

TÍTULO: Estudio de los principales procesos que originan emisiones de gases a la atmósfera.

TITLE: Study of the main processes that cause gas emissions to the atmosphere.

AUTORES: Ing. María Elvira Font Pérez¹

DrC. Francisco Luis Hernández Arias¹

PAIS: Cuba

RESUMEN:

Se abordaron los diferentes procesos que originaron emisiones de gases a la atmósfera y principalmente los ocasionados por la combustión de los motores diesel estacionarios y del efecto que estos causan al medio ambiente y sus consecuencias. Por otra parte se muestran los distintos procedimientos empleados para el control y la prevención de la contaminación ambiental originada por la actividad del hombre y los diferentes métodos de control. Se brindan datos de planes de control para la calidad de aire aplicados en algunos países y las características del equipamiento necesario para estos fines. Se presenta como objetivo fundamental la realización de un estudio teórico de los procesos que provocan la contaminación atmosférica durante la explotación prolongada de los motores diesel estacionarios y el objetivo fue describir los métodos utilizados para el control y la prevención de la contaminación ambiental. Se abordaron los principios básicos aplicados para eliminar los impactos negativos sobre la calidad del agua, la atmósfera y el suelo; se consideró cómo la atención se ha desviado del control a la prevención y por último se analizaron las limitaciones de las soluciones propuestas para un medio en particular.

PALABRAS CLAVES: GASES CONTAMINANTES; MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA; MOTORES ESTACIONARIOS; EMISIÓN DE GASES.

ABSTRACT:

The different processes that result in emissions of gases into the atmosphere were addressed, mainly those caused by the combustion of stationary diesel engines and the effect they cause to the environment and its consequences. On the other hand it shows the different procedures used for the control and prevention of environmental pollution caused by human activity and different methods of control. Data is provided plans for quality control of air applied in some countries and the characteristics of the equipment necessary for these purposes. It has as main objective the creation of a theoretical study of the processes that cause air pollution during the prolonged operation of stationary diesel engines and the goal was to describe the methods used for the control and prevention of environmental pollution. It addressed the basic principles applied to eliminate negative impacts on water quality, air and soil, considered how the focus has shifted from control to prevention and finally analyzed the limitations of the proposed solutions for a given environment.

KEY WORDS: GASEOUS POLLUTANTS, INTERNAL COMBUSTION ENGINES, STATIONARY ENGINES, EMISSION OF GASES.

INTRODUCCION

El desarrollo de la electricidad en nuestro País comenzó desde la época Colonial. La primera demostración de su utilidad para el alumbrado fue un diseño basado en una máquina de vapor que le suministraba su energía a un dinamo una lámpara de arco eléctrico; dicha máquina fue traída a Cuba en 1877 por el Catalán José Dalmau y representó un avance superior en comparación con el alumbrado por gas, el cual producía molestia a los consumidores.

El 3 de marzo de 1889 que se instaura un sistema eléctrico para el servicio público, con generación centralizada y redes de distribución dirigidas a algunas zonas de la Capital.

A finales de 1928 se estableció el mayor Monopolio en Cuba del Servicio Eléctrico por la Compañía Norteamericana Electrical Bond y Share Company afianzada como tenedora de acciones. Contaba con más de 135 MW y unos 4500 Km de líneas de transmisión y distribución para suministrar energía eléctrica a más de 165 poblaciones.

Al triunfo de la Revolución el servicio eléctrico solo alcanzaba al 56% de la población. En agosto de 1959 son rebajadas las tarifas eléctricas por lo cual se puso fin a los abusos del Monopolio Imperialista. El 6 de agosto de 1960 se nacionalizó la compañía cubana de electricidad, pasando a manos del estado revolucionario.

A partir del 20 de febrero de 1966 la situación de la generación de electricidad mejoró en el País con la adquisición y entrada en servicio de generadores y combustible de la antigua Unión Soviética y Checoslovaquia, así como se suministró por la URSS el combustible necesario.

Para 1975 ya se había triplicado la capacidad de generación de la Industria Eléctrica con relación a 1958, con el montaje de varias centrales termoeléctricas; por ejemplo, en Cienfuegos, Nuevitas, Matanzas y en otros lugares.

La capacidad instalada fue aumentando hasta obtener en el año 1988 una disponibilidad record 80,4% y en el año 1989 una potencia instalada de 2967,5 MW, que era 6 veces mayor con respecto al año 1959.

En este último año se importaron 220 000 barriles diarios y solo se extraían 18 000 diarios. Bajo estas condiciones económicas de favorable desarrollo, por el apoyo de la extinta Unión Soviética, la generación eléctrica no presentaba dificultades.

Con el derrumbe del Campo Socialista y la desaparición de la URSS, unido al brutal bloqueo Norteamericano se establece en el País el Período Especial.

Si comparamos la generación eléctrica en 1989 con la del año 1993 el decrecimiento fue de -27,5%. En el período de 1993 a 1996, hubo como promedio afectaciones del servicio eléctrico a la población el 76% de los 365 días del año.

Como se ha explicado, dos averías casi consecutivas en las más importantes unidades del Sistema Electroenergético Nacional SEN que mantuvieron fuera de servicio primero, a la unidad número dos de la CTE de Felton de 250 MW, por 3 meses y medios y luego la CTE Guiteras de 330MW poco más de seis

meses, trajeron importantes afectaciones a la economía del País y a la población durante el 2004 y 2005, pues además de su impacto directo afectaron también el plan normal de mantenimiento de otras unidades del SEN que inevitablemente bajaron también su disponibilidad.

Después de un intenso trabajo, liderado por nuestro Comandante en Jefe se pudo establecer una estrategia para la solución radical y definitiva del déficit energético y a la vez sin demorar un segundo comenzar su implementación acelerada.

Comenzó así la **Revolución Energética** que es el conjunto de acciones dirigidas a transformar los principios de generación de electricidad y la concepción sobre el ahorro de Portadores Energéticos, todas estas acciones con un fin común, mejorar la calidad de vida de nuestro pueblo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y CAMBIO CLIMATICO.

Atmósfera, mezcla de gases y partículas de una amplia variedad de elementos y compuestos químicos. Entre los constituyentes de la atmósfera se les denomina principales a aquellos que tienen una concentración relativa, igual o mayor que 1 % en volumen (nitrógeno-78%, oxígeno-21% y argón, este último aproximadamente), y constituyen trazas a los de concentración inferior a 1%, donde se incluye el resto de los gases, y las partículas. Los gases trazas, de conjunto, representan aproximadamente solo 0,12% de la composición del aire seco (no se considera el vapor de agua). Sin embargo, pese a sus pequeñas concentraciones en la atmósfera tienen gran importancia para la vida en el planeta / López, 2006 /.

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, derivadas de las actividades humanas, entre otros efectos, han provocado el incremento de las concentraciones atmosféricas de diferentes gases trazas, por encima de sus niveles naturales y a ritmos tales que están conduciendo a importantes cambios en las propiedades químicas y radiactivas de la atmósfera, entre otros problemas relacionados con el medio ambiente atmosférico.

De acuerdo con el tiempo de vida de los diferentes contaminantes en la atmósfera, así originaran problemas globales (mundiales), regionales o locales. Estos problemas, aunque son de diferentes escalas, se asocian a varios niveles de contaminación y tienen distintos efectos; sin embargo están fuertemente interrelacionados y tienen un origen común, las emisiones de contaminantes a la atmósfera /Curso Cambio Climático, 2008/.

Existen en la atmósfera una gran cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) directos o indirectos (estos últimos conocidos también como precursores). Aunque todos tienen importancia para el clima y/o los procesos de la contaminación y la química atmosférica, no todas son relevantes para los procesos relacionados con el calentamiento global y cambio climático. Para esos procesos son más importantes los GEI directo que tienen:

- Largo tiempo de vida relativo en la atmósfera (les posibilita distribuirse y mezclarse bien en la atmósfera, y con mayor rapidez de lo que se remueven de estas).
- Alto nivel de potencial de calentamiento atmosférico.
- Fuentes (directas o indirectas) importantes en las actividades humanas.

- Composición química favorable (por ej. Cantidad de cloro y/o Bromo contenido en cada molécula para los GEI que también son sustancias agotadoras del ozono).
- Un volumen significativo de emisiones a la atmósfera.

Ahora bien, de los GEI más importantes, en la actualidad varios son controlados por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y su protocolo de Kyoto, y otros por el protocolo de Montreal sobre las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (SAO), debido de que además de GEI son también SAO. Esta subdivisión tiene entre sus causas principales la no duplicación de actividades entre ambos convenios internacionales. Asimismo, en la atmósfera están también presentes otros GEI no controlados por los convenios anteriores que reciben atención científica, como p.ej. cinco son conocidos como GEI de Larga Vida (GEILV) y aportan cerca del 97% de forzamiento radiactivo directo estos son, por orden de importancia: CO_2 , CH_4 , N_2O que se encuentran bajo el control de la CMNUCC y su protocolo de Kyoto y el (CFC-11) Clorofluorcarbono y el (CFC-12) que se regulan por el protocolo de Montreal sobre sustancias agotadoras de la capa de ozono. En la tabla 1 se muestran algunas de estas sustancias.

En la tabla 1 también se mencionan otros GEI de importancia, así como los siguientes gases precursores: óxido de nitrógeno (NO_x); monóxido de carbono (CO); compuestos volátiles diferentes del metano (COVDN) y dióxido de azufre (SO_2). La importancia de estos últimos viene dada por su papel como precursores de los GEI especialmente del ozono troposférico, modificadores de sus concentraciones en la atmósfera o precursores de partículas atmosféricas como el CO_2 .

Tabla 1. Gases de efecto Invernadero de mayor importancia.

	CMNUCC(*) y su protocolo de Kyoto	Protocolo de Montreal (**)
GEI de Larga vida "mayores"	CO_2 , CH_4 , NO_2	CFC-11; CFC-12
GEI de Larga vida "Menores"	HFC – 134 a SF_6	CFC-13, tetracloruro de carbono (CCl_4); metilcloroformo($\text{CH}_3\text{CCL13}$) HCFC-22; HFCH-141b y halones 1211 y 1301 (***)
Otros GEI de importancia	Otros hidrofluorocarbonos (HFC_s); Perfluorocarburos (PFC_s)	Otros hidroclorofluorocarbonos (HCFC_s)
GEI indirecto (precursores)	NO_x , CO, COVDM, CO_2	_____

* CMNUCC – Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

** Protocolo de Montreal sobre Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono.

*** Los halones son compuestos del bromo que se utilizan fundamentalmente como

agentes para la extinción de incendios.

De los GEI mayores el CO₂, CH₄, y N₂O aportan de conjunto 88% del crecimiento del forzamiento radiactivo observado en la época industrial, motivado por el cual centran la atención de la CMNUCC y su protocolo de Kyoto. El CO₂ es el GEI mas importante, y el más común producido por las actividades humanas y el que más contribuye al calentamiento global, aportando cerca del 63% del incremento en el forzamiento radiactivo total de los GEI de Larga vida en la época industrial.

El CH₄, es el segundo GEI en importancia aporta 18,6% del incremento en el forzamiento radiactivo directo.

El N₂O es el tercer GEI en importancia y desempeña un importante papel de la química de la estratosfera. Este contribuye con alrededor del 6,2% del incremento del forzamiento radiactivo total de los GEI de Larga vida.

En la tabla 2 se resumen las principales características que presentan las concentraciones de estos tres GEI a finales del 2006 /Curso Cambio Climático, 2008/.

Tabla 2. Concentraciones atmosféricas del CO₂, CH₄, y N₂O

	CO₂ (ppm)	CH₄ (ppb)	N₂O (ppb)
Concentración media global	381,2	1782	320,1
Cambio en la concentración en relación con el año 1750	136%	255%	119%
Incremento absoluto 2005 -2006	2,0	-1	0,8
Incremento relativo 2005 - 2006	0,53%	-0,06%	0,25%
Incremento medio anual absoluto durante los últimos 10 años.	1,93	2,4	0,76

En general no hay muchos cambios, según las tendencias observadas en las concentraciones atmosféricas de los GEILV en los últimos años. De los cinco GEILV, las concentraciones de CO₂ y N₂O continúan incrementándose a un ritmo regular en correspondencia con el comportamiento de las emisiones de estos gases.

A diferencia de lo anterior en las últimas dos décadas las tasas de crecimiento del CH₄ en la atmósfera han disminuido por lo que su aporte al forzamiento radiactivo ha sido aproximadamente iguales en esta etapa. Las causas de estos cambios en las tasas de crecimiento de este GEI aún no se comprenden bien.

ACTIVIDADES PRINCIPALES QUE GENERAN EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES INVERNADEROS.

Una parte importante de las actividades que realiza el hombre generan emisiones directas o indirectas de GEI. En otras se favorecen las remociones de CO₂ desde la atmósfera. Entre estas actividades hay un grupo que, por su importancia, centran la atención de las estimaciones que se realizan en los inventarios nacionales de emisiones y remociones de GEI, y que se agrupan en dos grandes sectores como se muestra en la figura 1.

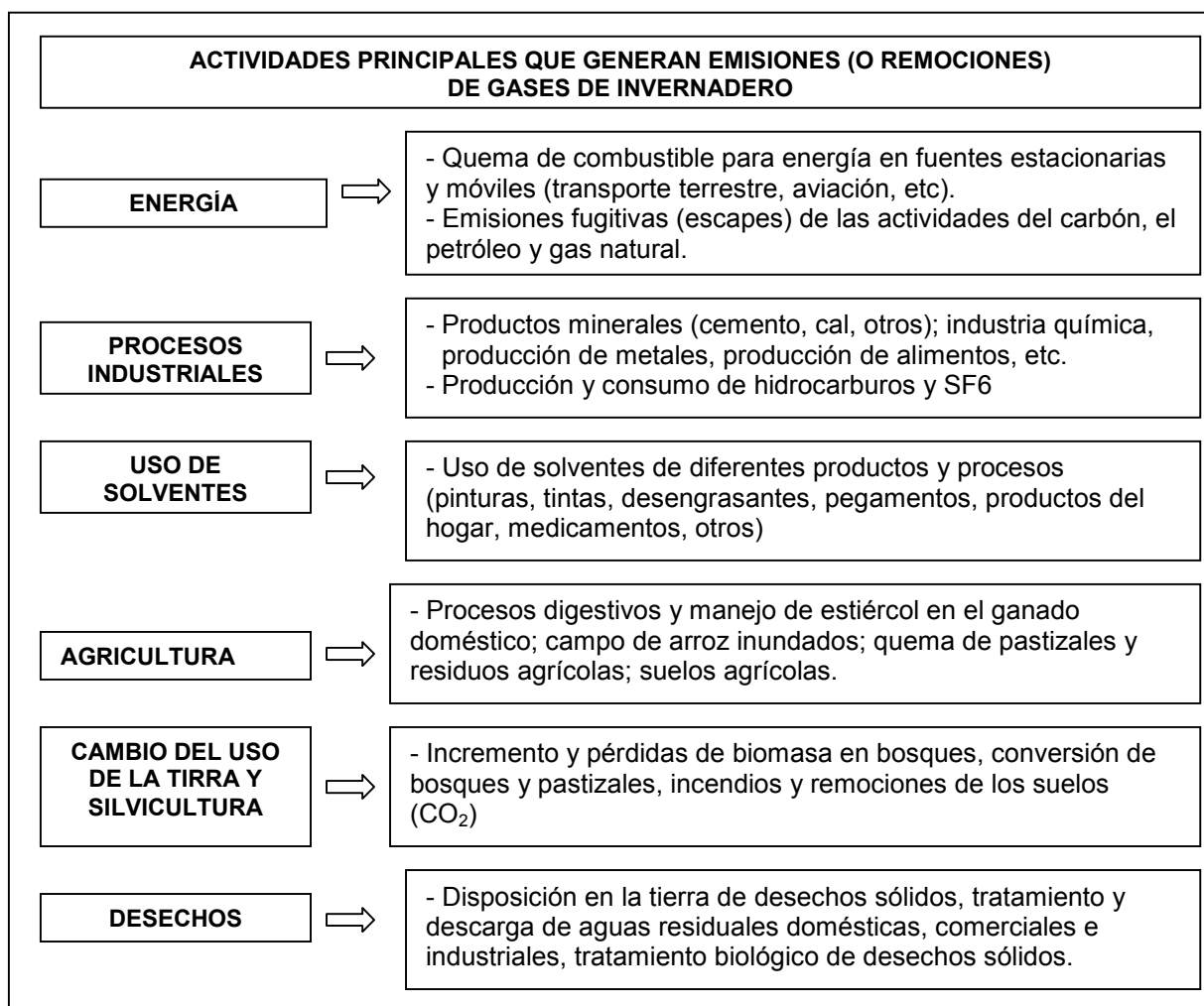


Figura 1 Principales actividades del hombre que generan emisiones o remociones de gases de invernadero.

CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Durante el siglo XX, la creciente sensibilización respecto al impacto de las actividades humanas en el medio ambiente y la salud pública (analizado en el capítulo 53: Riesgos ambientales para la salud), /Enciclopedia de Salud y Seguridad del Trabajo, 2004/ ha dado lugar al desarrollo y la utilización de diferentes métodos y tecnologías para reducir los efectos de la contaminación. En este sentido, los gobiernos han adoptado medidas de carácter normativo y político (analizadas en el capítulo 54: Política en materia de medio ambiente), /Enciclopedia de Salud y Seguridad del Trabajo, 2004/ para minimizar los efectos negativos y garantizar el cumplimiento de las normas sobre calidad ambiental.

No es suficiente con proteger la atmósfera eliminando los metales traza de un gas de combustión si por otro lado estos contaminantes son transferidos al suelo por unas prácticas inadecuadas de tratamiento de residuos sólidos. Se impone, por lo tanto, la utilización de soluciones integradas para distintos medios.

La rápida industrialización ha dado lugar a innumerables accidentes que han contaminado los recursos terrestres, atmosféricos y acuáticos con materiales

tóxicos y otros contaminantes, amenazando a las personas y los ecosistemas con graves riesgos para la salud. El uso cada vez más generalizado e intensivo de materiales y energía ha originado una creciente presión en la calidad de los ecosistemas locales, regionales y mundiales.

Antes de que se emprendiera un esfuerzo concertado para reducir el impacto de la contaminación, el control ambiental apenas existía y se orientaba principalmente al tratamiento de residuos para evitar daños locales, aunque siempre con una perspectiva a muy corto plazo. Sólo en aquellos casos excepcionales en los que se consideró que el daño era inadmisibile se tomaron medidas al respecto. A medida que se intensificó el ritmo de la actividad industrial y se fueron conociendo los efectos acumulativos, se impuso el paradigma del control de la contaminación como principal estrategia para proteger al medio ambiente.

Dos conceptos sirvieron de base para este control:

- el concepto de capacidad de asimilación, que reconoce la existencia de un cierto nivel de emisiones al medio ambiente sin efectos apreciables en la salud humana y ambiental,
- el concepto del principio de control, que supone que el daño ambiental puede evitarse controlando la forma, la duración y la velocidad de la emisión de contaminantes al medio ambiente.

Como parte de la estrategia del control de la contaminación, los intentos de proteger el medio ambiente han consistido principalmente en aislar los contaminantes del medio ambiente y en utilizar depuradoras y filtros en las fuentes emisoras. Estas soluciones, orientadas a objetivos de calidad ambiental o límites de emisión específicos para un medio, se han dirigido especialmente a eliminar los puntos de vertido de residuos a determinados medios (aire, agua, tierra).

El impacto ambiental del MCI está estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del mismo: la reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados "gases de invernadero", y la reducción de los niveles de ruido.

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado "efecto invernadero", provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como: CO₂, metano, óxido nitroso y los cloro-fluorocarbonatos, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global (Pichs, 1994).

En el presente trabajo se analizan los factores que influyen sobre los niveles de toxicidad y ruido de los MCI más usados en la agricultura y se ofrecen algunas medidas que pueden tomarse para disminuir los mismos.

Formas de acción del motor de combustión interna sobre el medio ambiente.

Las formas más importantes de acción del motor sobre el medio ambiente son:

1. Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI.
2. Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.
3. Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al hombre, la flora y la fauna.
4. Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.

5. Consumo de agua potable.

6. Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el rendimiento de los trabajadores y ocasiona molestias en sentido general.

Toxicidad de los gases de escape de los motores de combustión interna y formas para reducirla.

Se llaman sustancias tóxicas a las que ejercen influencia nociva sobre el organismo humano y el medio ambiente. Durante el trabajo de los MCI de émbolo se desprenden las siguientes sustancias tóxicas principales: óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, sustancias cancerígenas (bencipireno), compuestos de azufre y plomo. Además de los gases de escape de los MCI, otras fuentes de toxicidad son también los gases del cárter y la evaporación del combustible a la atmósfera. Incluso en un motor bien regulado la cantidad de componentes tóxicos que se expulsan durante su funcionamiento puede alcanzar los siguientes valores que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión del MCI

Componentes tóxicos	Motores Diesel	Motores de carburador
Monóxido de carbono, %	0.2	6
Óxidos de nitrógeno. %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4
Dióxido de azufre, %	0.04	0.007
Hollín/ mg/l	0.3	0.05

Fuente: Lukianin, 1988

CONCLUSIONES:

1. Los motores de combustión interna que mayor contaminación del medio ambiente provocan son los motores a gasolina a pesar de ser menos visible sus emisiones a la atmósfera.
2. En nuestro país no se controla los niveles de emisión de sustancias tóxicas por los MCI estacionarios, existiendo reservas de tipo explotativas para la disminución de los mismos.
3. En Cuba no se realizan controles de los niveles de ruido que emiten los MCI durante su funcionamiento, existiendo un gran número de vehículos que circulan por nuestras vías con altos niveles de ruido; así como en la explotación de los grupos electrógenos este control aún es insuficiente.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Curso Cambio Climático. La Habana: Universidad para Todos, 2008. Parte 1. 16 p.
2. Elías, John. Control de la contaminación atmosférica. **En:** Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. México: Editorial Limusa, 2004. p 55
3. López, C. Introducción a la Gestión de la Calidad del Aire. La Habana: Instituto de Meteorología DESOFT, 2006. 703 p.
4. Motores de combustión interna / V. N. Lukanin... [et al.]. Moscú: Editorial Mir, 1988. 230 p.
5. Pichs, Ramón. Efecto Invernadero y mercado verde. Prisma de Cuba y las Américas (La Habana) 20: 263-264; sep-oct. 1994.

DATOS DE LOS AUTORES

- Ing. María Elvira Font Pérez¹

- DrC. Francisco Luis Hernández Arias¹

Centro de trabajo:

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Holguín. Gaveta Postal 57, 80100, Holguín, Cuba.

Correos: mefont@facing.uho.edu.cu, fhernandez@facing.uho.edu.cu

Fecha de Recepción: 18 de Diciembre de 2009

Fecha de Aprobación: 18 de Abril de 2010

Fecha de Publicación: 31 de Marzo de 2011