

EMISION DE GASES CONTAMINANTES Y DE EFECTO INVERNADERO DEBIDO AL CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA EN EL AÑO 2001

Avila J. ⁽¹⁾; Nieto M. ⁽¹⁾; Arrieta R. ⁽¹⁾; Anaya A. ⁽¹⁾; Llamas I. ⁽¹⁾

(1) Dirección General de Instalaciones – IPEN / Lima, Perú

Palabra claves: Inventarios Nacionales - Contaminación del Aire - Emisiones por Consumo de Energía - Sector Energético - Efecto Invernadero - Gases de Efecto Invernadero

RESUMEN

Se presenta los cálculos para las emisiones de los gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) y gases contaminantes (CO, NO_x, COVDM, SO₂) debido al consumo de energía total nacional del año 2001. Para el cálculo se ha aplicado la metodología del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) considerando el consumo total nacional de los recursos energéticos utilizados en el año 2001. Hemos considerado el consumo de energía por sectores económicos, la población nacional mediante el llamado sector residencial y las emisiones en los procesos de transformación de recursos energéticos primarios en recursos energéticos secundarios, así como por las plantas eléctricas de generación térmica.

En el cálculo de las emisiones se ha utilizado los factores de emisión del IPCC y contenidos energéticos promedios de los combustibles. Así mismo, como fuente de información del consumo de combustibles, se ha utilizado datos de las oficinas e instituciones dependientes del Ministerio de Energía y Minas.

Las emisiones totales encontradas para el año 2001 fueron: 36.05 millones de toneladas de CO₂, 35436.8 toneladas de CH₄, 878.7 toneladas de N₂O, 153,731.4 toneladas de NO_x, 1'336,060 toneladas de CO, 128,098.7 toneladas de COVDM y 163,930.2 toneladas de SO₂.

Los sectores con la mayor cantidad de emisión de los gases considerados en el presente trabajo son los sectores residenciales y transporte. Los sectores residencial e industrial tienen una clara tendencia de disminución de uso de leña, no obstante que el sector residencial aún

todavía tiene un alto consumo de esta fuente. El sector transporte tiene un alto consumo del combustible diesel oil.

1. INTRODUCCION

A nivel mundial, uno de los objetivos principales de los pueblos es desarrollar la ciencia y tecnología principalmente para lograr sistemas energéticos eficientes, que es el principal insumo para alcanzar una mejor calidad de vida, en tal sentido están dirigidas las políticas de los gobiernos y las instituciones. Sin embargo el desarrollo energético tiene implicancias en el medio ambiente por la liberación de productos que son dañinos para los seres vivientes. Ello ha motivado que los países adopten medidas que conlleven a realizar acciones para conservar nuestro medio ambiente.

En nuestro continente con la Convención para la protección de la flora, de la fauna y las bellezas escénicas naturales de los países de América, llamada "Convención de Washington" firmada el 12 de Octubre de 1940 en el marco de la Organización de los Estados Americanos (OEA) constituye el primer intento a nivel continental por considerar el impacto del desarrollo en el medio ambiente como un tema relacionado con el desarrollo [1]. En 1968 se funda un organismo no gubernamental llamado "The Club of Rome" que tiene como principal objetivo difundir conocimientos de los problemas económicos y del medio ambiente organizándose de este modo el ser humano para conservar el medio ambiente [2]. En 1972 (del 5 al 16 de Junio) se realizó la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano o "Declaración de Estocolmo" celebrada en Estocolmo, a ella acudieron 113 países y se aprobaron tres documentos de suma importancia: La Declaración sobre el Medio Humano, un plan de acción con 109

recomendaciones para gobiernos y organismos internacionales y sugerencias de elaborar un Programa Ambiental y crear un Fondo Ambiental bajo los auspicios de las Naciones Unidas [3].

En 1973 fueron creados el Programa Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Fondo Ambiental. El PNUMA en colaboración con las demás agencias de Naciones Unidas, algunas de las cuales ya venían trabajando en este campo, empezó a cumplir un papel importante en el control, defensa y protección del medio ambiente [4]. El Fondo para las Naciones Unidas (FAO) por ejemplo a través de sus programas de agricultura, ganadería, forestación y pesquería, actúa directamente en la preservación y recuperación de suelos, agua, flora y fauna en el mundo.

En el mes de Junio (del 3 al 14) de 1992, se celebró la conferencia de las Naciones Unidas en Brasil denominada "Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo" reafirmando la declaración de Estocolmo, por segunda vez en la historia, una cita cumbre, a donde acudieron 115 jefes de Estado y 1,400 representantes de Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), participando en ella 178 países, siendo uno de los documentos muy importantes firmados, la Agenda 21 [5]. Es pues larga la lista de acuerdos, convenciones tratados, etc. para realizar acciones sobre la conservación del medio Ambiente.

Así también el deterioro del ambiente se suele enfocar de diferentes contextos, como el deterioro natural y artificial, éste último provocado por las diversas actividades humanas, el mismo que se suele separar en dos grandes sectores, especificados como sector energético y sector no energético.

Sector energético: Denominado así, a todas las actividades que generan agentes que deterioran el medio ambiente por el uso directo de recursos energéticos para obtener energía y darle diferentes fines y/o usos, esquematizado mediante una red de energía [6].

Sector No Energético: Constituido por todas las actividades que generan agentes que deterioran el medio ambiente como resultado de procesos de transformación, deforestación, actividades agrícolas,

ganaderas, etc.

El deterioro del medio ambiente por el hombre se inicia desde que éste empieza a modificar los ecosistemas con fines de mejorar su nivel de vida. En la actualidad cada día se acelera más el deterioro del ambiente de nuestro planeta por las múltiples actividades que realiza la humanidad, lo cual conlleva a una gran preocupación debido a que estamos destruyendo nuestro único lugar de vida que tenemos.

La contaminación atmosférica ha sido producto del proceso de la industrialización, así como de las grandes concentraciones urbanas, primordialmente por la emisión de humos, polvos y gases provenientes de fuentes móviles y fijas.

Para prevenir, restablecer y mantener la calidad de aire, se requiere realizar acciones para reducir la emisión de contaminantes. Los valores y criterios, sobre la calidad del aire, establecen límites para concentraciones de diversos contaminantes y proteger la salud de la humanidad, considerando las enfermedades más susceptibles a dichos contaminantes.

El Perú conciente de ello firma los acuerdos y tratados internacionales, y a nivel nacional se ha creado el Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAM) para velar por la conservación del medio ambiente y promover acciones que conlleve a un desarrollo sostenible del País [7].

En el presente trabajo se cuantifica las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes por el uso de la energía en sus diferentes formas a nivel país incluido los procesos de transformación de recursos energéticos primarios en productos secundarios (combustibles) para el año 2001.

Se ha determinado por sectores y por fuentes energéticas con la finalidad de tener una visión de los sectores más contaminantes y del recurso energético que más emite dichos contaminantes, con el propósito de tomar acciones que permitan mitigar las emisiones y conservar el medio ambiente.

RECURSOS ENERGETICOS

Reservas.

El Perú cuenta con recursos energéticos renovables y agotables - gas natural, petróleo, uranio, carbón mineral, hidroenergía, biomasa, solar, viento, etc. para soportar su desarrollo.

Sin embargo en algunos casos las reservas no están bien cuantificadas y en otros casos no son muchas nuestras reservas. En la tabla No 1 se muestra las reservas probadas más importantes para el año 2000 [7,8,9].

Tabla 1. Reservas Energéticas Probadas para el año 2000. (unidades : TJ).

RECURSO	RESERVAS	%
Gas Natural	8473613.0	38.5
Líquidos de gas natural	3081584.0	14.0
Hidroenergía	5965666.0	27.1
Carbón mineral	1718670.0	7.8
Petróleo Crudo	1872654.0	8.5
Uranio	878639.0	4.0

2.2 Producción Nacional de recursos energéticos primarios

En el año 2001 la producción total de energía primaria fue de 446 530 TJ superior en un 1.3 % con respecto al año 2000, el incremento de producción se dio en el recurso de hidroenergía y gas natural. En la tabla No. 2 se muestra la producción para el año 2001 [10].

Tabla 2. Producción de Recursos Primarios (Unidades TJ).

RECURSO	PRODUCCIÓN	%
Petróleo crudo	196843	44.58
Gas Natural + Líquidos de gas natural	64736	14.66
Carbón mineral	552	0.13
Hidroenergía	79228	17.95
Leña	75108	17.01
Bagazo	14254	3.23
Bosta y Yareta	10782	2.44
TOTAL	441503	100.0

3. CONSUMO DE ENERGIA A NIVEL NACIONAL

El consumo total Nacional de energía en el 2001 fue de 448305 TJ como se puede observar en la tabla No.3, donde se observa que el diesel oil es el combustible más

utilizado con un 21.5 % seguido por la leña con un 15.4 %.

Para determinar las emisiones por sectores se especifica la cantidad de combustibles que consume cada sector, así como el combustible o recurso energético consumido en el proceso de transformación de recursos energéticos primarios en recurso energéticos secundarios.

Tabla 3. Consumo de Energía para el 2001 (Unidades: TJ).

FUENTES	CONSUMO	%
Carbón mineral	13775.0	3.1
Leña	69192.0	15.4
Bosta y Yareta	10782.0	2.4
Bagazo	11904.0	2.7
Energía Solar	2249.0	0.5
Coque	1202.0	0.3
Carbón de leña	2366.0	0.5
GLP	20457.0	4.6
Gasolina motor	43982.0	9.8
Kerosene Jet	46002.0	10.3
Diesel Oil	96591.0	21.5
Petróleo Industrial	57276.0	12.8
No energéticos de petróleo	5833.0	1.3
Gas distribuido	4.0	0.001
Gas industrial	1012.0	0.2
Electricidad	65678.0	14.7
TOTAL	448305.0	100.0

3.1 Consumo de energía por sectores

En la Tabla 4 se muestra el consumo de energía por el sector Residencial y Comercial.

Tabla 4. Consumo de Combustibles por el Sector Residencial y Comercial.

Combustibles	Cantidades (TJ)
Bosta y yareta	10782.0
Leña	68956.0
Carbón Vegetal	2366
Gas distribuido	4.0
GLP	17515.0
Kerosene	26434.0
Diesel oil	180.0
Residual	206.0
TOTAL	126451

La leña es el combustible más utilizado por el sector residencial y comercial, ello se debe a que en el sector residencial rural se utiliza la leña para la cocción de alimentos y otros usos por el bajo costo, dado que otro tipo de combustible es caro y hay carencia de centros de abastos.

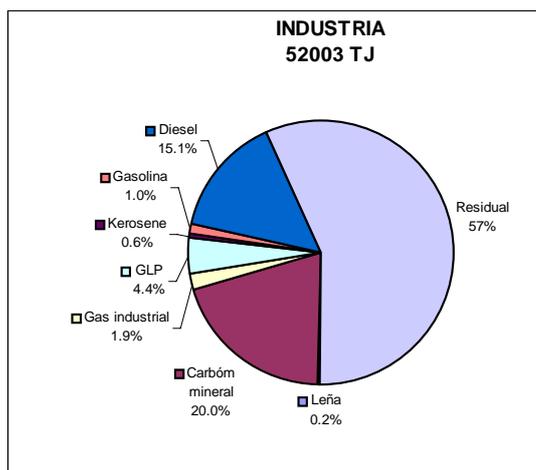


Figura 1. Consumo de combustibles por el sector industrial para el año 2001.

En la figura 1 se muestra el consumo de combustibles por el sector industrial, destacándose el petróleo residual, como el combustible más utilizado en este sector con un 56.7 % del total.

En la tabla 5 se presenta la energía consumida por el sector minero. Este sector ha utilizado principalmente petróleo residual (52.5 %) seguido por el diesel oil (27.3 %).

Tabla 5. Consumo de Combustible por el Sector Minero.

Combustibles	Cantidades (TJ)
Carbón mineral	10373.0
Coque	1012.0
GLP	2307.0
Kerosene	35.0
Gasolina	517.0
Diesel oil	7824.0
Petróleo residual	29487.0
TOTAL	27747.0

En la figura 2 se muestra el consumo de energía para el sector Agropecuario/Agroindustrial. El combustible que más utiliza este sector es bagazo (77 %) el resto de combustibles es consumido en muy baja cantidad.

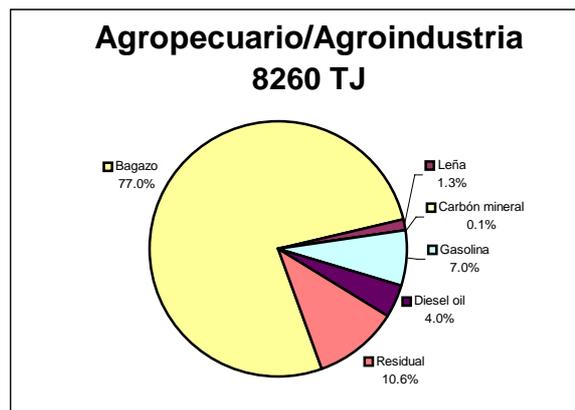


Figura 2. Consumo de combustibles por el sector agropecuario/agroindustrial para el año 2001.

En la tabla 6 se muestra el consumo de energía por el sector Pesquero. El combustible más utilizado por este sector fue el petróleo residual (86.3%). El consumo total de este sector fue de 11550 TJ.

Tabla 6. Consumo de Combustibles por el Sector Pesquero.

Combustibles	Cantidades (TJ)
Carbón mineral	216
GLP	8
Kerosene	115
Gasolina	19
Diesel oil	1233
Petróleo residual	9959
TOTAL	11550

En la tabla 7 se muestra el consumo de energía por el sector transporte. Este sector utiliza el combustible diesel oil en mayor cantidad (58.7 %) y en segundo lugar la gasolina (28%). Los datos de consumo de combustibles no están separados en transporte nacional y transporte internacional ni por tipos de transporte, lo que ha dificultado hacer un estudio detallado de este sector.

Tabla 7. Consumo de Combustibles por el Sector Transporte.

Combustibles	Cantidades (TJ)
GLP	390.0
Turbo Combustible	15450.0
Gasolina	37473.0
Diesel oil	78526.0
Petróleo residual	2000.0
TOTAL	133839.0

En la tabla 8 se muestra el consumo de energía por el sector público. Este sector utiliza la gasolina en mayor cantidad (58.2 %) y el kerosene (Turbo Jet) en segundo lugar (30 %).

Tabla 8. Consumo de Combustibles por el Sector Público.

Combustibles	Cantidades (TJ)
GLP	15.0
Kerosene	2745.0
Gasolina	5328.0
Diesel oil	916.0
Petróleo residual	172.0
TOTAL	9176.0

4. METODOLOGIA

El inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de gases contaminantes es la cuantificación total proveniente del consumo de combustibles de fuentes fijas y móviles.

La metodología empleada en este trabajo es la recomendada por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) para el cálculo de las emisiones, la que contempla dos enfoques, denominados "de arriba hacia abajo" y "de abajo hacia arriba" [11,12,13]. En el enfoque "de arriba hacia abajo" (denominada como "alcance referencial") se considera la producción (extracción), la importación, exportación y cambio de stocks de productos energéticos, y el consumo de combustibles (bunkers) por transporte internacional.

En el enfoque "de abajo hacia arriba" ("principales categorías") se considera el consumo de combustibles por los diferentes sectores de uso final, tales como la industria, transporte, minería, residencial, público, pesquería entre otras actividades.

Para estimar las emisiones de los gases contaminantes y de efecto invernadero se ha estandarizado la metodología a nivel internacional recomendada por el IPCC y es la que se utiliza en la mayoría de países con sus respectivas modificaciones o adecuaciones para casos particulares.

En forma general el modelo se expresa mediante la ecuación (1) siendo los factores de emisión y el consumo de energía por las diferentes actividades humanas, datos fundamentales para la determinación de las emisiones. Dichos factores y actividades son propios de cada país, región o caso de estudio.

$$\text{Emisiones} = \sum (\text{EF}_{ijk} * \text{Actividad}_{ijk}) \quad (1)$$

donde :

EF_{ijk} = Factor de emisión

(Contaminante/Unidad de energía)

Actividad_{ijk} = Energía consumida por tipo de actividad

i = Tipo de combustible

j = Tipo de actividad

k = Tipo de control de emisión

La determinación de las emisiones es relativamente compleja por la cantidad de parámetros que requiere. En muchos casos dichos parámetros aún no están determinados o presentan falencias en su estimación, así como la variedad de condiciones que afectan la performance del uso de la energía. Ello hace difícil generalizar las características de emisión.

Entre los parámetros más importantes a ser considerados en la determinación de las emisiones de los gases de efecto invernadero y gases contaminantes por el uso de la energía son:

- Tipo de actividad Humana.
- Tipos de combustibles consumidos.
- Características particulares de cada actividad.
- Características y mantenimiento del equipamiento utilizado.
- Edad del equipamiento.
- Dispositivos de reducción de emisiones.

La metodología aplicada para el presente trabajo consiste determinar el consumo total de combustible por tipo de actividad y por tipo de combustibles y haciendo uso del método de cálculo del IPCC se ha determinado las emisiones de los gases de efecto invernadero y contaminantes del medio ambiente.

En el Perú no existen bases de datos para hacer determinaciones detalladas de las emisiones, en consecuencia se ha determinado el consumo total de combustibles por sectores y para las diferentes actividades con lo cual se ha obtenido las emisiones, sin embargo queda pendiente la determinación de emisiones por extracción, transporte de combustibles y procesos industriales.

4.1 Factores de Emisión

Los parámetros principales para las estimaciones de emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, son los denominados **factores de emisión** (EF_{ijk}). Los factores de emisión varían para los diferentes tipos de combustibles y aún para un mismo combustible dependiendo de las características físicas y químicas del mismo. Por ejemplo el EF_{ijk} para el Gas Natural depende de la composición del gas el cual mayormente está compuesto de metano, pero puede contener pequeñas cantidades de etano, propano y butano, en consecuencia dependiendo de la composición y su contenido energético depende el factor de emisión.

Los factores de emisión también son dependientes de las características del tipo de equipamiento y condiciones climáticas en donde estos operan. En el caso peruano no existe información detallada de las condiciones de operación indicadas, para determinar con mejor detalle dichos factores. En tal sentido es necesario dejar establecido que es necesario implementar bases de datos con información completa para realizar estimaciones detalladas de las emisiones de los productos que causan impacto el medio ambiente y la salud.

5. CALCULO DE LAS EMISIONES

La información del sistema energético nacional está consolidada en el balance nacional de energía [6]. El flujo de la energía se inicia con la extracción de los recursos energéticos (Primarios) luego se traslada a los centros de transformación para obtener productos secundarios los cuales son distribuidos a los centros de consumo que se agrupan en sectores económicos como son el sector Residencial, Industrial, Minero, Agroindustria, Pesca, Transporte y también para la exportación. El sector residencial se considera por ser un sector de gran consumo de energía.

Las emisiones de los gases se producen durante todo el flujo de la energía, desde la extracción hasta el consumo final. Por ello se debe determinar las emisiones durante la extracción, el transporte de los combustibles, en los centros de transformación o conversión y en los dispositivos finales para satisfacer la demanda de energía útil por los diferentes sectores.

En el presente trabajo se ha determinado

las emisiones debido a los procesos de transformación y consumo final de energía quedando pendiente la determinación de las emisiones durante las actividades de extracción de los recursos energéticos como emisiones fugitivas durante el proceso de extracción.

Así mismo se ha separado el cálculo de las emisiones de CO_2 y las emisiones no- CO_2 debido a la formulación diferente de cálculo, así como su diferente importancia en el medio ambiente.

5.1 Emisión por los procesos de Transformación de combustibles primarios en secundarios

Para el cálculo de las emisiones se ha considerado el denominado consumo propio de combustibles en los procesos de transformación de recursos energéticos primarios a recursos energéticos secundarios, en el sentido que dichos combustibles se utilizan para realizar las actividades de dicha transformación.

Así mismo se considera las cantidades de combustibles que se consumen como resultado de los procesos de transformación en las refinerías y en las centrales eléctricas para generar electricidad.

Los resultados se muestran en la tabla No. 9 donde se observa que la mayor emisión se debe al consumo de petróleo residual con 1'239,600 toneladas, seguido por el gas distribuido con 1'214,800 toneladas, en total se emitieron 5'828,000.0 toneladas de CO_2 para el año 2001.

Tabla 9. Emisión de CO_2 por los Procesos de Transformación de Recursos Energéticos.

Recurso Energético	CO_2 (Kton.)
Petróleo Crudo	429.7
Gasolina	9.5
Kerosene Doméstico	82.8
Diesel	1,150.4
Residual	1,239.6
Carbón mineral	396.8
Coque	388.0
Gas Industrial	0.2
Gas Distrib.(seco)	1,214.8
Gas de Refinería	282.3
Leña	381.4
Bagazo	252.5
TOTAL	5,828.0

Tabla 10. Emisión de CO₂ por el Sector Industrial.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton.)
Gasolina	35.5
Kerosene Doméstico	22.9
Diesel	573.7
Residual	2,258.5
GLP	144.0
Carbón mineral	961.7
Gas Industrial	240.0
Leña	13.5
Bagazo	3.8
TOTAL	4,253.6

5.1.2 Emisión de CO₂ por el sector Industrial

En la tabla No. 10 se muestran las emisiones producidas por el sector industrial para el año 2001. En este sector la mayor cantidad de emisión se debe al consumo de petróleo residual. Ello indica que la tecnología operativa del país utiliza básicamente petróleo residual. Estos resultados nos muestran que las opciones de mitigación se deben hacer con respecto al uso de petróleo residual.

Entre las industrias más importantes desde el punto de vista de consumo de combustibles tenemos las siguientes:

- Industria del tabaco y alimentos (CIIU 31)
- Industria textil (CIIU 32)
- Industria de la madera (CIIU 33)
- Industria del Papel (CIIU 34)
- Industria procesos químicos (CIIU 35)
- Industria de minerales no metálicos (CIIU 36)
- Industria metalúrgica básica (CIIU 37)
- Industria de productos metálicos (CIIU 37)
- Otras Industrias (CIIU 39)

Los combustibles son utilizados para generar calor de proceso, calor directo, en transporte pesado, fuerza motriz, conservación de alimentos, procesos electroquímicos e iluminación.

Los equipos más importantes son los generadores de vapor que hacen uso de diesel oil y petróleo residual. Se ha estimado que el 30% de dichos generadores tienen una capacidad entre 8 y 10 t/h de vapor y el 6% con capacidad mayor de 100 t/h, el resto son de capacidades menores. Asimismo el 45% de las empresas están

ubicadas en Lima y Callao.

5.1.3 Emisión de CO₂ por el sector Transporte

El transporte, está constituido básicamente por lo que se conoce como el parque automotor nacional, el cual a su vez está compuesto por las diferentes clases de vehículos que circulan en el país, tales como Automóviles, Station Wagon, Camionetas Pick Up, Camionetas Rurales, Camionetas Panel, Ómnibus, Camiones Remolcadores y Semiremolcadores.

En la tabla 11 se muestra las emisiones de CO₂ producido por este sector para el año 2001, se puede observar que en el sector transporte la mayor cantidad de CO₂ producido es por el uso del diesel oil. Dicho sector ha emitido un total de 9'605,700 toneladas de CO₂.

Tabla 11. Emisión de CO₂ por el Sector Transporte.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton.)
Gasolina	2,570.9
Turbo Combustible	1,099.2
Diesel oil	5,758.0
Petróleo Residual	153.2
GLP	24.4
TOTAL	9,605.7

5.1.4 Emisión de CO₂ por el sector Minero Metalúrgico

El Perú es un país minero por excelencia, con gran potencial de crecimiento de este sector: En la tabla 12 se muestra las emisiones de CO₂ para el año 2001.

Este sector minero tiene la mayor emisión por consumo de petróleo residual con una cantidad de 1'116,000 toneladas de CO₂.

Tabla 12. Emisión de CO₂ por el Sector Minero.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton.)
Gasolina	4.3
Kerosene Doméstico	66.2
Diesel	556.0
Residual	1,116.2
GLP	13.6
Carbón mineral	294.7
Coque	127.4
TOTAL	2178.4

5.1.5 Emisión de CO₂ por el sector Público

El sector Público está compuesto por construcción, fuerzas armadas, servicios de agua, desagüe, comunicaciones, y otros servicios gubernamentales. En la tabla No. 13 se muestra los resultados para este sector. Como puede observarse en este sector las emisiones son pequeñas y el combustible más utilizado es la gasolina. Dicho sector aporta con un total de 645200 toneladas de CO₂.

Tabla 13. Emisión de CO₂ por el Sector Público.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton.)
Gasolina	365.5
Turbo combustible	4.0
Kerosene doméstico	195..3
Diesel	67.2
Residual	13.2
TOTAL	645.2

5.1.6 Emisión de CO₂ por el sector Agropecuario/Agroindustria

El Perú es un país agrícola con gran potencial de desarrollo, con crecimientos económicos históricos altos así como caídas dramáticas en algunas ocasiones por el efecto del fenómeno del niño.

En la tabla 14 se muestran los resultados de las emisiones de CO₂ para este sector con una emisión total de 826,400 toneladas.

Tabla 14. Emisión de CO₂ por el Sector Agropecuario / Agroindustrial.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton.)
Gasolina	39.4
Kerosene Doméstico	0.2
Diesel	24.2
Residual	67.2
GLP	0.2
Carbón mineral	0.7
Leña	11.7
Bagazo	682.7
TOTAL	826.4

5.1.7 Emisión de CO₂ por el sector Pesca

Este sector es uno de los más importantes generadores de divisas para el país, que depende fundamentalmente de la extracción de la anchoveta para producir harina de pescado. En la tabla No.15 se muestra los resultados de la emisión de CO₂ generado por este para el año 2001.

Tabla 15. Emisión de CO₂ por el Sector Pesquero.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton.)
Gasolina	1.3
Kerosene Doméstico	8.2
Diesel	90.4
Residual	762.8
GLP	0.5
Carbón mineral	20.0
TOTAL	883.2

5.1.8 Emisión de CO₂ por el sector Residencial y Comercial

Este sector está conformado por la población Urbana, Rural y el Comercial. Los datos de población son manejados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). En la tabla No. 16 se muestran los resultados de la emisión de CO₂ por el sector residencial y comercial, el combustible más utilizado es la leña con 7'408,700 toneladas de CO₂.

Tabla 16. Emisión de CO₂ por el Sector Residencial y Comercial.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton)
Gasolina	0.5
Kerosene Doméstico	1,880.7
Diesel	13.2
Residual	15.8
GLP	1,093.6
Gas Distrib.(seco)	0.2
Leña	7,408.7
Bosta/Yareta	1,158.4
Carbón Vegetal	254.2
TOTAL	11,825.3

5.2 Emisión total de CO₂ por tipo de combustible

En la tabla 17 se muestra la emisión total de CO₂ por tipo de combustible debido al consumo de combustibles de todos los sectores y los procesos de conversión de los recursos energéticos primarios a recursos energéticos secundarios.

La mayor emisión esta dado por el consumo

de diesel oil con 8'233,040 toneladas de CO₂ con un 22.53 %, seguido por el consumo de leña con 7'815,340 toneladas equivalente a un 21.39 %, en tercer lugar está el petróleo residual con 5'626,450 toneladas equivalente a un 15.40 %. Se puede observar que en nuestro país los combustibles más contaminantes son los que más se utilizan. Hecho que clarifica el problema con respecto a la emisión de CO₂ para tomar acciones respecto al uso de tales combustibles.

Tabla 17. Emisión de CO₂ por Tipo de Combustible.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (Kton.)	%
Petróleo Crudo	429.72	1.19
Gasolina	3026.87	8.40
Turbo Combustible	1103.39	3.06
Kerosene Doméstico	2256.39	6.26
Diesel	8233.04	22.84
Residual	5626.45	15.61
GLP	1276.32	3.54
Carbón mineral	1673.94	4.64
Coque	515.39	1.43
Gas Industrial	240.24	0.67
Gas Distrib.(seco)	1215.02	3.37
Gas de Refinería	282.33	0.78
Leña	7815.34	21.68
Bagazo	938.92	2.60
Bosta/Yareta	1158.43	3.21
Carbón Vegetal	254.20	0.71
TOTAL	36045.87	100.0

5.3 Emisión total de CO₂ por sectores

Es importante determinar las emisiones por sectores para ver cual de los sectores es más importante desde el punto de vista de emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes.

En cuanto a las emisiones de CO₂ debido al consumo de biomasa es referencial debido que si hay un manejo adecuado de la forestación no debe considerarse como contribución neta para los inventarios.

En la tabla 18 se muestra las emisiones de CO₂ por sector debido al consumo de combustibles fósiles y por biomasa, se observa que los sectores Residencial / Comercial y Transporte son los sectores de mayor emisión.

Tabla 18. Emisión de CO₂ por Sectores (Unidades : Millones de ton.)

SECTOR	COMBUSTIBLES FOSILES	BIOMASA	TOTAL
Transformación	5.20	0.63	5.83
Industria	4.24	0.02	4.26
Transporte	9.61	0.00	9.61
Residencial/Comercial	3.00	8.83	11.83
Público	0.65	0.00	0.65
Agropecuario/Agroindustria	0.13	0.69	0.82
Pesquería	0.88	0.00	0.88
Minería	2.18	0.00	2.18
TOTAL	25.89	10.17	36.05

5.4 Emisión de los gases no-CO₂ por sectores

5.4.1 Emisión de CO

El CO es un gas calificado como tóxico y como un gas indirecto de efecto invernadero, entonces es clasificado como un gas contaminante y que se oxida para formar dióxido de carbono permaneciendo como un gas de efecto invernadero. El monóxido de carbono es generado como resultado del proceso de combustión incompleta del carbono de combustibles fósiles y biomasa y depende de muchos otros parámetros como la tecnología, antigüedad de la tecnología, tamaño, mantenimiento, etc. Se ha utilizado los factores de emisión promedio elaborados por el IPCC.

En la tabla 19 se muestran los resultados de las emisiones totales de CO generado por los sectores económicos y procesos de transformación de energía para el año 2001. Se observa que el sector transporte y el sector Residencial/Comercial emiten la mayor cantidad de CO con un 65.57 % y 28.81 % respectivamente, en total se generó 1'336,060.0 toneladas de CO.

La emisión de CO en el sector transporte se debe a la combustión de hidrocarburos en tanto que la emisión del sector Residencial se debe mayormente a la combustión de leña.

Tabla 19. Emisión de CO para el 2001 (Toneladas)

SECTOR	Emisión CO	%
Transformación	7,144.30	0.54
Industria	2,504.30	0.20
Transporte	384,975.00	28.81
Residencial/Comercial	876,099.40	65.57
Público	183.50	0.01
Agricultura	32,366.80	2.42
Pesca	658.70	0.05
Minería	32,128.00	2.40
TOTAL	1'336,060.00	100.0

5.4.2 Emisión de CH₄

Para el cálculo de la emisión del metano se ha utilizado la tabla 1-7 del IPCC, 1996. v. 3 [13], los resultados son mostrados en la tabla 20. El metano es producido básicamente por el consumo de leña, carbón vegetal, residuos agrícolas, combustión de residuos municipales.

En los resultados de las emisiones de metano por sectores y por procesos de transformación se observa que es el sector residencial/comercial el que emite la mayor cantidad de metano (85.05 %). La mayor emisión de metano del sector residencial se debe al alto consumo de biomasa por este sector. Para el año 2001 se emitió una cantidad total de 35,436.8 toneladas.

Tabla 20. Emisión Total de Metano para el Año 2001 (Toneladas).

SECTOR	Emisión CH ₄	%
Transformación	336.70	0.95
Industria	199.60	0.56
Transporte	1,167.60	3.29
Residencial/Comercial	30,137.40	85.05
Público	91.80	0.26
Agrop/Agroind.	1,959.20	5.53
Pesquería	113.30	0.32
Minería	1,431.10	4.04
TOTAL	35,436.80	100.0

5.4.3 Emisión de N₂O

El óxido nítrico es producido directamente por la combustión de combustibles fósiles y la biomasa, se ha demostrado que la máxima emisión se produce cuando la combustión se realiza entre 800 °K y 1200 °K, fuera de este rango la emisión de N₂O es pequeña (IPCC, 1996. Vol. 3). Los factores de emisión han sido tomados del Reference Manual IPCC 1996 [13].

Tabla 21. Emisión de N₂O por Sectores (Toneladas)

SECTOR	Emisión N ₂ O	%
Transformación	62.90	7.16
Industria	40.90	4.65
Transporte	101.90	11.60
Residencial/Comercial	613.30	69.80
Público	5.50	0.63
Agropecuario/Agroind.	26.90	3.06
Pesquería	7.10	0.81
Minería	20.20	2.29
TOTAL	878.70	100.0

En la tabla 21 se muestran los resultados de las emisiones por los sectores económicos y procesos de transformación, observándose que el sector residencial/comercial es que más emite óxido nítrico, con un total de 613.3 toneladas que equivale a un 69.80 % de la emisión total de óxido nítrico, seguido por el sector transporte (11.60 %).

5.4.4 Emisión de NO_x

Los óxidos de nitrógeno son gases contaminantes y gases de efecto invernadero indirectos, son producidos en la combustión de vehículos y máquinas industriales por la combinación de la mezcla aire-combustible y la temperatura de la combustión. La combustión de diesel oil produce más NO_x que la combustión de gasolina así también como los vehículos pesados producen más monóxido de carbono que los vehículos livianos.

En la tabla 22 se muestran los resultados de la emisión de NO_x por sectores y procesos de transformación de combustibles. Se observa que el sector transporte es el que emite la mayor cantidad de NO_x con un 59.70 % de un total de 153,731.4 toneladas.

Tabla 22. Emisión de NO_x por Sectores (Toneladas)

SECTOR	Emisión NO _x	%
Transformación	14,906.00	9.69
Industria	11,523.00	7.49
Transporte	91,773.60	59.70
Comercial/Residencial	12,644.70	8.23
Público	917.60	0.60
Agropecuario/agroind.	826.00	0.54
Pesca	1,133.40	0.74
Minería	20,007.10	13.01
TOTAL	153,731.40	100.0

5.4.5 Emisión de COVDM

Los componentes orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM) son gases de efecto invernadero indirecto. Las fuentes

más importantes de emisión son los vehículos motorizados a diesel oil, gasolina, etc., particularmente cuando se conducen a bajas velocidades, también contribuye la combustión de biomasa en el sector residencial. Estas emisiones son fuertemente dependientes del tipo de tecnología, tamaño, cantidad, mantenimiento, etc. Para el cálculo de las emisiones se ha utilizado la tabla No. 1.11 del manual de referencia Vol. 3 del IPCC [13].

Tabla 23. Emisión de COVDM (Toneladas)

SECTOR	Emisión COVDM	%
Transformación	660.3	0.52
Industria	438.0	0.34
Transporte	73,672.2	57.51
Comercial/Residencial	48,301.1	37.71
Público	45.9	0.04
Agropecuaria/Agroind.	3,888.3	3.04
Pesca	99.9	0.08
Minería	993.0	0.78
TOTAL	128,098.7	100.00

En la tabla 23 se muestran los resultados de las emisiones de COVDM por sectores y transformación de combustibles primarios en secundarios. Se observa que el sector transporte emite la mayor cantidad de COVDM con 57.51 % , seguido por el sector comercial y residencial con 37.71 %.

5.4.6 Emisión de SO₂

EL dióxido de azufre no es un gas de efecto invernadero, pero su presencia en la atmósfera puede influenciar en el clima. Las emisiones del SO₂ está fuertemente relacionado con la presencia de azufre en los combustibles, siendo el carbón mineral uno de los combustibles que más emite dióxido de azufre.

Para el cálculo del dióxido de azufre se ha utilizado los contenidos de azufre de la tabla No. 1.12 del manual de referencia Vol. 3 del IPCC [13].

En la tabla 24 se muestran los resultados de las emisiones del dióxido de azufre por sectores para el año 2001. Se observa que la mayor cantidad emitida de SO₂ se debe al uso de petróleo residual.

Tabla 24. Emisión de SO₂ por Consumo de Combustibles (Miles de Toneladas)

COMBUSTIBLE	Emisión SO ₂	%
Carbón Mineral	17.70	10.80
Petróleo Residual	106.60	65.30
Petróleo Diesel	15.80	9.60
Gasolina	2.00	1.20
Turbo Combustible	0.40	0.10
Kerosene	0.70	0.40
Leña	19.38	11.80
Bagazo	0.40	0.20
Bosta / yareta	1.00	0.60
TOTAL	163.9	100.00

6. RESULTADOS

DIÓXIDO DE CARBONO

En la presente sección se presentan los resultados resumidos de las emisiones de CO₂, a nivel nacional para el año 2001 provenientes del consumo de combustibles y procesos de transformación de combustibles primarios en combustibles secundarios.

Tabla 25. Emisión de CO₂ por Sector (Millones de Toneladas).

SECTOR	COMBUSTIBLES FÓSILES	BIOMASA	TOTAL
Transformación	5.20	0.63	5.83
Industria	4.24	0.02	4.37
Transporte	9.61	0.00	9.61
Residencial/ Comercial	3.00	8.83	11.83
Público	0.65	0.00	0.65
Agropecuaria/ Agroindustria	0.13	0.69	0.82
Pesquería	0.88	0.00	0.88
Minería	2.18	0.00	2.18
TOTAL	25.89	10.17	36.05

Por consumo de combustibles fósiles se ha emitido 25.89 millones de toneladas y por el consumo de biomasa 10.17 millones de CO₂, la emisión por consumo de biomasa ha disminuido con respecto al año 1990 (Ruiz J. et al , 1996) que fue de 15.74 millones de CO₂, ello se debe a que el consumo de biomasa se ha reducido apreciablemente, lo cual significa que la población rural ha cambiado el uso de leña por otros tipos de combustibles que emiten menos dióxido de carbono, situación que favorece a la mitigación de efecto invernadero.

En cambio las emisiones por uso de

combustibles fósiles se han incrementado de 19.6 millones de toneladas en 1990 a 25.88 millones de toneladas en el 2001 debido al incremento de uso de estos combustibles siendo el sector transporte el que más contribuye.

En la transformación las emisiones se deben al proceso de conversión de recursos energéticos primarios en combustibles secundarios en los diferentes centros de transformación como refinerías, plantas de coque, plantas de gas, altos hornos, centrales eléctricas de tipo térmico y carboneras de transformación de leña en carbón vegetal.

Considerando los resultados encontrados por Ruiz J , et al, y los del presente trabajo se tiene un incremento de 6.3 millones de toneladas en 11 años con respecto al uso de combustibles fósiles y una tasa de 0.57 millones por año [14].

En la figura 3 y 4 se muestra las emisiones por sectores y por consumo de combustibles fósiles y biomasa.

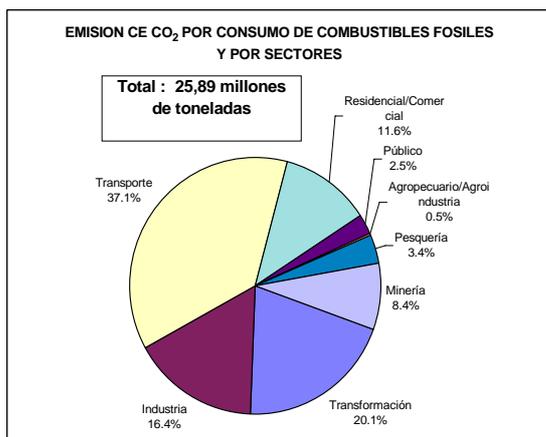


Figura 3. Emisiones por consumo de combustibles fósiles.

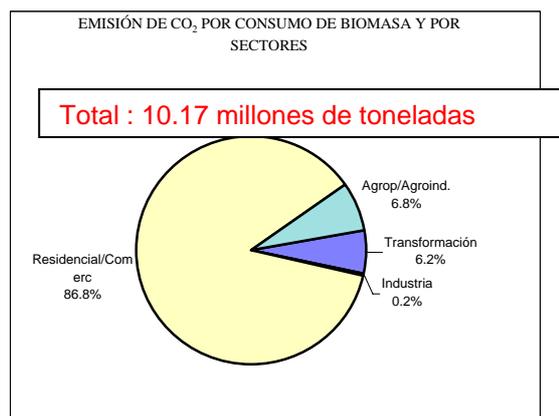


Figura 4. Emisiones por consumo de biomasa.

EMISIONES NO - CO₂

En la tabla No. 26 se muestra los gases no-CO₂ por sectores, los gases N₂O y CH₄ son gases de efecto invernadero y los gases NO_x, CO, CO₂, SO₂ son gases contaminantes, el gas que más se generó el año 2001 es el monóxido de carbono con 1'336,060.0 toneladas. El Dióxido de azufre se calculó por consumo total de combustibles de acuerdo a la metodología del IPCC.

Tabla 26. Emisión de NO-CO₂ por Sectores para 2001 (Toneladas).

SECTORES	CH ₄	N ₂ O	Nox	CO	COVDM	SO ₂
Transformación	336.7	62.9	14,906.0	7,144.3	660.3	IE
Industria	199.6	40.9	11,523.0	2,504.3	438.0	IE
Transporte	1,167.6	101.9	91,773.6	384,975.0	73,672.2	IE
Residencial/Comercial	30,137.4	613.3	12,644.7	876,099.4	48,301.1	IE
Público	91.8	5.5	917.6	183.5	45.9	IE
Agricultura/Agroindustria	1,959.2	26.9	826.0	32,366.8	3,888.3	IE
Pesca	113.3	7.1	1,133.4	658.7	99.9	IE
Minería	1,431.1	20.2	20,007.1	32,128.0	993.0	IE
TOTAL	35,436.8	878.7	153,731.4	1'336,060.0	128,098.7	163,930.2

7. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

De los resultados obtenidos para los gases de efecto invernadero, se tiene que la emisión total de CO₂ fue de 36.05 millones de toneladas, 35,436.8 toneladas de CH₄ y 878.7 toneladas de N₂O. Para los gases contaminantes se ha obtenido 153,731.4 toneladas de NOx, 1336060.0 toneladas de CO, 128,098.7 toneladas de COVDM y 163,930.2 toneladas de SO₂.

Ha quedado pendiente la determinación de las emisiones debido a las fugas en las actividades de extracción y transporte de combustibles, así mismo en esta oportunidad no se ha considerado el aporte del sector no energético.

Un aspecto importante con respecto al uso de combustibles en el sector residencial rural e industrial es que ha ocurrido un cambio apreciable de uso leña por combustibles de origen fósiles dando como resultado una disminución notoria de emisión de CO₂ y CH₄ por uso de este combustible en dichos sectores.

Los resultados son fuertemente dependientes de los factores de emisión y los datos de entrada a la metodología, se estima que los resultados está dentro de un error estimado de 8 %.

Los valores de contenido de azufre y contenido energético utilizados en el presente trabajo son valores medios de los datos proporcionados por el IPCC 1996, puesto que no se tiene datos nacionales actualizados. Así mismo los resultados varían en función de los factores de emisión, los cuales se encuentran en constante investigación y cambian en

función a resultados de nuevas investigaciones.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Convención de Washington. (Pág. Consultada 12 de Mayo del 2003). Dirección URL : <http://www.conama.cl/portal/1255/articulo.e.26045.html>
- [2] The Club of Rome. (Pág. Consultada 14 de Mayo del 2003). Dirección URL : <http://www.clubofrome.org>
- [3] Declaración de Estocolmo. (Pág. Consultada 12 de Mayo del 2003). Dirección URL : http://www.conama.cl/gestion:ambiental/acuerdos_inter/estocolmo_B.htm
- [4] UNEP. (Pág. Consultada 12 de Mayo del 2003). Dirección URL : <http://www.rolac.unep.mx/perfil/ing/mision.htm>
- [5] Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. (Pág. Consultada 15 de Mayo del 2003). Dirección URL : http://www.conama.cl/gestion:ambiental/acuerdos_inter/declaracion_de_rio.htm
- [6] ANL, (1996) Argonne National Laboratory. Energy and Power Evaluation Program. Illinois. USA.
- [7] CONAM. Consejo Nacional del Medio Ambiente. Dirección URL: <http://www.conam.gob.pe>.
- [8] MEM, (2001) Anuario Estadístico Energía. Lima. Perú.

- [9] PERUPETRO, (2001) Estadísticas de Hidrocarburos. Lima. Perú.
- [10] OTERG, (2001) Oficina Técnica de Energía - Ministerio de Energía y Minas. Balance Nacional de Energía 2001. Lima. Perú.
- [11] IPCC (1996) Intergovernmental on Climate Change. Instructions Manual. VOL. 1. London. U.K.
- [12] IPCC. (1996) Intergovernmental on Climate Change. Workbook VOL. 2. London. U.K.
- [13] IPCC, (1996) Intergovernmental on Climate Change. Reference Manual. VOL. 3. London. U.K.
- [14] Ruiz, J. et. al. (1996) Inventario Nacional de las emisiones de los gases de efecto invernadero 1990. Lima. Perú.