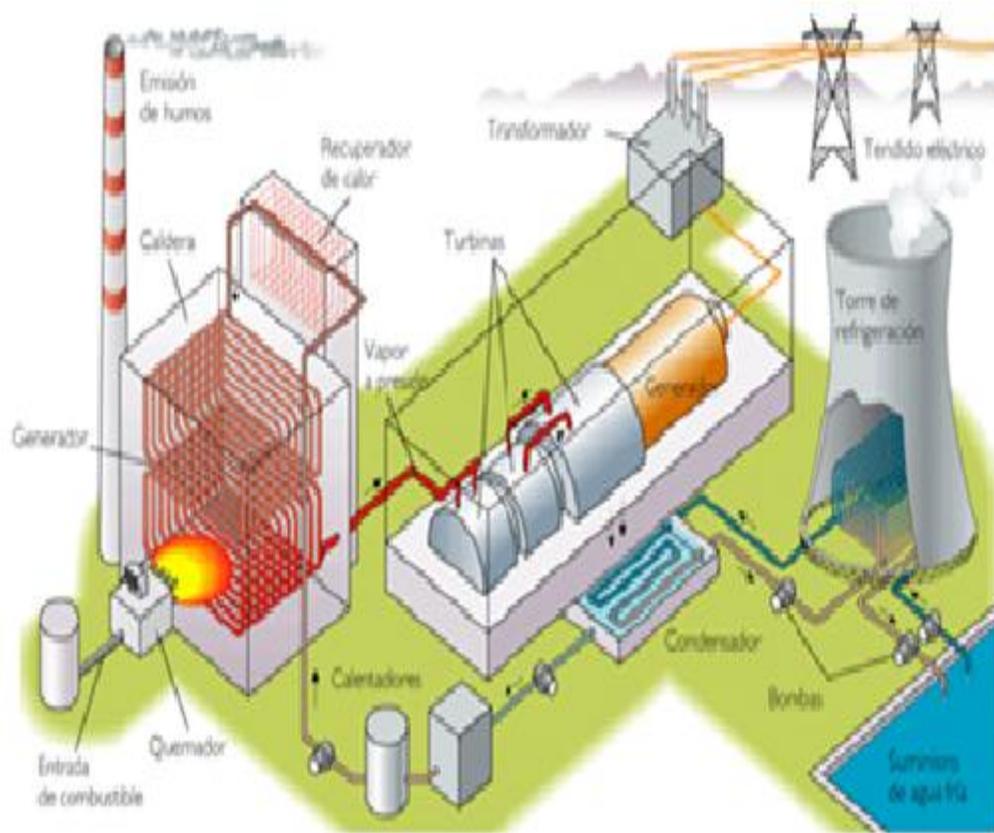
## 2.4.1. CENTRAL TÉRMICA CON MÁQUINAS A COMBUSTIÓN INTERNA.



**Gráfica 2.3. Centrales con motor a combustión interna**  
Fuente: [www.lym.com.mx](http://www.lym.com.mx)

Las centrales que cuentan con motores a combustión interna, son motores de 4 tiempos, en la Gráfica 2.3 se indica la acción realizada en cada tiempo. En el primer tiempo se realiza la admisión de la mezcla aire-combustible, en el segundo tiempo se realiza la compresión de la mezcla, en el tercer tiempo se realiza la combustión (expansión) por la presión elevada que se consigue y finalmente en el cuarto tiempo se envían los gases por un canal de escape a la atmósfera consiguiendo de este modo el movimiento de un cigüeñal (mecánico) que moverá posteriormente al rotor del generador. [27]

### 2.4.2. CENTRAL TÉRMICA A VAPOR.

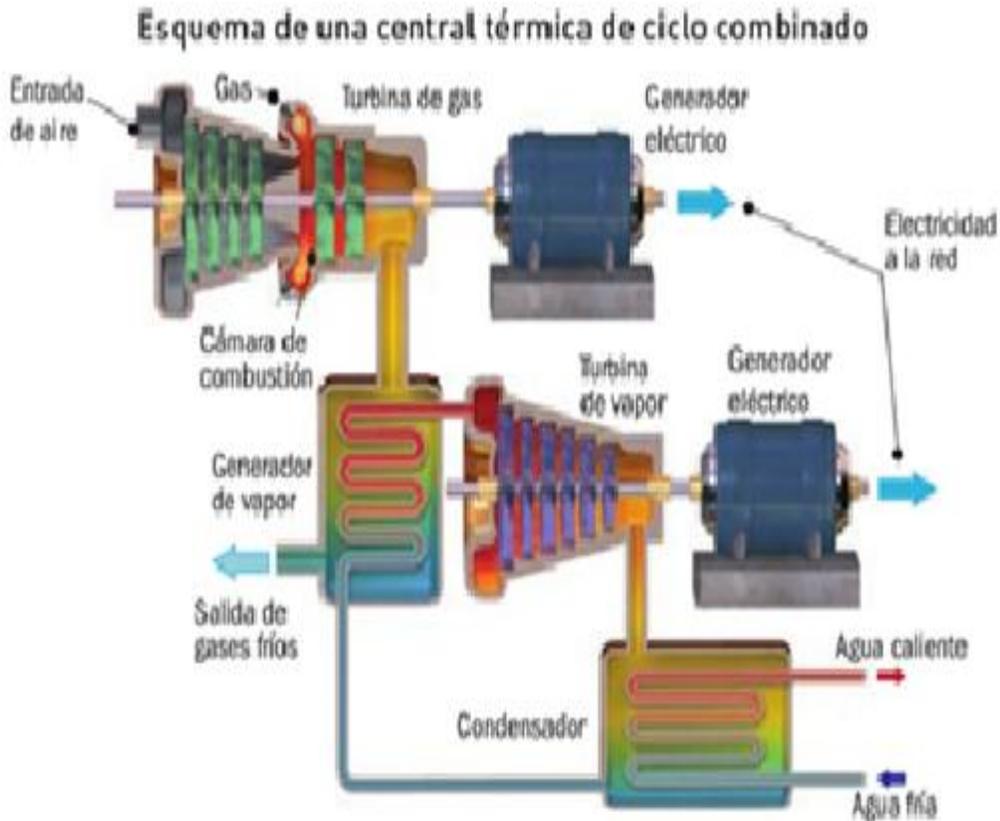


**Gráfica 2.4. Esquema central térmica a vapor**  
Fuente: [huelladecarbon.com.ar](http://huelladecarbon.com.ar)

En la Gráfica 2.4. Se muestra una central térmica a vapor en donde, el combustible y el aire ingresan a los quemadores, ésta mezcla incrementa la temperatura de la caldera consiguiendo de este modo que el agua se transforme en vapor a temperatura y presión adecuadas. El vapor se expande, moviendo la turbina, con lo que se obtiene la energía mecánica y mediante un eje acoplado al rotor del generador la energía eléctrica. El vapor que sale de la turbina es llevada a un condensador en donde se produce un intercambio de temperatura convirtiéndose en agua y enviada nuevamente a la caldera pasando por recalentadores de este modo se cierra el ciclo. [28]



2.4.3. CENTRAL TÉRMICA A GAS / CICLO COMBINADO



Gráfica 2.5. Central térmica a vapor /ciclo combinado

Fuente: [www.ktmet.com](http://www.ktmet.com)

En la Gráfica 2.5 se muestra una central térmica a gas, en donde se hace pasar aire por un turbocompresor con la finalidad de incrementar la presión. El aire comprimido llega a la cámara de combustión, el mismo que se mezcla con el gas natural (o combustible atomizado) y se genera la combustión de modo que la expansión de los gases provoca el movimiento de la turbina a gas y con ello se consigue el movimiento mecánico, y finalmente la energía eléctrica se consigue debido al giro del rotor que está acoplado al eje de la turbina. [29]

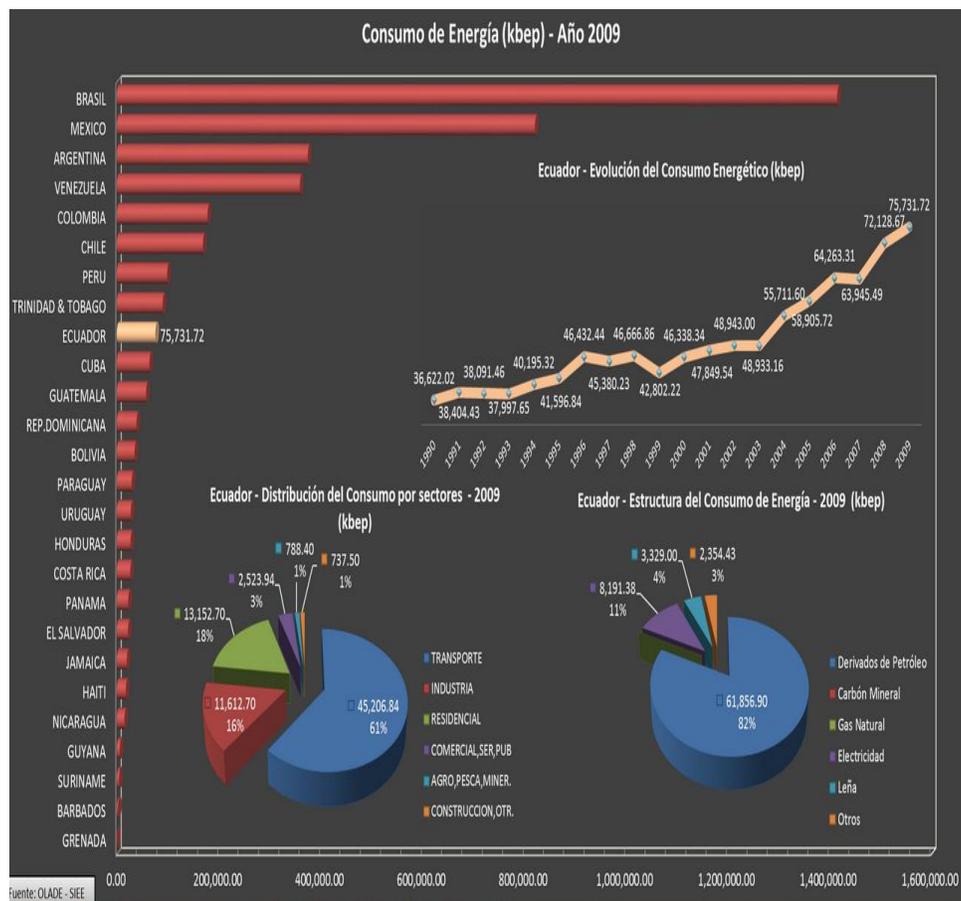
El ciclo combinado consiste básicamente en aprovechar los gases de escape de una central térmica a gas con la finalidad de incrementar la temperatura que aún poseen dichos gases de escape en la caldera de la central térmica a vapor, consiguiendo de este modo una mayor eficiencia en el momento de producir energía eléctrica. [29]



2.5. ESTADISTICAS ENERGÉTICAS.

Es importante conocer la evolución del consumo de combustibles fósiles para la producción de energía, ya que con esta información se puede tener una referencia de cómo se han incrementado las emisiones de los diversos contaminantes y de sus consecuencias

En el Ecuador se ha incrementado el consumo energético para diversas actividades, en la Gráfica 2.6 se presentan algunos datos estadísticos de la evolución del consumo energético y sus respectivas fuentes:

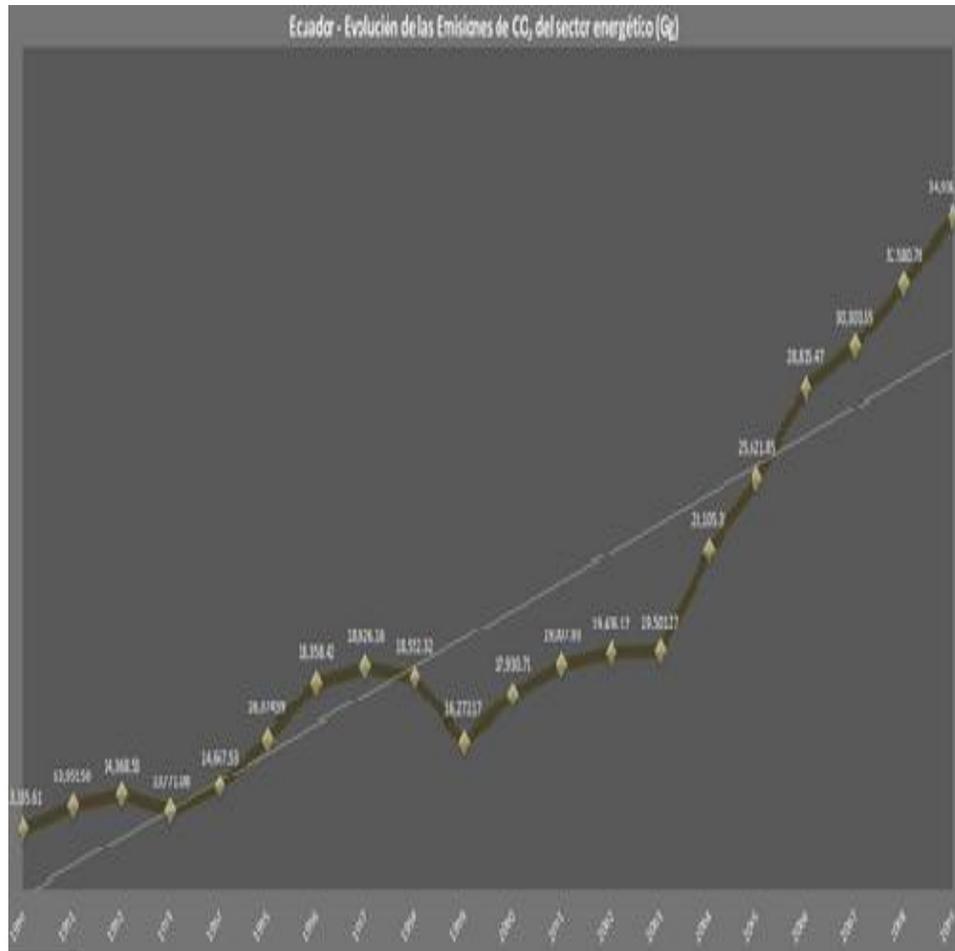


Gráfica 2.6. Consumo de energía Ecuador Fuente: OLADE



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la Gráfica 2.6, se puede apreciar que al año 2009, el sector del transporte era el sector que más energía demandaba (más del 50%), así mismo se observa que la fuente primaria de donde se obtiene la mayor cantidad de energía está basada en combustibles fósiles o derivados del petróleo, además de ello se puede observar la curva del consumo energético en el transcurso del tiempo. [30]

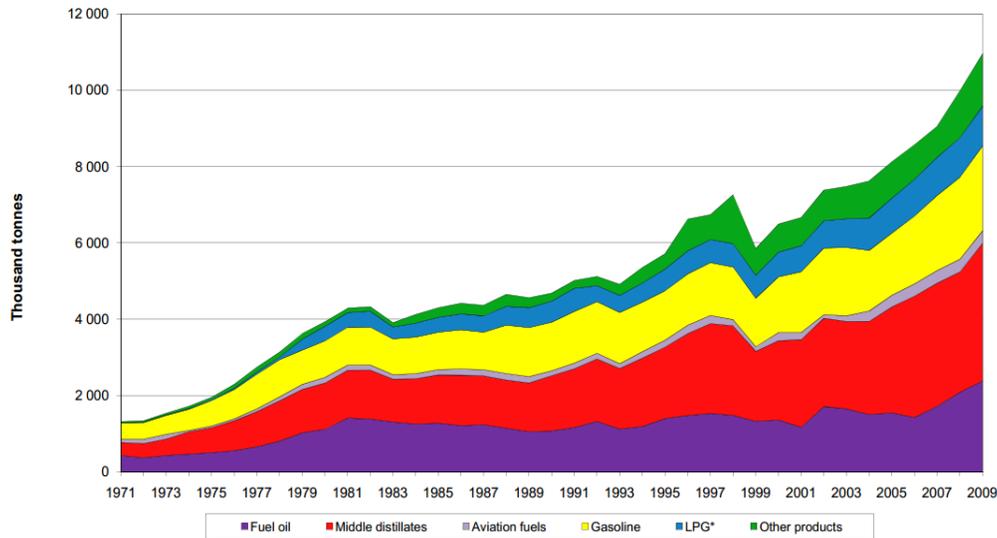


**Gráfica 2.7. Evolución de las emisiones de  $CO_2$  sector energético.**  
Fuente: OLADE

En la Gráfica 2.7, se indica como las emisiones de  $CO_2$  han ido incrementándose a lo largo del tiempo a causa de una mayor demanda de energía. [31]



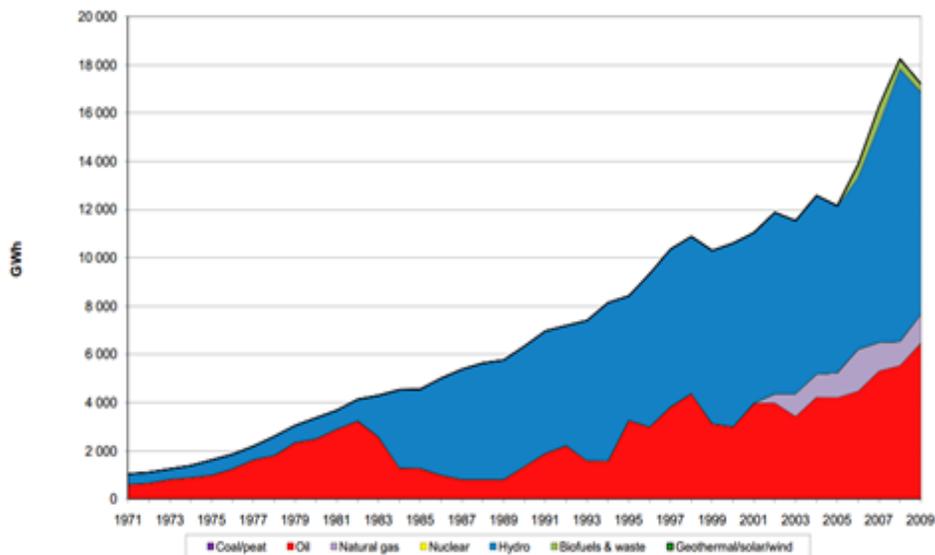
# UNIVERSIDAD DE CUENCA



**Gráfica 2.8. Consumo de productos derivados del petróleo.**  
**Fuente: Agencia Internacional de Energía.**

En la Gráfica 2.8, se puede observar la evolución del consumo de los diferentes derivados del petróleo dentro del Ecuador, marcado por un gran aumento de éstos combustibles en los últimos años, debido al incremento de demanda por parte de los consumidores finales. [32]

Adicionalmente en la Gráfica 2.9, se muestra la producción de energía eléctrica de diversas fuentes primarias, en donde se puede notar claramente que la energía térmica ha ido incrementándose por el paso de los años. [33]



**Gráfica 2.9. Generación de electricidad por combustible**  
**Fuente: Agencia Internacional de Energía**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## CAPÍTULO III

### DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES

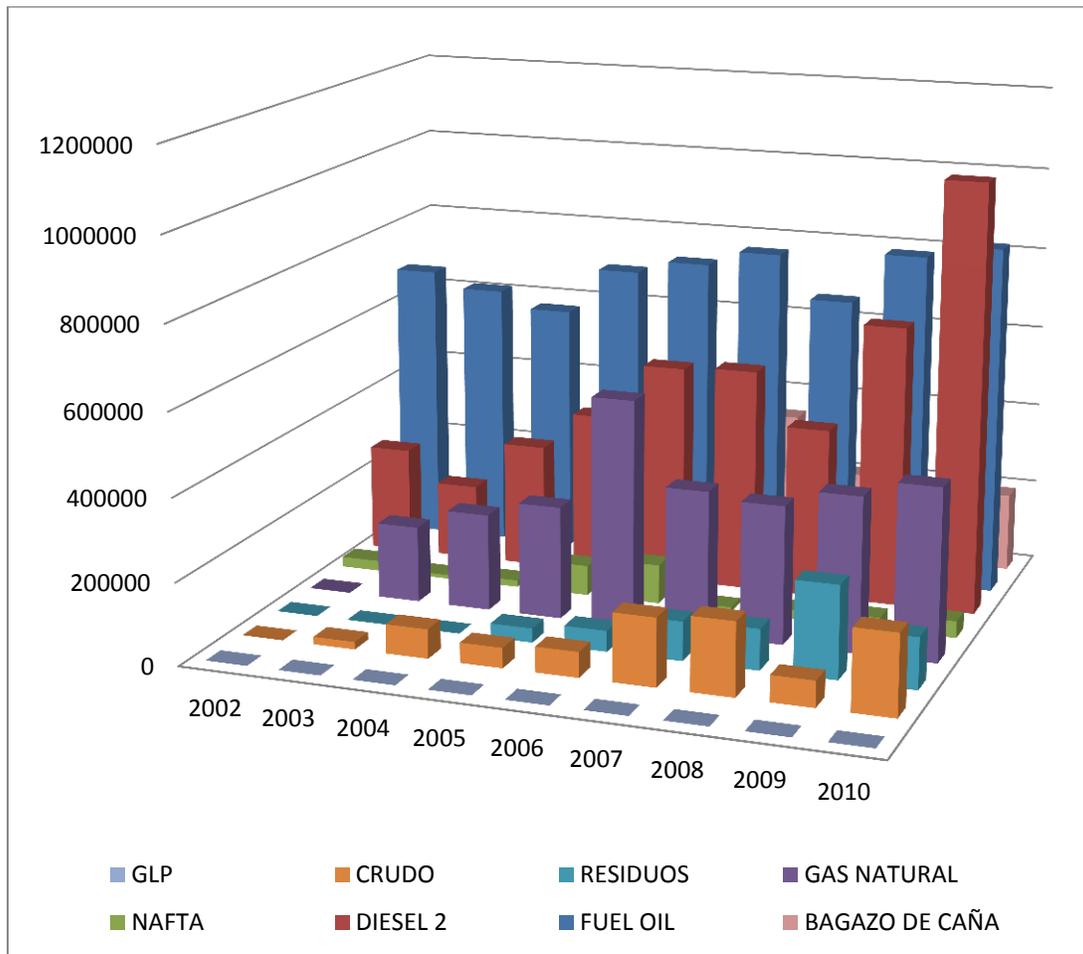
#### 3.1. INTRODUCCIÓN

En este documento se definen, a priori, los factores de emisión, para determinar el total de emisiones de los diversos tipos de contaminantes producto de la quema de los distintos combustibles utilizados para la generación de electricidad en el Ecuador.

Para determinar las emisiones de contaminantes, es necesario disponer de información sobre el consumo de combustibles, así como la energía producida por parte del grupo termoeléctrico del Ecuador que involucra a generadoras, distribuidoras y auto productores para la generación de energía eléctrica. A continuación se exponen los consumos históricos en forma resumida desde el año 2002 hasta el año 2010, además en el Anexo I se muestran los consumos detallados de combustibles así como la producción de energía eléctrica por generadoras térmicas. [34].

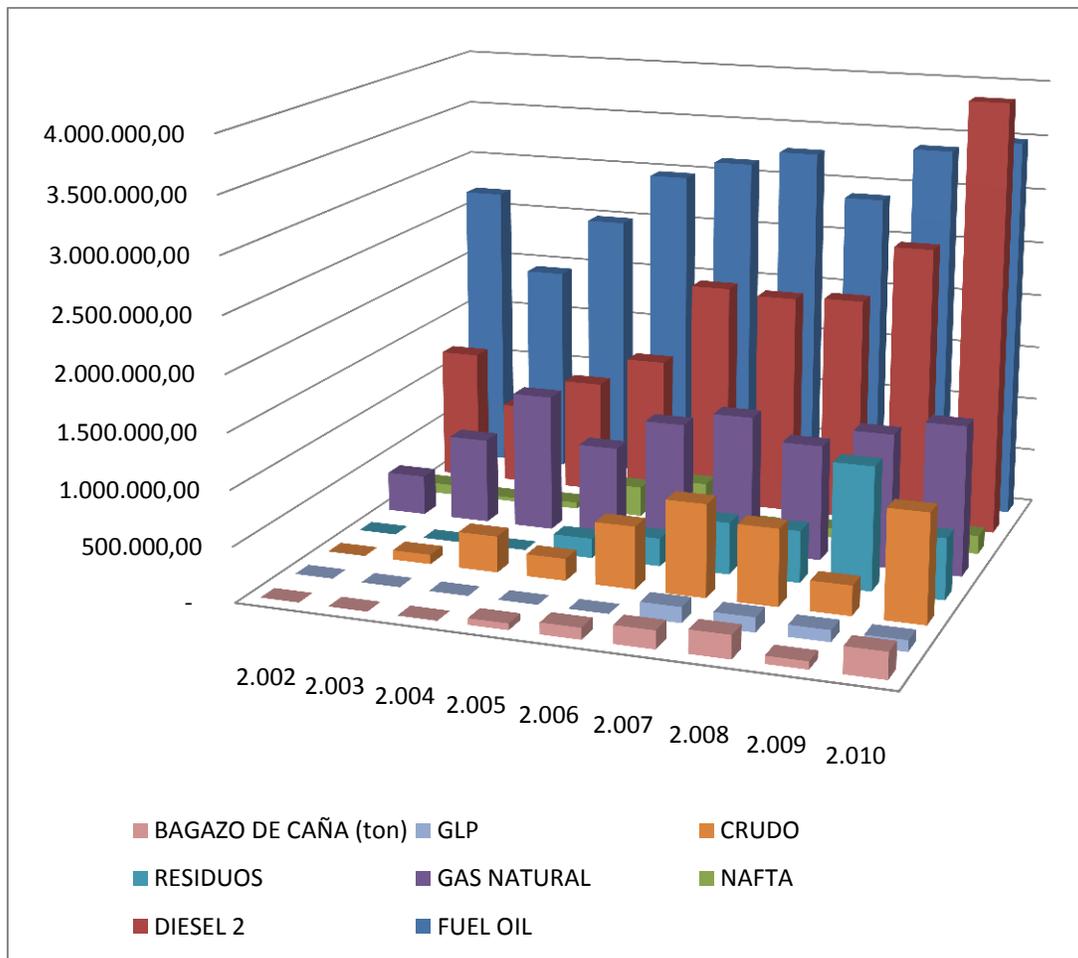
#### 3.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE 2002-2010

En la Gráfica 3.1 se muestra el consumo de combustibles en el periodo 2002 - 2010, en el cuál indica que el fuel oil ha sido el combustible más utilizado para la generación de energía eléctrica en las centrales térmicas en el Ecuador. De la misma manera se observa un incremento en el consumo del diesel, siendo en el año 2010 el combustible más utilizado. Cabe resaltar el incremento del consumo de gas natural, crudo y bagazo de caña, los mismos que se exponen en el Anexo 2:



**Gráfica 3.1. Consumo histórico de combustibles fósiles**  
Fuente: Propia

La Gráfica 3.2 muestra el total de energía producida en los años 2002 -2010 por los distintos tipos de combustibles. Se observa que los combustibles más utilizados son el fuel oil y el diesel; en menor proporción el gas natural y el crudo, seguidos muy de lejos por los residuos, nafta, GLP y bagazo de caña. Estos datos se detallan en el Anexo 3:



**Gráfica. 3.2. Histórico de energía total producida por centrales térmicas**  
Fuente: Propia

### 3.3. METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES

En el presente documento se determinan las emisiones de dos formas [35]:

- a) Método por Combustible
- b) Método por Energía

El primer método consiste en determinar las emisiones atmosféricas en base al consumo de combustible de las centrales térmicas para la generación de energía eléctrica:



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$\text{Emisiones} = \text{Total Combustible} \times \text{Factor de Emisión} \quad \text{Ec.1}$$

En donde:

**Emisiones:** Cantidad de contaminante emitido por determinado combustible, [Ton. De Contaminante].

**Total Combustible:** Cantidad de combustible consumido para la generación de energía eléctrica, [Ton. De Combustible].

**Factor de Emisión:** Relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera [Ton. De Contaminante] y la cantidad de combustible usado para la generación de energía eléctrica [Ton. De Combustible].

El segundo método consiste en determinar las emisiones atmosféricas en base al total de energía eléctrica producida por las centrales térmicas:

$$\text{Emisiones} = \text{Total Energía} \times \text{Factor de Emisión} \quad \text{Ec.2}$$

En donde:

**Emisiones:** Cantidad de contaminante emitido por determinado combustible, [Ton. De Contaminante].

**Total Energía:** Cantidad de Energía producida por las centrales térmicas [MWh].

**Factor de Emisión:** Relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera [Ton. De Contaminante] y la Cantidad de Energía eléctrica producida por las centrales térmicas [MWh].



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

A continuación se calculan los factores de emisión utilizados para determinar la cantidad de emisiones a la atmósfera:

### 3.3.1. FACTOR DE EMISIÓN POR COMBUSTIBLE.

En la Ec.1, es necesario conocer el total de combustibles consumidos para la generación de energía eléctrica y el factor de emisión. En el caso de este último, para determinarlo en las unidades que se las requiere para realizar el cálculo de emisiones  $\left(\frac{\text{Toneladas de contaminante}}{\text{Toneladas de Combustible}}\right)$ , se parte de un factor adicional emitido por la OLADE  $\left(\frac{\text{Toneladas de contaminante}}{TJ}\right)$  [35], para posteriormente convertirlo a las unidades antes mencionadas, aquellos se ilustran en la Tabla 3.1:

**Tabla 3.1: Factor por tipo de combustible y contaminante**  
**Fuente: OLADE**

ton CONTAMINANTE/TJ						
ENERGETICO	DIOXIDO DE CARBONO	MONOXIDO DE CARBONO	HIDROCARBUROS	OXIDO DE NITROGENO	ANHIDRIDO SULFUROSO	PARTICULAS
FUEL OIL	74,142	0,163	0,004	0,327	0,929	0,041
DIESEL OIL	69,957	0,161	0,004	0,322	0,221	0,007
NAFTA	69,957	0,161	0,004	0,322	0,221	0,007
CRUDO	72,35	0,053	0,017	0,234	0,021	0,017
RESIDUOS	78,382	0,053	0,0164	0,233	0,482	0,017
GAS NATURAL	49,68	0,114	0,005	0,265	0,0004	-
GLP	66,928	0,016	0,001	0,066	0,431	0,001
BAGAZO DE CAÑA	97,123	0,131	-	0,079	-	1,05

Además, se necesitan de los valores de densidad y poder calorífico neto de cada tipo de combustible, los mismos que se presentan en la Tabla 3.2:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 3.2: Densidad y poder calorífico neto por tipo de combustible**  
**Fuente: CORDELIM**

Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)
Fuel oil	0,96	39,8
Diesel	0,88	41,4
Nafta	0,74	41,8
Crudo	0,86	40,1
Residuos	0,86	20,3
Bagazo de Caña	0,21	18,81
Gas Natural	0,00074	46,5
GLP	0,000535	92,7

Determinados los valores de las Tablas 3.1 y 3.2, se calcula los factores de emisión (FE), los cuales difieren entre los distintos tipos, tanto de combustible como de contaminantes. Las unidades del factor de emisión, están dadas en  $\frac{\text{toneladas de contaminante}}{\text{toneladas de combustible consumido}}$  y para obtenerlas, se aplica el siguiente procedimiento:

- Producto de la densidad ( $\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$ ) por el poder calorífico neto ( $\frac{\text{TJ}}{103\text{ton}}$ ) de cada combustible. El valor obtenido está expresado en  $\frac{\text{TJ}}{103\text{m}^3}$ , que posteriormente se lo convierte en  $\frac{\text{TJ}}{\text{Galones}}$  en el caso de combustibles líquidos (Ec.3), y en  $\frac{\text{TJ}}{\text{Pie}^3}$  en el caso de combustibles gaseosos (Ec.4), así:

$$\text{Factor1 (TJ/Gal)} = \text{Densidad} \times \text{Poder Calorífico} \times \frac{0,0037853}{1000} \quad \text{Ec.3}$$

$$\text{Factor1 (TJ/Gal)} = \frac{\text{Densidad} \times \text{Poder Calorífico}}{35,3356 \times 1000} \quad \text{Ec.4}$$



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Con las ecuaciones Ec.3 y Ec.4 se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 3.3:

**Tabla 3.3: Factor expresado en TJ/Gal y TJ/Pie<sup>3</sup>**

Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	Factor1 (TJ/Gal)
Fuel oil	0,96	39,8	0,0001446
Diesel	0,88	41,4	0,0001379
Nafta	0,74	41,8	0,0001170
Crudo	0,86	40,1	0,0001305
Residuos	0,86	20,3	6,608E-05
Bagazo de Caña	0,21	18,81	1,4952E-05
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/pie <sup>3</sup>
Gas Natural	0,00074	46,5	9,7380E-07
GLP	0,000535	92,7	1,4035E-06

- A los datos de la Tabla 3.1 y Tabla 3.3, se los multiplica para determinar el factor de emisión en  $\frac{\text{Toneladas de Contaminante}}{\text{Galones de Combustible}}$  (Ec.5), para luego pasarlos a  $\frac{\text{Toneladas de Contaminante}}{\text{Toneladas de Combustible}}$ , que finalmente es utilizado para realizar los cálculos pertinentes:

$$\text{Factor de Emisión} = \text{Factor por Tipo de Combustible y Contaminante} \times \text{Factor1} \quad \text{Ec.5}$$

- De ésta manera se obtienen los factores de emisión, los mismos que a posteriori servirán para determinar las emisiones.

Cabe acotar que los datos de la Tabla 3.3 son constantes para todos los cálculos de los factores de emisión y los valores que cambian son los datos de la Tabla 3.1, dependiendo del tipo de contaminante para el que se esté realizando el cálculo. A continuación se muestran los factores de emisión por tipo de contaminante:



Tabla 3.4: FE contaminante CO<sub>2</sub>

<b>DIÓXIDO DE CARBONO</b>						
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/Gal	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./gal)	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Fuel oil</b>	0,96	39,8	0,0001446	74,142	0,01072306	<b>2,954989</b>
<b>Diesel</b>	0,88	41,4	0,0001379	69,957	0,00964749	<b>2,900281</b>
<b>Nafta</b>	0,74	41,8	0,0001170	69,957	0,00819104	<b>2,928303</b>
<b>Crudo</b>	0,86	40,1	0,0001305	72,35	0,00944455	<b>2,905303</b>
<b>Residuos</b>	0,86	20,3	6,608E-05	78,382	0,00517977	<b>1,593386</b>
<b>Bagazo de Caña</b>	0,21	18,81	1,4952E-05	97,123	0,001452214	<b>1,829445</b>
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/pie <sup>3</sup>	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./pie <sup>3</sup> )	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Gas Natural</b>	0,00074	46,5	9,7380E-07	49,68	4,83787E-05	<b>2,308755</b>
<b>GLP</b>	0,000535	92,7	1,4035E-06	66,928	9,39358E-05	<b>6,200594</b>

Tabla 3.5: FE contaminante CO

<b>MONÓXIDO DE CARBONO</b>						
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/Gal	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./gal)	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Fuel oil</b>	0,96	39,8	0,0001446	0,163	2,357E-05	<b>0,006496</b>
<b>Diesel</b>	0,88	41,4	0,0001379	0,161	2,220E-05	<b>0,006675</b>
<b>Nafta</b>	0,74	41,8	0,0001170	0,161	1,885E-05	<b>0,006739</b>
<b>Crudo</b>	0,86	40,1	0,0001305	0,053	6,918E-06	<b>0,002128</b>
<b>Residuos</b>	0,86	20,3	6,6083E-05	0,053	3,502E-06	<b>0,001077</b>
<b>Bagazo de Caña</b>	0,21	18,81	1,4952E-05	0,131	1,958E-06	<b>0,002468</b>
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/pie <sup>3</sup>	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./pie <sup>3</sup> )	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Gas Natural</b>	0,00074	46,5	9,7380E-07	0,114	1,110E-07	<b>0,005298</b>
<b>GLP</b>	0,000535	92,7	1,4035E-06	0,016	2,245E-08	<b>0,001482</b>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 3.6: FE contaminante Hidrocarburos**

<b>HIDROCARBUROS</b>						
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/Gal	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./gal)	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Fuel oil</b>	0,96	39,8	0,0001446	0,004	5,7851E-07	<b>0,000159</b>
<b>Diesel</b>	0,88	41,4	0,0001379	0,004	5,5162E-07	<b>0,000166</b>
<b>Nafta</b>	0,74	41,8	0,0001170	0,004	4,6834E-07	<b>0,000167</b>
<b>Crudo</b>	0,86	40,1	0,000130	0,017	2,2191E-06	<b>0,000683</b>
<b>Residuos</b>	0,86	20,3	6,6083E-05	0,0164	1,0837E-06	<b>0,000333</b>
<b>Bagazo de Caña</b>	0,21	18,81	1,4952E-05	-	-	-
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/pie <sup>3</sup>	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./pie <sup>3</sup> )	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Gas Natural</b>	0,00074	46,5	9,7380E-07	0,005	4,8690E-09	<b>0,000232</b>
<b>GLP</b>	0,00053	92,7	1,4035E-06	0,001	1,4035E-09	<b>0,000093</b>

**Tabla 3.7: FE contaminante Óxido de Nitrógeno**

<b>ÓXIDO DE NITROGENO</b>						
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/Gal	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./gal)	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Fuel oil</b>	0,96	39,8	0,00014462	0,327	4,7293E-05	<b>0,013033</b>
<b>Diesel</b>	0,88	41,4	0,00013790	0,322	4,4405E-05	<b>0,013349</b>
<b>Nafta</b>	0,74	41,8	0,00011708	0,322	3,7702E-05	<b>0,013478</b>
<b>Crudo</b>	0,86	40,1	0,0001305	0,234	3,0546E-05	<b>0,009397</b>
<b>Residuos</b>	0,86	20,3	6,6083E-05	0,233	1,5397E-05	<b>0,004737</b>
<b>Bagazo de Caña</b>	0,21	18,81	1,4952E-05	0,079	1,1812E-06	<b>0,001488</b>
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/pie <sup>3</sup>	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./pie <sup>3</sup> )	Factor de emisión (t contam./ton)
<b>Gas Natural</b>	0,00074	46,5	9,7380E-07	0,265	2,5805E-07	<b>0,012315</b>
<b>GLP</b>	0,000535	92,7	1,4035E-06	0,066	9,2633E-08	<b>0,006115</b>



Tabla 3.8: FE contaminante Anhídrido Sulfuroso

<b>ANHÍDRIDO SULFUROSO</b>						
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/Gal	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./gal)	Factor de emisión (t contam./ton)
Fuel oil	0,96	39,8	0,000144629	0,929	0,0001343	<b>0,037026</b>
Diesel	0,88	41,4	0,000137906	0,221	3,0477E-05	<b>0,009162</b>
Nafta	0,74	41,8	0,000117087	0,221	2,5876E-05	<b>0,009251</b>
Crudo	0,86	40,1	0,00013054	0,021	2,7413E-06	<b>0,000843</b>
Residuos	0,86	20,3	6,60838E-05	0,482	3,1852E-05	<b>0,009798</b>
Bagazo de Caña	0,21	18,81	1,49523E-05	-	-	-
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/pie <sup>3</sup>	t contam./TJ	Factor de emisión (t CO <sub>2</sub> /pie <sup>3</sup> )	Factor de emisión (t CO <sub>2</sub> /ton)
Gas Natural	0,00074	46,5	9,73805E-07	0,0004	3,8952E-10	<b>0,000019</b>
GLP	0,000535	92,7	1,40354E-06	0,431	6,0492E-07	<b>0,039930</b>

Tabla 3.9: FE contaminante Material Particulado

<b>MATERIAL PARTICULADO</b>						
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/Gal	t contam./TJ	Factor de emisión (t contam./gal)	Factor de emisión (t contam./ton)
Fuel oil	0,96	39,8	0,000144629	0,041	5,9297E-06	<b>0,001634</b>
Diesel	0,88	41,4	0,000137906	0,007	9,6534E-07	<b>0,000290</b>
Nafta	0,74	41,8	0,000117087	0,007	8,1960E-07	<b>0,000293</b>
Crudo	0,86	40,1	0,00013054	0,017	2,2191E-06	<b>0,000683</b>
Residuos	0,86	20,3	6,60838E-05	0,017	1,1234E-06	<b>0,000346</b>
Bagazo de Caña	0,21	18,81	1,49523E-05	1,05	1,5699E-05	<b>0,019778</b>
Combustible	Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico neto (TJ/10 <sup>3</sup> ton)	TJ/pie <sup>3</sup>	t contam./TJ	Factor de emisión (t CO <sub>2</sub> /pie <sup>3</sup> )	Factor de emisión (t CO <sub>2</sub> /ton)
Gas Natural	0,00074	46,5	9,73805E-07	-	-	-
GLP	0,000535	92,7	1,40354E-06	0,001	1,4035E-09	<b>0,000093</b>



**3.3.2. FACTOR DE EMISIÓN POR ENERGÍA.**

En la Ec.2 se observa, que es necesario conocer el total de energía producida por centrales térmicas y el factor de emisión. En este caso al factor de emisión se lo determina en  $\frac{\text{Toneladas de contaminante}}{\text{MWh}}$ , para aquello, se parte de los valores de la Tabla 3.1

Con los valores de la tabla antes mencionada, expresados en  $\frac{\text{Toneladas de Contaminante}}{TJ}$ , se realiza la conversión de unidades a  $\frac{\text{Toneladas de Contaminante}}{\text{MWh}}$  (Ec.6); de ésta manera se obtienen los factores de emisión, que a posteriori servirán para determinar las emisiones:

$$\text{Factor de Emisión} = \frac{\text{Factor1}}{277,95214*1000} \quad \text{Ec.6}$$

A continuación se muestran los factores de emisión por tipo de contaminante:

**Tabla 3.10: Factor de emisión por tipo de energía**

ton CONTAMINANTE/MWh						
ENERGETICO	DIOXIDO DE CARBONO	MONOXIDO DE CARBONO	HIDROCARBUROS	OXIDO DE NITROGENO	ANHIDRIDO SULFUROSO	PARTICULAS
FUEL OIL	0,266743	0,00058643	0,000014390	0,0011764	0,00334230	0,00014750
DIESEL OIL	0,251687	0,00057923	0,000014390	0,0011584	0,00079510	0,00002518
NAFTA	0,000251	0,00000057	0,000000014	0,0000011	0,00000079	0,00000002
CRUDO	0,260296	0,00019068	0,000061161	0,0008418	0,00007555	0,00006116
RESIDUOS	0,281998	0,00019068	0,000059002	0,0008382	0,00173411	0,00006116
GAS NATURAL	0,178735	0,00041014	0,000017988	0,0009534	0,00000143	-
GLP	0,240789	0,00005756	0,000003597	0,0002374	0,00155062	0,00000359
BAGAZO DE CAÑA	0,349423	0,00047130	-	0,0002842	-	0,00377762



**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

**4.1. COMPARATIVA DE METODOLOGÍAS**

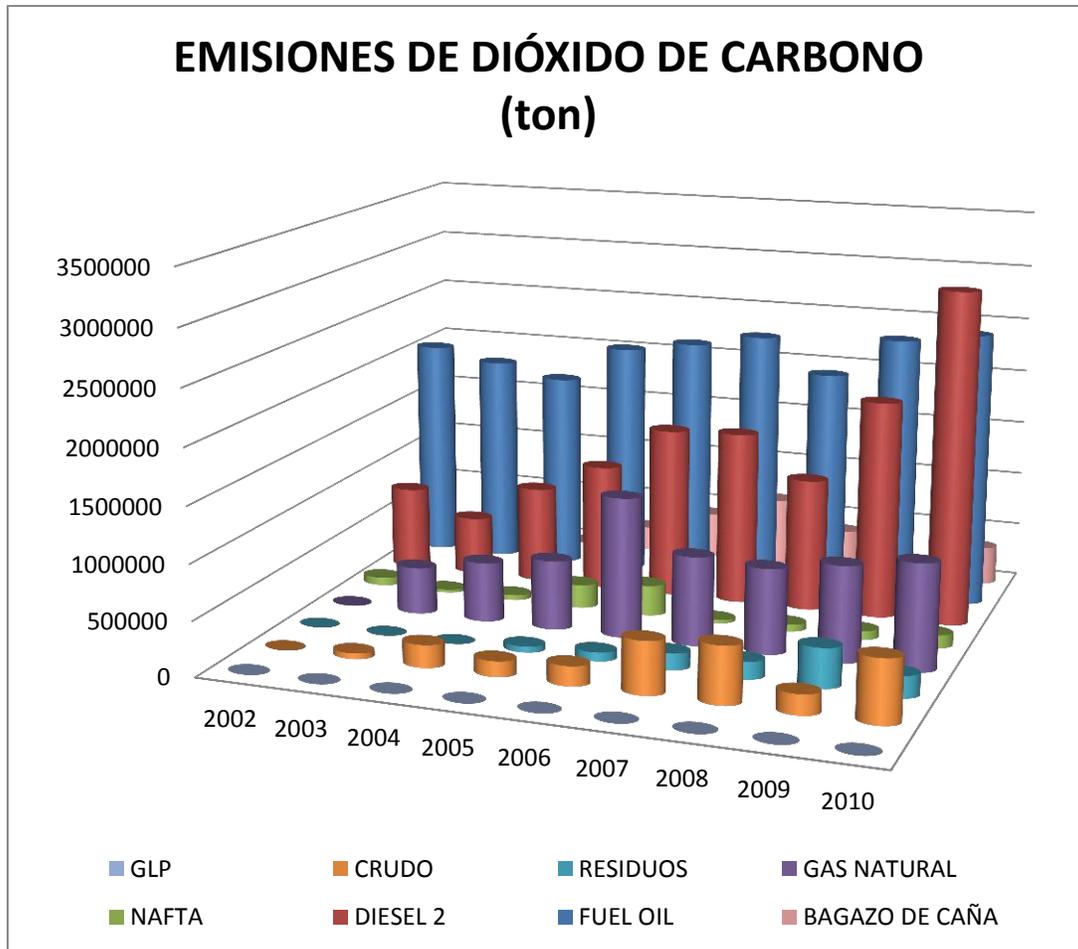
**4.1.1. CÁLCULO DE EMISIONES MEDIANTE MÉTODO POR COMBUSTIBLE**

Para determinar las emisiones por el primer método, se procede a realizar el producto entre el consumo de combustible para la generación de energía eléctrica y el factor de emisión por combustible y contaminante tal como se indica en la Ec.1.

Adicionalmente se han elaborado gráficas para cada una de las emisiones (combustibles y tipo de contaminante) tomando en cuenta el consumo histórico detallado en el Capítulo III:

**Tabla 4.1: Emisiones de CO<sub>2</sub>**

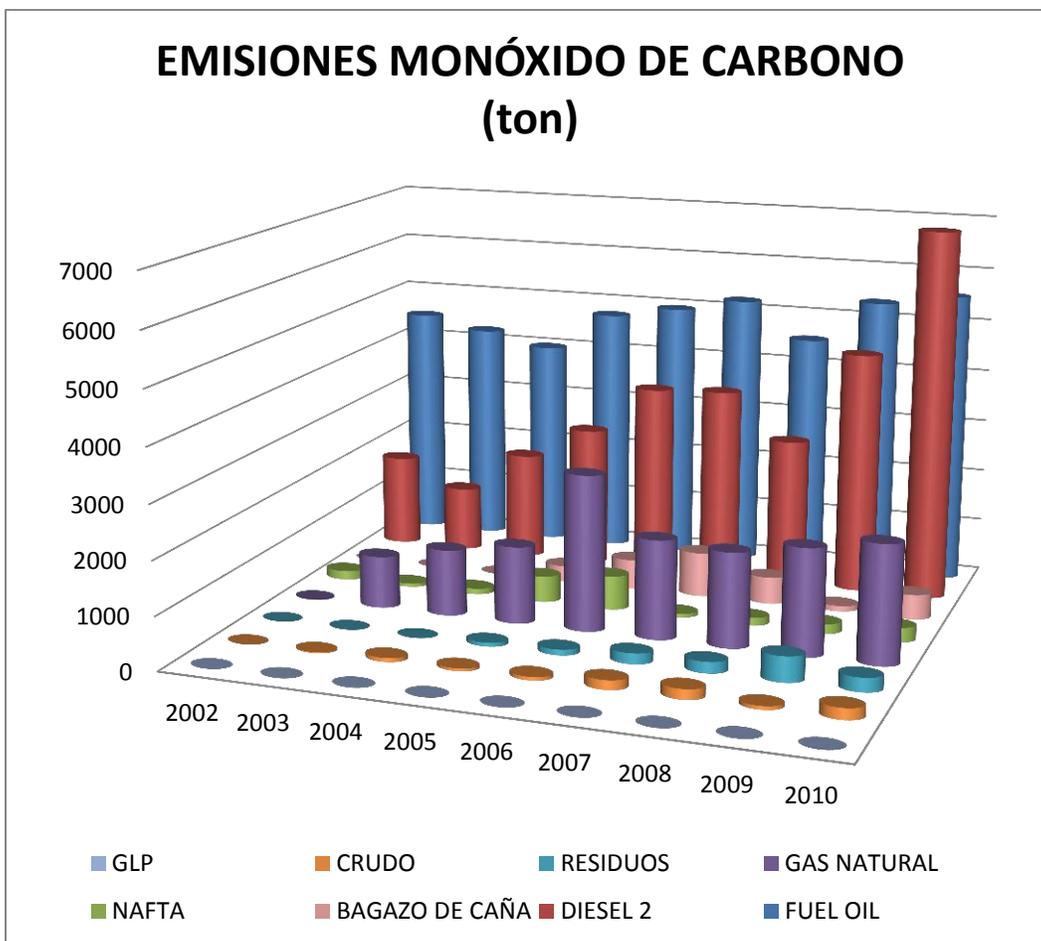
<b>EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (ton)</b>										
<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>2.002</b>	<b>2.003</b>	<b>2.004</b>	<b>2.005</b>	<b>2.006</b>	<b>2.007</b>	<b>2.008</b>	<b>2.009</b>	<b>2.010</b>	<b>TOTAL</b>
FUEL OIL	2.038.808,3	1.931.292,7	1.816.495,5	2.158.432,0	2.255.233,4	2.368.221,8	2.057.769,2	2.428.592,0	2.524.450,1	<b>19.579.295,3</b>
DIESEL 2	765.151,2	539.553,3	890.460,1	1.163.840,6	1.569.445,1	1.593.729,6	1.218.573,4	1.995.782,5	3.039.621,1	<b>12.776.157,2</b>
NAFTA	73.145,63	27.360,7	47.367,4	217.098,2	282.095,6	32.794,9	65.002,4	81.527,0	119.914,3	<b>946.306,3</b>
GAS NATURAL	3.977,78	430.912,9	547.015,6	635.289,6	1.277.446,0	887.662,9	776.921,7	874.538,4	968.225,6	<b>6.401.990,9</b>
RESIDUOS	-	-	-	55.193,5	81.124,0	152.460,8	159.274,0	359.672,6	199.071,7	<b>1.006.796,9</b>
CRUDO	-	53.193,6	206.827,9	142.216,4	179.990,8	480.297,7	519.383,0	185.676,4	571.678,1	<b>2.339.264,2</b>
GLP	-	-	-	-	-	103,77	107,64	95,11	97,24	<b>403,76</b>
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	223.655,9	420.596,8	627.266,4	379.510,7	79.547,9	350.490,6	<b>2.081.068,1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2.881.083,0</b>	<b>2.982.313,5</b>	<b>3.508.166,7</b>	<b>4.595.726,4</b>	<b>6.065.931,8</b>	<b>6.142.538,0</b>	<b>5.176.542,3</b>	<b>6.005.432,2</b>	<b>7.773.549,0</b>	<b>45.131.282,9</b>



**Gráfica 4.1. Emisiones de CO<sub>2</sub>.**  
Fuente: Propia

**Tabla 4.2: Emisiones de CO**

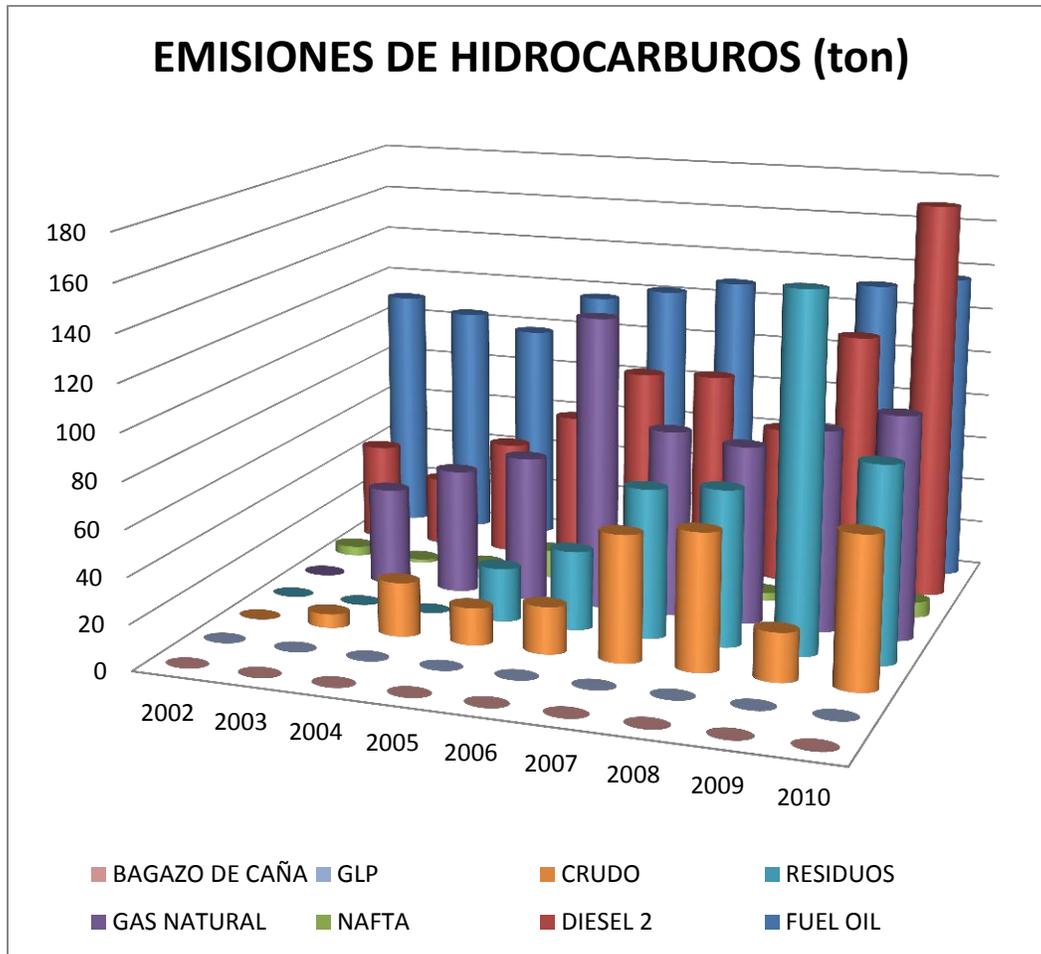
EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	4.482,29	4.245,92	3.993,54	4.745,28	4.958,09	5.206,50	4.523,97	5.339,22	5.549,96	<b>43.044,77</b>
DIESEL 2	1.760,93	1.241,74	2.049,32	2.678,48	3.611,94	3.667,83	2.804,44	4.593,12	6.995,43	<b>29.403,22</b>
NAFTA	168,34	62,97	109,01	499,63	649,22	75,47	149,60	187,63	275,97	<b>2.177,84</b>
GAS NATURAL	9,13	988,81	1.255,23	1.457,79	2.931,34	2.036,91	1.782,79	2.006,79	2.221,77	<b>14.690,56</b>
RESIDUOS	-	-	-	73,72	108,36	203,64	212,74	480,41	265,90	<b>1.344,78</b>
CRUDO	-	19,73	76,70	52,74	66,75	178,11	192,61	68,86	212,00	<b>867,50</b>
GLP	-	-	-	-	-	0,02	0,03	0,02	0,02	<b>0,10</b>
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	301,67	567,30	846,06	511,89	107,29	472,74	<b>2.806,96</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6.420,68</b>	<b>6.559,16</b>	<b>7.483,80</b>	<b>9.809,31</b>	<b>12.893,00</b>	<b>12.214,55</b>	<b>10.178,07</b>	<b>12.783,35</b>	<b>15.993,80</b>	<b>94.335,72</b>



Gráfica 4.2. Emisiones de CO.  
Fuente: Propia

Tabla 4.3: Emisiones de Hidrocarburos

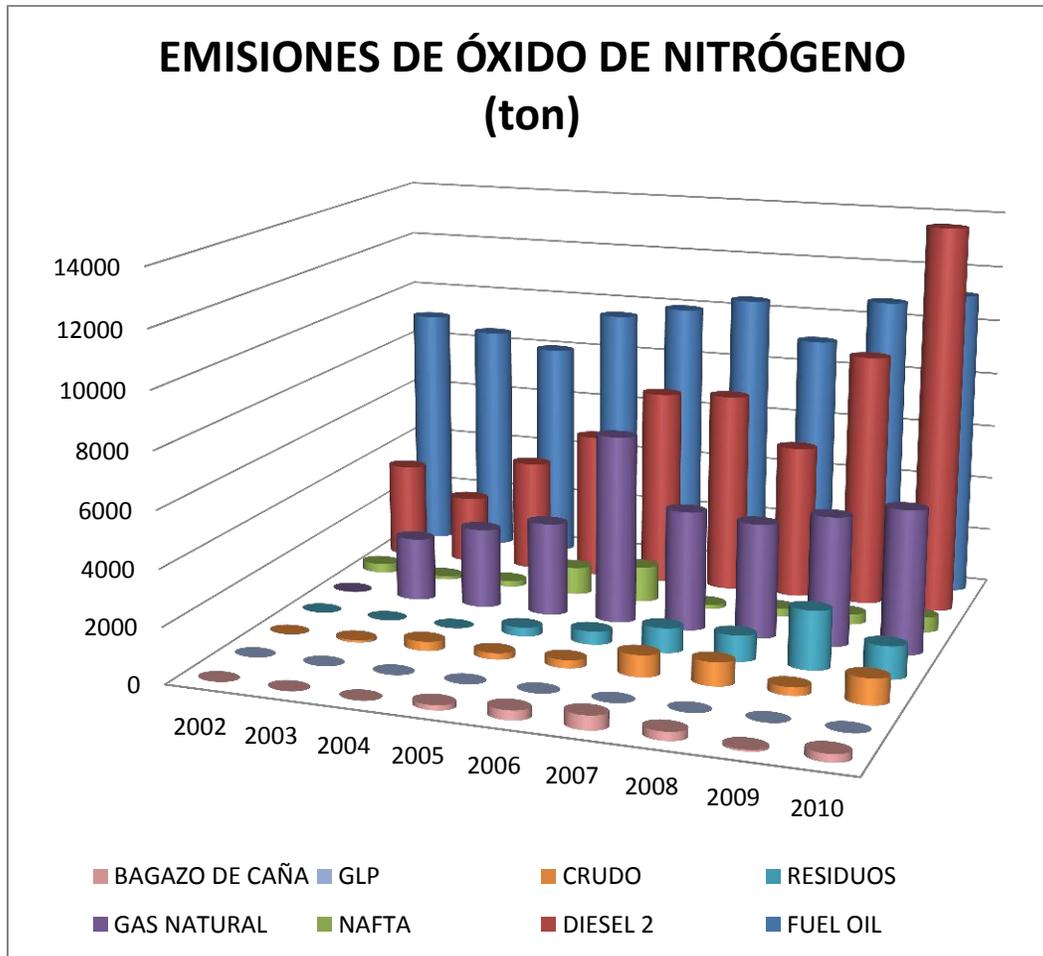
EMISIONES DE HIDROCARBUROS (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	109,99	104,19	98,00	116,45	121,67	127,77	111,02	131,02	136,20	1.056,31
DIESEL 2	43,75	30,85	50,91	66,55	89,74	91,13	69,68	114,11	173,80	730,51
NAFTA	4,18	1,56	2,71	12,41	16,13	1,88	3,72	4,66	6,86	54,11
GAS NATURAL	0,40	43,37	55,05	63,94	128,57	89,34	78,19	88,02	97,45	644,32
RESIDUOS	-	-	-	23,65	34,76	65,32	68,24	154,09	85,29	431,34
CRUDO	-	6,10	23,73	16,32	20,65	55,11	59,60	21,31	65,60	268,43
GLP	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>158,33</b>	<b>186,08</b>	<b>230,41</b>	<b>299,31</b>	<b>411,52</b>	<b>430,54</b>	<b>390,44</b>	<b>513,22</b>	<b>565,19</b>	<b>3.185,04</b>



**Gráfica 4.3. Emisiones de Hidrocarburos.**  
Fuente: Propia

**Tabla 4.4: Emisiones de Óxido de Nitrógeno.**

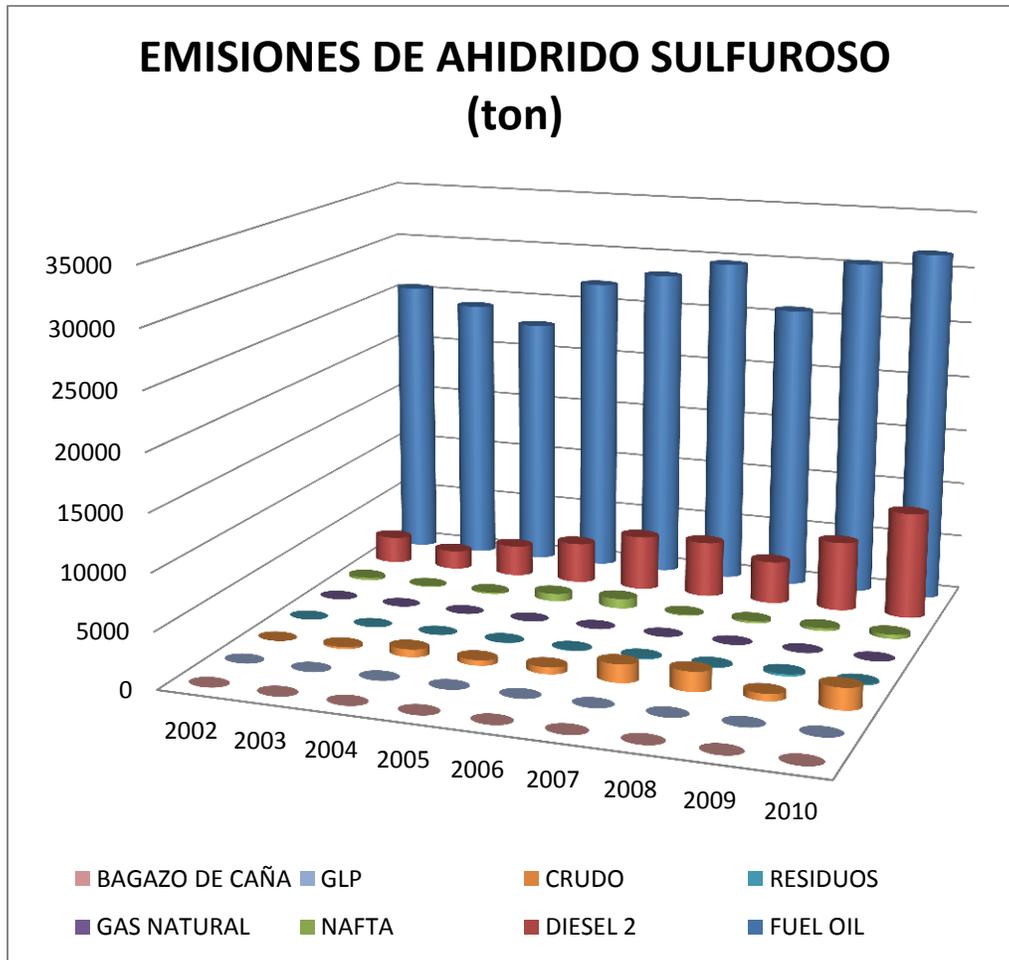
EMISIONES DE ÓXIDO DE NITRÓGENO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	8.992,07	8.517,88	8.011,57	9.519,67	9.946,61	10.444,94	9.075,70	10.711,20	11.133,98	<b>86.353,61</b>
DIESEL 2	3.521,86	2.483,47	4.098,63	5.356,96	7.223,89	7.335,66	5.608,88	9.186,24	13.990,85	<b>58.806,45</b>
NAFTA	336,68	125,94	218,02	999,27	1.298,44	150,95	299,19	375,25	551,94	<b>4.355,69</b>
GAS NATURAL	21,22	2.298,55	2.917,86	3.388,72	6.814,07	4.734,92	4.144,21	4.664,91	5.164,65	<b>34.149,11</b>
RESIDUOS	-	-	-	325,49	478,41	899,10	939,28	2.121,07	1.173,97	<b>5.937,31</b>
CRUDO	-	86,72	337,19	231,86	293,44	783,03	846,75	302,71	932,01	<b>3.813,72</b>
GLP	-	-	-	-	-	0,10	0,11	0,09	0,10	<b>0,40</b>
BAGAJO DE CAÑA	-	-	-	181,92	342,11	510,22	308,69	64,70	285,09	<b>1.692,74</b>
<b>TOTAL</b>	<b>12.871,83</b>	<b>13.512,5</b>	<b>15.583,28</b>	<b>20.003,88</b>	<b>26.396,96</b>	<b>24.858,92</b>	<b>21.222,82</b>	<b>27.426,18</b>	<b>33.232,59</b>	<b>195.109,02</b>



**Gráfica 4.4. Emisiones de Óxido de Nitrógeno.**  
Fuente: Propia

**Tabla 4.5: Emisiones de Anhídrido Sulfuroso.**

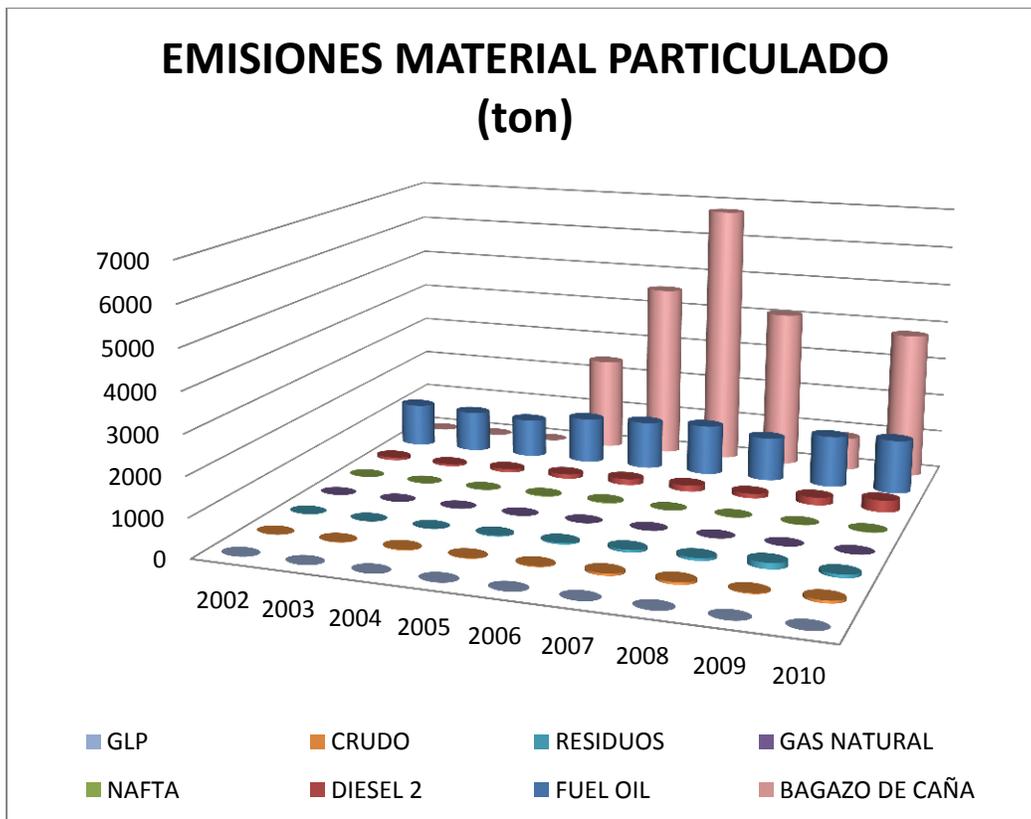
EMISIONES DE ANHÍDRIDO SULFUROSO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	25.546,29	24.199,12	22.760,71	27.045,17	28.258,10	29.673,84	25.783,87	30.430,28	31.631,39	245.328,77
DIESEL 2	2.417,18	1.704,49	2.813,04	3.676,67	4.958,01	5.034,72	3.849,58	6.304,84	9.602,42	40.360,95
NAFTA	231,07	86,43	149,64	685,83	891,16	103,60	205,35	257,55	378,82	2.989,46
GAS NATURAL	0,03	3,47	4,40	5,12	10,29	7,15	6,26	7,04	7,80	51,55
RESIDUOS	-	-	-	29,21	42,93	80,69	84,29	190,35	105,36	532,84
CRUDO	-	179,40	697,54	479,63	607,03	1.619,83	1.751,65	626,21	1.928,02	7.889,32
GLP	-	-	-	-	-	0,67	0,69	0,61	0,63	2,60
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>28.194,57</b>	<b>26.172,92</b>	<b>26.425,33</b>	<b>31.921,64</b>	<b>34.767,52</b>	<b>36.520,51</b>	<b>31.681,69</b>	<b>37.816,89</b>	<b>43.654,42</b>	<b>297.155,47</b>



**Gráfica 4.5. Emisiones de Anhídrido Sulfuroso.**  
Fuente: Propia

**Tabla 4.6: Emisiones de Material Particulado.**

EMISIONES DE MATERIAL PARTUCULADO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	1.127,45	1.067,99	1.004,51	1.193,60	1.247,13	1.309,61	1.137,93	1.342,99	1.396,00	10.827,21
DIESEL 2	76,56	53,99	89,10	116,46	157,04	159,47	121,93	199,70	304,15	1.278,40
NAFTA	7,32	2,74	4,74	21,72	28,23	3,28	6,50	8,16	12,00	94,69
GAS NATURAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS	-	-	-	23,65	34,76	65,32	68,24	154,09	85,29	431,34
CRUDO	-	6,33	24,60	16,92	21,41	57,13	61,78	22,09	68,00	278,25
GLP	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	2.417,95	4.547,09	6.781,40	4.102,90	859,99	3.789,17	22.498,50
<b>TOTAL</b>	<b>1.211,33</b>	<b>1.131,04</b>	<b>1.122,95</b>	<b>3.790,29</b>	<b>6.035,65</b>	<b>8.376,21</b>	<b>5.499,29</b>	<b>2.587,03</b>	<b>5.654,61</b>	<b>35.408,40</b>



**Gráfica 4.6. Emisiones de Material Particulado.**  
Fuente: Propia

#### 4.1.2. CÁLCULO DE EMISIONES MEDIANTE MÉTODO POR ENERGÍA

Para determinar las emisiones por el segundo método, se procede a realizar el producto entre el total de energía entregada y el factor de emisión por combustible y contaminante tal como se indica en la Ec.2

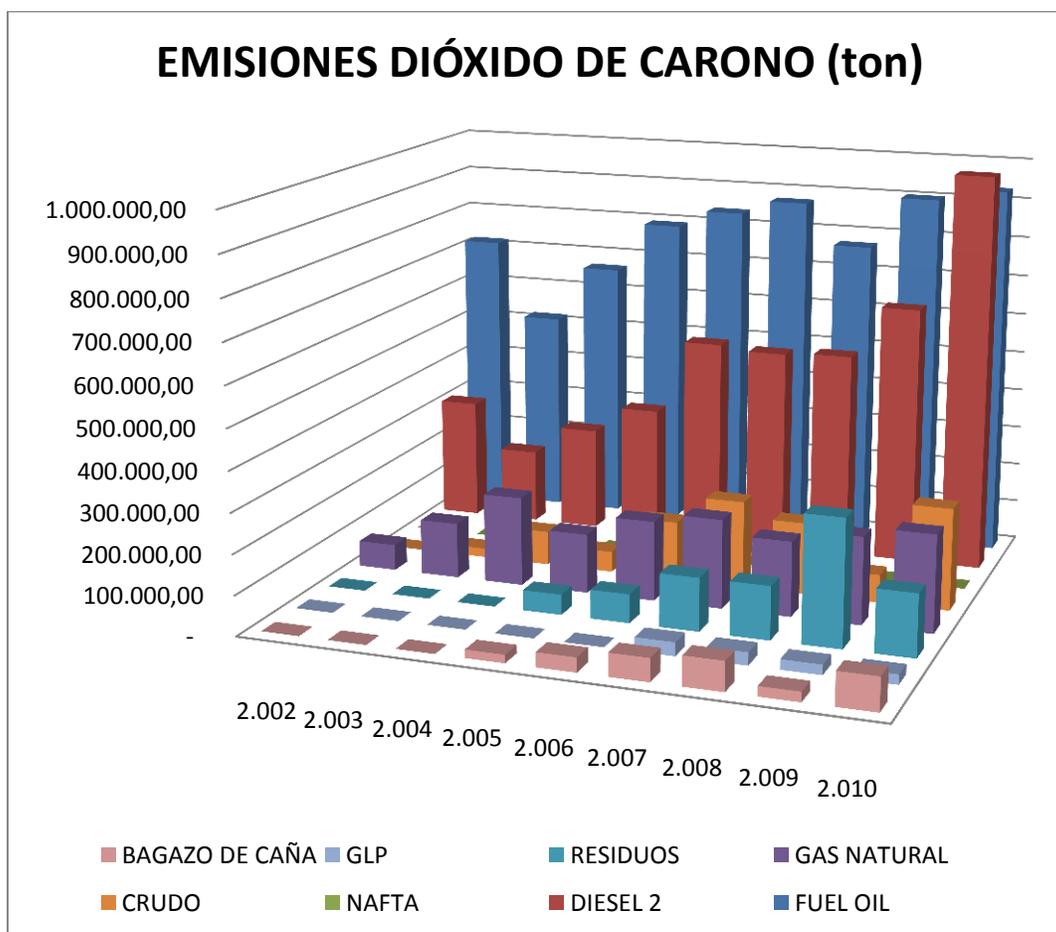
De igual manera que en el método anterior, se han elaborado gráficas para cada una de las emisiones (combustibles y tipo de contaminante) considerando el consumo histórico:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla 4.7: Emisiones de CO<sub>2</sub>

EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	715.531,09	516.984,04	663.572,38	791.935,44	836.577,97	872.603,27	768.730,37	900.507,29	930.315,58	<b>6.996.757,42</b>
DIESEL 2	307.001,51	188.258,91	262.882,62	331.660,25	523.476,97	512.333,60	519.311,55	652.232,00	993.862,29	<b>4.291.019,70</b>
NAFTA	23,33	8,89	14,48	69,31	94,80	11,55	21,33	28,31	42,42	<b>314,43</b>
GAS NATURAL	65.234,65	139.172,91	223.521,07	148.583,06	199.573,70	222.837,21	187.659,07	218.227,27	242.860,76	<b>1.647.669,70</b>
RESIDUOS	-	-	-	50.750,71	71.922,11	132.861,38	132.858,52	315.383,63	156.061,09	<b>859.837,43</b>
CRUDO	-	22.523,49	85.802,38	52.117,69	147.288,69	217.960,04	180.356,29	70.362,80	254.740,47	<b>1.031.151,85</b>
GLP	-	-	-	-	-	34.064,64	32.101,15	25.138,89	24.446,16	<b>115.750,85</b>
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	20.519,89	36.222,93	57.130,74	72.795,39	24.669,30	82.310,85	<b>293.649,09</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.087.790</b>	<b>866.948,2</b>	<b>1.235.792,9</b>	<b>1.395.636,3</b>	<b>1.815.157,1</b>	<b>2.049.802,4</b>	<b>1.893.833,6</b>	<b>2.206.549,4</b>	<b>2.684.639,6</b>	<b>15.236.150,4</b>



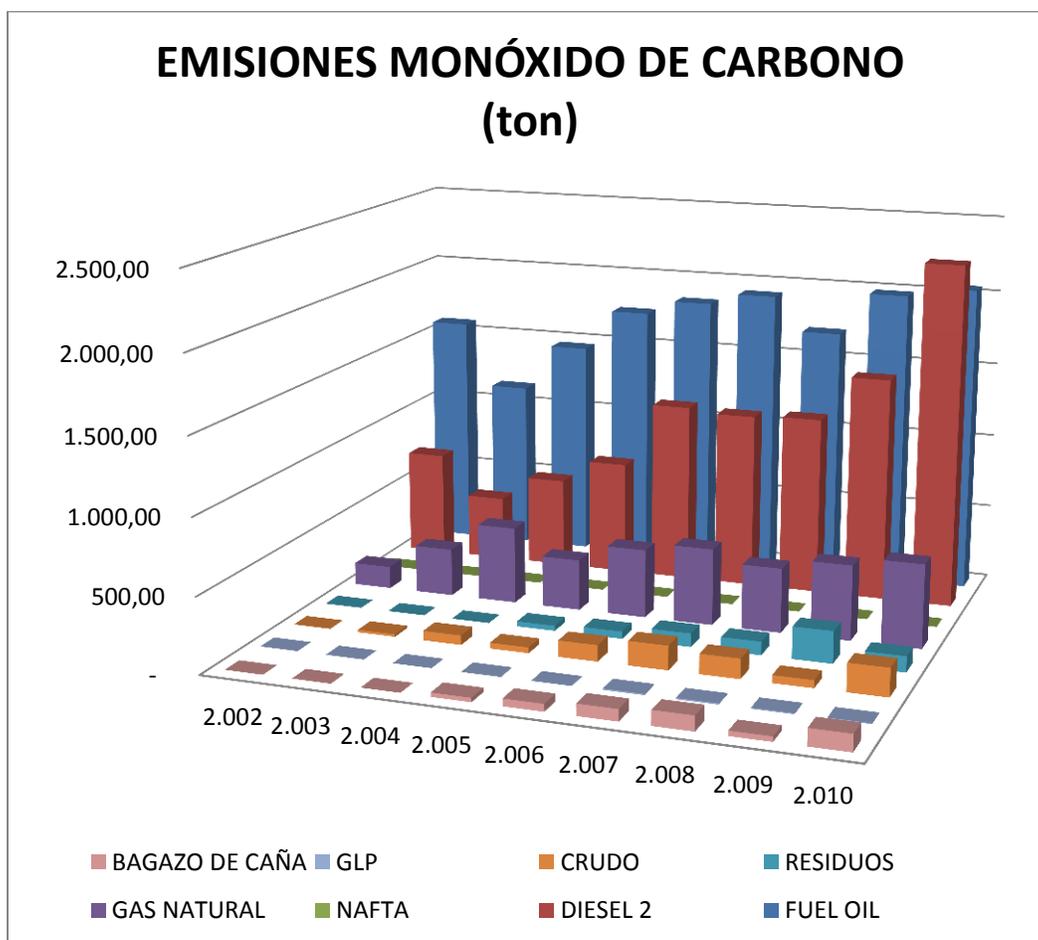
Gráfica 4.7. Emisiones de CO<sub>2</sub>.  
Fuente: Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla 4.8: Emisiones de CO

EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	1.573,08	1.136,58	1.458,85	1.741,06	1.839,20	1.918,40	1.690,04	1.979,75	2.045,28	15.382,26
DIESEL 2	706,54	433,26	605,00	763,29	1.204,74	1.179,09	1.195,15	1.501,06	2.287,29	9.875,41
NAFTA	0,05	0,02	0,03	0,16	0,22	0,03	0,05	0,07	0,10	0,72
GAS NATURAL	149,69	319,36	512,91	340,95	457,96	511,34	430,62	500,76	557,29	3.780,88
RESIDUOS	-	-	-	34,32	48,63	89,84	89,84	213,25	105,52	581,40
CRUDO	-	16,50	62,85	38,18	107,90	159,67	132,12	51,54	186,61	755,37
GLP	-	-	-	-	-	8,14	7,67	6,01	5,84	27,67
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	27,68	48,86	77,06	98,19	33,27	111,02	396,08
<b>TOTAL</b>	<b>2.429,37</b>	<b>1.905,72</b>	<b>2.639,65</b>	<b>2.945,63</b>	<b>3.707,50</b>	<b>3.943,57</b>	<b>3.643,68</b>	<b>4.285,72</b>	<b>5.298,96</b>	<b>30.799,80</b>



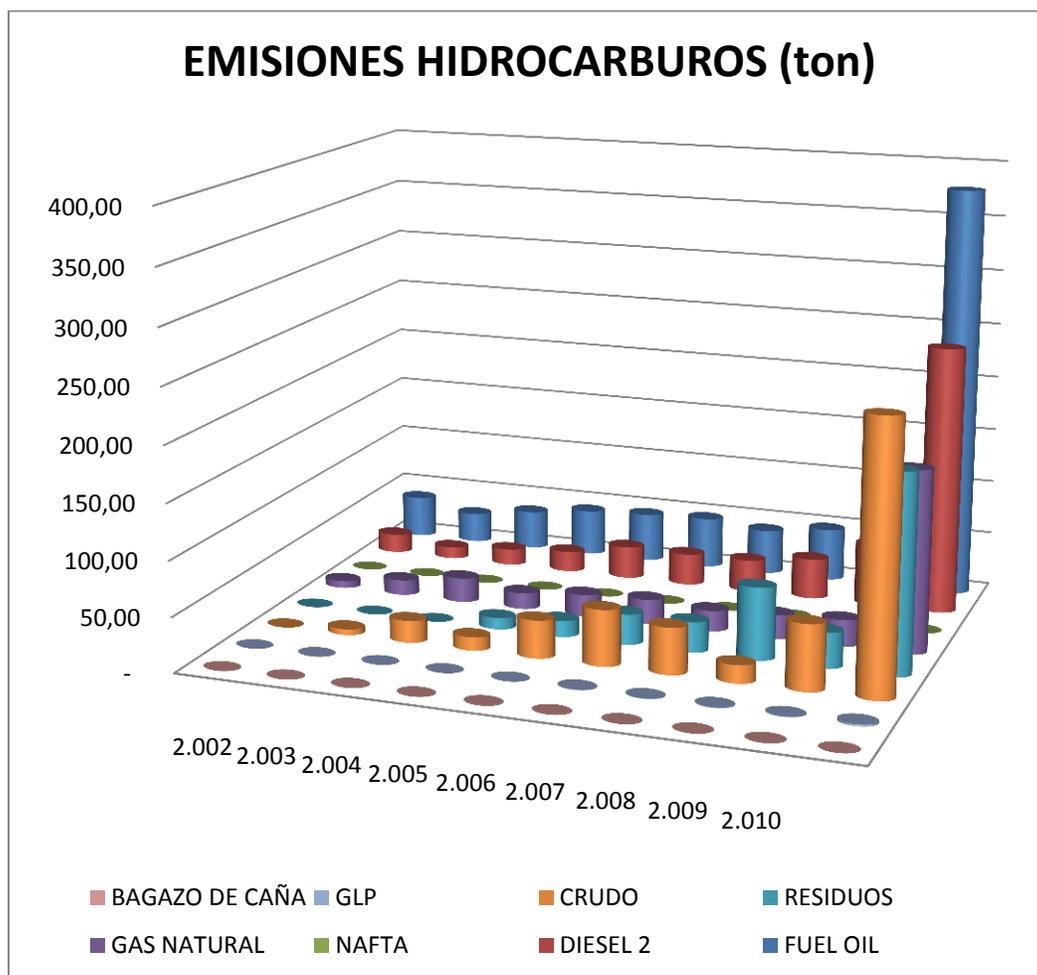
Gráfica 4.8. Emisiones de CO.  
Fuente: Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.9: Emisiones de Hidrocarburos**

EMISIONES DE HIDROCARBUROS (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	38,60	27,89	35,80	42,73	45,13	47,08	41,47	48,58	50,19	<b>377,48</b>
DIESEL 2	17,55	10,76	15,03	18,96	29,93	29,29	29,69	37,29	56,83	<b>245,35</b>
NAFTA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,02</b>
GAS NATURAL	6,57	14,01	22,50	14,95	20,09	22,43	18,89	21,96	24,44	<b>165,83</b>
RESIDUOS	-	-	-	10,62	15,05	27,80	27,80	65,99	32,65	<b>179,91</b>
CRUDO	-	5,29	20,16	12,25	34,61	51,21	42,38	16,53	59,86	<b>242,29</b>
GLP	-	-	-	-	-	0,51	0,48	0,38	0,37	<b>1,73</b>
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>-</b>
<b>TOTAL</b>	<b>62,72</b>	<b>57,96</b>	<b>93,49</b>	<b>99,51</b>	<b>144,81</b>	<b>178,32</b>	<b>160,71</b>	<b>190,74</b>	<b>224,34</b>	<b>1.212,60</b>



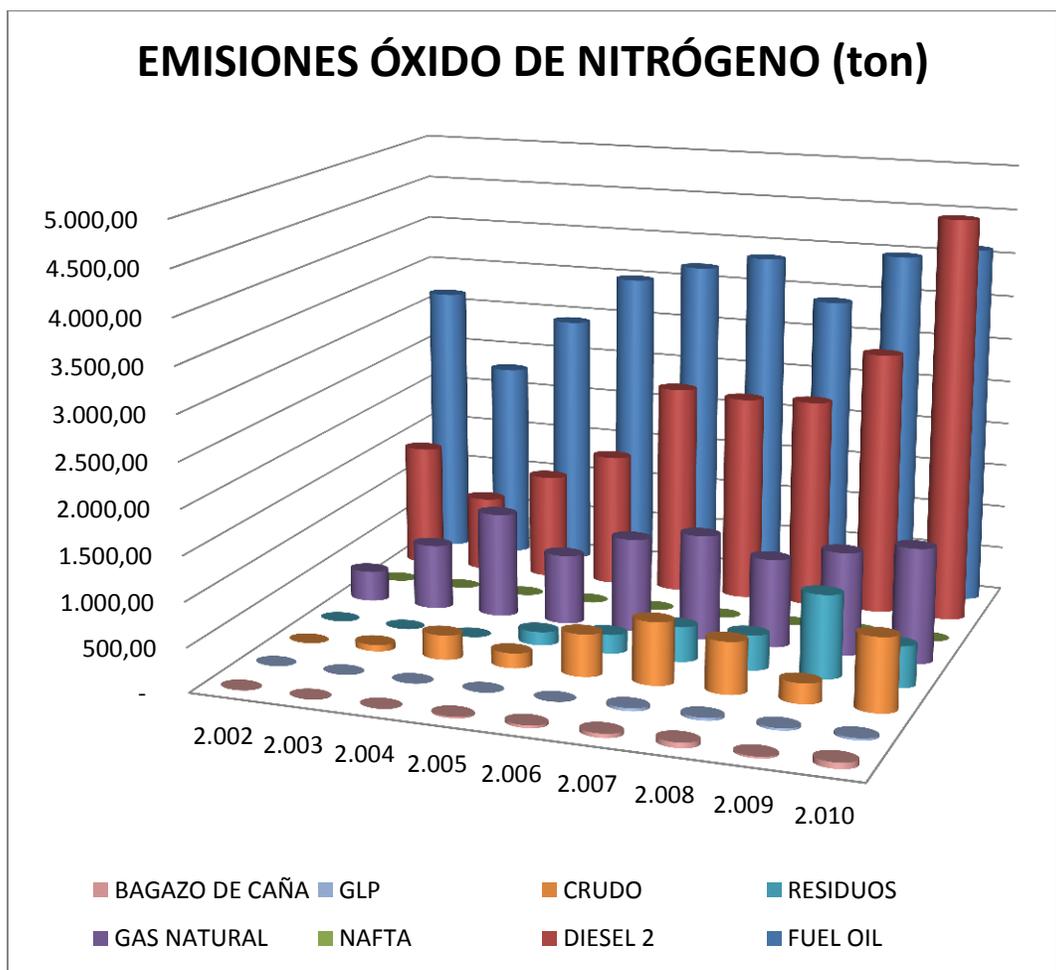
**Gráfica 4.9. Emisiones de Hidrocarburos.**  
Fuente: Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.10: Emisiones de Óxido de Nitrógeno.**

EMISIONES DE ÓXIDO DE NITRÓGENO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	3.155,82	2.280,14	2.926,66	3.492,80	3.689,69	3.848,58	3.390,45	3.971,65	4.103,12	<b>30.858,89</b>
DIESEL 2	1.413,07	866,52	1.210,00	1.526,57	2.409,47	2.358,18	2.390,30	3.002,11	4.574,58	<b>19.750,82</b>
NAFTA	0,11	0,04	0,07	0,32	0,44	0,05	0,10	0,13	0,20	<b>1,45</b>
GAS NATURAL	347,97	742,37	1.192,29	792,56	1.064,55	1.188,64	1.001,00	1.164,05	1.295,45	<b>8.788,90</b>
RESIDUOS	-	-	-	150,86	213,80	394,95	394,94	937,52	463,91	<b>2.555,97</b>
CRUDO	-	72,85	277,51	168,56	476,37	704,94	583,32	227,57	823,90	<b>3.335,03</b>
GLP	-	-	-	-	-	33,59	31,66	24,79	24,11	<b>114,15</b>
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	16,69	29,46	46,47	59,21	20,07	66,95	<b>238,85</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4.916,97</b>	<b>3.961,91</b>	<b>5.606,53</b>	<b>6.148,37</b>	<b>7.883,79</b>	<b>8.575,41</b>	<b>7.850,98</b>	<b>9.347,89</b>	<b>11.352,21</b>	<b>65.644,06</b>



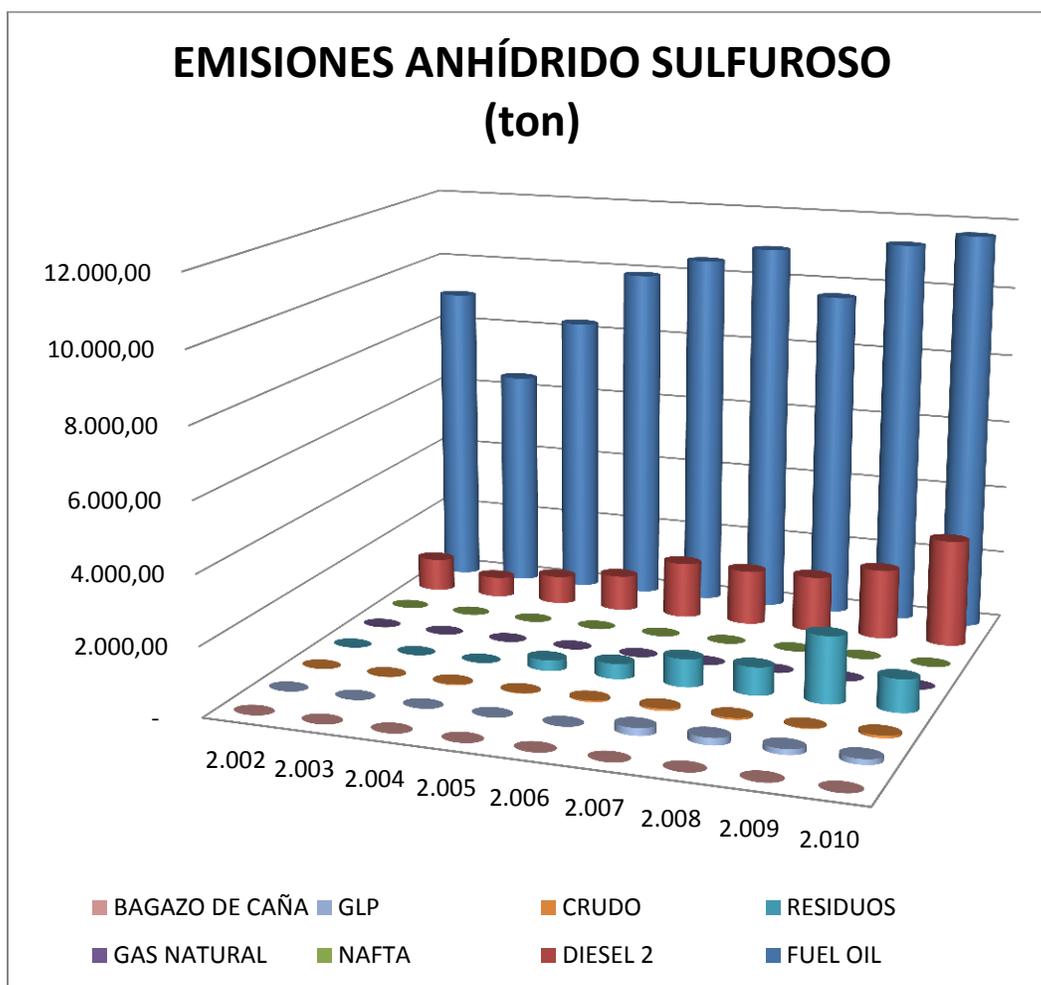
**Gráfica 4.10. Emisiones de Óxido de Nitrógeno.**  
Fuente: Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.11: Emisiones de Anhídrido Sulfuroso.**

EMISIONES DE ANHÍDRIDO SULFUROSO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	8.965,61	6.477,82	8.314,57	9.922,96	10.482,33	10.933,73	9.632,20	11.283,37	11.656,86	<b>87.669,44</b>
DIESEL 2	969,84	594,73	830,47	1.047,74	1.653,71	1.618,50	1.640,55	2.060,46	3.139,69	<b>13.555,69</b>
NAFTA	0,07	0,03	0,05	0,22	0,30	0,04	0,07	0,09	0,13	<b>0,99</b>
GAS NATURAL	0,53	1,12	1,80	1,20	1,61	1,79	1,51	1,76	1,96	<b>13,27</b>
RESIDUOS	-	-	-	312,08	442,28	817,01	817,00	1.939,41	959,68	<b>5.287,46</b>
CRUDO	-	6,54	24,90	15,13	42,75	63,26	52,35	20,42	73,94	<b>299,30</b>
GLP	-	-	-	-	-	219,37	206,72	161,89	157,43	<b>745,41</b>
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>-</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9.936,05</b>	<b>7.080,23</b>	<b>9.171,79</b>	<b>11.299,33</b>	<b>12.622,97</b>	<b>13.653,71</b>	<b>12.350,40</b>	<b>15.467,39</b>	<b>15.989,69</b>	<b>107.571,55</b>



**Gráfica 4.11. Emisiones de Anhídrido Sulfuroso.**

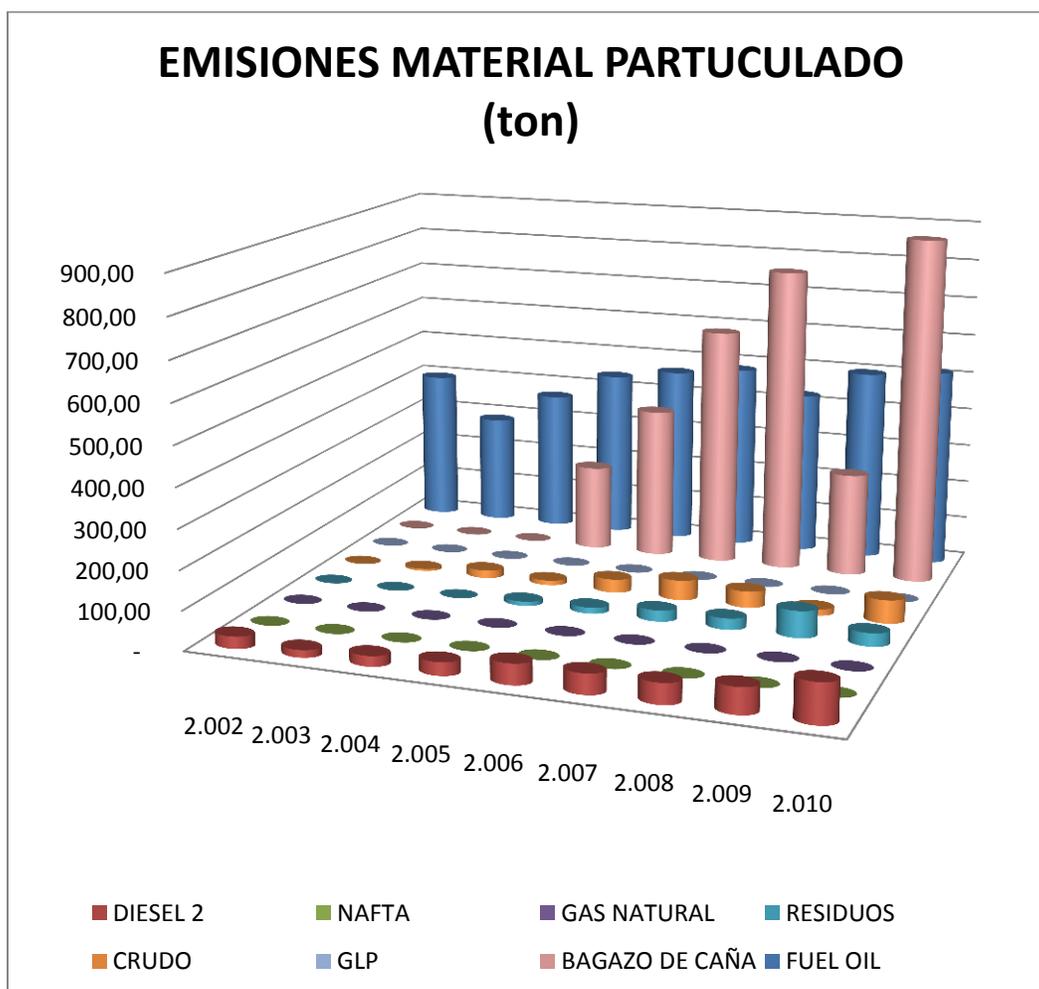
**Fuente: Propia**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.12: Emisiones de Material Particulado.**

EMISIONES DE MATERIAL PARTUCULADO (ton)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	395,68	285,89	366,95	437,93	462,62	482,54	425,10	497,97	514,46	<b>3.869,16</b>
DIESEL 2	30,72	18,84	26,30	33,19	52,38	51,26	51,96	65,26	99,45	<b>429,37</b>
NAFTA	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
GAS NATURAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS	-	-	-	11,01	15,60	28,82	28,82	68,40	33,85	<b>186,49</b>
CRUDO	-	5,29	20,16	12,25	34,61	51,21	42,38	16,53	59,86	<b>242,29</b>
GLP	-	-	-	-	-	0,51	0,48	0,38	0,37	<b>1,73</b>
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	221,84	391,61	617,64	786,99	266,70	889,87	<b>3.174,65</b>
<b>TOTAL</b>	<b>426,40</b>	<b>310,02</b>	<b>413,42</b>	<b>716,22</b>	<b>956,83</b>	<b>1.231,99</b>	<b>1.335,73</b>	<b>915,25</b>	<b>1.597,84</b>	<b>7.903,71</b>



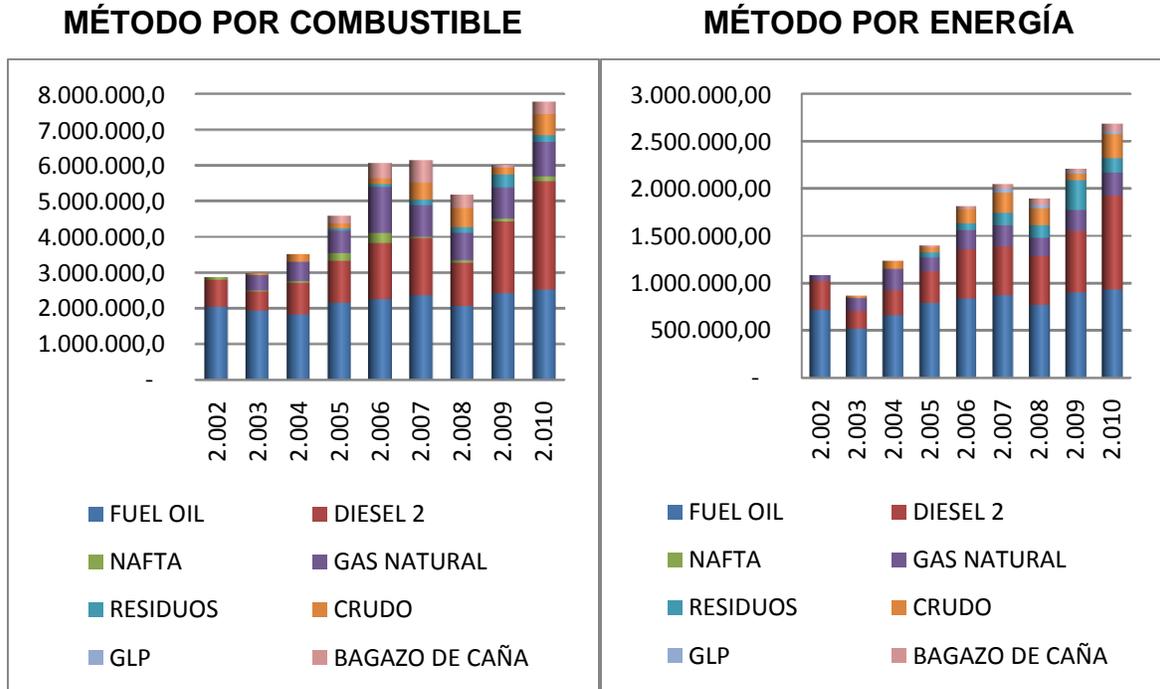
**Gráfica 4.12. Emisiones de Material Particulado.**

Fuente: Propia



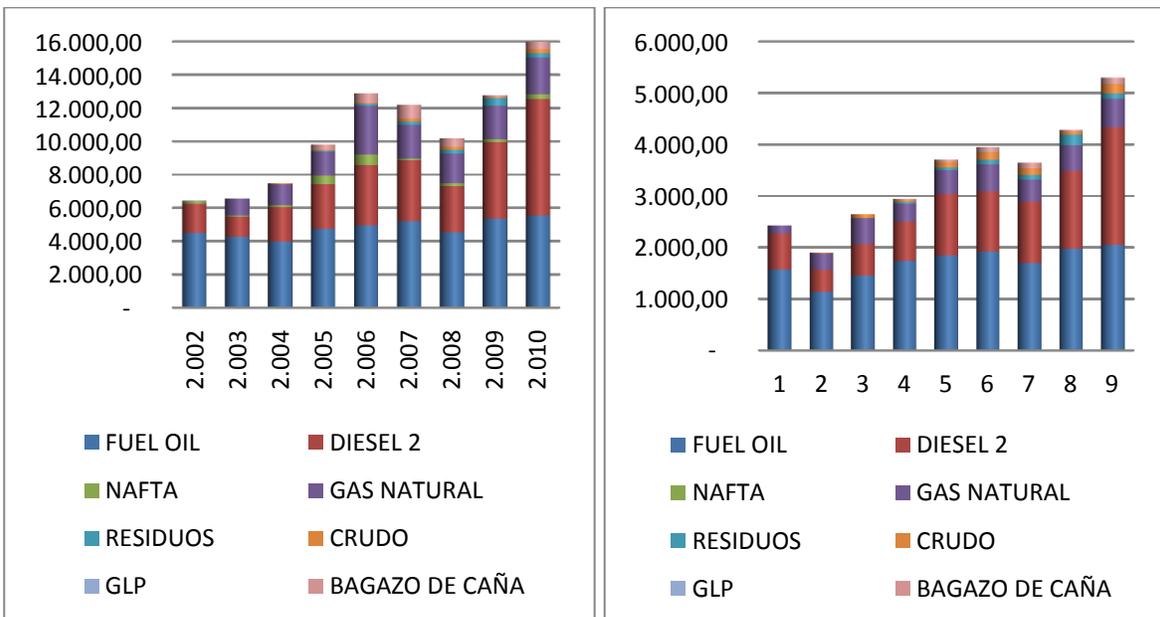
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Las siguientes gráficas permiten comparar los resultados obtenidos al utilizar las dos metodologías para el cálculo de emisiones:



Gráfica 4.13. Aporte anual de emisiones de Dióxido de Carbono.

Fuente: Propia

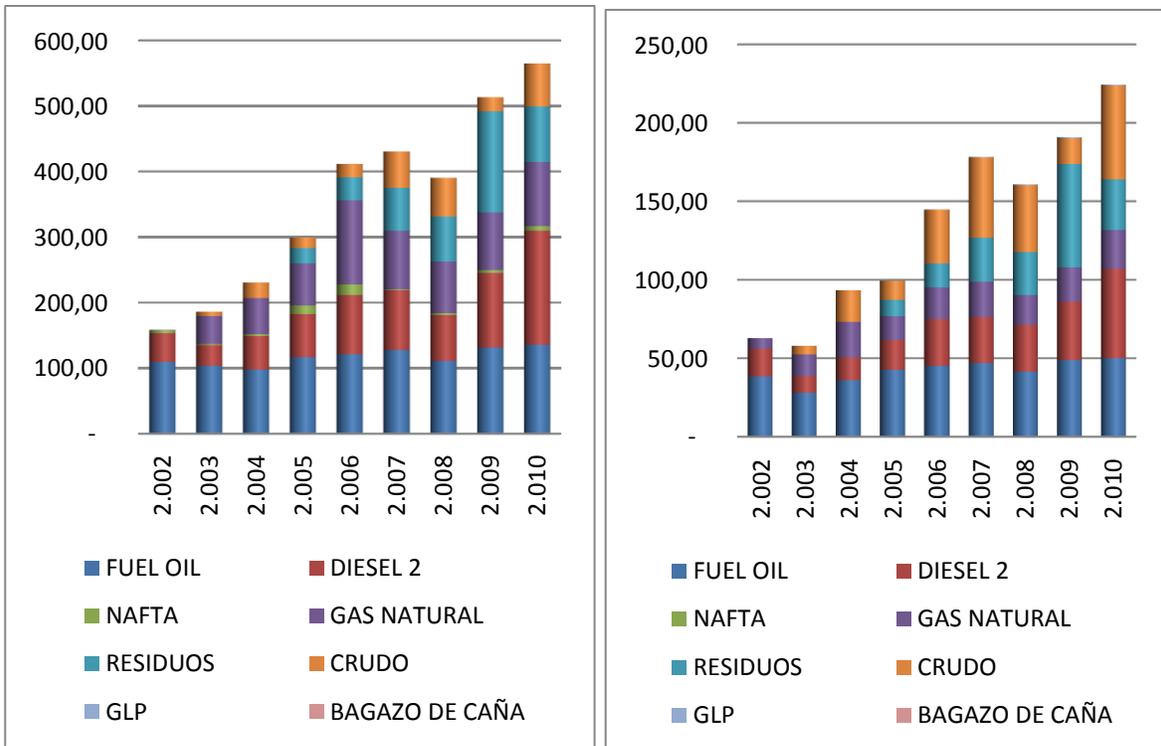


Gráfica 4.14. Aporte anual de emisiones de Monóxido de Carbono.

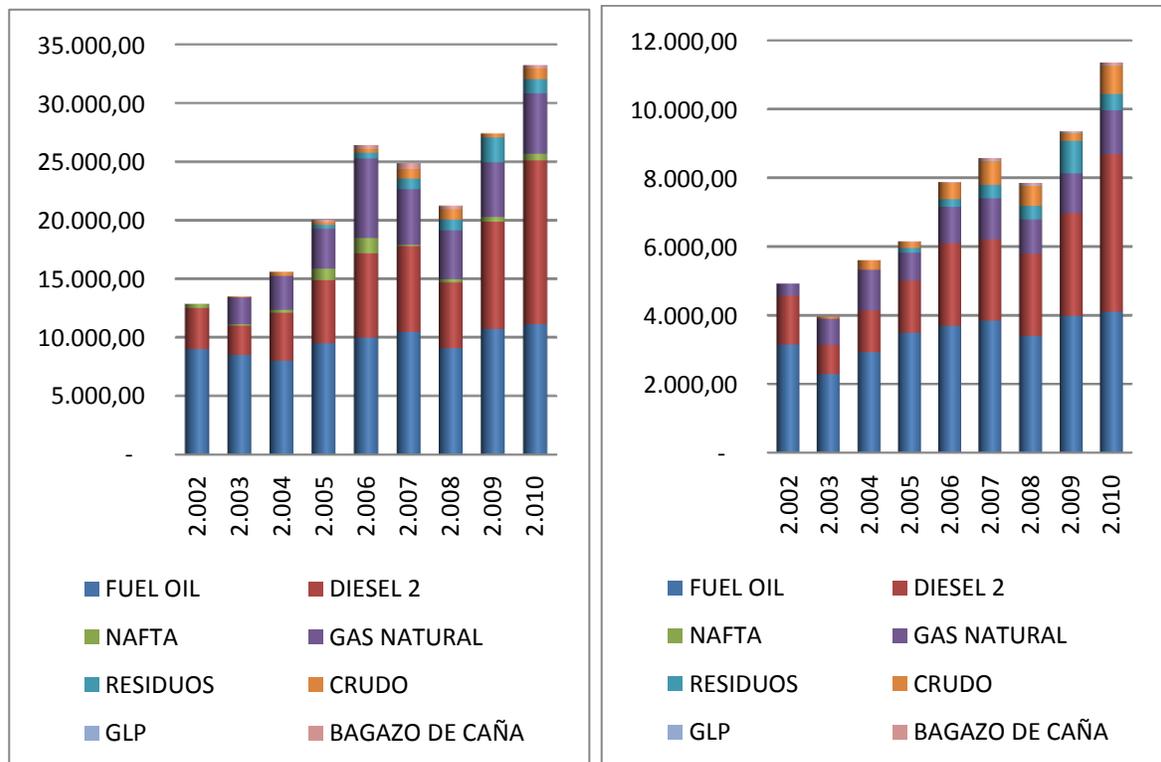
Fuente: Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



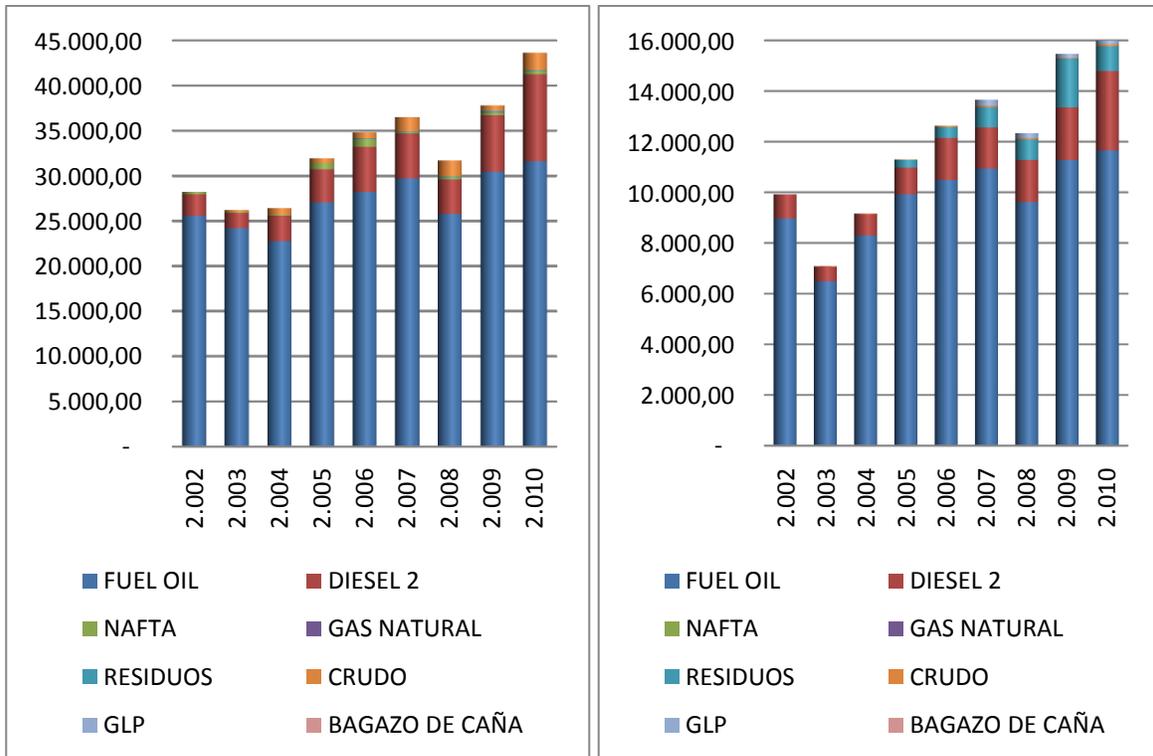
**Gráfica 4.15. Aporte anual de emisiones de Hidrocarburos.**  
Fuente: Propia



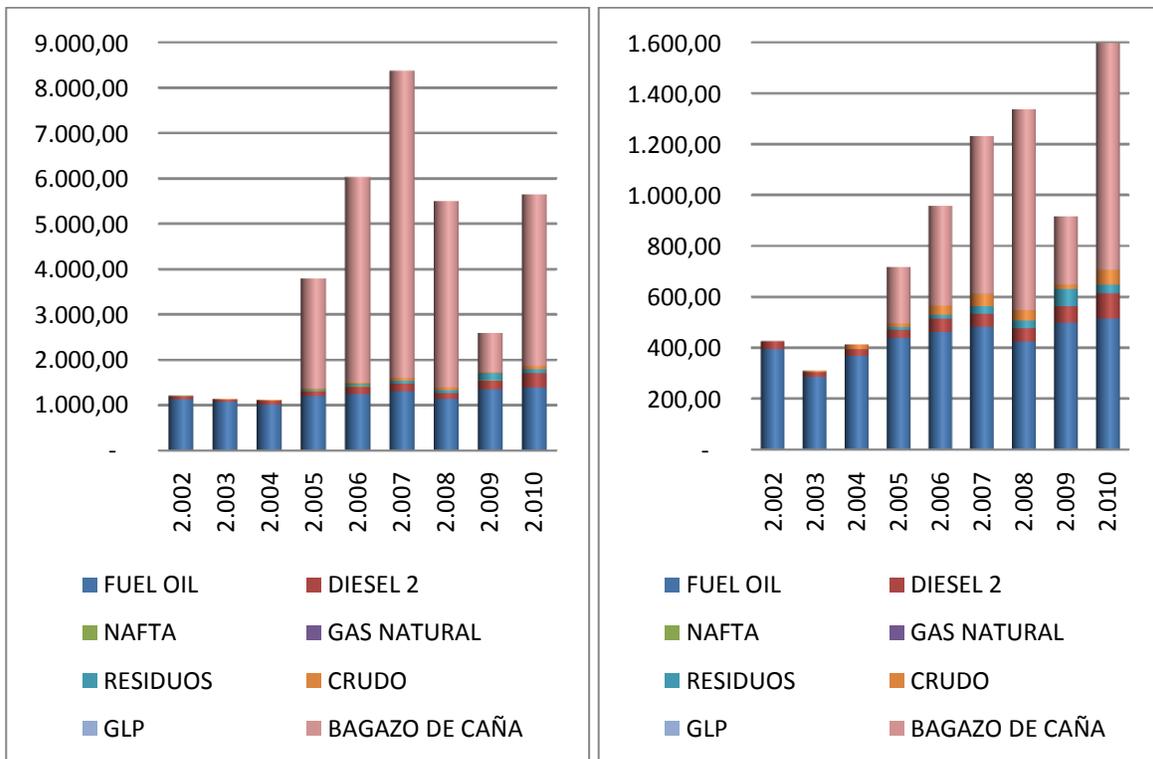
**Gráfica 4.16. Aporte anual de emisiones de Óxido de Nitrógeno.**  
Fuente: Propia



# UNIVERSIDAD DE CUENCA



**Gráfica 4.17. Apeste anual de emisiones de Anhídrido Sulfuroso.**  
Fuente: Propia

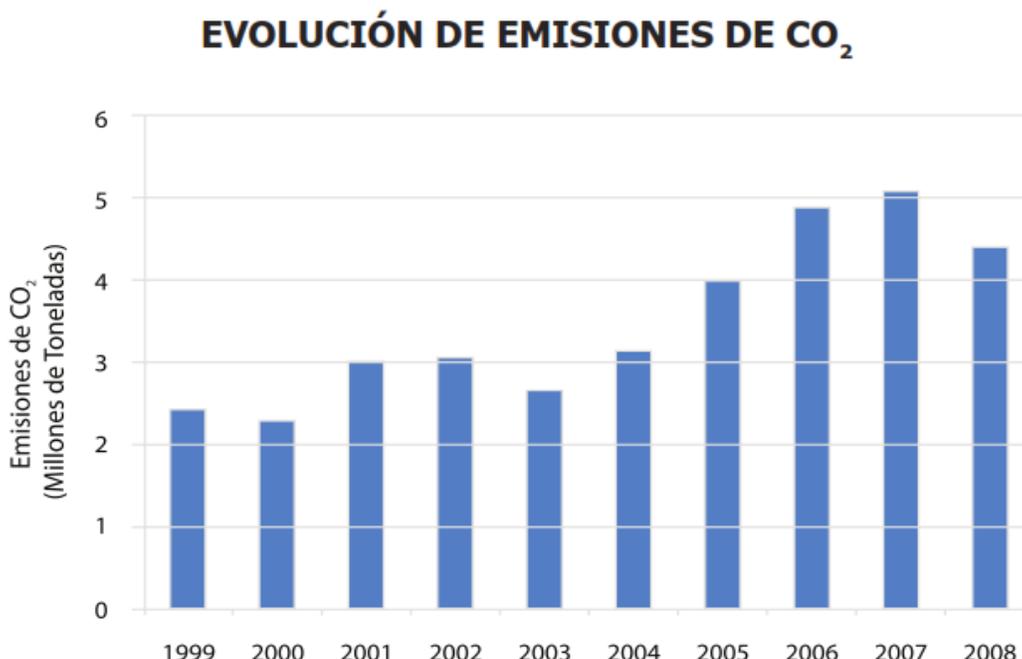


**Gráfica 4.18. Apeste anual de emisiones de Material Particulado.**  
Fuente: Propia



4.3. EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

En la Gráfica 4.19 se presentan las emisiones de dióxido de carbono determinadas por el CONELEC [36]:



Gráfica 4.19. Evolución de emisiones de Dióxido de Carbono del CONELEC. Fuente: CONELEC

Para validar los datos obtenidos y para valorar el método que más se aproxime a los datos reales de emisiones, se ha tomado como base, los datos de la Gráfica 4.19 proporcionadas por el CONELEC [36]; de ésta manera, en la Tabla 4.13, se muestran los valores tanto de la Gráfica 4.19, como de la Gráfica 4.13:

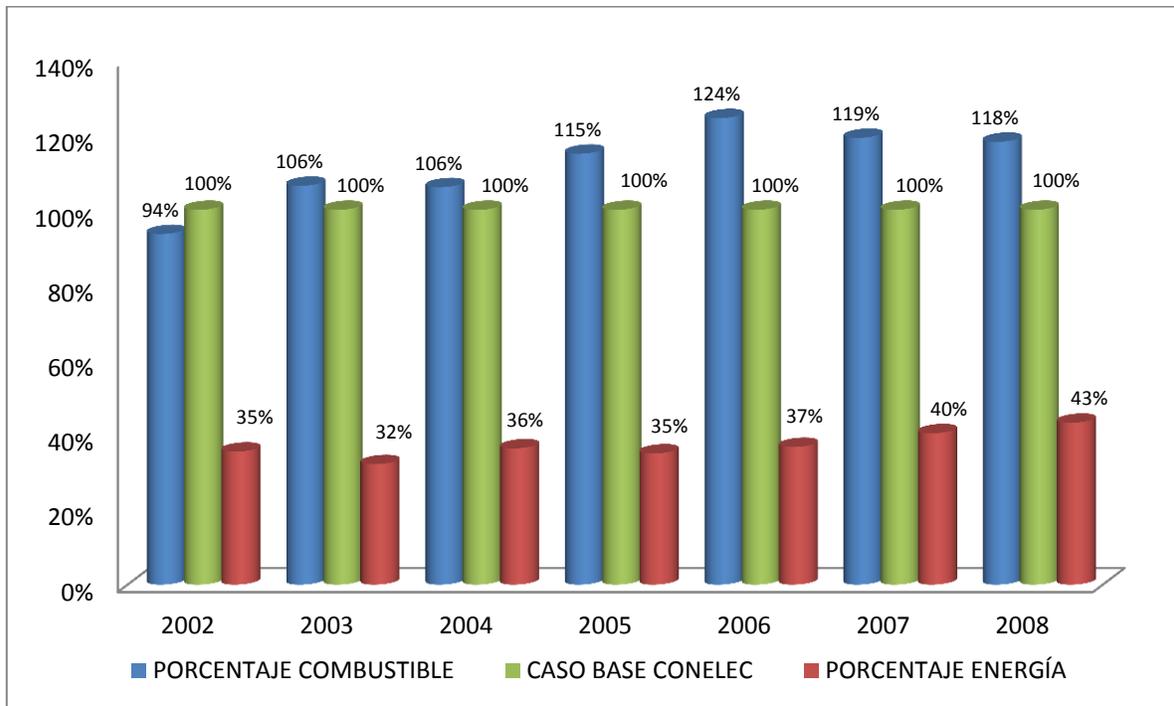
Tabla 4.13: Comparación entre datos de CONELEC y métodos por combustible y por energía

EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (Millones de Toneladas)							
MÉTODO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
COMBUSTIBLE	2.9	2.9	3.5	4.6	6.1	6.2	5.2
<b>CONELEC</b>	<b>3.1</b>	<b>2.8</b>	<b>3.3</b>	<b>4</b>	<b>4.9</b>	<b>5.2</b>	<b>4.4</b>
ENERGÍA	1.1	0.9	1.2	1.4	1.8	2.1	1.9



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Para una mejor apreciación de estos valores, en la Gráfica 4.20 se presentan los mismos en porcentajes:



**Gráfica 4.20. Comparación por porcentajes entre datos emitidos por el CONELEC con los métodos por combustible y por energía**  
Fuente: Propia

De esta forma es posible determinar que el método que más se aproxima a los datos base del CONELEC [36], es el Método Por Combustible, y así también se validan los datos generados en éste estudio debido a que su porcentaje de error es bajo.

Una vez determinado el método adecuado para realizar el cálculo de emisiones, se analiza cual es el combustible más contaminante para el último año en estudio es decir del 2010, obteniendo los siguientes resultados:

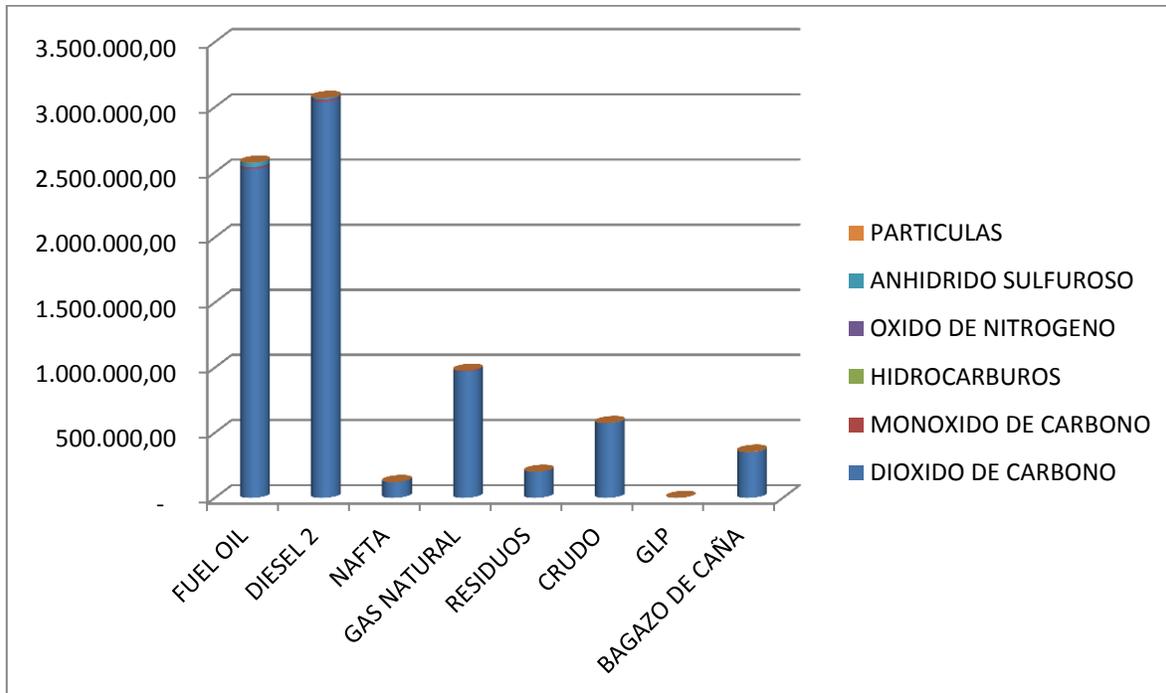


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Tabla 4.14: Contaminantes emitidos por cada tipo de combustible en 2010**

COMBUSTIBLE	CONTAMINANTES EN 2010 (TON)						TOTAL
	DIOXIDO DE CARBONO	MONOXIDO DE CARBONO	HIDROCARBUROS	OXIDO DE NITROGENO	ANHIDRIDO SULFUROSO	PARTICULAS	
FUEL OIL	2.524.450,16	5.549,96	136,20	11.133,98	31.631,39	1.396,00	<b>2.574.297,68</b>
DIESEL 2	3.039.621,12	6.995,43	173,80	13.990,85	9.602,42	304,15	<b>3.070.687,76</b>
NAFTA	119.914,33	275,97	6,86	551,94	378,82	12,00	<b>121.139,92</b>
GAS NATURAL	968.225,66	2.221,77	97,45	5.164,65	7,80	-	<b>975.717,33</b>
RESIDUOS	199.071,76	265,90	85,29	1.173,97	105,36	85,29	<b>200.787,56</b>
CRUDO	571.678,19	212,00	65,60	932,01	1.928,02	68,00	<b>574.883,82</b>
GLP	97,24	0,02	0,00	0,10	0,63	0,00	<b>97,99</b>
BAGAZO DE CAÑA	350.490,59	472,74	-	285,09	-	3.789,17	<b>355.037,59</b>

En la Gráfica 4.21, se puede observar que el combustible más contaminante es el diesel, seguido por el fuel oil, gas natural, crudo, bagazo de caña, residuos, nafta y GLP en menor cantidad:



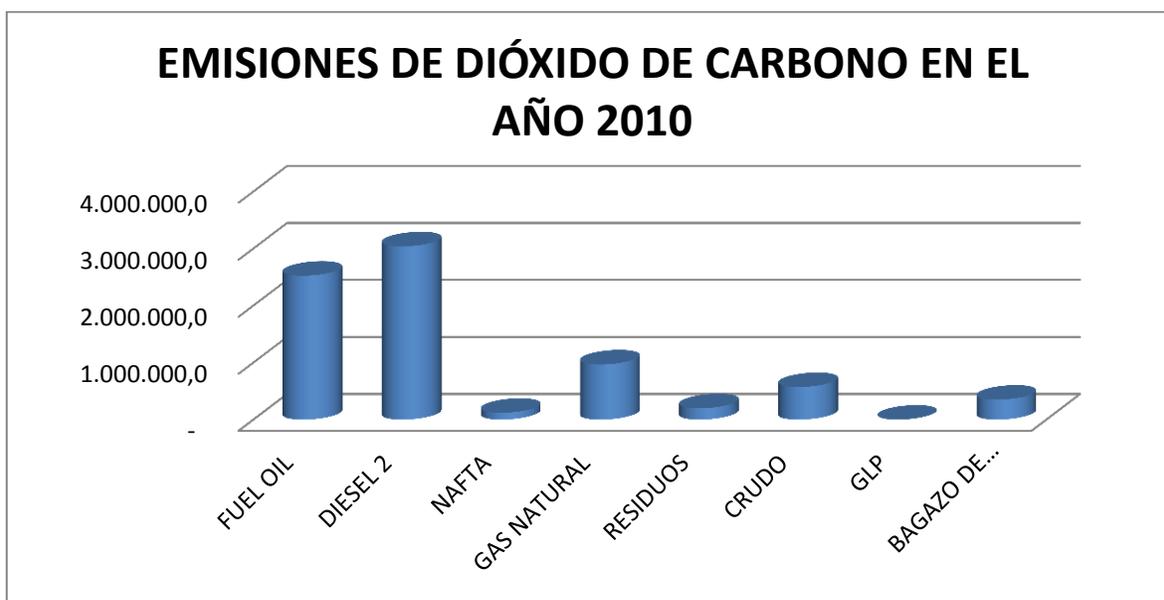
**Gráfica 4.21. Contaminantes emitidos por cada tipo de combustible**

Fuente: Propia

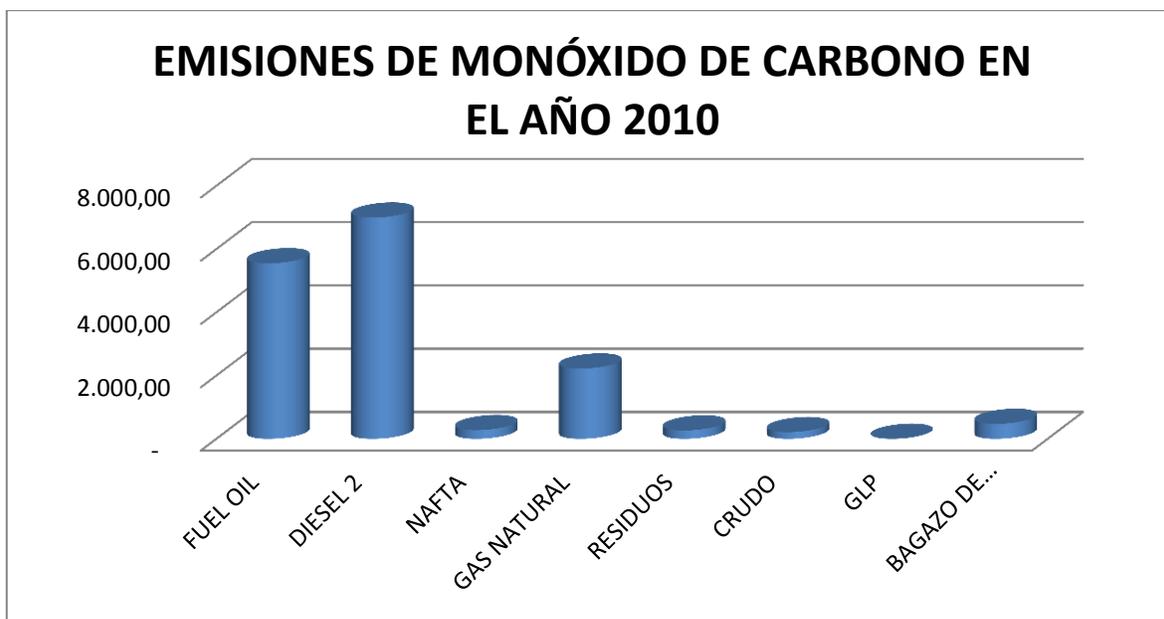


## UNIVERSIDAD DE CUENCA

En la Gráfica 4.22 se muestran los aportes específicos de cada combustible por tipo de contaminante del Método por Combustible para el último año en estudio, se utiliza este método ya que, como se mencionó anteriormente, es el método que tienen mejores aproximaciones a los datos del CONELEC [36]; de ésta manera se pretende analizar el combustible más contaminante:



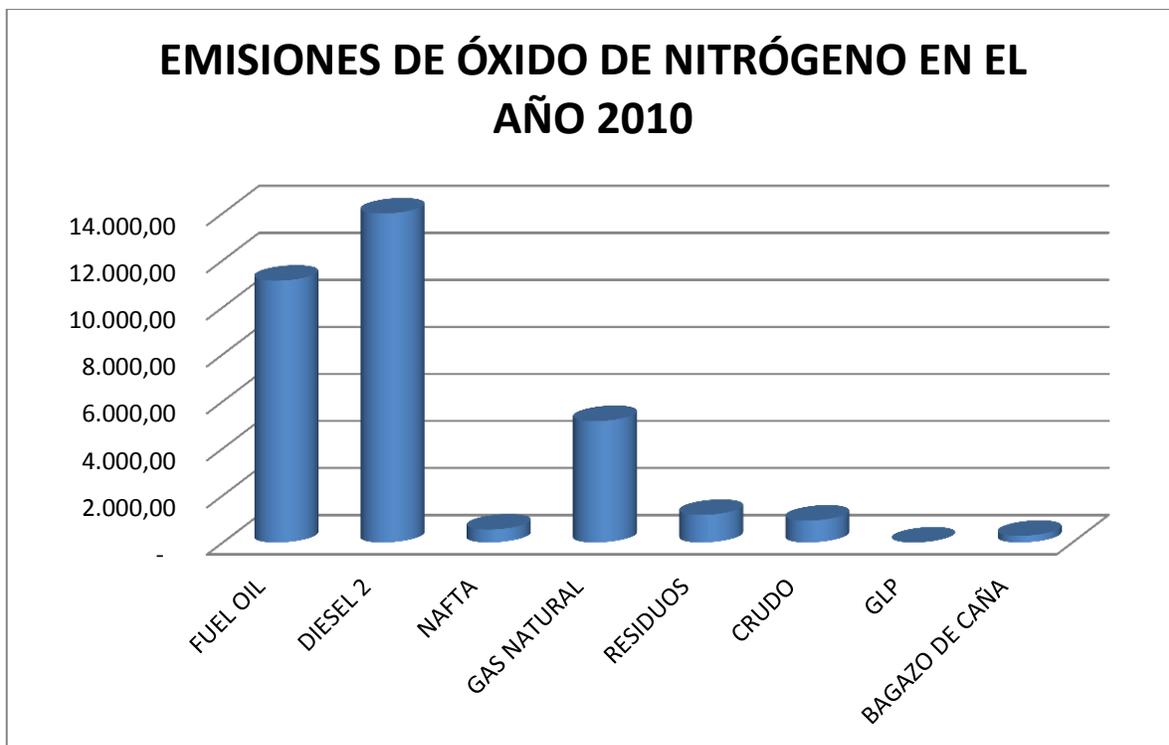
Gráfica 4.22. Emisiones de Dióxido de Carbono para el año 2010  
Fuente: Propia



Gráfica 4.23. Emisiones de Monóxido de Carbono para el año 2010  
Fuente: Propia



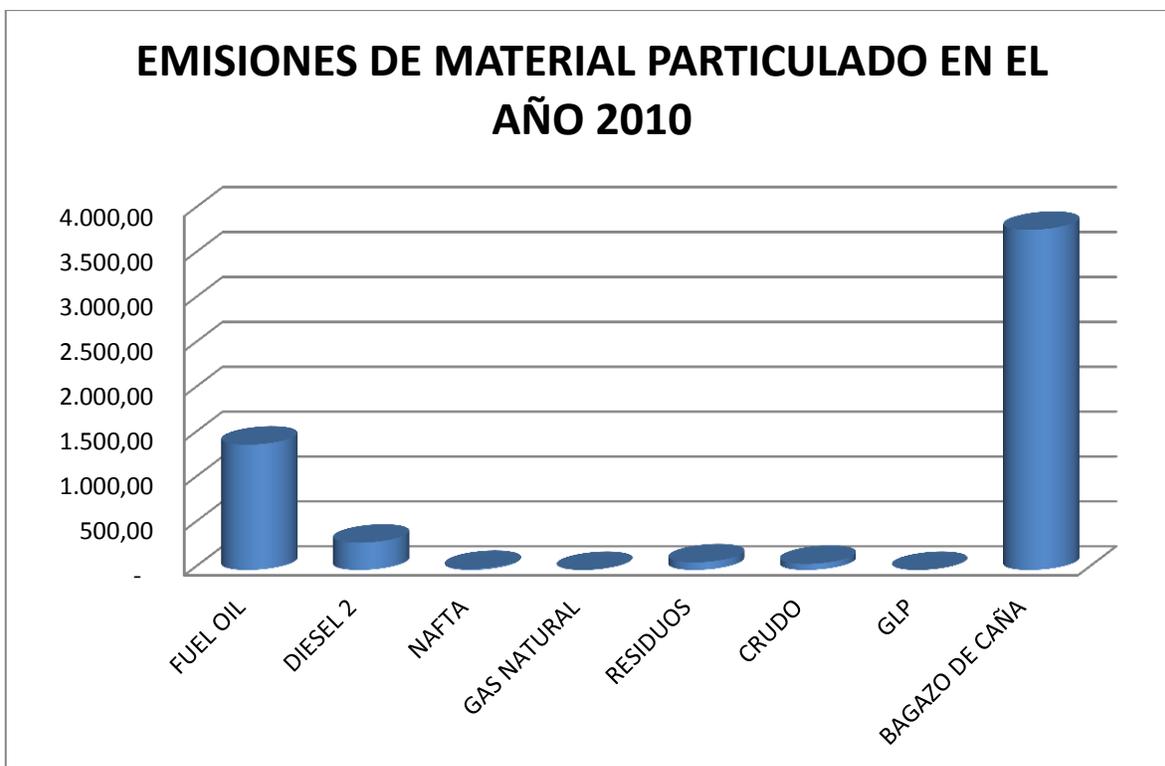
Gráfica 4.24. Emisiones de Hidrocarburos para el año 2010  
Fuente: Propia



Gráfica 4.25. Emisiones de Óxido de Nitrógeno para el año 2010  
Fuente: Propia



Gráfica 4.26. Emisiones de Anhídrido Sulfuroso para el año 2010  
Fuente: Propia



Gráfica 4.27. Emisiones de Material Particulado para el año 2010  
Fuente: Propia



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

De la Gráfica 4.22 a la Gráfica 4.27 es posible deducir lo siguiente:

- El fuel oil y el diesel son los principales combustibles que contribuyen a las emisiones de dióxido de carbono, mientras que el gas natural, el crudo y el bagazo de caña son combustibles que contribuye en menor cantidad a éste contaminante.
- Con lo que respecta a las emisiones de monóxido de carbono, se observa que el fuel oil, el diesel y el gas natural son los principales combustibles que aportan a ésta emisión.
- En cuanto a las emisiones de hidrocarburos se muestra un importante aporte por parte de la mayoría de los combustibles utilizados para la generación de energía eléctrica en las centrales térmicas, estos son fuel oil, el diesel, el gas natural, los residuos y el crudo.
- El aporte del fuel oil, el diesel y el gas natural son los mayores en las emisiones de óxido nitroso, y con un aporte menor los residuos, el crudo, el nafta y el bagazo de caña.
- De las emisiones de anhídrido sulfuroso, se observa que el fuel oil es el principal combustible que aporta a ésta emisión, y con un aporte menor está el diesel y el crudo.
- El bagazo de caña es el principal combustible que contribuye con las emisiones de material particulado junto con el fuel oil y el diesel pero en menor cantidad.



## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

- Una de las formas de controlar las emisiones de contaminantes por generación de energía eléctrica por parte del Estado, es mediante normativa específica.
- La disminución de los contaminantes se puede lograr cambiando la matriz energética del país.
- El aumento de las emisiones de contaminantes a la atmósfera y el consumo de combustibles fósiles, está directamente relacionado con el crecimiento económico e industrial de una nación.
- El consumo de diesel ha tenido un interesante incremento alrededor del periodo estudiado (2002-2010), tal es el punto que en el 2010, muestra que es la mayor fuente de consumo para la generación de energía eléctrica por las termoeléctricas del país.
- Por otro lado, se observa que el fuel oil, fuente principal de consumo para la generación de energía eléctrica, ha tenido un incremento menos pronunciado, a tal punto que el consumo de diesel lo ha superado.
- Los demás combustibles, tal como, nafta, crudo, residuos, gas natural, GLP y bagazo de caña, han tenido un constante aumento pero en magnitudes menos significativas que los combustibles antes mencionados diesel y fuel oil.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- En cuanto a las emisiones de dióxido de carbono, se observa que el principal emisor ha sido el fuel oil, seguido por el diesel, éste último, en el año 2010 ha emitido mayor contaminante, mientras que el GLP es el combustible que menos aporta a ésta emisión.
- Las emisiones de monóxido de carbono muestran un comportamiento similar a las emisiones de dióxido de carbono, de tal manera que los principales combustibles contaminantes son el fuel oil y el diesel y a la vez el GLP, el combustible que menos aporta.
- Por otro lado, en las emisiones de hidrocarburos, la contaminación de los distintos tipos de combustibles muestran un comportamiento tal que los principales contaminantes son el fuel oil, El diesel, sin embargo, los combustibles como el crudo, residuos y gas natural muestran aportaciones importantes a esta emisión, y de la misma manera que las anteriores, los combustibles que menos aportan es el GLP junto con el nafta y se observa que el bagazo de caña no aporta a ésta emisión.
- En las emisiones de óxido de nitrógeno se observa que los combustibles que presentan mayor contaminación son el fuel oil, el diesel y el gas natural, así mismo, los combustibles que menos aportan a las emisiones de éste contaminante son el nafta, el bagazo de caña y el GLP
- En cuanto a las emisiones de anhídrido sulfuroso, se observa que el principal combustible contaminante ha sido el fuel oil, seguido por el diesel en menor cantidad pero no menos significativa, aunque los combustibles GLP y gas natural también aportan pero en mucha menor cantidad, por su parte el bagazo de caña no aporta a éste tipo de contaminante.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Por otro lado, las emisiones de material particulado, muestran que el principal combustible contaminante es el bagazo de caña, seguido por el fuel oil en menor cantidad, aunque los combustibles como el diesel, residuos y crudo también aportan pero en mucha menor cantidad que el diesel, por su parte el gas natural y el GLP no aportan a ésta emisión.
- De lo dicho anteriormente, y según la tabla de contaminantes emitidos por cada tipo de combustible, se ha determinado que el combustible más contaminante es el diesel, seguido del fuel oil y los de no menos importancia el gas natural, el crudo y el bagazo de caña.
- En lo que respecta a la comparación de metodologías, ambos métodos presentan gráficas parecidas entre los diversos contaminantes, lo que los diferencia son sus escalas en donde muestran que los datos por el Método por Combustible son superiores, aproximadamente al doble que los datos por el Método por Energía, y como se dijo en el análisis de resultados, y tomando como base los datos emitidos por el CONELEC, el método que más se acerca a los datos del CONELEC son las del Método por Combustible, validando a su vez éste trabajo.
- En cuanto al año 2010 se deduce que el combustible que más aporta a las emisiones es el diesel, seguido del fuel oil, el gas natural, el crudo el bagazo de caña, los residuos y la nafta en menor cantidad respectivamente.



## 5.2. RECOMENDACIONES

- Cambiar el tipo de combustible utilizado en ciertas centrales (sobre todo las que utilizan fuel oil ya que es el más contaminante) por otros combustibles de mejor calidad, para disminuir la cantidad de emisiones de óxidos de azufre.
- Dar un mantenimiento adecuado a las máquinas para poder controlar las temperaturas, cantidad de oxígeno en la mezcla de la combustión y disminuir la producción de contaminantes como el NOx o HC.
- Para el control de material particulado es conveniente la implementación de filtros en los escapes por donde se evacúan los gases al ambiente.
- Se debe tener precaución en los procesos para la conversión de unidades, ya que un error en el cálculo significaría la invalidez de los resultados obtenidos.
- Se deben obtener datos de fuentes confiables, por ello se optó por información publicada en páginas web del estado ecuatoriano para poseer información valedera y otras páginas que cuentan con datos fiables.
- Para el cálculo se debe tener en cuenta la mayoría de centrales de producción de electricidad, así como los el combustible que utilizan con el fin de que los cálculos totales de emisiones se aproximen a la realidad.
- Como siguiente trabajo de investigación se recomienda realizar una comparación entre las emisiones obtenidas en este análisis y las emisiones que se obtengan cuando entren a operar centrales hidroeléctricas como Coca Codo Sinclair, Sopladora, Cardenillo es decir cuando inicie el cambio en la matriz energética del Ecuador.



## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Espere, «Espere-Enc,» Quema de Combustibles, [En línea]. Disponible: [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1\\_\\_Contaminaci\\_n\\_atmosf\\_rica/\\_Quema\\_de\\_combustibles\\_3yj.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1__Contaminaci_n_atmosf_rica/_Quema_de_combustibles_3yj.html). [Último acceso: 21 Julio 2012].
- [2] Wikipedia, «Contaminacion Atmosferica,» 22 Agosto 2012. [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_atmosf%C3%A9rica](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica).
- [3] Wikipedia, Dioxido de Carbono, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido\\_de\\_carbono](http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_carbono). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [4] Windows to Universe Org, Dioxido de Carbono, [En línea]. Disponible: [http://www.windows2universe.org/physical\\_science/chemistry/carbon\\_dioxide.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/physical_science/chemistry/carbon_dioxide.html&lang=sp). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [5] L. Braga, «crylicit,» Dioxido de Carbono, [En línea]. Disponible: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DioxiCar.htm>. [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [6] Wikipedia, Efecto Invernadero, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\\_invernadero](http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [7] Wikipedia, Monoxido de Carbono, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Mon%C3%B3xido\\_de\\_carbono](http://es.wikipedia.org/wiki/Mon%C3%B3xido_de_carbono). [Último acceso:



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

22 Julio 2012].

- [8] Windows to Universe, Monóxido de Carbono, [En línea]. Disponible: [http://www.windows2universe.org/physical\\_science/chemistry/carbon\\_monoxide.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/physical_science/chemistry/carbon_monoxide.html&lang=sp). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [9] «Air Info Now,» Monóxido de Carbono, [En línea]. Disponible: [http://www.airinfonow.org/espanol/html/ed\\_co.html](http://www.airinfonow.org/espanol/html/ed_co.html). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [10] «Reducción de emisiones de de óxidos de nitrógeno,» [En línea]. Disponible: [http://ocw.uniovi.es/file.php/13/1C\\_C12757\\_0910/04\\_GT17\\_Reducccion\\_de\\_NOX\\_en\\_humos.pdf](http://ocw.uniovi.es/file.php/13/1C_C12757_0910/04_GT17_Reducccion_de_NOX_en_humos.pdf). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [11] «Consorti Sanitari de Barcelona,» Los óxidos de nitrógeno (NOx) en el aire urbano y la salud, [En línea]. Disponible: <http://www.aspb.es/quefem/docs/oxidos.pdf>. [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [12] Wikipedia, Óxido de nitrógeno, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido\\_de\\_nitr%C3%B3geno\\_\(II\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_nitr%C3%B3geno_(II)). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [13] Wikipedia, Dióxido de Nitrógeno, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido\\_de\\_nitr%C3%B3geno](http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_nitr%C3%B3geno). [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [14] Textos Científicos, Los óxidos de nitrógeno, [En línea]. Disponible: <http://www.textoscientificos.com/node/610>. [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [15] Wikipedia, Lluvia Ácida, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia\\_%C3%A1cida](http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_%C3%A1cida). [Último acceso: 23 Julio 2012].
- [16] «PRTR España,» Óxidos de Azufre, [En línea]. Disponible: <http://www.prtr->



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html. [Último acceso: 23 Julio 2012].

- [17] Wikipedia , Dióxido de Azufre, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido\\_de\\_azufre](http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_azufre). [Último acceso: 23 Julio 2012].
- [18] Windows to Universe Org, Dióxidos de azufre, trióxidos de azufre, [En línea]. Disponible: [http://www.windows2universe.org/physical\\_science/chemistry/sulfur\\_oxides.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/physical_science/chemistry/sulfur_oxides.html&lang=sp). [Último acceso: 23 Julio 2012].
- [19] «GreenFacts,» Material Particulado, [En línea]. Disponible: <http://www.greenfacts.org/es/particulas-suspension-pm/index.htm>. [Último acceso: 24 Julio 2012].
- [20] CEC, Particulas Suspendidas, [En línea]. Disponible: [http://www.cec.org/soe/files/es/SOE\\_ParticulateMatter\\_es.pdf](http://www.cec.org/soe/files/es/SOE_ParticulateMatter_es.pdf). [Último acceso: 24 Julio 2012].
- [21] Wikipedia, Aerosol, [En línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aerosol>. [Último acceso: 24 Julio 2012].
- [22] Wikipedia, Particulas en suspensión, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Part%C3%ADculas\\_en\\_suspensi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Part%C3%ADculas_en_suspensi%C3%B3n). [Último acceso: 24 Julio 2012].
- [23] L. T. Fernando Morales, «Modernización de analizador infrarrojo de gases de la metalmecánica San Bartolo de la Escuela Politecnica Nacional,» Octubre 2010. [En línea]. Disponible: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2451/1/CD-3161.pdf>. [Último acceso: 28 Julio 2012].
- [24] J. P. Pérez, «Estudio de tratamientos secundarios de reduccion de NOx para la implementación de un generador termoeléctrico,» Julio 2009. [En línea].



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Disponible: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1047/1/98172.pdf>.  
[Último acceso: 24 Julio 2012].

- [25] Oni escuelas, «Tóxicos emitidos en la combustión,» [En línea]. Disponible: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/Toxico.htm>. [Último acceso: 22 Julio 2012].
- [26] Ministerio del Ambiente, «Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte Puertos y Aeropuertos» [En Línea]. Disponible: [http://www.efficacitas.com/efficacitas\\_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Tecnicas%20Ambientales.pdf](http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Tecnicas%20Ambientales.pdf). [Último acceso: 30 Julio 2012].
- [27] Wikipedia, Ciclo de cuatro tiempos, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_de\\_cuatro\\_tiempos](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos). [Último acceso: 22 Agosto 2012].
- [28] Textos Científicos, Centrales eléctricas a vapor, [En línea]. Disponible: <http://www.textoscientificos.com/energia/centrales-electricas/vapor>. [Último acceso: 23 Agosto 2012].
- [29] Wikipedia, Centrales convencionales y ciclo combinado, [En línea]. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Central\\_termoel%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoel%C3%A9ctrica). [Último acceso: 23 Agosto 2012].
- [30] Olade, Indicadores económicos energéticos Ecuador, [En línea]. Disponible: <http://www.olade.org/sites/default/files/Indicadores/demanda/EC-CE.png>. [Último acceso: 23 de Agosto 2012].
- [31] Olade, Indicadores económicos energéticos Ecuador, [En línea]. Disponible: <http://www.olade.org/sites/default/files/Indicadores/co2-ev/EC-CO2.png>. [Último Acceso: 23 Agosto 2012].



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- [32] Agencia Internacional de Energía, Gráficos relacionados a Ecuador, [En línea]. Disponible: [http://www.iea.org/stats/pdf\\_graphs/ECOIL.pdf](http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/ECOIL.pdf). [Último Acceso: 23 Agosto 2012].
- [33] Agencia Internacional de Energía, Gráficos relacionados a Ecuador, [En línea]. Disponible: [http://www.iea.org/stats/pdf\\_graphs/ECELEC.pdf](http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/ECELEC.pdf). [Último Acceso: 23 Agosto 2012].
- [34] CONELEC, «BOLETINES ESTADÍSTICOS,» CONELEC, 2012. [En línea]. Disponible: <http://www.conelec.gob.ec/documentos.php?cd=3050&l=1>. [Último acceso: 12 JUNIO 2012].
- [35] OLADE, «Manual de Estadísticas Energéticas de OLADE,» Manual de Estadísticas Energéticas 2011, p. 110, 2011.
- [36] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2009-2020,» Quito, 2008



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## ANEXO I:

### Consumo Histórico de Combustible y Energía Producida por Centrales Térmicas del Ecuador

AÑO 2002							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empr esa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)
<b>Total CATEG-G</b>		<b>485.134,84</b>	20.799.461,00	<b>20.928.899,29</b>	-	-	-
<b>Total Electroguayas</b>		<b>1.653.344,99</b>	105.602.037,00	103.167,92	8.929.948,00	-	-
<b>Total Termoesmeraldas</b>		<b>747.221,12</b>	46.556.911,34	54.357,77	-	-	-
<b>Total Elecaustro</b>		<b>43.197,68</b>	2.495.667,48	343.641,86	-	-	-
<b>Total Electroquil</b>		<b>523.889,15</b>	-	36.506.021,48	-	-	-
<b>Total Machala Power</b>		<b>272.081,58</b>	-	-	-	24.206.546,41	-
<b>Total Termopichincha</b>		<b>176.530,22</b>	5.914.894,00	7.343.824,90	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>3.901.399,58</b>	181.368.970,82	65.279.913,22	8.929.948,00	24.206.546,41	-

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS							
Empr esa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)
Total Ambato		2.123,12	-	160.761,56	-	-	-
Total Bolívar		272,62	-	22.794,70	-	-	-
Total Centro Sur		12,06	-	1.068,10	-	-	-
Total Oro		4.534,02	-	356.241,80	-	-	-
Total Esmeraldas		1.317,95	-	98.480,60	-	-	-
Total Galápagos		17.847,50	-	1.528.902,00	-	-	-
Total Guayas-Los Ríos		829,66	-	83.313,00	-	-	-
Total Los Ríos		2.584,29	-	191.500,01	-	-	-
Total Manabí		1.856,33	-	132.285,40	-	-	-
Total Norte		830,40	-	70.055,60	-	-	-
Total Quito		134.163,56	7.121.780,17	611.303,00	-	-	-
Total Riobamba		910,80	-	122.385,00	-	-	-
Total Sta. Elena		4.903,74	-	394.711,00	-	-	-
Total Sucumbios		70.646,65	-	5.707.685,47	-	-	-
Total Sur		18.100,03	-	1.309.989,58	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>260.932,72</b>	7.121.780,17	10.791.476,82	-	-	-



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pie cubico)	Residuo (gal)
	Total Agip		70.047,98	-	84.761,10	-	-
Total Famiproduct		25.514,57	1.642.245,00	25.842,00	-	-	-
Total Petroproduccion		102.025,98	-	3.128.887,75	-	58.123.521,12	-
Total General		197.588,52	1.642.245,00	3.239.490,85	-	58.123.521,12	-

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES					
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)
4.359.920,83	190.132.995,99	79.310.880,89	8.929.948,00	82.330.067,53	-

ENERGIA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE					TOTAL
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	
GENERADORAS	2.541.988,41	994.455,70	92.873,90	272.081,58	-	3.901.399,58
DISTRIBUIDORAS	127.139,20	133.793,52	-	-	-	260.932,72
AUTOPRODUCTORAS	25.514,57	70.047,98	-	102.025,98	-	197.588,52
TOTAL SEPARADOS	2.682.466,04	1.219.773,95	92.702,74	364.978,09	-	4.359.920,83

AÑO 2003							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Crudo (gal)
	Total CATEG-G		329.717,42	13.314.451,00	12.987.372,00	-	-
Total CELEC-Electroguayas		755.079,37	101.959.794,00	222.643,00	1.061.167,00	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		788.635,68	50.288.129,00	67.682,00	-	-	-
Total Elecaustro		61.207,97	3.689.941,00	233.339,00	-	-	-
Total Electroquil		263.469,08	-	18.617.899,00	-	-	-
Total Intervisa Trade		24.125,76	-	-	2.279.154,00	-	-
Total Machala Power		770.143,60	-	-	-	8.782.305,00	-
Total Termopichincha		150.225,98	7.574.208,00	3.286.404,00	-	-	-



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Total General</b>	<b>3.142.604,85</b>	176.826.523,0 0	35.415.339,00	3.340.321,00	8.782.305,00	-
----------------------	---------------------	--------------------	---------------	--------------	--------------	---

<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS</b>							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Crudo (gal)
Total Ambato		1.150,07	-	86.799,00	-	-	-
Total Bolívar		113,45	-	8.990,00	-	-	-
Total Centro Sur		73,90	-	6.508,00	-	-	-
Total Oro		5.009,67	-	390.468,00	-	-	-
Total Galápagos		19.261,56	-	1.567.352,00	-	-	-
Total Guayas-Los Ríos		844,21	-	79.371,00	-	-	-
Total Manabí		3.031,63	-	216.663,00	-	-	-
Total Norte		369,80	-	30.060,00	-	-	-
Total Quito		70.007,74	3.279.903,00	478.481,00	-	-	-
Total Riobamba		306,28	-	23.959,00	-	-	-
Total Sta. Elena		3.685,39	-	293.594,00	-	-	-
Total Sucumbíos		67.862,35	-	5.608.326,00	-	-	-
Total Sur		15.325,76	-	1.122.047,00	-	-	-
Total General		187.041,80	3.279.903,00	9.912.618,00	-	-	-

<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS</b>							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Crudo (gal)
Total Agip		88.550,46	-	131.504,00	-	-	5.632.204,00
Total Petroproduccion		168.438,66	-	10.467.333,00	-	136.502,00	-
Total General		256.989,12	-	10.598.837,00	-	136.502,00	5.632.204,00

<b>TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES</b>						
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Crudo (gal)	
3.586.635,78	180.106.426,00	55.926.794,00	3.340.321,00	8.918.807.000,00	5.632.204,00	

ENERGIA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE					
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Crudo	TOTAL
GENERADORAS	1.888.020,77	448.942,32	35.498,16	770.143,60	-	3.142.604,85
DISTRIBUIDORAS	64.131,20	122.910,60	-	-	-	187.041,80
AUTOPRODUCTORAS	-	168.438,66	-	-	88.550,46	256.989,12
TOTAL SEPARADOS	1.938.129,80	747.987,58	35.336,75	778.651,53	86.530,10	3.586.635,78



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**AÑO 2004**

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS

Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Otros (gal)
Total CATEG-G		346.513,70	15.700.270,00	12.669.586,00	-	-	-
Total CELEC-Electroguayas		1.212.908,44	82.601.102,00	2.234.921,00	-	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		885.558,24	55.702.735,00	38.164,00	-	-	-
Total Elecaastro		57.480,89	3.493.658,00	189.344,00	-	-	-
Total Electroquil		413.956,18	-	29.520.133,00	-	-	-
Total Intervisa Trade		59.877,47	-	234.109,00	5.782.832,00	-	-
Total Machala Power		735.422,00	-	-	-	8.489.427,00	-
Total Termopichincha		226.611,09	3.119.197,00	3.575.275,00	-	-	8.904.731,00
Total Ulysseas		15.328,27	1.570.736,00	27.231,00	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>3.953.656,28</b>	<b>162.187.698,00</b>	<b>48.488.763,00</b>	<b>5.782.832,00</b>	<b>8.489.427,00</b>	<b>8.904.731,00</b>

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS

Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Crudo (gal)
Total Ambato		535,25	-	40.711,00	-	-	-
Total Bolívar		236,89	-	18.689,00	-	-	-
Total Centro Sur		12,48	-	1.203,00	-	-	-
Total Oro		3.675,55	-	286.325,00	-	-	-
Total Galápagos		20.943,85	-	1.703.648,00	-	-	-
Total Guayas-Los Ríos		799,13	-	73.863,00	-	-	-
Total Manabí		326,87	-	23.829,00	-	-	-
Total Norte		299,30	-	23.340,00	-	-	-
Total Quito		107.774,35	5.871.627,00	553.838,00	-	-	-
Total Riobamba		435,59	-	33.865,00	-	-	-
Total Sta. Elena		4.617,28	-	378.644,00	-	-	-
Total Sucumbíos		53.725,01	-	4.509.230,00	-	-	-
Total Sur		8.994,31	-	1.153.677,00	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>202.375,85</b>	<b>5.871.627,00</b>	<b>8.800.862,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

## CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS

Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Crudo (gal)
Total Agip		128.296,23	-	174.646,00	-	-	9.312.690,00
Total Famiproduct		17.249,71	1.341.462,00	16.574,00	-	-	-
Total OCP		31.414,03	-	1.038.436,00	-	-	1.305.891,00
Total Petroproduccion		222.246,07	-	11.955.810,00	-	1.570.183,00	2.036.829,00
Total Repsol YPF		614.668,11	-	21.824.547,00	-	1.262.229,00	339.022,00
Total San Carlos		-	-	-	-	-	-



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Total General	1.013.874,14	1.341.462,00	35.010.013,00	-	2.832.412,00	12.994.432,00
---------------	--------------	--------------	---------------	---	--------------	---------------

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES					
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Crudo (gal)
5.169.906,28	169.400.787,00	92.299.638,00	5.782.832,00	11.321.839.000,00	21.899.163,00

ENERGIA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE					
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Crudo	TOTAL
GENERADORAS	2.363.958,58	612.642,54	59.877,47	735.422,00	181.755,69	3.953.656,28
DISTRIBUIDORAS	99.819,70	102.556,15	-	-	-	202.375,85
AUTOPRODUCTORAS	17.249,71	295.989,15	-	520.796,26	179.839,02	1.013.874,14
<b>TOTAL SEPARADOS</b>	<b>2.487.677,21</b>	<b>1.044.481,41</b>	<b>57.547,74</b>	<b>1.250.566,82</b>	<b>329.633,10</b>	<b>5.169.906,28</b>

AÑO 2005							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total CATEG-G		330.711,71	17.071.776,00	11.972.293,00	-	-	-
Total CELEC-Electroguayas		1.801.400,83	110.944.610,00	15.679.197,00	-	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		922.433,35	57.973.558,00	52.325,00	-	-	-
Total Elecaastro		70.910,60	3.973.661,00	496.558,00	-	-	-
Total Electroquil		622.827,77	-	43.921.820,00	-	-	-
Total Intervisa Trade		278.588,39	-	310.049,00	26.504.327,00	-	-
Total Machala Power		816.288,20	-	-	-	9.244.614,00	-
Total CELEC-Termopichincha		234.414,22	-	5.045.485,00	-	-	10.655.590,00
Total Ulyseas		47.548,93	5.035.720,00	111.370,00	-	-	-



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Total General</b>		5.125.123,99	194.999,32 5,00	77.589,097, 00	26.504.327,00	9.244.614,00	10.655,59 0,00
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total Ambato		1.349,36	-	91.719,00	-	-	-
Total Bolívar		717,62	-	59.740,00	-	-	-
Total Centro Sur		8,17	-	780,00	-	-	-
Total Oro		5.445,46	-	417.941,00	-	-	-
Total Galápagos		22.859,15	-	1.860.117,00	-	-	-
Total Guayas-Los Rios		949,49	-	86.814,00	-	-	-
Total Manabí		8.621,06	-	660.022,00	-	-	-
Total Norte		1.341,30	-	105.309,00	-	-	-
Total Quito		115.439,74	6.289.409,00	732.683,00	-	-	-
Total Riobamba		1.060,69	-	83.253,00	-	-	-
Total Sta. Elena		4.199,56	-	365.331,00	-	-	-
Total Sucumbios		41.173,81	-	3.600.910,00	-	-	-
Total Sur		15.686,65	-	1.171.683,00	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>218.852,05</b>	<b>6.289.409,00</b>	<b>9.236.302,00</b>	-	-	-

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS									
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (ton)
Total Agip		133.639,21	-	117.538,00	-	-	-	9.994.710,00	-
Total OCP		30.251,90	-	934.754,00	-	-	-	1.111.855,00	-
Total Petroproduccion		152.355,30	-	11.664.938,00	-	1.989.935,00	-	3.574.568,00	-
Total Repsol YPF		113.284,24	-	21.093.949,00	-	1.914.339,00	-	376.892,00	-
Total Ecoelectric		18.885,12	-	-	-	-	-	-	390.586,00
Total Lucega		39.839,87	-	-	-	-	-	-	191.573,00
<b>Total General</b>		<b>488.255,64</b>	<b>-</b>	<b>33.811.179,00</b>	<b>-</b>	<b>3.904.274,00</b>	<b>-</b>	<b>15.058.025,00</b>	<b>582.159,00</b>

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES							
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (ton)
5.832.231,67	201.288.734,00	120.636.578, 00	26.504.327,00	13.148.888,00 0,00	10.655.590,0 0	15.058,02 5,00	582.159,00

ENERGIA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE							TOTAL
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	Crudo	Bagazo de caña	
GENERADORAS	2.869.964,05	964.653,58	278.588,39	816.288,20	195.629,77	-	-	5.125.123,99
DISTRIBUIDORAS	106.345,00	112.507,05	-	-	-	-	-	218.852,05
AUTOPRODUCTORAS	-	223.643,44	-	2.783,39	-	203.103,82	58.724,99	488.255,64
<b>TOTAL SEPARADOS</b>	<b>2.968.899,53</b>	<b>1.317.747,69</b>	<b>275.367,13</b>	<b>831.299,90</b>	<b>179.968,22</b>	<b>200.224,22</b>	<b>58.724,99</b>	<b>5.832.231,67</b>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

AÑO 2006							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total CATEG-G		468.019,34	13.364.171,00	19.438.695,00	-	-	-
Total CELEC-Electroguayas		2.016.474,52	114.489.303,00	32.423.019,00	-	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		955.111,88	60.344.704,00	63.248,00	-	-	-
Total Elecaastro		76.361,96	4.189.480,00	617.226,00	-	-	-
Total Electroquil		669.981,63	-	47.349.349,00	-	-	-
Total Generoca		-	-	-	-	-	-
Total Intervisa Trade		426.095,20	-	4.518.848,00	34.439.503,00	-	-
Total Machala Power		885.448,20	-	-	-	9.891.927,00	-
Total Termoguayas		71.571,04	4.768.711,00	-	-	-	-
Total CELEC-Termopichincha		258.193,77	-	6.861.599,00	-	-	11.093.641,00
Total Ulysseas		40.330,22	4.356.652,00	53.542,00	-	-	-
Total General		5.867.587,76	201.513.021,00	111.325.526,00	34.439.503,00	9.891.927,00	11.093.641,00

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total Ambato		920,77	-	65.739,00	-	-	-
Total Bolívar		627,45	-	53.126,00	-	-	-
Total Oro		6.623,69	62.843,00	446.476,00	-	-	-
Total Galápagos		25.581,55	-	2.077.644,00	-	-	-
Total Guayas-Los Ríos		932,92	-	66.953,00	-	-	-
Total Manabí		6.027,93	-	468.233,00	-	-	-
Total Norte		1.954,96	-	151.027,00	-	-	-
Total Quito		151.550,09	8.511.172,00	679.970,00	-	-	-
Total Riobamba		1.833,62	-	147.992,00	-	-	-
Total Sta. Elena		13.550,53	-	1.110.084,00	-	-	-
Total Sucumbios		48.818,88	-	3.317.630,00	-	-	-
Total Sur		18.041,77	-	1.310.224,00	-	-	-
Total General		276.464,16	8.574.015,00	9.895.098,00	-	-	-



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS									
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (Tn)
Total Agip		143.589,19	-	413.323,00	-	-	-	10.759.416,00	-
Total Consorcio Bloque 7-21		108.814,15	-	4.727.647,00	-	12.503.744,00	-	3.236.386,00	-
Total Ecoelectric		25.988,48	-	-	-	-	-	-	783.031,00
Total Ecudos		77.676,37	-	-	-	-	-	-	311.750,00
Total Lafarge		80.068,50	229.103,00	521.743,00	-	-	4.568.034,00	-	-
Total OCP		27.199,82	-	768.863,00	-	-	-	1.213.675,00	-
Total Petroproduccion		274.967,77	-	12.691.188,00	-	1.712.396,00	-	3.417.075,00	-
Total Repsol YPF		751.590,98	-	22.335.665,00	-	2.331.832,00	-	431.069,00	-
Total San Carlos		-	-	-	-	-	-	-	-
Total General		1.489.895,26	229.103,00	41.458.429,00	-	16.547.972,00	4.568.034,00	19.057.621,00	1.094.781,00

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES							
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña(ton)
7.633.947,18	210.316.139,00	162.679.053,00	34.439.503,00	26.439.899,000,00	15.661.675,00	19.057.621,00	1.094.781,00

ENERGÍA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE							TOTAL
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	Crudo	Bagazo de caña	
GENERADORAS	2.995.592,94	1.358.777,00	426.095,20	885.448,20	201.674,42	-	-	5.867.587,76
DISTRIBUIDORAS	143.263,60	133.200,56	-	-	-	-	-	276.464,16
AUTOPRODUCTORAS	-	540.419,83	-	191.497,53	80.068,50	574.244,55	103.664,85	1.489.895,26
TOTAL SEPARADOS	3.136.260,63	2.079.871,13	376.671,66	1.116.584,88	255.044,57	565.849,45	103.664,85	7.633.947,18

AÑO 2007							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total CATEG-G		355.841,71	13.730.831,00	17.314.680,20	-	-	-
Total CELEC-Electroguayas		1.659.224,67	101.210.804,34	18.718.642,83	-	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		908.895,43	57.651.580,00	63.977,98	-	-	-
Total Elecaustro		70.056,65	65.804,96	633.764,44	-	-	3.676.473,55
Total Electroquil		442.837,98	-	31.262.631,00	-	-	-
Total Generoca		192.588,60	3.554.125,02	544.241,86	-	-	8.575.594,09
Total Intervisa Trade		192.025,15	-	12.751.315,11	4.003.752,00	-	-
Total Machala Power		932.937,70	-	-	-	10.426.632,61	-
Total Termoguyas		526.061,44	34.946.907,27	-	-	-	-
Total CELEC-Termopichincha		174.516,00	-	3.957.122,08	-	-	7.954.674,22
Total General		5.454.985,33	211.160,052,59	85.246.375,50	4.003.752,00	10.426.632,61	20.206.741,86



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total Ambato		660,00	-	49.238,71	-	-	-
Total Bolívar		-	-	-	-	-	-
Total Centro Sur		-	-	-	-	-	-
Total Oro		4.230,00	-	326.753,50	-	-	-
Total Esmeraldas		3.570,00	-	274.028,76	-	-	-
Total Galápagos		25.220,00	-	2.050.483,00	-	-	-
Total Guayas-Los Ríos		1.280,00	-	79.480,75	-	-	-
Total Manabí		5.770,00	-	455.135,93	-	-	-
Total Norte		850,00	-	67.627,30	-	-	-
Total Quito		166.350,00	9.693.031,00	311.148,40	-	-	-
Total Riobamba		670,00	-	53.647,46	-	-	-
Total Sta. Elena		4.960,00	-	376.678,00	-	-	-
Total Sucumbíos		56.830,00	-	5.000.431,12	-	-	-
Total Sur		13.060,00	-	939.688,15	-	-	-
Total General		283.450,00	9.693.031,00	9.984.341,08	-	-	-

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS										
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (Tn)	LPG (gal)
Total Agip		162.780,00		164.380,98				12.067,693,55		
Total Andrés Petroleum Company		367.440,00		11.028.871,25		1.906.075,54	4.752.885,62			8.275,460,34
Total Consorcio Bloque 7-21		116.560,00		4.762.344,25		44.182,19		3.757,265,73		
Total Ecoelectric		77.160,00							1.262.515,18	
Total Ecudos		86.340,00							370.210,87	
Total Lafarge		75.010,00		525.024,54			4.474.239,78			
Total Molinos La Unión		280,00		16.468,68						
Total OCP		23.290,00		468.771,70				1.168,793,85		
Total Petroproduccion		299.340,00		14.312.419,86		1.874.978,22		2.623,486,48		
Total Repsol YPF		815.550,00		22.802.007,43		2.364.844,40		21.873,892,61		
Total San Carlos										
Total Sipec		34.040,00		653.772,00		210.283,19				
Total UB15		416.780,00		15.231.457,00		1.545.380,00		9.363,305,00		
Total General		2.474.570,00		69.965.517,69		7.945.743,54	9.227.125,40	50.854,437,22	1.632.726,05	8.275,460,34

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES								
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (ton)	LPG (gal)
8.213.005,33	220.853.083,59	165.196,234,27	4.003.752,00	18.372,376.150,00	29.433.867,26	50.854.437,22	1.632,726,05	8.275.460,34



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

ENERGIA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE								TOTAL
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	Crudo	Bagazo de caña	LPG (gal)	
GENERADORAS	3.075.964,11	1.045.203,58	-	932.937,70	400.879,94	-	-	-	5.454,985,33
DISTRIBUIDORAS	163.900,00	119.550,00	-	-	-	-	-	-	283,450,00
AUTOPRODUCTORAS	-	694.530,00	-	315.280,00	75.010,00	886.440,00	163.500,00	339.810,00	2.474,570,00
<b>TOTAL SEPARADOS</b>	<b>3.271.316,49</b>	<b>2.035.596,45</b>	<b>45.885,88</b>	<b>1.246.740,72</b>	<b>471.142,66</b>	<b>837.352,59</b>	<b>163.500,00</b>	<b>141.470,54</b>	<b>8.213,005,33</b>

AÑO 2008							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total CATEG-G		238.599,97	6.084.096,00	14.401,828,00	-	-	-
Total CELEC-Electroguayas		1.558.308,26	105.258,722,00	75.975,00	-	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		670.018,50	42.446,588,00	58.326,00	-	-	-
Total Elecaastro		60.012,37	-	371.012,00	-	-	3.672,989,00
Total Electroquil		270.439,55	-	19.512,849,00	-	-	-
Total Generoca		156.216,00	-	761.684,00	-	-	9.794,632,00
Total Intervisa Trade		135.936,03	-	4.795.630,00	7.935.786,00	-	-
Total Machala Power		766.619,20	-	-	-	8.794.129,00	-
Total Termoguyayas		450.199,38	30.208,216,00	-	-	-	-
Total CELEC-Termopichincha		150.354,22	-	2.538.214,00	-	-	7.437,307,00
<b>Total General</b>		<b>4.456.703,49</b>	<b>183.997,622,00</b>	<b>42.515,518,00</b>	<b>7.935.786,00</b>	<b>8.794.129,00</b>	<b>20.904,928,00</b>

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total Ambato		1.145,04	-	90.163,00	-	-	-
Total Bolívar		-	-	-	-	-	-
Total Oro		3.096,10	-	296.351,00	-	-	-
Total Galápagos		30.561,86	-	3.883.289,00	-	-	-
Total Guayas-Los Ríos		1.317,68	-	87.841,00	-	-	-
Total Manabí		766,27	-	62.473,00	-	-	-
Total Norte		1.274,82	-	104.132,00	-	-	-
Total Quito		145.233,43	7.903.613,00	925.459,00	-	-	-
Total Riobamba		355,70	-	28.978,00	-	-	-
Total Sucumbios		16.042,09	-	1.422.563,00	-	-	-
Total Sur		9.968,77	-	754.512,00	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>209.761,76</b>	<b>7.903.613,00</b>	<b>7.655.761,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS										
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (Tn)	LPG (gal)
Total Agip		186,44	-	471.013,00	-	-	-	13.431,99	-	-
Total Andes Petroleum Company		385.491,48	-	15.468,277,00	-	1.852.079,00	4.876,372,00	-	-	8.584.054,00
Total Consorcio Bloque 7-21		118.010,00	-	4.766.255,00	-	47.211,00	-	4.173,699,00	-	-
Total Ecoelectric		74.890,00	-	-	-	-	-	-	363.639,00	-
Total E cud os		75.010,00	-	-	-	-	-	-	299.607,00	-
Total Lafarge		84.070,00	-	622.044,00	-	-	4.967,905,00	-	-	-
Total Molinos La Unión		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total OCP		25.026,33	-	443.950,00	-	-	-	1.268,949,00	-	-
Total Petroamazonas		923.760,00	-	14.455,371,00	-	1.608.020,00	-	11.314,163,00	-	-
Total Petroproduccion		322.350,00	-	14.744,235,00	-	1.481.947,00	-	4.619,183,00	-	-
Total Repsol YPF		817.590,00	-	24.595,853,00	-	2.017.205,00	-	20.184,839,00	-	-
Total San Carlos		58.430,00	-	-	-	-	-	-	324.591,00	-
Total Sipec		34.270,00	-	571.574,00	-	279.723,00	-	-	-	-
Total General		2.919.084,25	-	76.138,572,00	-	7.286.185,00	9.844,277,00	54.992,830,00	987.837,00	8.584.054,00

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES								
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (ton)	LPG (gal)
7.585.549,50	191.901.235,00	126.309.851,00	7.935.786,00	16.080.314,00	30.749.205,00	54.992,830,00	987.837,00	8.584.054,00

ENERGIA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE								
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	Crudo	Bagazo de caña	LPG (gal)	TOTAL
GENERADORAS	2.752.129,05	451.596,49	135.936,03	766.619,20	350.422,71	-	-	-	4.456.703,49
DISTRIBUIDORAS	134.978,70	74.783,06	-	-	-	-	-	-	209.761,76
AUTOPRODUCTORAS	-	1.349.944,39	-	180.650,00	84.070,00	743.140,51	208.330,00	352.949,35	2.919.084,25
TOTAL SEPARADOS	2.881.905,68	2.063.321,15	84.732,07	1.049.924,33	471.132,53	692.887,57	208.330,00	133.316,17	7.585.549,50



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

AÑO 2009							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)
Total CELEC-Electroguayas		2.014.885,90	117.893.850,00	25.176.860,00	-	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		1.013.237,39	63.640.680,00	56.990,00	-	-	-
Total Elecausto		86.490,88	-	483.960,00	-	-	4.286.320,00
Total Electroquil		546.231,81	-	39.379.730,00	-	-	-
Total Generoca		172.823,90	-	723.210,00	-	-	10.736.180,00
Total Intervisa Trade		136.923,85	-	2.162.920,00	9.953.190,00	-	-
Total Machala Power		921.015,90	-	-	-	10.448.600,00	-
Total Termoguayas		577.927,36	39.149.860,00	-	-	-	-
Total CELEC-Termopichincha		290.908,95	-	12.462.640,00	-	-	8.199.150,00
<b>Total General</b>		<b>5.760.445,94</b>	<b>220.684.390,00</b>	<b>80.446.310,00</b>	<b>9.953.190,00</b>	<b>10.448.600,00</b>	<b>23.221.650,00</b>

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS								
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)
Total Ambato		668,35	-	52.238,00	-	-	-	-
Total Bolívar		-	-	-	-	-	-	-
Total CNEL-EI Oro		1.949,13	-	159.358,00	-	-	-	-
Total CNEL-Sucumbios		54.559,33	-	1.441.529,00	-	-	-	2.175.859,00
Total Eléctrica de Guayaquil		399.470,66	4.212.277,00	32.375.200,00	-	-	-	-
Total Galápagos		28.283,73	-	2.370.577,00	-	-	-	-
Total Norte		4.287,32	-	337.505,00	-	-	-	-
Total Quito		193.239,01	1.586.361,00	11.220.680,00	-	-	-	-
Total Riobamba		2.793,40	-	225.440,00	-	-	-	-
Total Sur		33.205,46	-	2.428.781,00	-	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>718.456,39</b>	<b>5.798.638,00</b>	<b>50.611.308,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.175.859,00</b>

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS										
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña (Tn)	LPG (gal)
Total Agip		192.316,55	-	415.357,00	-	-	-	14.144.070,00	-	-
Total Andes Petroleum Company		388.570,85	-	16.838.834,00	-	1.613.876,00	8.999.934,00	-	-	7.584.882,00
Total OCP		25.026,32	-	529.994,00	-	-	-	1.285.028,00	-	-
Total Petroproduccion		287.350,81	-	16.432.292,00	-	1.634.807,00	-	2.054.667,00	-	-
Total Petroamazonas		606.685,67	-	17.728.782,00	-	1.298.577,00	18.018.263,00	-	-	-
Total Repsol YPF		783.095,40	-	23.588.060,00	-	2.880.268,00	19.198.001,00	-	-	-
Total San Carlos		70.600,00	-	-	-	-	-	-	207.057,00	-
Total Sipec		31.955,18	-	279.644,00	-	224.603,00	-	-	-	-
<b>Total General</b>		<b>2.385.600,78</b>	<b>-</b>	<b>75.812.963,00</b>	<b>-</b>	<b>7.652.131,00</b>	<b>46.216.198,00</b>	<b>17.483.765,00</b>	<b>207.057,00</b>	<b>7.584.882,00</b>



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES								
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña(Ton)	LPG (gal)
8.864.503,11	226.483.028,00	206.870.581,00	9.953.190,00	18.100.731.000,00	69.437.848,00	19.659.624,00	207.057,00	7.584.882,00

ENERGÍA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE								TOTAL
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	Crudo	Bagazo de caña	LPG (gal)	
GENERADORAS	3.322.938,66	968.135,77	136.923,85	921.015,90	411.431,76	-	-	-	5.760.445,94
DISTRIBUIDORAS	53.315,49	622.233,02	-	-	-	42.907,88	-	-	718.456,39
AUTOPRODUCTORAS	-	795.215,17	-	293.253,64	985.624,35	240.907,62	70.600,00	-	2.385.600,78
TOTAL SEPARADOS	3.375.926,32	2.591.438,75	112.480,75	1.220.948,79	1.118.388,85	270.317,77	70.600,00	104.401,89	8.864.503,11

AÑO 2010							
CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS GENERADORAS							
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (Miles gal)	Diesel 2 (Miles gal)	Nafta (Miles gal)	Gas Natural (Mpc)	Residuo (Miles gal)
Total CELEC-Electroguayas		2.884.650,00	132.729,25	74.418,04	-	-	-
Total CELEC-Termoesmeraldas		486.150,00	30.732,03	87,79	-	-	-
Total Elecaastro		59.410,00	-	260,27	-	-	3.430,08
Total Electroquil		514.780,00	-	37.442,00	-	-	-
Total Generoca		170.410,00	-	753,61	-	-	11.333,29
Total Intervisa Trade		328.900,00	-	13.926,96	14.639,68	-	-
Total Machala Power		1.030.250,00	-	-	-	11.688,28	-
Total Termoguayas		595.790,00	40.591,04	-	-	-	-
Total CELEC-Termopichincha		1.081.538,00	2.049,92	74.204,12	-	-	5.975,52
Total General		7.151.878,00	206.102,24	201.092,79	14.639,68	11.688,28	20.738,89

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS DISTRIBUIDORAS								
Empresa	Central	Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (Miles gal)	Diesel 2 (Miles gal)	Nafta (Miles gal)	Gas Natural (M pc)	Residuo (Miles gal)	Crudo (Miles gal)
Total Ambato		210,00	-	24,24	-	-	-	-
Total CNEL-EI Oro		80,00	-	11,22	-	-	-	-
Total CNEL-Sucumbíos		61.190,00	-	1.695,58	-	-	-	2.472,67
Total Eléctrica de Guayaquil		603.350,00	17.272,51	33.166,79	-	-	-	-
Total Galápagos		29.270,00	-	2.385,58	-	-	-	-
Total Norte		2.420,00	-	195,63	-	-	-	-
Total Quito		199.650,00	12.047,71	84,34	-	-	-	-
Total Riobamba		1.630,00	-	132,00	-	-	-	-
Total Sur		23.290,00	-	1.782,66	-	-	-	-
Total General		921.090,00	29.320,22	39.478,04	-	-	-	2.472,67



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS AUTOPRODUCTORAS										
Empres a	Central	Energía	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	Crudo	Bagazo de caña	LPG
		Bruta (MWh)	(Miles gal)	(Miles gal)	(Miles gal)	(Mpc)	(Miles gal)	(Miles gal)	(Miles Tn)	(Miles gal)
Total Agip		208.700,00	-	1.081,84	-	-	-	14.068,73	-	-
Total Andes Petroleum Company		362.220,00	-	15.254,94	-	1.419,28	9.906,66	-	-	7.754,67
Total Ecoelectric		70.513,13	-	-	-	-	-	-	302,37	-
Total Ecudos		96.480,14	-	-	-	-	-	-	385,19	-
Total Lafarge		127.620,00	-	1.135,89	-	-	7.786,94	-	-	-
Total OCP		24.980,00	-	548,09	-	-	-	1.279,24	-	-
Total Petroamazonas		693.210,00	-	18.034,06	-	1.448,44	-	19.023,14	-	-
Total Petrobras		69.260,00	-	27,10	-	2.139,62	-	386,93	-	-
Total Petroproduccion		193.980,00	-	14.130,45	-	921,04	-	2.174,59	-	-
Total Repsol YPF		815.900,00	-	23.597,50	-	2.190,39	-	21.124,60	-	-
Total San Carlos		68.568,61	-	-	-	-	-	-	224,74	-
Total Sipecc		28.550,00	-	687,78	-	232,77	-	-	-	-
Total General		2.759.981,88	-	74.497,65	-	8.351,54	17.693,60	58.057,23	912,30	7.754,67

TOTAL COMBUSTIBLE DE LOS GENERADORES, DISTRIBUIDORES Y AUTOPRODUCTORES								
Energía Bruta (MWh)	Fuel Oil (gal)	Diesel 2 (gal)	Nafta (gal)	Gas Natural (pc)	Residuo (gal)	Crudo (gal)	Bagazo de caña(Tn)	LPG (gal)
10.832.949,88	235.422.460,00	315.068.480,00	14.639.680,00	20.039.820,00	38.432.490,00	60.529.900,00	912.300,00	7.754.670,00

ENERGIA MWh	TIPO DE COMBUSTIBLE								
	Fuel Oil	Diesel 2	Nafta	Gas Natural	Residuo	Crudo	Bagazo de caña	LPG (gal)	TOTAL
GENERADORAS	3.101.630,00	2.351.398,00	328.900,00	1.030.250,00	339.700,00	-	-	-	7.151.878,00
DISTRIBUIDORAS	414.230,00	458.620,00	-	-	-	48.240,00	-	-	921.090,00
AUTOPRODUCTORAS	-	717.470,00	-	395.610,00	459.080,00	952.260,00	235.561,88	-	2.759.981,88
TOTAL SEPARADOS	3.487.675,10	3.948.799,27	168.552,93	1.358.769,50	553.411,67	978.654,59	235.561,88	101.524,95	10.832.949,88

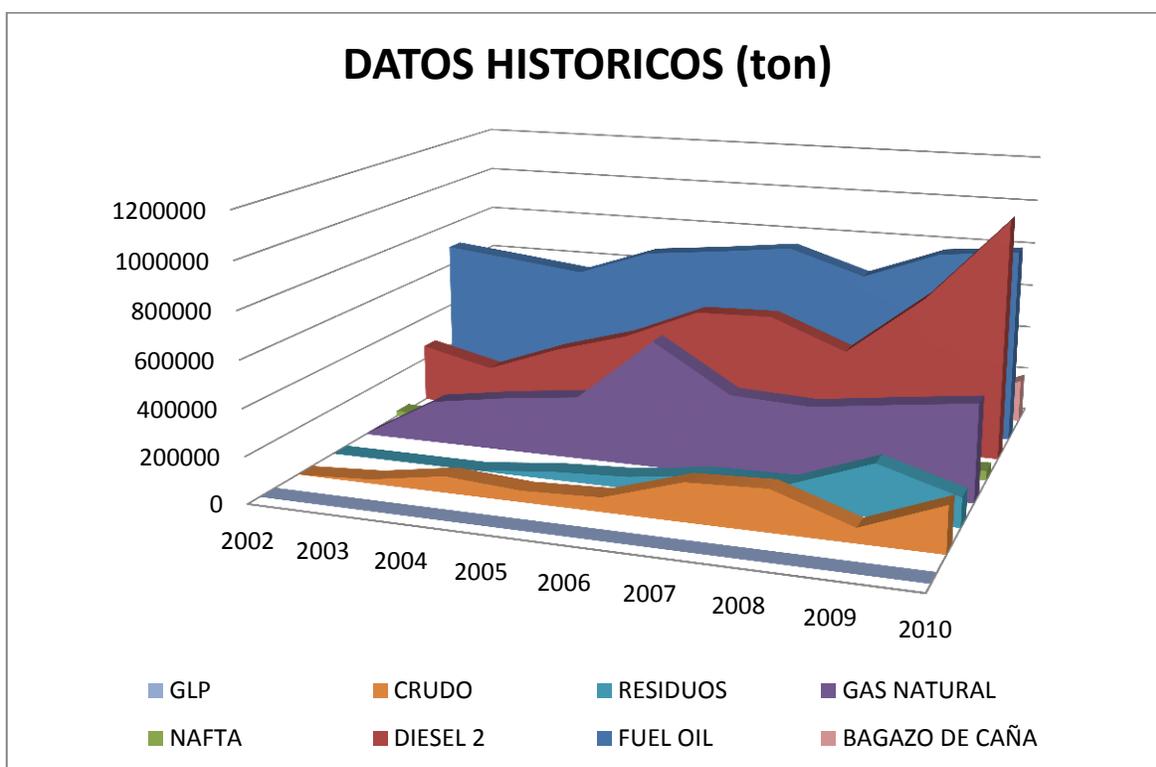


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## ANEXO 2:

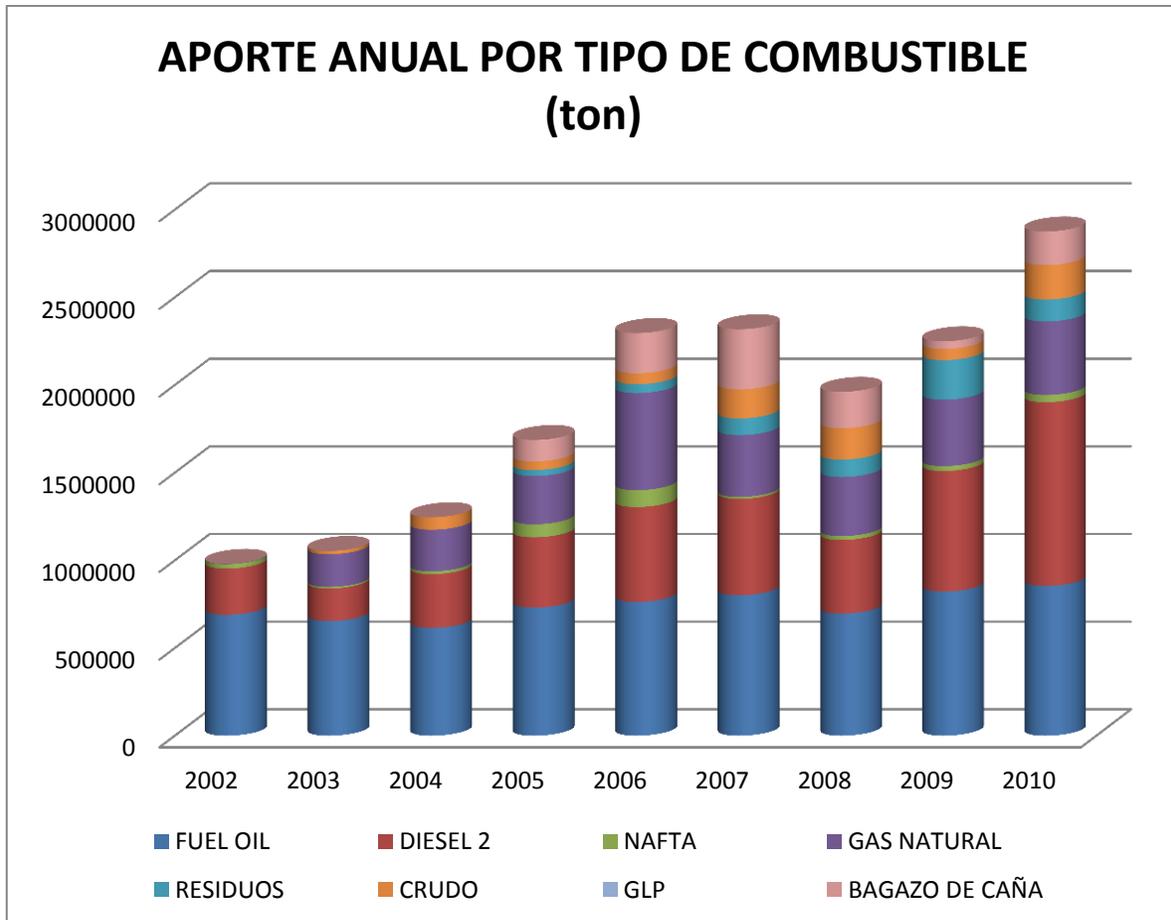
### Consumo histórico de combustibles fósiles

DATOS HISTORICOS (ton)										
COMBUSTIBLE (ton)	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	689.954,62	653.570,20	614.721,58	730.436,56	763.195,21	801.431,67	696.371,20	821.861,61	854.301,02	6.625.843,66
DIESEL 2	263.819,71	186.034,89	307.025,52	401.285,51	541.135,60	549.508,75	420.157,09	688.134,30	1.048.043,79	4.405.145,17
NAFTA	24.978,85	9.343,55	16.175,74	74.137,90	96.334,18	11.199,30	22.197,98	27.841,06	40.950,11	323.158,67
GAS NATURAL	1.722,91	186.642,97	236.930,98	275.165,45	553.305,09	384.476,86	336.511,11	378.792,17	419.371,29	2.772.918,83
RESIDUOS	-	-	-	34.639,19	50.912,97	95.683,62	99.959,52	225.728,56	124.936,34	631.860,19
CRUDO	-	18.309,17	71.189,80	48.950,63	61.952,51	165.317,60	178.770,69	63.909,51	196.770,60	805.170,51
GLP	-	-	-	-	-	16,74	17,36	15,34	15,68	65,12
BAGAZO DE CAÑA	-	-	-	122.253,39	229.904,01	342.872,47	207.445,77	43.481,97	191.583,00	1.137.540,61
<b>TOTAL</b>	<b>980.476,09</b>	<b>1.053.900,77</b>	<b>1.246.043,61</b>	<b>1.686.868,63</b>	<b>2.296.739,58</b>	<b>2.350.507,00</b>	<b>1.961.430,71</b>	<b>2.249.764,51</b>	<b>2.875.971,83</b>	<b>16.701.702,75</b>





# UNIVERSIDAD DE CUENCA



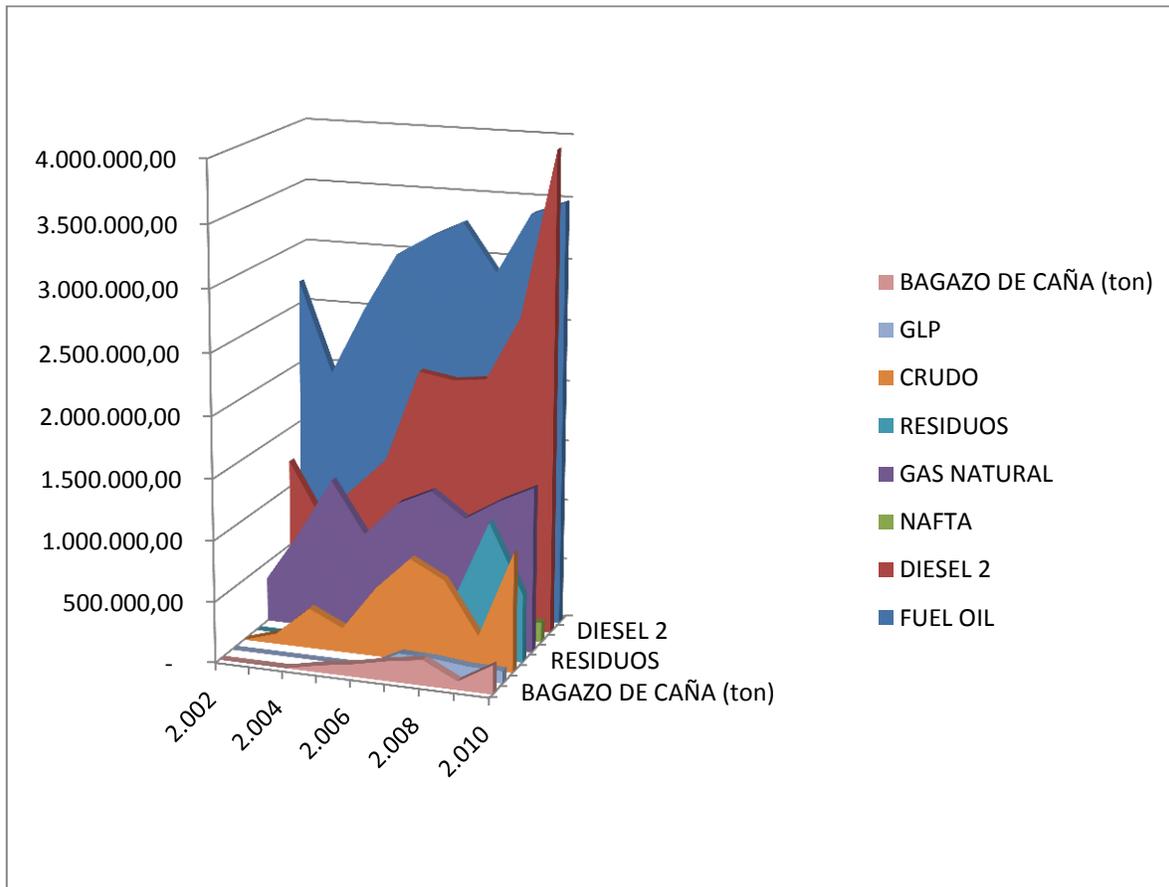


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## ANEXO 3:

### Histórico de Energía Total Producida por centrales térmicas

DATOS HISTORICOS (MWh)										
COMBUSTIBLE	2.002	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	TOTAL
FUEL OIL	2.682.466,04	1.938.129,80	2.487.677,21	2.968.899,53	3.136.260,63	3.271.316,49	2.881.905,68	3.375.926,32	3.487.675,10	<b>26.230.256,79</b>
DIESEL 2	1.219.773,95	747.987,58	1.044.481,41	1.317.747,69	2.079.871,13	2.035.596,45	2.063.321,15	2.591.438,75	3.948.799,27	<b>17.049.017,37</b>
NAFTA	92.702,74	35.336,75	57.547,74	275.367,13	376.671,66	45.885,88	84.732,07	112.480,75	168.552,93	<b>1.249.277,66</b>
GAS NATURAL	364.978,09	778.651,53	1.250.566,82	831.299,90	1.116.584,88	1.246.740,72	1.049.924,33	1.220.948,79	1.358.769,50	<b>9.218.464,57</b>
RESIDUOS	-	-	-	179.968,22	255.044,57	471.142,66	471.132,53	1.118.388,85	553.411,67	<b>3.049.088,48</b>
CRUDO	-	86.530,10	329.633,10	200.224,22	565.849,45	837.352,59	692.887,57	270.317,77	978.654,59	<b>3.961.449,40</b>
GLP	-	-	-	-	-	141.470,54	133.316,17	104.401,89	101.524,95	<b>480.713,55</b>
BAGAZO DE CAÑA (ton)	-	-	-	58.724,99	103.664,85	163.500,00	208.330,00	70.600,00	235.561,88	<b>840.381,72</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4.359.920,83</b>	<b>3.586.635,78</b>	<b>5.169.906,28</b>	<b>5.832.231,67</b>	<b>7.633.947,18</b>	<b>8.213.005,33</b>	<b>7.585.549,50</b>	<b>8.864.503,11</b>	<b>10.832.949,88</b>	<b>62.078.649,55</b>





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

