

**Estudio de viabilidad técnica para la adhesión de Colombia al
Anexo VI del MARPOL 73/78 relacionado con la
contaminación atmosférica ocasionada por buques.**

Trabajo de grado presentado por:
JUAN LEONARDO MORENO RINCON

Para optar al título de:
Ingeniero Ambiental y Sanitario

Octubre del 2001

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
2. ANTECEDENTES	15
3. MARCO TEORICO	17
3.1. CONTAMINACION ATMOSFERICA.....	17
3.1.1. COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA.....	17
3.1.2. TIPOS DE CONTAMINANTES:	19
3.1.2.1. Primarios:.....	19
3.1.2.2. Secundarios.....	19
3.1.3. CLASES DE CONTAMINANTES	19
3.1.3.1. Óxidos de azufre.....	19
3.1.3.1.1. Fuentes naturales: volcanes, mares y suelos	20
3.1.3.1.2. Ciclo del Azufre	20
3.1.3.2. Dióxido de carbono.....	21
3.1.3.3. Oxido de nitrógeno	22
3.1.3.4. Hidrocarburos	23
3.1.4. FORMACIÓN DE NO _x EN LOS BUQUES	24
3.1.5. IMPACTO DE LA NAVEGACIÓN INTERNACIONAL.....	25
3.1.5.1. Posibles consecuencias regionales del ozono	25
3.1.5.1.1. Impacto del ozono sobre los cambios climáticos mundiales.....	27
3.1.5.2. Comparación con la aviación	29
3.1.5.3. Afectación del clima y del ozono troposférico por la navegación internacional.	30
3.2. MARCO LEGAL	32
3.2.1. DECRETO 948 DE 1995.....	32
3.2.2. DECRETO 02 DE 1982.....	34

3.2.3. LEY 29 DE 1992	35
3.2.4. ANEXO VI, Reglas para prevenir la contaminación atmosférica.....	37
3.2.4. ocasionada por los buques.	37
3.2.4.1. CAPÍTULO I : GENERALIDADES	37
3.2.4.2. CAPÍTULO II: RECONOCIMIENTO, CERTIFICACIÓN Y MEDIOS DE CONTROL	38
3.2.4.3. CAPÍTULO III: PRESCRIPCIONES PARA EL CONTROL DE LAS EMISIONES DE LOS BUQUES.....	42
3.3. AREA DE INFLUENCIA.....	49
3.3.1. ZONA PORTUARIA DE SANTA MARTA.....	49
3.3.1.1. Delimitación Geográfica.....	49
3.3.1.2. Descripción de la Zona.....	50
3.3.1.2.1. Aspecto físico.....	50
3.3.1.2.2. Vientos	50
3.3.1.2.3. Aspecto Social	51
3.3.1.3. Actividades Portuarias	52
3.3.1.3.1. Movimiento portuario.....	52
3.3.2. ZONA PORTUARIA BARRANQUILLA.....	53
3.3.2.1. Delimitación Geográfica.....	53
3.3.2.2. Descripción de la Zona.....	54
3.3.2.2.1. Aspecto Físico.....	54
3.3.2.2.2. Aspecto Social	55
3.3.2.3. Actividades Portuarias	55
3.3.2.3.1. Movimiento portuario.....	56
3.3.3. ZONA PORTUARIA CARTAGENA	57
3.3.3.1. Delimitación Geográfica.....	57
3.3.3.2. Descripción de la zona portuaria	58
3.3.3.2.1. Aspecto Físico.....	58

3.3.3.2.2. Vientos	59
3.3.3.2.3. Aspecto Social	60
3.3.3.3. Actividades Portuarias	61
3.3.3.3.1. Movimiento Portuario	61
3.3.4. ZONA PORTUARIA DE BUENAVENTURA	63
3.3.4.1. Delimitación Geográfica.....	63
3.3.4.2. Descripción de la Zona Portuaria	63
3.3.4.2.1. Aspecto Físico.....	63
3.3.4.2.2. Vientos	64
3.3.4.2.3. Aspecto Social.	64
3.3.4.3. Actividad Portuaria.....	65
3.3.4.3.1. Movimiento Portuario	65
3.3.5. ZONA PORTUARIA DE MORROSQUILLO	67
3.3.5.1. Delimitación Geográfica.....	67
3.3.5.2. Descripción de la zona portuaria	67
3.3.5.2.1. Aspecto Físico.....	67
3.3.5.2.2. Vientos	67
3.3.5.2.3. Aspecto Social	68
3.3.5.3. Actividad Portuaria.....	68
3.3.5.3.1. Movimiento Portuario	69
3.3.6. ZONA PORTUARIA TUMACO	70
3.3.6.1. Delimitación Geográfica.....	70
3.3.6.2. Descripción de la Zona Portuaria	70
3.3.6.2.1. Aspecto Físico.....	71
3.3.6.2.2. Vientos	71
3.3.6.2.3. Aspecto Social	72
3.3.6.3. Actividades Portuarias	73
3.3.6.3.1. Movimiento Portuario	73

3.3.7. ZONA PORTUARIA DE LA GUAJIRA.....	74
3.3.7.1. Delimitación Geográfica.....	74
3.3.7.2. Descripción de la Zona Portuaria	74
3.3.7.2.1. Aspecto Físico.....	74
3.3.7.2.2. Aspecto Social	75
3.3.7.3. Actividades Portuarias	75
3.3.7.3.1. Movimiento Portuario	76
3.3.8. ZONA PORTUARIA DEL GOLFO DE URABÁ.....	76
3.3.8.1. Delimitación Geográfica.....	76
3.3.8.2. Descripción de la Zona Portuaria	77
3.3.8.2.1. Aspecto Físico.....	77
3.3.8.2.2. Aspecto Social	77
3.3.8.3. Actividades Portuarias	78
3.3.8.3.1. Movimiento Portuario	78
4. MARCO CONCEPTUAL.....	80
4.1. COLOMBIA, POSICIONAMIENTO ACTUAL.....	80
4.2. MODELO DE CALCULO DE EMISIONES MARINAS A LA ATMOSFERA ⁸¹	
4.2.1. METODOLOGIA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE	81
4.2.2. Desarrollo del Modelo	84
4.2.2.1. Cálculos Realizados	85
4.2.3. Distribución de contaminantes	88
4.2.4. INFORMACION BUQUES NACIONALES.....	91
4.3. ENCUESTA, HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN	93
4.3.1. DISEÑO DE LA ENCUESTA.....	95
4.3.2. MODELO DE LA ENCUESTA.....	96
4.3.3. DESCRIPCION DE LAS PARTES DE LA ENCUESTA	101
4.3.3.1. Información general.....	101
4.3.3.2. Motores.....	102

4.3.3.3. Combustibles	103
4.3.3.4. Lubricantes	104
4.3.3.5. Incineradores a bordo.....	105
4.3.3.6. Extinción del Fuego	105
4.3.3.7. Sistemas de refrigeración	106
4.3.3.8. Compuestos orgánicos volátiles	106
4.3.3.9. Otras preguntas	106
4.4. RESULTADOS DE LA ENCUESTA Y METODOLOGIA ALTERNA	107
4.4.1. CONFLICTO DE INTERESES	107
4.4.2. COMPLEMENTACION DE DATOS TECNICOS.....	108
4.4.3. DATOS RECOLECTADOS	109
4.4.3.1. INFORMACIÓN GENERAL	109
4.4.3.2. MOTORES.....	112
4.4.3.2.1. Análisis de emisiones de NOx	112
4.4.3.2.2. Mantenimiento del Motor.....	117
4.4.3.3. COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	121
4.4.3.3.1. Combustibles	121
4.4.3.3.2. Combustible Colombiano	124
4.4.3.3.3. Tratamientos para el combustible	127
4.4.3.3.4. Lubricantes.....	129
4.4.3.4. INCINERACIÓN A BORDO	132
4.4.3.5. EXTINCIÓN DEL FUEGO	134
4.4.3.6. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	136
4.4.3.7. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV).....	137
4.4.3.8. OTRAS PREGUNTAS	137
5. RECOMENDACIONES.....	138
5.1. CONTROL A BAJA TEMPERATURA DE LAS EMISIONES DE SO ₂ Y NO _x MEDIANTE EL USO DE FIBRAS DE CARBONO ACTIVADAS	140

5.1.1. ELIMINACIÓN DE SO ₂ A BAJA TEMPERATURA	141
5.1.2. REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA DE NO CON NH ₃ A BAJA TEMPERATURA	141
5.2. MEZCLA DE COMBUSTIBLE CON AGUA.....	142
6. CONCLUSIONES	144
7. GLOSARIO.....	147
8. BIBLIOGRAFIA	150

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	53
TABLA 2: ARRIBOS POR MES AÑO 2000.....	53
TABLA 3: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	56
TABLA 4: ARRIBOS POR MES AÑO 2000.....	57
TABLA 5: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	61
TABLA 6: ARRIBOS POR MES AÑO 2000.....	62
TABLA 7: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	66
TABLA 8: ARRIBOS POR MES AÑO 2000.....	66
TABLA 9: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	69
TABLA 10: ARRIBOS POR MES AÑO 2000.....	69
TABLA 11: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	74
TABLA 12: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	76
TABLA 13: CANTIDAD DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES SEGÚN TIPO DE CARGA AÑO 2000.....	79
TABLA 14: FACTORES DE EMISIÓN <input type="checkbox"/>	83
TABLA 15: RESULTADOS EMISIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS SEGÚN CONSUMO DE COMBUSTIBLE	85

TABLA 16: NÚMERO DE ARRIBOS POR PUERTO EN EL AÑO 2000	88
TABLA 17: DISTRIBUCIÓN DE CONTAMINANTES POR PUERTO	90
TABLA 18: BUQUES NACIONALES	92
TABLA 19: INFORMACIÓN GENERAL Y DATOS RECOLECTADOS.....	110
TABLA 20: DATOS RECOLECTADOS DEL MOTOR PRINCIPAL DE LOS BUQUES	113
TABLA 21: PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE LOS BUQUES	118
TABLA 22: MANTENIMIENTO SEGÚN FICHA TÉCNICA	119
TABLA 23: FECHAS DEL ANÁLISIS AL COMBUSTIBLE.....	123
TABLA 24: PROPIEDADES DEL DIESEL MARINO	124
TABLA 25: PROPIEDADES DE LOS IFO 380 E IFO 180	126
TABLA 26: PRECIO DEL COMBUSTIBLE COLOMBIANO	126
TABLA 27: TIPO DE LUBRICANTE UTILIZADO.....	129
TABLA 28: TRATAMIENTO AL LUBRICANTE EN LOS BUQUES	131
TABLA 29: DATOS SOBRE INCINERACIÓN A BORDO	133
TABLA 30: RESULTADOS DATOS DE EXTINCIÓN DEL FUEGO	135
TABLA 31: RESULTADOS SOBRE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	136

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: ROSA DE VIENTOS, CARTAGENA.....	59
ILUSTRACIÓN 2: ROSA DE VIENTOS, BUENAVENTURA	64
ILUSTRACIÓN 3: ROSA DE VIENTOS, TUMACO	71
ILUSTRACIÓN 4: CANTIDAD DE EMISIONES POR PUERTO	89
ILUSTRACIÓN 5: PORCENTAJE DE CARGA MANEJADA EN BUENAVENTURA	111
ILUSTRACIÓN 6: CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES VS. RPM	115
ILUSTRACIÓN 7: CLASIFICACIÓN DE LOS BUQUES POR RPM.....	116
ILUSTRACIÓN 8: RELACIÓN DE MANTENIMIENTO REAL VS. FICHA TÉCNICA DEL BUQUE	120

1.INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es originada por múltiples actividades dentro de las que destacan las de mayor fuente, como son los combustibles fósiles como energéticos. El petróleo, gas y carbón son usados en cantidades enormes, del orden de millones de toneladas por día, y los desechos de su combustión se arrojan a la atmósfera en forma de polvo, humo y gases. Los dos primeros se pueden ver, pero los gases que no podemos ver, son los más peligrosos. Cada gas de invernadero (dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos) tiene un potencial de calentamiento que a su vez es una medida de calentamiento global. En teoría al menos, el polvo y el humo se pueden evitar, pero los gases, son inevitables y pueden causar desde lluvia ácida hasta el calentamiento de la tierra (efecto invernadero), así como el incremento en los niveles del ozono y el monóxido de carbono que son altamente tóxicos para los humanos. En un informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1995 se señala que los potenciales de calentamiento de los diversos gases de invernadero son típicamente entre un 10% y 30% más altos de lo que se había informado anteriormente, o sea, estos gases son mucho más potentes de lo que se pensaba anteriormente¹.

Actualmente, existe un fuerte consenso científico que el clima global se verá alterado significativamente, en el presente siglo, como resultado del aumento de concentraciones de gases de invernadero, estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que harán aumentar la temperatura planetaria entre 1,5 y 4,5 °C. Como respuesta a

¹ **El cambio climático. Un problema de todos.** Tomado de:

esto, se estima que los patrones de precipitación global, también se alteren².

Asociados a estos potenciales cambios, habrán grandes alteraciones en los ecosistemas globales. Trabajos científicos sugieren que los rangos de especies arbóreas, podrán variar significativamente como resultado del cambio climático global, lo anterior se puede traducir en desequilibrios económicos importantes.

Con respecto al impacto directo sobre los seres humanos, la acumulación de gases esta presente en la lluvia ácida y en la niebla ácida, dañando todo lo que toquen, tanto en el campo como en la ciudad, dichos daños son ocasionados principalmente por los óxidos de nitrógeno y azufre que se generan al momento de la combustión; El nitrógeno lo aporta la atmósfera y no hay forma de evitarlo y el azufre forma parte de los combustibles, donde eliminarlo completamente es muy costoso. Al reaccionar con algún elemento orgánico e inorgánico dejan un daño que puede ser irritación de mucosas en humanos y animales o deterioro en la cutícula de las hojas de los vegetales, en ambos casos, dando entrada a patógenos y reduciendo la producción agrícola. Lo último induce a la expansión del área de enfermedades infecciosas tropicales (Becker, 1997)³ e inundaciones de terrenos costeros.

La ciencia estima que la velocidad de los cambios climáticos que pueden producirse en las próximas décadas serán superiores a cualquier otro ocurrido en los últimos 10.000 años⁴.

www.monografías.com/trabajos/camclimatico/camclimatico.shtml

² **Cambio Climático Global.** Tomado de:

www.monografías.com/trabajos2/camcliblobal/camcliglobal.shtml

³ **Cambio Climático Global.** Tomado de:

www.monografías.com/trabajos2/camcliblobal/camcliglobal.shtml

⁴ El cambio climático. Un problema de todos. Tomado de:

www.monografías.com/trabajos/camclimatico/camclimatico.shtml

Con respecto al MARPOL 73/78 se refiere al Convenio Internacional Para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978, y en la actualidad contiene 6 anexos.

Desde 1954 la OMI (Organización Marítima Internacional) hizo el primer intento importante con el convenio de 1954 para prevenir la contaminación del mar causada por los hidrocarburos, después de varios accidentes ocasionados por los buques tanque, se hicieron varios cambios al convenio de 1954 en 1971.

En 1973 se convocó una gran conferencia para discutir todos los aspectos del problema relativo a la contaminación del mar por los buques, conferencia que culminó con la aprobación del más ambicioso convenio para combatir la contaminación concertado hasta la fecha. El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques se refiere no solo a la ocasionada por hidrocarburos sino abarca, además, otras formas de contaminación, como las originadas por basuras, aguas sucias, productos químicos y otras sustancias perjudiciales⁵.

Otros accidentes ocasionados en el invierno de 1976 - 77 dieron como resultado una nueva convocatoria en 1978 y se llamó la Conferencia sobre seguridad de los buque tanque y prevención de la contaminación, por éste motivo es llamado MARPOL 73/78.

El MARPOL 73/78 entró en vigor en 1983, al igual que el Anexo I sobre derrame de hidrocarburos, el Anexo II trata sobre las sustancias nocivas

⁵ Información actualizada de la OMI y de los convenios internacionales edición de 1994

líquidas y entró en vigor en Abril de 1987, el Anexo III trata sobre sustancias perjudiciales por bultos entró en vigor en Julio de 1992, el Anexo IV trata sobre aguas sucias todavía no ha recibido el número de ratificaciones necesario para su entrada en vigor y el Anexo V trata sobre basuras entró en vigor en Diciembre de 1988.

El Anexo VI está compuesto por las Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques, y contiene el Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos⁶.

⁶ Anexo VI del Marpol 73/78, OMI Londres 1999

2.ANTECEDENTES

Noruega fue el primer Estado, en Noviembre de 1987, en poner como tema de discusión la contaminación atmosférica generada por buques, en la Segunda Conferencia Internacional sobre Protección del Mar del Norte. Según un estudio realizado por ese país, el 40% de la carga de óxidos de nitrógeno - NOx - y el 14% de la de óxidos de azufres - SOx - se podían atribuir a actividades costeras y marinas.⁷

En 1988, Noruega llevó el tema a la 26 sesión del Comité de Protección del Medio Marino (CPMM) de la Organización Marítima Internacional (OMI), donde se decidió que iba a ser objeto de estudio futuro, ampliándolo a otros agentes potencialmente contaminantes de la atmósfera generados por los buques como los compuestos orgánicos volátiles - COV -, los fluorocarbonos clorados – CFC's -, los Halones, los gases y partículas generados por la incineración a bordo.

En 1990 la ONG “Amigos de la tierra” presentó al 29 periodo de sesiones del CPMM de la OMI un estudio en el que se hace un recuento sobre el tema de la prevención de la contaminación del aire por los buques y la calidad del fuel oil, donde también se trató los riesgos para la salud y el medio ambiente. Como resultado proponen que se debe elaborar un anexo VI de MARPOL 73/78 en el cual se incluyen reglas para prevenir la contaminación del aire por buques. Se deja en claro que a pesar de que la contaminación atmosférica no es objeto directo de las funciones de la OMI, el hecho de que exista el instrumento jurídico MARPOL 73/78 y de que los buques produzcan

⁷ El Anexo VI de MARPOL 73/78 Cf. Mario Palacios 1997

importantes agentes de contaminación de la atmósfera lo ameritan.⁸

Adicionalmente, proponen que este nuevo anexo deberá abordar la temática de, la calidad del combustible, la incineración de basuras en el mar, emisiones provenientes de las zonas de carga y emisiones de CFCs y Halones.

En el 39 periodo de sesiones del CPMM de la OMI realizado en Londres en Marzo de 1997, se aprueba el nuevo instrumento legal, el Anexo VI del MARPOL 73/78 como parte integral del Convenio.

La Dirección General Marítima como Autoridad Marítima Nacional de Colombia, es la garante técnica de la implementación del MARPOL 73/78, que fue acogido por el país mediante la Ley 12 de 1981.

En el Marco legal se hace un breve resumen de las partes que componen el Anexo VI del MARPOL 73/78.

⁸ El Anexo VI de MARPOL 73/78 Cf. Mario Palacios 1997

3.MARCO TEORICO

3.1.CONTAMINACION ATMOSFERICA

3.1.1.COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

El 50% de la masa atmosférica está concentrada por debajo de los 5 kilómetros sobre el nivel del mar. Los gases más abundantes son el N₂ y O₂. A pesar de estar en bajas cantidades, los gases de invernadero cumplen un rol crucial en la dinámica atmosférica. Entre éstos contamos al CO₂, el metano, los óxidos nitrosos, ozono, halocarbonos, aerosoles, entre otros. Por tal motivo se tuvo en cuenta la siguiente composición que varía según la altitud, temperatura y otras características.

La troposfera: En promedio tiene 12 Km. de espesor (varía entre los 7 Km. en los polos y los 16 Km. en el trópico) y se compone entre otros de polvo, humo y vapor de agua.⁹

Ésta capa atmosférica presenta las siguientes características:

Fenómenos climáticos, Emisión de contaminantes, Evapotranspiración, gases y partículas en suspensión y se acumula la mayor cantidad de peso atmosférico. Otra característica es que la temperatura disminuye con la altitud.

La estratosfera: Está comprendida entre los 12 y los 50 Km. En su parte baja se concentra gran cantidad de ozono (O₃). Una característica que se presenta es que con el aumento de altitud se incrementa la temperatura.

La mesosfera: Esta zona está comprendida entre los 50 y 100 Km. y su

⁹ **El aire.** Tomado de: www.monografias.com/trabajos/aire/aire.shtml

temperatura media es de 10°C y se presentan temperaturas hasta de -100°C

La termósfera : Se comprende después de los 100 Km. y desaparece gradualmente hasta los 500 Km. Está constituida por oxígeno y su temperatura aumenta hasta los 1000°C.¹⁰

La ionósfera: Comienza en promedio a los 500 Km. y se extiende más allá de los 1000 Km. se forma por una capa de helio y de hidrógeno, y se presentan temperaturas hasta de 6000°C.¹¹

El aire seco se compone en general por:

Componente		Concentración aproximada
Nitrógeno	(N)	78.08% en volumen
Oxígeno	(O)	20.94% en volumen
Argón	(Ar)	0.94% en volumen
Dióxido de Carbono	(CO ₂)	0.03% en volumen
Hidrógeno	(H)	0.01% en volumen
Neón	(Ne)	0.00123% en volumen
Helio	(He)	0.0005% en volumen
Óxido nitroso	(N ₂ O)	0.00005% en volumen

Los contaminantes atmosféricos son todas las sustancias que entran a la atmósfera por alguna actividad humana. Dentro de las cuales se destacan las actividades de transporte, industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias.

¹⁰ **El aire.** Tomado de: www.monografias.com/trabajos/aire/aire.shtml

¹¹ **El aire.** Tomado de: www.monografias.com/trabajos/aire/aire.shtml

3.1.2.TIPOS DE CONTAMINANTES:

3.1.2.1.Primarios:

Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para evaluar la calidad del aire se consideran: Óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y material particulado.¹²

3.1.2.2.Secundarios

Son los que están sujetos a los cambios químicos o son el producto de la reacción de dos o mas contaminantes primarios de la atmósfera, como lo son los oxidantes fotoquímicos y radicales de corta existencia como el ozono (O₃).¹³

3.1.3. CLASES DE CONTAMINANTES

3.1.3.1.Óxidos de azufre

Los óxidos de azufre son los causantes primordiales de la lluvia ácida donde como consecuencia son los principales causantes de la acidificación del suelo y de las aguas. Dentro de los compuestos sulfurados el SO₂ es el principal contaminante y se produce en la combustión de carbón y del petróleo crudo, la concentración de azufre en el crudo varía de acuerdo a la procedencia del mismo por lo que se pueden dar valores de décimas de uno

¹² **El aire.** Tomado de: www.monografias.com/trabajos/aire/aire.shtml

por ciento a dos o tres por ciento en peso.

En el carbón las concentraciones varían en un rango más amplio, mientras que en el gas natural los niveles son considerablemente menores.

3.1.3.1.1.Fuentes naturales: volcanes, mares y suelos

Fuentes antropogénicas: quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural, etc.), la refinación del petróleo y la conversión (por fundición) de compuestos azufrados de minerales metálicos en metales libres como el cobre, plomo y zinc.

Lugares de absorción: En la atmósfera, el dióxido de azufre, reacciona con oxígeno para producir trióxido de azufre (SO_3), el cual reacciona con vapor de agua para producir minúsculas gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4). También reacciona con otras sustancias químicas pequeñas de sulfato.

Estas gotículas de H_2SO_4 y partículas de sulfato caen a la tierra como componentes de la lluvia ácida, que daña los árboles y la vida acuática.

3.1.3.1.2.Ciclo del Azufre

El azufre se transforma en diversos compuestos y circula a través de la ecósfera en el ciclo del azufre, principalmente sedimentario. Entra en la atmósfera desde fuentes materiales como:

Sulfuro de hidrógeno (H_2S), gas incoloro y altamente venenoso con olor a huevos podridos, desde volcanes activos y la descomposición de la materia orgánica en pantanos, ciénagas y llanuras cubiertas por las mareas, causada

¹³ **El aire.** Tomado de: www.monografías.com/trabajos/aire/aire.shtml

por degradadores aeróbicos.

Dióxido de azufre (SO₂), gas incoloro y sofocante proveniente de volcanes activos.

Partículas de sulfatos (SO₄), como el sulfato de amonio de la aspersión marina.

Cerca de un tercio de todos los compuestos de azufre y 99% del dióxido de azufre que llegan a la atmósfera desde todas las fuentes, proviene de las actividades humanas.

Ciclo de vida: La vida media de los compuestos de azufre es de aproximadamente una semana.¹⁴

3.1.3.2. Dióxido de carbono

Se libera desde el interior de la tierra a través de fenómenos tectónicos y a través de la respiración, procesos de suelos y combustión de compuestos con carbono y la evaporación oceánica. En los océanos el dióxido de carbono se encuentra disuelto y es consumido por procesos fotosintéticos.

Fuentes naturales: respiración, descomposición de materia orgánica, incendios forestales naturales.

Fuentes antropogenias: quema de combustibles fósiles, cambios en uso de suelos, quema de biomasa, manufactura del cemento.

Lugares de absorción: es absorbido por el océano, organismos marinos y terrestres, especialmente bosques y fitoplancton.

¹⁴ **Lluvia ácida.** Tomado de: www.monografias.com/trabajos5/lluac/lluac.shtml

Ciclo de vida: entre 50 y 200 años.¹⁵

3.1.3.3.Oxido de nitrógeno

Los principales compuestos nitrogenados que contaminan la atmósfera son el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) que son agrupados con la denominación NO_x. Dichos óxidos son formados durante toda clase de combustión, y a diferencia del azufre que proviene en su mayoría del aire necesario para que la misma se efectúe.

Además de acidificación de los suelos producida por la reacción de nitratos se provoca la liberación de sustancias peligrosas como el aluminio que ataca las raíces de los árboles y que al pasar a las aguas subterráneas llegan a los lagos depredando las colonias de peces.

Fuentes naturales: Se encuentra en una proporción del 79% en la atmósfera, pero el nitrógeno gaseoso debe ser transformado en una forma químicamente utilizable antes de poder ser usado por los organismos vivos. Esto se logra a través del ciclo del nitrógeno, en el que el nitrógeno gaseoso es transformado en amoníaco o nitratos.

Fuentes antropogenias: Combustibles fósiles, fertilizantes,

Lugares de absorción: El nitrógeno fijado en forma de amoníaco y nitratos es absorbido directamente por las plantas, también lo hacen los herbívoros y de estos a los carnívoros. Cuando las plantas y los animales mueren, los compuestos nitrogenados se descomponen produciendo amoniaco.

¹⁵ **Cambio Climático Global.** Tomado de:
www.monografías.com/trabajos2/camcliblobal/camcliglobal.shtml

3.1.3.4.Hidrocarburos

Hidrocarburos o Compuestos Orgánicos Volátiles, emitidos como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles líquidos (transporte), incineración de residuos y procesos industriales.

Poseen una toxicidad variable y están implicados en la formación de la neblina de contaminación ("smog fotoquímico o seco" de las grandes ciudades). Este smog es una mezcla muy compleja de compuestos de alto poder de oxidación que originan efectos muy nocivos sobre los seres vivos y algunos materiales.¹⁶

Dentro de estos compuestos se pueden resaltar los Clorofluorocarbonos (CFC) y el metano (CH₄).

El metano se encuentra en forma abundante en la atmósfera, ya que se produce en reacciones naturales como lo son la putrefacción de materia orgánica, la digestión de las termitas y en general cualquier proceso anaeróbico de un metabolismo.

Desaparece de la atmósfera a consecuencia de la reacción con los radicales libres OH, formando ozono, entre otros compuestos.

Su vida media es de 5 a 10 años.

Los Clorofluorocarbonos son de origen antrópico y contienen carbono y halógenos como cloro, bromo, flúor y en algunos casos hidrógeno. Su estructura estable les permite atacar la capa de Ozono, Sin cambio alguno, flotan lentamente hasta la estratosfera, donde la intensa radiación UV-C rompe sus enlaces químicos. Así es liberado el cloro, que captura un átomo de la molécula de ozono y lo convierte en oxígeno común. Después de esta

reacción, el cloro vuelve a quedar libre u puede llegar a destruir cientos de miles de moléculas de ozono antes de unirse con otra molécula y formar una sustancia estable o ser finalmente expulsada de la estratosfera. Los CFC tienen una vida muy larga, pueden permanecer en la atmósfera en promedio cien años.

Los Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) e hidrofliuorocarbonos (HFC), tienen origen antrópico, y son usados como sustitutos de los clorofliuorocarbonos (CFC), pero son considerados como transicionales, pues también tienen efectos de gas invernadero. Estos se degradan en la troposfera por acción de fotodisociación.

3.1.4. FORMACIÓN DE NO_x EN LOS BUQUES

Los precursores de la formación de óxidos de nitrógeno durante el proceso de combustión son el nitrógeno y el oxígeno. Estos compuestos representan juntos el 99% del aire que entra al motor. El oxígeno se consume durante la combustión y la cantidad del oxígeno sobrante dependerá de la proporción del aire y combustible que esté utilizando el motor en su funcionamiento. Durante la combustión, el nitrógeno no experimenta en general ninguna reacción, aunque una pequeña proporción del mismo se oxidará formando distintos óxidos de nitrógeno. entre los óxidos de nitrógeno (NO_x) que pueden formarse están el NO y el NO₂ y aparecerá en mayor o menor cuantía en función de la llama o temperatura de combustión y, si lo hay, de la cantidad de nitrógeno orgánico procedente del combustible. La cantidad en

¹⁶ **Llúvia àcida.** Tomado de: www.monografias.com/trabajos5/lluac/lluac.shtml

que aparezcan también es función del tiempo que el nitrógeno y el oxígeno sobrante estén expuestos a las altas temperaturas que produce la combustión. En otras palabras mientras más elevada sea la temperatura de combustión, mayor será la cantidad de NOx que se formen. En general un motor diesel de baja velocidad produce más NOx que uno de alta velocidad. Los NOx tienen un efecto negativo sobre el medio ambiente y dan lugar a procesos de acidificación, formación de ozono y enriquecimiento de nutrientes.¹⁷

3.1.5.IMPACTO DE LA NAVEGACIÓN INTERNACIONAL

Los NOx y el Ozono son contaminantes atmosféricos, que producen también cambios climáticos mundiales, existiendo una marcada diferencia entre los cambios climáticos nacionales y mundiales.

3.1.5.1.Posibles consecuencias regionales del ozono

A diferencia de lo que ocurre con otros contaminantes atmosféricos, el ozono (O₃) no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma en la atmósfera, como resultado de una serie de complejas reacciones fotoquímicas. Por esta razón el ozono es un contaminante secundario. El ozono se forma en la troposfera, debido a reacciones del carbono orgánico volátil (VOC) y los NOx, en presencia de la luz solar, donde específicamente

¹⁷ Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos. Prólogo. OMI, Londres 1999

el ozono se forma únicamente mediante fotólisis del bióxido de nitrógeno (NO_2), y la presencia de VOC viene a afectar el rendimiento con que los NO_x forman ozono.¹⁸

La participación del VOC en la constitución del ozono es por mediación de una cadena de reacciones de oxidación, que consumen VOC, a la vez que transforman el NO en NO_2 , elemento que se halla disponible para producir más ozono.

La formación de ozono mediante fotólisis de NO_2 compite con la formación de ácido nítrico, peroxiacetilnitrato (PAN) y otros nitratos orgánicos que, en su momento, extraen el nitrógeno del ciclo de formación del ozono.

Mientras que el ozono estratosférico protege la superficie de la tierra contra los efectos nocivos de la radiación ultravioleta, el ozono troposférico es un potente oxidante que daña los tejidos pulmonares de los seres humanos, la vegetación y otros materiales. Una exposición a corto plazo (1 a 8 horas) a altas concentraciones puede producir una serie de efectos agudos adversos para la salud humana, desde irritación y respiración entrecortada hasta reducción en el funcionamiento del sistema de inmunidad y aumento de la inflamación y permeabilidad del tejido pulmonar. Los niños jóvenes y ancianos e individuos con enfermedad respiratoria preexistente se hallan particularmente en peligro de sufrir reacciones adversas agudas, como resultado de su exposición al ozono

¹⁸ Estudio de las emisiones de gases de invernadero procedentes de los buques. OMI, Marzo 2000

Entre los efectos adversos de la exposición de la vegetación al ozono se cuentan el amarilleo de las hojas, senectud prematura, reducción del crecimiento y aumento en su susceptibilidad a las plagas y otros riesgos

3.1.5.1.1. Impacto del ozono sobre los cambios climáticos mundiales¹⁹

Los cambios climáticos mundiales poseen un impacto a largo plazo sobre el equilibrio energético mundial, y se ha demostrado que el ozono desempeña un papel muy importante en este equilibrio energético, debido en gran parte a que las condiciones para que se produzca se encuentran a menudo presentes y a que su potencial para la captación de energía en la atmósfera es significativo, a pesar de ser un producto químico de corta duración.

En general el efecto invernadero se halla dominado por gases de calentamiento de larga duración, y fundamentalmente, por el CO₂. El creciente uso de combustibles fósiles, que se inició durante la segunda mitad del siglo XVIII con la industrialización, ha llevado a concentraciones más elevadas de CO₂ y de otros gases invernadero en la atmósfera, las emisiones son el resultado directo de la combustión de combustibles fósiles, de los que corresponden a la navegación internacional alrededor del 1.8%.

Desde el punto de vista de los cambios climáticos mundiales, el anhídrido carbónico es el elemento individual más importante, debido a que su impacto sobre el equilibrio energético (efecto invernadero) es únicamente inferior al del vapor de agua.

¹⁹ Partes tomadas de: Estudio de las emisiones de gases de invernadero procedentes de los buques. OMI, Marzo 2000

Sin embargo existen otros contaminantes emitidos por los buques que contribuyen al efecto invernadero. El ozono, considerado como un importante gas invernadero, no es producido directamente por los buques durante los procesos de combustión en sus máquinas, aunque sí emiten precursores de dicho elemento como lo son NOx y VOC.

El ozono estratosférico absorbe energía, por tal motivo es una fuente neta de calentamiento, a diferencia del ozono troposférico donde la absorción de solar directa y la captación de rayos infrarrojo resulta de la interacción superficie-troposfera.

Al reaccionar los NOx procedentes de los buques con los VOC producidos en los buques y con los VOC biogénicos del océano / costa o con emisiones terrestres, el ozono resultante de las emisiones de los buques contribuye directamente al calentamiento del sistema superficie-troposfera.

Por otro lado los aerosoles de corta duración poseen considerables consecuencias sobre el equilibrio energético mundial.

Los aerosoles pueden reirradiar la energía solar y producir un enfriamiento temporal que oculta el calentamiento a largo plazo de los gases invernadero. Los efectos mundiales de las emisiones de aerosoles sulfurosos procedentes de los buques ha sido objeto de un reciente estudio realizado en 1999, en el que se calcula el forzamiento indirecto (efecto de enfriamiento de las nubes) debido a los aerosoles sulfurosos producidos por los buques representa alrededor del 14% de los cálculos mundiales del IPCC. Además bajo determinadas condiciones, la generación de nitroaerosoles como resultado

de la transformación química de los NOx podría resultar en un efecto de forzamiento negativo.

Los buques no han sido considerados explícitamente en los cálculos del calentamiento mundial debido a la formación del ozono. Sin embargo si se han hecho con respecto a la aviación internacional.

3.1.5.2.Comparación con la aviación ²⁰

Al igual que la navegación internacional, la aviación consume alrededor del 2% de los combustibles fósiles mundiales, lo que corresponde a que las emisiones totales de CO₂ procedente de los aviones y de los buques son similares y que el impacto del cambio radiactivo mundial debido al CO₂ producidas por ambas fuentes internacionales debería ser similar. Sin embargo, los cálculos de las emisiones de NOx producidas por los aviones son entre 5 y 6 veces inferiores a los de las emisiones de NOx procedentes de los buques. Al mismo tiempo las emisiones procedentes de las aeronaves se producen a distintas altitudes siendo significativa la fracción que ocurre durante los periodos de ascenso-crucero-descenso en la troposfera superior (9-13 Km.) y la parte inferior de la estratosfera.

Es una importante diferencia con respecto a las regiones costeras, puesto que los NOx directamente emitidos en la troposfera superior tienden a producir ozono con mayor eficiencia que los NOx liberados a nivel superficial y que los efectos radiactivos son más sensibles al ozono cerca a la tropopausa. Las emisiones aeronáuticas de NOx son 10-20 veces más

²⁰ Partes tomadas de: Estudio de las emisiones de gases de invernadero procedentes de los

eficientes en términos de perturbaciones radiactivas del ozono a dichas altitudes que a nivel de la superficie de la tierra

3.1.5.3. Afectación del clima y del ozono troposférico por la navegación internacional.²¹

Según estudio contratado por la Organización Marítima Internacional (OMI), se puede calcular el cambio radiactivo mundial de una sola fuente por el modelo tetraetápico, el cual consta de cuatro partes:

1. Cálculos y modelos de emisiones: Se deben calcular las emisiones y, en el caso de especies de elementos de corta duración, será necesario determinar la distribución geográfica de las emisiones.
2. Modelo de reacciones químicas de especies primarias y concentraciones físicas: consiste en la traducción del flujo de emisiones en una concentración atmosférica para las emisiones primarias.
3. Modelo de reacciones químicas de especies secundarias y concentraciones físicas: En este caso se deben incluir las reacciones químicas adecuadas, que demuestren la transformación de la emisiones primarias en formas secundarias, en casos apropiados. Es importante resaltar que no tan solo se debe prestar atención a las reacciones químicas sino que también a la meteorología y a la dinámica de flujo atmosférico.

buques. OMI, Marzo 2000

²¹ Partes tomadas de: Estudio de las emisiones de gases de invernadero procedentes de los buques. OMI, Marzo 2000

4. Modelo de los efectos de la transferencia radiactiva y del forzamiento térmico: En esta parte se introduce la integración de las diversas longitudes de onda de energía absorbidas o emitidas por distintas especies a escala mundial

Este modelo presenta un sin número de problemas relacionados el nitrógeno, el azufre y el material particulado. También los gases de corta duración y los aerosoles se ven afectados por el tiempo, la luz solar, las reacciones químicas, la termodinámica y la dinámica del flujo de los fluidos.

Por tal motivo es difícil proporcionar un análisis cuantitativo del cambio radiactivo de los NOx producidos por los buques, sin llevar a cabo estudios adicionales de investigación. Sin embargo se podría afirmar que el cambio climático causado por los buques es muy superior a el producido por la aviación ya que como se comentó anteriormente las emisiones de NOx son superadas varias veces sobre el océano.

Lo anterior arroja los siguientes resultados:

*- Los gases procedentes de los buques, tales como los óxidos de Nitrógeno (NOx) y de azufre pueden perturbar significativamente la composición química de la capa límite marina.

*- Las emisiones producidas por los buques pueden incrementar los NOx superficiales en más de dos veces en regiones oceánicas abiertas, en donde el tráfico marino es elevado.

Una afirmación aceptable para el resultados de este estudio es que el impacto radiactivo debido al ozono troposférico se encuentra dentro de la misma gama de efectos radiactivos de las emisiones de CO₂ de los buques.

3.2.MARCO LEGAL

La normatividad para la protección del medio ambiente y en especial del aire es muy variada y ha venido cambiando con la aparición de la ley 99 de 1993 del Sistema Nacional Ambiental, donde se crea el Ministerio del Medio Ambiente, con la reorganización de las Corporaciones Autónomas Regionales y los nuevos Departamentos Administrativos del Medio Ambiente en las ciudades con más de un millón de habitantes.

La normatividad acerca de la protección del medio marino para evitar ser contaminado por buques no existe en nuestro país, por éste motivo se hace un breve resumen del Anexo VI del MARPOL 73/78.

3.2.1.DECRETO 948 DE 1995

El decreto 948 del 5 de Junio de 1995, en la cual se reglamenta la protección y control de calidad del aire.

El objetivo del decreto es establecer las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes fijas y móviles, las directrices y las competencias para la fijación de las normas de calidad del aire a niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los

estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, lo cual tiene aplicación a todo el territorio nacional.

En el capítulo que trata sobre las emisiones de contaminantes hacen la clasificación de las fuentes, también de las restricciones del uso de los combustibles que no cumplan con los estándares establecidos, entre otras restricciones.

Dentro de este capítulo en el artículo 25 habla de la prohibición de uso de crudos pesados, como el crudo de castilla y otros que en su contenido de azufre sea superior a 1.7% en peso.

En el artículo 32 habla de las condiciones de almacenamiento de tóxicos volátiles y se restringe el almacenamiento en tanques o contenedores de productos tóxicos volátiles que venteen directamente a la atmósfera.

El artículo 35 dice textualmente: " Los responsables del almacenamiento, carga y descarga de materiales líquidos o sólidos, en operaciones portuarias marítimas, fluviales y aéreas que puedan ocasionar la emisión al aire de polvo, partículas, gases y sustancias volátiles de cualquier naturaleza, deberán disponer de los sistemas, instrumentos o técnicas necesarios para controlar dichas emisiones".

El siguiente capítulo habla de las fuentes móviles de emisión dentro de las cuales se encuentra el transporte fluvial y marítimo, pero los artículos son muy específicos en tratar sobre las emisiones contaminantes de las fuentes móviles terrestres, como lo es el artículo 37 donde se establece la prohibición de descarga al aire en concentraciones superiores a las normas de emisión previstas del monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC),

óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas y otros que el Ministerio de Medio Ambiente determine, cuando las circunstancias así lo ameriten.

El artículo 40 Prohíbe el plomo y restringe el azufre en las gasolinas, así como la importación, producción, distribución y uso de gasolina que contenga tetraetilo de plomo.

3.2.2.DECRETO 02 DE 1982

El decreto 02 de 1982, Artículo 31, es la norma vigente para los contaminantes atmosféricos como lo son partículas en suspensión, dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), oxidantes fotoquímicos (O₃) y óxidos de nitrógeno (NO₂).

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂). El promedio aritmético de los resultados de todas las muestras diarias recolectadas en forma continua durante 24 horas, en un intervalo de 12 meses, no deber exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 ug/m³).

OXIDO DE NITRÓGENO (medidos como Dióxido de Nitrógeno NO₂). Cien microgramos por metro cúbico (100 ug/m³), como promedio aritmético de los resultados de las muestras diarias recolectadas en forma continua durante 24 horas, en un intervalo de 12 meses

Gran parte del decreto 02 del 82, fue derogado por el decreto 948 de 1995, pero en cuanto al capítulo II, de las normas de calidad del aire y sus métodos de medición, aún no han sido cambiados y se toman todavía como puntos de referencia y seguimiento.

3.2.3.LEY 29 DE 1992

Para los otros contaminantes como las sustancias que agotan la capa de ozono existe la ley 29 de 1992 por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.

Para los contaminantes que en los buques pueden haber, se contemplan los siguientes:

Halón 1211, Halón 1301, Halón 2402, CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 y CFC-115. y con excepción los HCFC.

Estos contaminantes los contempla el Anexo VI del MARPOL 73/78, como sustancias que agotan la capa de ozono, y comprenden el Anexo A - grupo I y Anexo A - grupo II, del protocolo de Montreal, para lo cual existen restricciones para el uso a partir de la entrada en vigor del protocolo, y es distinto para cada uno de los grupos, al igual que es distinta para los países desarrollados y en desarrollo, como lo es el nuestro.

Para el Anexo A - grupo I, Clorofluorocarbonos (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 y CFC-115.). El Nivel Básico es la media entre 1995 y 1997

Congelación	1° de julio de 1999, y 10% de la producción del nivel básico para satisfacer las necesidades básicas internas.
Reducción del 50%	1° de enero de 2005, y 10% de la producción del nivel básico permitido adicionalmente para satisfacer las necesidades

		internas.
Reducción del 85%	del	1° de enero del 2007, y 10% de la producción del nivel básico permitido adicionalmente para satisfacer las necesidades internas.
Reducción del 100%	del	1° de enero del 2010 (con posibles exenciones para usos esenciales), y 15% de la producción del nivel básico permitido adicionalmente para satisfacer las necesidades básicas internas.

Para el Anexo B - grupo II, Halones (Halón 1211, Halón 1301, Halón 2402) El nivel básico es la media entre 1995 y 1997

Congelación		1° de enero de 2002, y 10% de la producción del nivel básico permitido adicionalmente para satisfacer las necesidades básicas internas.
Reducción del 50%	del	1° de enero de 2005, y 10% de la producción del nivel básico permitido adicionalmente para satisfacer las necesidades básicas internas.
Reducción del 100%	del	1° de enero 2010, (con posibles exenciones para usos esenciales), y 15% de la producción del nivel básico permitido adicionalmente para satisfacer las necesidades básicas internas.

Para el Anexo C - grupo I: HCFC

Nivel Básico	Consumo en 2015
Congelación	1° de enero de 2016
Reducción del 100%	1° de enero de 2040

3.2.4.ANEXO VI, Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

Consta de tres capítulos los cuales se dividen de la siguiente manera:

3.2.4.1.CAPÍTULO I : GENERALIDADES

Regla 1: Ámbito de aplicación : se aplicará a todos los buques salvo excepciones de las reglas 3, 5, 6, 13, 15, 18, y 19 del presente anexo.

Regla 2: Definiciones: Se dan las definiciones generales para efectos del presente anexo, como por ejemplo:

Emisión: Se entiende por toda liberación a la atmósfera o al mar por los buques de sustancias sometidas a control en virtud del presente anexo.

Código técnico de los NOx: se entiende por el código técnico relativo a las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos, aprobado mediante la resolución 2 de la Conferencia, con las enmiendas que introduzca la Organización, etc.

Regla 3: Excepciones Generales

Las reglas del presente anexo no se aplicarán:

- a) a las emisiones necesarias para proteger la seguridad del buque o salvar vidas en el mar; ni
- b) a las emisiones resultantes de averías sufridas por un buque o por su equipo.

*- Siempre que después de producirse la avería o de descubrirse la emisión se hayan tomado todas las precauciones razonables para prevenir o reducir al máximo tal emisión; y

*- salvo que el propietario o el capitán hayan actuado ya sea con la intención de causar la avería, o con imprudencia temeraria y a sabiendas de que probablemente se produciría una avería.

Regla 4: Equivalentes

1) La Administración (en nuestro caso la DIMAR) podrá autorizar a bordo del buque accesorios, materiales, dispositivos o aparatos que cumplan las mismas funciones de los que el presente anexo ha prescrito.

2) La Administración que autorice dichos accesorios comunicará a la Organización (la OMI) para que comunique a las partes firmantes del protocolo para que tomen las medidas oportunas.

3.2.4.2.CAPÍTULO II: RECONOCIMIENTO, CERTIFICACIÓN Y MEDIOS DE CONTROL

Regla 5 : Reconocimientos e inspecciones:

1) todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 y todas las torres de perforación, fijas o flotantes, tendrán que ser objeto de los siguientes reconocimientos:

a) Antes de que entre en servicio el buque se le hará un reconocimiento para la expedición por primera vez del certificado, como lo dice la regla 6.

b) Se harán reconocimientos periódicos por parte de la Administración pero que no superen de 5 años para verificar el correcto funcionamiento de los equipos y accesorios instalados.

c) Se hará un reconocimiento de los equipos y aparatos durante el periodo de duración del certificado, con especificaciones de tiempo.

2) Para los buques de Arqueo Bruto inferior a 400, la administración podrá establecer las medidas pertinentes.

3) La Administración podrá hacer los reconocimientos o podrá nombrar inspectores para tal efecto, donde ellos deberán cumplir con las prescripciones hecha por la Organización, para garantizar su confiabilidad.

4) El reconocimiento de los motores y equipos, para determinar si cumplen con lo dispuesto en la regla 13 del presente anexo se realizará de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico de los NOx.

5, 6, 7 y 8 parámetros para el reconocimiento por parte de los inspectores u organizaciones reconocidas por la OMI.

Regla 6: Expedición del certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica.

1) Se expedirá el certificado para la prevención de la contaminación atmosférica, tras un reconocimiento efectuado de conformidad con las disposiciones de la regla 5 del presente anexo.

2) a los buques construidos antes de la fecha de entrada en vigor del Protocolo de 1997 (Anexo VI) se les expedirá el certificado, conforme a lo dispuesto en el párrafo 1 de la presente regla en la primera entrada en dique seco posterior a la entrada en vigor del presente anexo.

Entrada en vigor: Es cuando los países ratifican el anexo, se completa más de la mitad del peso de la flota mercante mundial y demás requisitos que el convenio así disponga.

3) El certificado será expedido por la Administración o cualquier persona u organización debidamente autorizado para ello.

Regla 7: Expedición del certificado por otro gobierno

1) Otro gobierno podrá expedir el certificado solo por requerimiento de la Administración de la cual enarbola el pabellón el buque.

2) Se remitirá a la Administración de origen el certificado lo antes posible.

3) El certificado gozará del mismo reconocimiento en virtud de la regla 6 del presente anexo.

4) No se expedirá el certificado a ningún buque con derecho a enarbolar el pabellón de un Estado que no sea parte de Protocolo de 1997.

Regla 8: Modelo de Certificado

El certificado se redactará en el idioma oficial del país que lo expida, y el modelo figura en el Apéndice I del Anexo VI. ([Copia adjunta al final del presente Estudio](#)).

Regla 9: Duración y validez del certificado.

- 1) La duración del certificado lo dará la Administración que lo emita pero no podrá exceder de cinco años.
- 2) No se podrá hacer prórroga del certificado del periodo de validez de 5 años, salvo lo dispuesto en el párrafo 3
- 3) Solo se podrá hacer prórroga del certificado si el buque se encuentra en otro Estado diferente al cual tiene derecho a enarbolar el pabellón, y máximo se podrá extender por cinco meses.
- 4) Se dan parámetro para la pérdida del certificado.

Regla 10: Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto

- 1) Si el buque se encuentra en un Estado diferente al cual tiene derecho a enarbolar el pabellón podrá ser objeto de un reconocimiento si se tiene indicios que la tripulación o el capitán no están familiarizados con las normas del presente anexo.
 - 2) Se tendrá que remediar la situación antes de hacer a la mar el buque.
- Párrafos 3 y 4 son los procedimientos y limitaciones de los Estados Rectores de puerto.

Regla 11: Detección de transgresiones y cumplimiento

- 1) Las partes del presente anexo cooperarán para la vigilancia y control de los procedimientos del presente Protocolo
- 2) Todo buque puede ser objeto de inspecciones en cualquier puerto de los Estado que hacen parte del presente Protocolo, y verificar si ha emitido alguna sustancia a las que se aplica el presente anexo transgrediendo lo dispuesto en el mismo.

3) Se facilitarán las pruebas a la Administración de que el buque ha emitido sustancias a las que el presente anexo aplica.

Los párrafos 4, 5 y 6 son los procedimientos que se deben seguir.

3.2.4.3.CAPÍTULO III: PRESCRIPCIONES PARA EL CONTROL DE LAS EMISIONES DE LOS BUQUES.

Regla 12: Sustancias que agotan la Capa de Ozono

1) Se prohíbe toda emisión deliberada de sustancias que agotan la capa de ozono, y se incluyen la que se producen durante el mantenimiento, la revisión, la reparación, excepto la liberación en cantidades mínimas durante la recuperación o el reciclaje de una sustancia que agota la capa de ozono

2) Se prohíben en todos los buques de instalaciones nuevas que contengan sustancias que agotan la capa de ozono, salvo las instalaciones nuevas que contengan hidrofluorocarbonos (HCFC), que se permitirá hasta el 1 de enero del año 2020.

3) Dichas sustancias se depositaran en instalaciones de recepción adecuadas.

Regla 13: Óxidos de Nitrógeno

1) a) La presente regla aplicará:

*- A todo motor diesel con una potencia de salida superior a 130 Kw, instalado a bordo de un buque construido el 1 de enero del año 2000 o posteriormente; y

*- A todo buque con una potencia de salida superior a 130 Kw, que haya sido objeto de una transformación importante el 1 de enero del año 2000 o posteriormente.

b) La presente regla no se aplicará:

*- A los motores diesel de emergencia, a los motores instalados a bordo de botes salvavidas ni a ningún otro dispositivo previsto para casos de emergencia.

*- A los motores de buques dedicados a realizar viajes dentro de las aguas sometidas a la soberanía o jurisdicción del Estado cuyo pabellón están autorizados a enarbolar, y la administración someterá dichos motores a control de NOx.

c) En lo dispuesto en el párrafo a), la Administración lo hará aplicable solo después de la entrada en vigor del presente anexo, pero solo podrán hacer viajes dentro de los puertos del Estado al cual el buque tiene derecho a enarbolar el pabellón.

2) a) A los efectos de la presente regla por *transformación importante* se entenderá la modificación de un motor mediante la cual:

*- se sustituye el motor por un motor nuevo construido el 1 de enero del 2000 o posteriormente, o

*- se realiza una modificación apreciable del motor, según se define ésta en el Código técnico de los NOx, o

*- se aumenta la velocidad de régimen máxima continua del motor en más de un 10%

b) La emisión de NOx resultante de las modificaciones a las que hace referencia en el apartado a) del presente párrafo se documentará de

conformidad con lo dispuesto en el Código técnico de los NOx con miras a su aprobación por la administración.

3) a) A reserva de lo dispuesto en la regla 3, se prohíbe el funcionamiento de todo motor diesel si no cumple con los siguientes límites:

17,0 g/Kwh si n es inferior a 130 rpm

$45,0 \times n^{(-0,2)}$ g/Kwh si n es igual o superior a 130 rpm pero inferior a 2000 rpm

9,8 g/Kwh si n es igual o superior a 2000 rpm

donde n = velocidad de régimen del motor (revoluciones por minuto del cigüeñal)

b) Se permite el funcionamiento del motor diesel si:

*- el motor consta de un sistema de limpieza de gases de escape, aprobado por la Administración y que cumpla los requerimientos del Código técnico de los NOx y destinado a reducir las emisiones de NOx.

*-Se utiliza cualquier otro método equivalente para la reducción de los NOx.

Regla 14: Óxidos de azufre

Prescripciones generales

1) El contenido de azufre de todo fueloil utilizado a bordo de los buques no excederá del 4,5% masa/masa

2) El contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil residual suministrado para uso a bordo de los buques se vigilará teniendo en cuenta las directrices que elabore la Organización.

Prescripciones aplicables en las zonas de control de las emisiones de SOx.

Los párrafos 3, 4, 5, 6 y 7 hablan de las condiciones para que los buques entren en las zonas especiales y de control de SOx.

Regla 15: Compuestos Orgánicos Volátiles

1) Si las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de los buque tanques se reglamentan en los puertos o terminales sometidos a la jurisdicción de los Estados que hacen parte de Protocolo, dicha reglamentación será conforme a lo dispuesto en la presente regla.

2) En todos los puertos donde se vaya a reglamentar las emisiones de COV, el Estado deberá enviar una notificación a la Organización la que indicará el tamaño de los buques que se han de controlar.

3) El gobierno que vaya a reglamentar sobre los COV deberán seguir las normas elaboradas para tal fin por la Organización.

4) La Organización distribuirá lista de los puertos donde se hayan reglamentado dichas normas a los Estados que hacen parte del Protocolo.

5) Los buques pueden ser objeto de inspecciones por parte de los puertos que tengan reglamentación sobre los COV.

6) Esta regla solo aplicará a los gaseros.

Regla 16: Incineración a bordo

1) A reserva de lo dispuesto en el párrafo 5) la incineración a bordo se permitirá solamente en un incinerador de a bordo

- 2) a) Con la salvedad de lo dispuesto en el apartado b) del presente párrafo, todo incinerador instalado a bordo a partir del 1 de enero del 200 deberá cumplir con lo dispuesto en el apéndice IV del Anexo VI.(copia adjunta al final del presente Estudio)
- b) La Administración podrá eximir la aplicación de la presente regla a los buques que transiten solo por las aguas de soberanía del Estado cuyo pabellón está autorizado a enarbolar.
- 3) Nada de lo dispuesto en la presente regla afectará la prohibición establecida en el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, 1972.
- 4) Se prohíbe la incineración a bordo de las siguientes sustancias:
- a) residuos de cargas enumeradas en los Anexos I, II y III del presente Convenio (MARPOL 73/78) y los correspondientes materiales de embalaje o envase contaminado
 - b) difenilos policlorados (PCB)
 - c) las basuras, según se definen éstas en el Anexo V del presente Convenio, que contenga metales pesados en concentraciones que no sean meras trazas; y
 - d) productos refinados del petróleo que contengan compuestos halogenados.
- 5) La incineración a bordo de lodos y aguas residuales y fangos de hidrocarburos producidos durante la explotación normal del buque, se realizará en la planta generadora o caldera principal o auxiliar, pero en ningún puerto.
- 6) Se prohíbe la incineración a bordo de polivinilo (PVC).
- 7) Todos los incineradores deberán contar con un manual de instrucciones para el funcionamiento dentro de los límites establecidos en el párrafo 2) del apéndice IV del presente anexo.

8) El personal encargado deberá ser idóneo para el funcionamiento del incinerador.

9) Se vigilará la temperatura y no debe ser menor a 850°C.

Regla 17 : Instalaciones de recepción

1) Los gobiernos se comprometerán a garantizar la provisión de instalaciones adecuadas que se ajusten a:

a) los buques que necesiten hacer reparaciones para hacer la recepción de sustancias que agotan la capa de ozono y el equipo que contiene dichas sustancias cuando éstos se retiren de los buques.

b) La necesidad de utilizar por parte de los buques de los puertos de reparaciones para la recepción de los residuos de la limpieza de los gases de escape procedentes de un sistema de limpieza de los gases de escape aprobado, y

c) la necesidad de medios de desagüe para la recepción de sustancias que agotan la capa de ozono y del equipo que contiene tales sustancias cuando éstos se retiran de los buques.

Regla 18: Calidad del fueloil

1) a) A excepción de lo dispuesto en el apartado b)

*- estará compuesto de mezclas de hidrocarburos derivados del refinado de petróleo. Esto no excluirá la posibilidad de incorporar pequeñas cantidades de aditivos con objeto de mejorar algunos aspectos de rendimiento.

*- no contendrá ningún ácido inorgánico

*- no contendrá ninguna sustancia añadida ni desecho químico que:

- a) comprometa la seguridad de los buques o afecte negativamente el rendimiento de los motores
- b) sea perjudicial para el personal
- c) contribuya en general a aumentar la contaminación atmosférica

b) el fueloil obtenido por métodos distintos del refinado del petróleo no deberá:

- *- tener un contenido de azufre superior al estipulado en la regla 14 del presente anexo
- *- ser causa de que el motor supere los límites de emisión de NOx estipulados en el apartado 3)a) de la regla 13 del presente anexo
- *- contener ningún ácido inorgánico
- *-
 - a) comprometer la seguridad de los buques
 - b) ser perjudicial para el personal
 - c) contribuir en general a aumentar la contaminación atmosférica.

2) La presente regla no aplicará al carbón ni a los combustibles nucleares
Los párrafos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 hacen referencia a las notas de entrega de combustible y a quienes les corresponda ejercer un control sobre el combustible.

Regla 19: Prescripciones aplicables a las plataformas y a las torres de perforación.

1) A reserva de lo dispuesto en los párrafos 2 y 3 de la presente regla, las plataformas y las torres de perforación, fijas o flotantes, cumplirán todas las prescripciones del presente anexo.

- 2) Las emisiones resultantes de la exploración, explotación y el consiguiente tratamiento mar adentro de los recursos minerales de los fondos marinos quedan exentas del cumplimiento de las prescripciones del presente anexo.
- 3) Las prescripciones de la regla 18 del presente anexo no se aplicarán a la utilización de los hidrocarburos que se producen y utilizan ulteriormente in situ como combustible, cuando así lo apruebe la Administración.

3.3.AREA DE INFLUENCIA

El área de influencia para la normatividad del Anexo son todos los puertos que tengan la capacidad de recibir embarcaciones de 400 Toneladas de Registro Bruto, y en nuestro país son:

3.3.1.ZONA PORTUARIA DE SANTA MARTA

3.3.1.1.Delimitación Geográfica

La zona está enmarcada entre Punta Minas al final del Parque Tayrona y el límite oriental del municipio de Pueblo Viejo, por la coordenada plana 978.000 m N.

$\phi = 11^{\circ} 16' 39,24'' - 11^{\circ} 00' 32,19''$ Latitud Norte

$\lambda = 74^{\circ} 12' 28,99'' - 74^{\circ} 16' 14,74''$ Longitud Oeste

3.3.1.2.Descripción de la Zona

3.3.1.2.1.Aspecto físico

Santa Marta se encuentra dentro del piso térmico cálido, con temperaturas media anuales superior a los 24°C, con precipitaciones anuales que oscilan entre 1000 y 2000 mm.

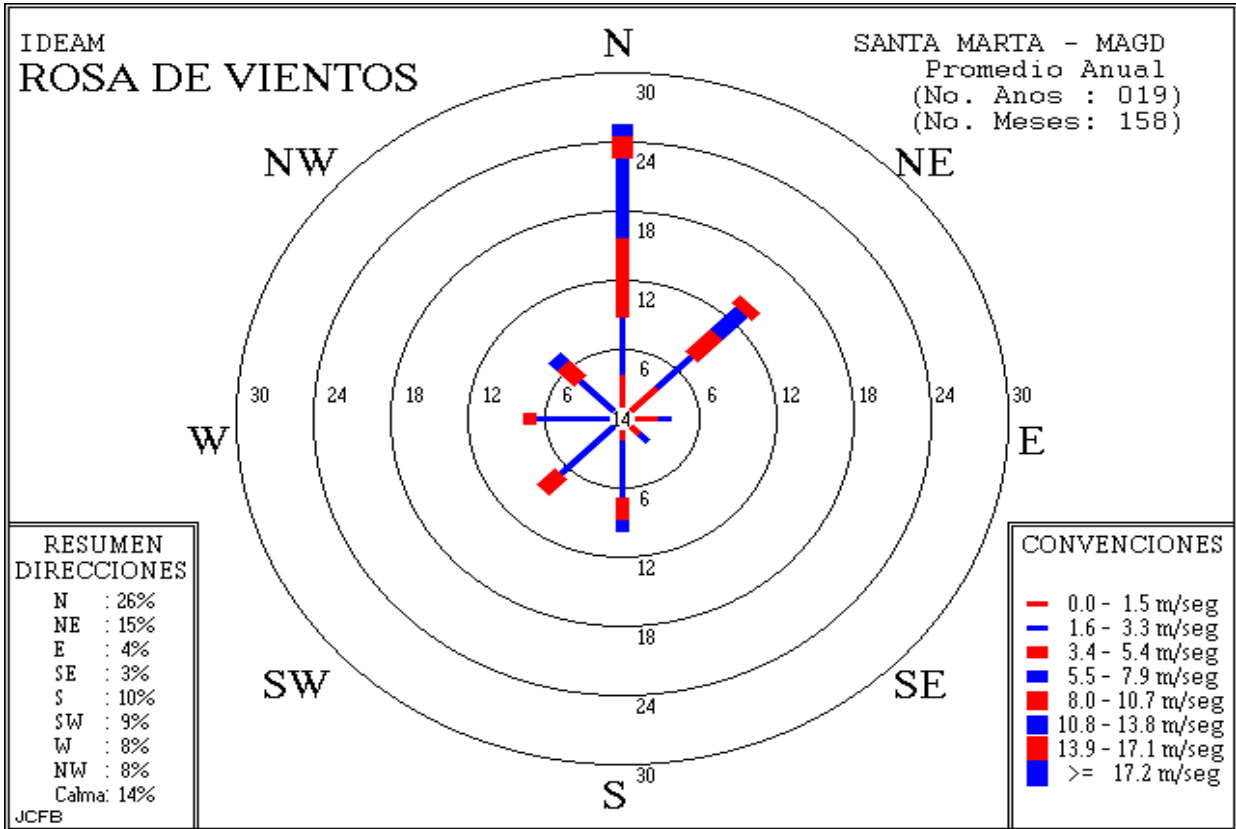
La zonas en general presenta dos temporadas de lluvia, la primera en abril y mayo y la segunda en septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad entre los meses de junio y agosto y una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

Hidrológicamente esta compuesta por los ríos Manzanares y Gaira. Estos ríos desembocan al mar Caribe por las principales bahías y ensenadas que se encuentran en esta parte del departamento. De estos ríos sólo el río Manzanares desemboca en la Bahía de Santa Marta dentro del perímetro de la ciudad y surte de agua la capital del Departamento.

3.3.1.2.2.Vientos

Segun datos suministrados por el IDEAM, el viento predominante con un 26% es el del Norte con una velocidad que varía entre los 13.9 m/seg. y los 17.1m/seg, seguido por otro del Noroeste con un 15%.

En el gráfico a continuación se especifica con más claridad la dirección de los vientos.



3.3.1.2.3. Aspecto Social

El municipio de Santa Marta cuenta con el mayor número de población de la zona Nororiental del Caribe colombiano, con un total de 363.350 habitantes, según las proyecciones DANE para 1998. En el área urbana se encuentran 314.466 habitantes y el rural con 15.090, lo que corresponde a un 95.4% y 4.6% respectivamente, sobre el total de la población. Para el periodo 95-98, se registra una tasa de crecimiento de la población urbana de 3.41%, mientras que en el área rural es de 1.19%. Así mismo, para el período comprendido entre el año 1998 y el 2005, se proyecta una tasa de crecimiento del 3.13%; en la cabecera municipal y 0.67% para el resto rural

de 0.67%. Finalmente, la densidad de población rural para 1998 es de 6.6% hab/km².²²

3.3.1.3.Actividades Portuarias

La zona portuaria de Santa Marta está integrada por cuatro puertos, tres de ellos especializados. Esta zona portuaria tiene un gran potencial para los puertos carboneros , con tres instalaciones además de la Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta, quien opera el carbón que explota Carboandes desde La Jagua de ibirico, el de Prodeco que lo trae de Cerrejón Norte y American Port Company , que en conjunto ofrecen 11.000.000 toneladas para carbón actuales.

La carga general y de cabotaje se hace a través del Terminal Marítimo. Al igual que la carga de banano y café. El terminal Multiboyas de Ecopetrol en Pozos Colorados, moviliza gasolina sin plomo que recibe de los buques, para el consumo de la Costa Caribe Colombiana.

3.3.1.3.1.Movimiento portuario

La cantidad de importaciones y exportaciones en éste puerto en el año 2000, se clasifica por el tipo de mercancía, se representa en la Tabla 1, y el número de arribos en la Tabla 2:

²² Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005”, DANE

Tabla 1: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL SECO		GRANEL LIQUIDO		REFRIGERADA		PELIGROSA		CONTENEDOR		TOTALES
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
SANTA MARTA	110,980	77,232	624,783	11,120,638	234,111	180,530	400	267,079	8,981	0	142,532	230,858	12,998,124

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

Tabla 2: Arribos por mes año 2000

	SANTA MARTA
ENERO	86
FEBRERO	72
MARZO	85
ABRIL	80
MAYO	74
JUNIO	60
JULIO	77
AGOSTO	69
SEPTIEMBRE	71
OCTUBRE	68
NOVIEMBRE	64
DICIEMBRE	64
TOTALES	870

Datos recopilados en número de buques de tráfico internacional

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

3.3.2.ZONA PORTUARIA BARRANQUILLA

3.3.2.1.Delimitación Geográfica

Esta es una zona portuaria marítima y fluvial que se ha desarrollado a lo largo del eje del río Magdalena, desde la punta del tajamar occidental hasta

el km 30 aguas arriba, por la margen occidental del río, excluyendo la Ciénaga de Mallorcaín.

$\phi = 11^{\circ} 06' 17,79'' - 10^{\circ} 53' 23,57''$ Latitud Norte

$\lambda = 74^{\circ} 51' 34,21'' - 77^{\circ} 43' 13,41''$ Longitud Oeste

3.3.2.2.Descripción de la Zona

3.3.2.2.1.Aspecto Físico

Las temperaturas en la zona generalmente son altas con promedios del orden de 28°C y en la costa éstas se suavizan por acción de las brisas provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta. La precipitación anual varía entre 500 y 1.000 mm aproximadamente, siendo en Barranquilla de 808 mm; la mayor intensidad se presenta generalmente en septiembre y octubre.

Las condiciones oceanográficas frente a Bocas de Ceniza son casi siempre extremas, caracterizadas por fuertes vientos y oleaje intenso. La aproximación al canal de acceso debe efectuarse con mucha precaución debido al fuerte oleaje.

La velocidad máxima promedio de las corrientes en el canal la reportan de 3m/seg., con una variación máxima de marea de 0.60 metros, un caudal máximo en 50 años de 25,000 m³/s y una variación máxima de calado por efecto de cambio de agua salada a dulce de 1 pie.

3.3.2.2.Aspecto Social

Esta zona portuaria se ubica específicamente en el Distrito de Barranquilla, el cual cuenta con una población total de 1.200.818 habitantes. En la cabecera municipal se hallan 1.197.754 habitantes, que constituyen el 99.7%; mientras que en el resto rural sólo se encuentran 3.064 habitantes, que representan el 0.3% de la población total.

Durante el período 1995-1998; se registró una tasa de crecimiento de 2.15% para el área urbana, mientras que en el área rural se registró una tasa de decrecimiento del -0.82%. En concordancia con lo anterior, para el período 1998-2000, se estima una tasa del 2.09% en la cabecera municipal y del -1.41% en el área rural. Finalmente, para el año 1998 se registra una densidad de población rural de 18.5 hab/km².²³

3.3.2.3.Actividades Portuarias

El puerto cuenta con un total de 50 instalaciones portuarias, 24 prestan un servicio de carácter privado y 26 de carácter público. Se mueven productos como carbón, cemento, clinker, abonos, químicos industriales y cereales. Su principal área de influencia comprende la industria desarrollada en la ciudad. Los principales terminales son la S.P.R.B.²⁴, Cementos del Caribe, Monomeros, Colterminales, Pizano, Sredi, Atlantic Coal y la zona franca industrial y comercial

²³ Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005", DANE

²⁴ Sociedad Portuaria Regional Barranquilla

El muelle marítimo de la S.P.R.B. de 1,058 metros, cuenta con un calado de 34 pies mínimos que le permiten atender hasta 7 buques al tiempo. También cuenta con un muelle fluvial de 550 metros dedicados al manejo de barcazas fluviales con un calado máximo de hasta 12 pies. Es el segundo terminal más grande del país y el más grande de la costa Atlántica. Cuenta con 10 bodegas multipropósito que van de los 2,600 m² hasta más de 6,000 m² y una bodega especializada para el manejo de graneles sólidos, la cual tiene una capacidad instalada de 15,000 toneladas y una rotación anual de 175,000 toneladas.

El puerto de Barranquilla también cuenta con áreas destinadas al recibo de contenedores, piezas de carga de proyecto, cargas peligrosas y graneles sólidos

3.3.2.3.1. Movimiento portuario

En la Tabla 3 se representa los valores de carga que es manejada en éste puerto, los datos son recopilados en tonelada métricaas y se separan por el tipo de carga, como tambien el total para el año 2000.

Tabla 3: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL SECO		GRANEL LIQUIDO		REFRIGERADA		PELIGROSA		CONTENEDOR		TOTAL S
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
BAR/QUILLA	608,743	353,551	1,606,321	1,191,677	271,949	23,700	2,154	52	681	0	194,311	175,360	4,428,499

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

El número de arribos que ha tenido éste puerto en el año 2000 se representan en la Tabla 4:

Tabla 4: Arribos por mes año 2000

	BARRANQUILLA
ENERO	90
FEBRERO	86
MARZO	100
ABRIL	93
MAYO	93
JUNIO	82
JULIO	92
AGOSTO	83
SEPTIEMBRE	87
OCTUBRE	86
NOVIEMBRE	80
DICIEMBRE	81
<i>TOTALES</i>	1,053

Datos recopilados en número de buques de tráfico internacional
Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

3.3.3.ZONA PORTUARIA CARTAGENA

3.3.3.1.Delimitación Geográfica

La zona portuaria principal de Cartagena se enmarca entre el tajamar Iribarren a la entrada de la bahía interior y la margen izquierda del Canal del Dique en la bahía exterior.

$\phi = 10^{\circ} 25' 47,21'' - 10^{\circ} 16' 48,90''$ Latitud Norte

$\lambda = 75^{\circ} 33' 21,12'' - 75^{\circ} 31' 39,53''$ Longitud Oeste

3.3.3.2.Descripción de la zona portuaria

3.3.3.2.1.Aspecto Físico

La zona de influencia presenta una temperatura promedio anual de 27.9 grados centígrados. Las variaciones del promedio mensual a lo largo del año son inferiores a 2°C, hecho que se explica por la vecindad de las masas de agua marina.

El valor total anual de lluvia (con base en promedios mensuales durante 31 años), para la Bahía de Cartagena es de 925 mm. El régimen es monomodal: una estación seca de diciembre a abril y una estación de lluvias de agosto a noviembre, con el máximo en octubre y un período de transición entre los meses de mayo a julio.

La bahía se encuentra sometida al régimen de los vientos Alisios. En la época seca (diciembre a abril), soplan con mayor intensidad en toda la región. Llegan a alcanzar velocidades hasta de 20 nudos por intervalos de 24 horas o más. En el período de transición, mayo a julio, los vientos son más suaves, excepto en julio durante el cual las velocidades alcanzan hasta 35 nudos, con duraciones menores a 24 horas. En la época de lluvias, de agosto a noviembre, los Alisios son sustituidos por vientos de poca fuerza y de duración variable. Las velocidades promedios son de 8 nudos,

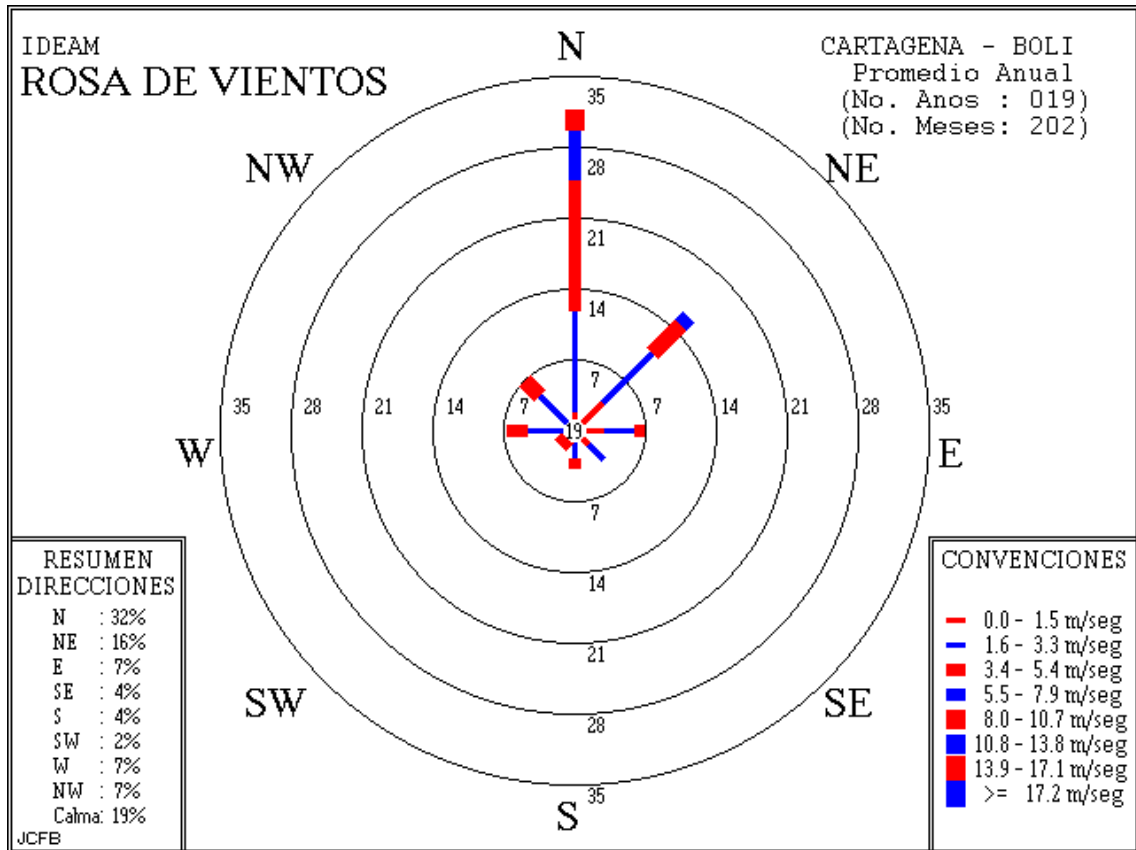
presentándose vientos muy fuertes de corta duración en presencia de las lluvias torrenciales.

Oleaje debido a las embarcaciones. Los buques, al navegar en los canales, producen movimientos del agua que afectan las orillas. La altura de las olas producidas por las embarcaciones, depende principalmente de la velocidad del buque, de la distancia entre el eje del canal y la orilla y de la profundidad del canal.

3.3.3.2.2.Vientos

Los datos entregados por el IDEAM nos muestran que predominan vientos de el Norte, en donde las velocidades de 13.9 m/seg a 17.1 m/seg tienen un valor del 32%. La Ilustración 1 nos dan los valores exactos:

Ilustración 1: Rosa de Vientos, Cartagena



3.3.3.2.3. Aspecto Social

Este municipio cuenta con una población total de 852.594 habitantes para 1998; de los cuales 782.705 se localizan en la cabecera municipal (91.7%) y 70.389 (8.3%) en el resto rural.

Para el período 1995-1998, se ha estimado una tasa de crecimiento del 3.11% sobre la cabecera municipal, mientras que en el área rural el crecimiento fue tan sólo del 1.68%. Así mismo, para el periodo correspondiente a 1998-2005 se proyecta una tasa de crecimiento del 2.86% en la cabecera municipal y 1.35% en el área rural.

Finalmente, para 1998 se registró una densidad de población rural de 123.5 hab/km².²⁵

3.3.3.3.Actividades Portuarias

La zona portuaria principal de Cartagena, cuenta con 51 muelles sobre la Bahía de Cartagena, donde se mueven productos tales como abonos, graneles, cemento, carbón, productos químicos, derivados del petróleo y chatarra, por las sociedades portuarias privadas. Las sociedades portuarias privadas de servicio público mueven principalmente contenedores. Se destacan en el movimiento los terminales de la Compañía Colombiana de Clinker, con cemento y carbón de exportación; ECOPETROL, con exportación de diesel y fuel oil, y la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena SPRC, cuyos productos principales son el café de exportación, productos químicos de importación y carga general contenedorizada y suelta. La carga generada por la zona industrial mueve a través de sus propios puertos privados.

3.3.3.3.1.Movimiento Portuario

La Tabla 5 muestra la cantidad de mercancía que es manejada en éste puerto, son los totales para el año 2000 y se subdivide en tipo de carga.

Tabla 5: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL SECO		GRANEL LIQUIDO		REFRIGERADA		PELIGROSA		CONTENEDOR		TOTAL
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Cartagena	840,228	370,560	474,956	1,883,513	849,577	4,616,270	5,589	28,335	1,340	139	1,681,878	1,587,550	12,339,935

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

El número de arribos que se presentan en éste puerto son mostrados en la Tabla 6, donde en comparación con los demás puertos es el mayor.

Tabla 6: Arribos por mes año 2000

	CARTAGENA
ENERO	189
FEBRERO	175
MARZO	204
ABRIL	193
MAYO	174
JUNIO	143
JULIO	168
AGOSTO	159
SEPTIEMBRE	158
OCTUBRE	184
NOVIEMBRE	179
DICIEMBRE	200
<i>TOTALES</i>	2,126

Datos recopilados en número de buques de tráfico internacional

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

²⁵ Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005", DANE

3.3.4.ZONA PORTUARIA DE BUENAVENTURA

3.3.4.1.Delimitación Geográfica

La zona se enmarca entre la Ensenada del Tigre y Punta de Soldado, delimitando un área que está entre los límites de las actuales instalaciones portuarias.

$\phi = 03^{\circ} 52' 31,85'' - 03^{\circ} 44' 08,53''$ Latitud Norte

$\lambda = 77^{\circ} 18' 24,66'' - 77^{\circ} 10' 33,54''$ Longitud Oeste

3.3.4.2.Descripción de la Zona Portuaria

3.3.4.2.1.Aspecto Físico

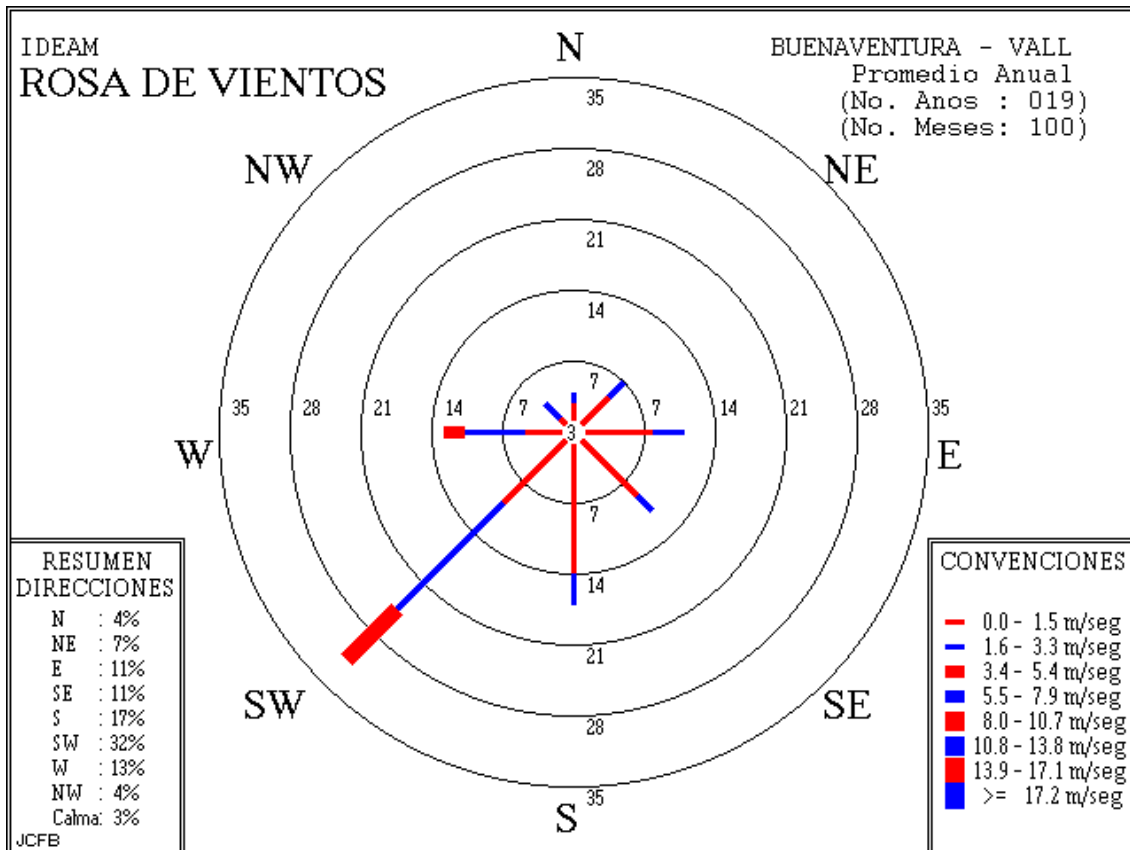
La temperatura promedio de la zona es de 25,9 C, con una precipitación media anual de 7.293 mm con valores mensuales de 88% a lo largo del año.

Dentro del año se definen tres períodos de lluvia, un periodo más lluvioso en el segundo semestre, entre los meses de agosto y noviembre, un período menos húmedo entre enero y abril y, luego, un período de transición entre los dos anteriores.

3.3.4.2.2. Vientos

En la Ilustración 2 se muestran las características generalizadas de los vientos en el puerto de Buenaventura:

Ilustración 2: Rosa de Vientos, Buenaventura



El viento característico es el proveniente de el suroeste, donde las velocidades de 13.9 m/seg a 17.1 m/seg representan el 32% del total.

3.3.4.2.3. Aspecto Social.

La población total para Buenaventura en 1998 era de 260.211 habitantes, de los cuales, 221.494 (85.12%) se localizan en la zona urbana y 38.717 (14,88%) en la zona rural.²⁶

3.3.4.3.Actividad Portuaria

La zona portuaria de Buenaventura tiene un total de 15 terminales, de los cuales 12 son administrados por la Sociedad Portuaria Regional y el muelle 13 o del Fondo Rotatorio de la Armada 13, mueve productos como el maíz, trigo, azúcar y derivados, café, productos químicos y soya principalmente, los terminales de Pulpapel y el de la Asociación de Madereros del Litoral Pacifico realizan movimientos de carga de cabotaje.

La zona portuaria de Buenaventura cuenta con los terminales de la Sociedad Portuaria Regional, que mueven el 91 % del movimiento de la zona, historicamente está considerado como el primer terminal de Colombia a través del cual se moviliza el mayor porcentaje de carga de importación y exportación del país (alrededor del 52% del intercambio de toda Colombia).

3.3.4.3.1.Movimiento Portuario

Buenaventura es considerado como uno de los puertos con mayor movimiento, pero según estadísticas de arribos es el segundo después de Cartagena, pero en cuanto a cantidad del toneladas en la costa pacífica es el primero.

²⁶ Fuente DANE

En la Tabla 7 se representan el movimiento en el año 2000 por cantidad y tipo de carga.

Tabla 7: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL SECO		GRANEL LIQUIDO		REFRIGERADA		PELIGROSA		CONTENEDOR		TOTAL
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Buena/tura	466,982	171,379	2,938,080	640,931	309,347	119,415	514	6,435	12,062	394	1,414,609	1,222,765	7,302,913

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

El número de arribos es el segundo en importancia, en la Tabla 8 se muestran los valores por mes de las llegadas a éste puerto:

Tabla 8: Arribos por mes año 2000

	BUENAVENTURA
ENERO	91
FEBRERO	86
MARZO	100
ABRIL	95
MAYO	98
JUNIO	95
JULIO	100
AGOSTO	99
SEPTIEMBRE	97
OCTUBRE	97
NOVIEMBRE	96
DICIEMBRE	93
<i>TOTALES</i>	1,147

Datos recopilados en número de buques de tráfico internacional

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

3.3.5.ZONA PORTUARIA DE MORROSQUILLO

3.3.5.1.Delimitación Geográfica

La zona portuaria se extiende longitudinalmente desde Punta San Bernardo hasta Punta Mestizos, municipios de San Onofré, Tolú y San Antero.

$\phi = 09^{\circ} 42' 25,47'' - 09^{\circ} 26' 16,74''$ Latitud Norte

$\lambda = 75^{\circ} 42' 26,26'' - 75^{\circ} 48' 40,80''$ Longitud

3.3.5.2.Descripción de la zona portuaria

3.3.5.2.1.Aspecto Físico

La temperatura de la zona tiene un valor constante de 33°C durante todo el año y como característica de las condiciones climáticas que se presentan (sequía de enero a marzo, transición de lluvias de abril a agosto, lluvias de septiembre a noviembre y transición de sequía en diciembre).

3.3.5.2.2.Vientos

La zona se ve influenciada por los vientos Alisios que determinan una época húmeda en agosto y noviembre. Los vientos predominantes provienen del Noreste y se acompañan con vientos del Norte de diciembre a marzo y del Oeste de abril a noviembre, mientras que del Suroeste soplan vientos de octubre a noviembre.

3.3.5.2.3.Aspecto Social

Para 1998, el municipio de Tolú cuenta con una población de 37.103 habitantes, de los cuales 23.014 se localizan en la cabecera municipal (62%) y 14.089 se distribuyen en el resto rural (38%). Teniendo en cuenta la tasa de crecimiento del período 1995-98, se observa para la población de la cabecera municipal un 2.66% y para el área rural un 1.70%. Así mismo, se estima para el periodo 1998-2005 un crecimiento de la población urbana del 2.57% y de 1.56% para la población rural.

En relación con la densidad de población rural, para 1998 se estimó un número total de 40.4hab/km².²⁷

El municipio de San Antero por su parte, contaba para el año 1998 con una población total de 18.545 habitantes, cuya distribución era así: en el área urbana 10.801 habitantes y en el área rural 7.744, lo que corresponde al 58.2% y 41.8% respectivamente del total de población del municipio.

3.3.5.3.Actividad Portuaria

La zona portuaria se encuentra constituida por 6 instalaciones portuarias, 5 carácter privado y 1 de carácter público. Por esta zona se mueven productos como petróleo y sus derivados, cemento y escoria principalmente.

Las exportaciones de crudo realizadas por el terminal de la Empresa Colombiana de Petróleos, procedentes de Caño Limón.

²⁷ Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005", DANE

La zona portuaria del golfo de Morrosquillo tiene dedicación como puerto especializado para hidrocarburos.

3.3.5.3.1. Movimiento Portuario

Éste puerto presenta el segundo mayor movimiento de carga del país, esto se debe a la cantidad de exportaciones de granel líquido, ya que ECOPETROL exporta el petróleo y sus derivados provenientes de los llanos orientales colombianos; la tabla muestra la cantidad de toneladas exportadas, y el total del movimiento de carga en general. Los datos son del año 2000.

Tabla 9: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL SECO		GRANEL LIQUIDO		TOTAL
	1	2	1	2	1	2	
Coveñas	23,184	111,537	59,228	240,519	0	18,377,151	18,811,619

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

El número de arribos de éste puerto no es elevado con respecto a los otros puertos de la costa atlántica, pero son los que tienen en promedio la mayor capacidad de carga, con un promedio de 60.294 Toneladas métricas por buque. Los arribos se aprecian en la Tabla 10:

Tabla 10: Arribos por mes año 2000

	COVEÑAS
--	---------

ENERO	32
FEBRERO	23
MARZO	24
ABRIL	25
MAYO	32
JUNIO	24
JULIO	31
AGOSTO	26
SEPTIEMBRE	21
OCTUBRE	20
NOVIEMBRE	28
DICIEMBRE	26
<i>TOTALES</i>	312

Datos recopilados en número de buques de tráfico internacional

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

3.3.6.ZONA PORTUARIA TUMACO

3.3.6.1.Delimitación Geográfica

Longitudinalmente la zona se enmarca entre la Isla del Morro y la margen oriental del Estero Guadarajo, lo que incluyen las Islas del Morro y la Isla La Viciosa.

$\phi = 01^{\circ} 47' 35,88'' - 01^{\circ} 46' 49,74''$ Latitud Norte

$\lambda = 78^{\circ} 36' 43,72'' - 78^{\circ} 48' 54,43''$ Longitud Oeste

3.3.6.2.Descripción de la Zona Portuaria

3.3.6.2.1.Aspecto Físico

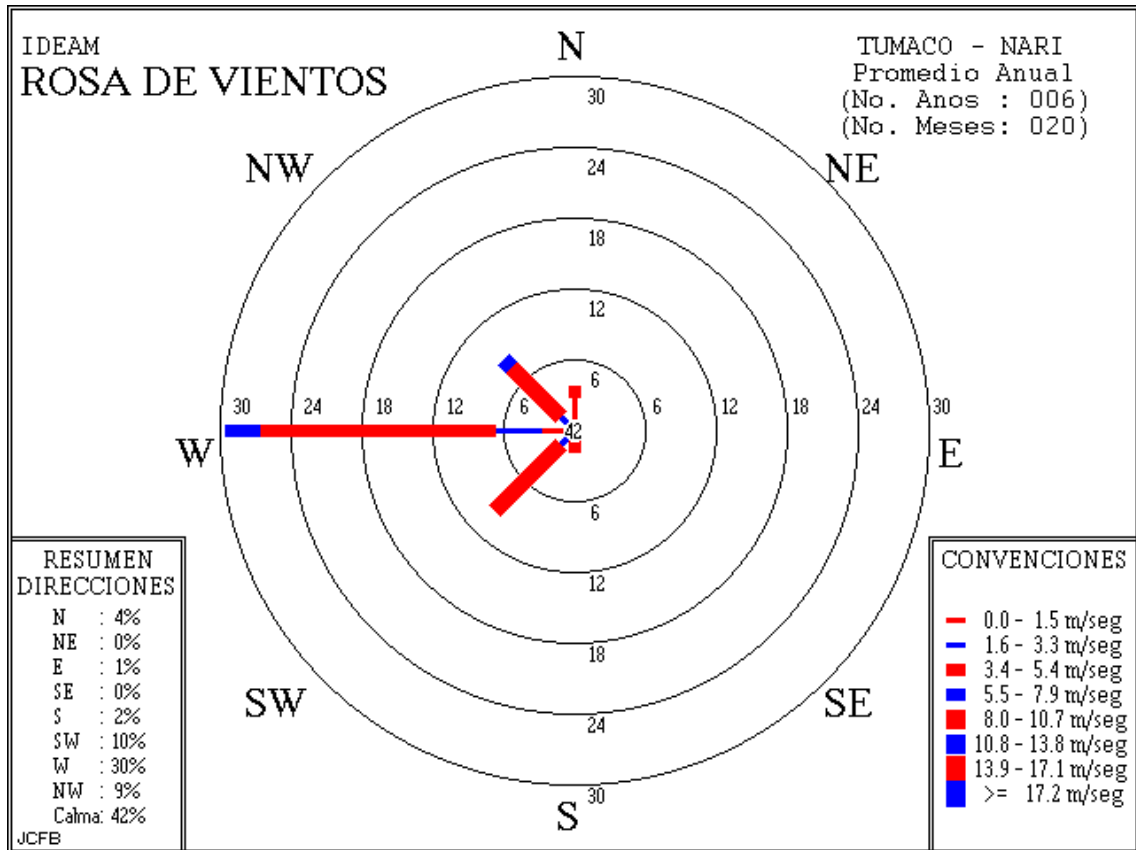
La temperatura promedio anual es de 26°C, con una máxima de 31,1°C y una mínima de 19,1°C. La zona presenta una humedad relativa muy alta. Con facilidad en las noches se puede registrar una humedad del 100% y bajar durante el día a un mínimo de 70-75%.

El régimen pluviométrico de la zona en general es alto, debido a que las masas de aire húmedo que provienen del océano chocan contra la cordillera Occidental, produciéndose su precipitación en la zona.

3.3.6.2.2.Vientos

Como se puede apreciar en Ilustración 3, la dirección de los vientos es predominante en la dirección oeste, con un porcentaje del 30% para las velocidades de 13.9 m/seg a 17.1 m/seg.

Ilustración 3: Rosa de Vientos, Tumaco



3.3.6.2.3. Aspecto Social

Esta zona portuaria que incluye específicamente al municipio de Tumaco, cuenta con una población total de 145.551 habitantes. En la cabecera municipal se hallan 71.683 habitantes, que constituyen el 49.25%; mientras que en el resto rural se encuentran 73.664 habitantes, que representan el 50.75% de la población total.

Durante el período 1995-1998 se registró una tasa de crecimiento de 3.01% para el área urbana, mientras que en el área rural se registró una tasa de decrecimiento del 1.89%. En concordancia con lo anterior, para el período 1998-2000, se estima una tasa del 0.81% en la cabecera municipal y del

0.50% en el área rural. Finalmente, para el año 1998 se registra una densidad de población rural de 19.6 hab/km².²⁸

3.3.6.3.Actividades Portuarias

La zona portuaria de Tumaco cuenta con 4 terminales , Ecopetrol, SPRTumaco, Mobil de Colombia y Palmas de Tumaco. El terminal de ECOPETROL, con operaciones de exportación de crudo procedente de Orito Putumayo, de cabotaje y en tránsito con crudos del Ecuador; la Sociedad Portuaria Regional, Palmas de Tumaco y Distribuidora el Litoral, que mueven carga de cabotaje.

En la zona portuaria funcionan dos muelles importantes de carga. El Terminal Marítimo y el Puerto Pesquero con una longitud total de 360 metros.

El Puerto de Tumaco es el puerto marítimo Colombiano más meridional, el primero en importancia del departamento de Nariño y el segundo del país sobre el océano Pacífico.

3.3.6.3.1.Movimiento Portuario

El movimiento de carga de éste puerto es casi exclusivo para ECOPETROL por la cantidad de peso que moviliza, a pesar de contar con mas infraestructura. En la tabla 11 se muestra la cantidad de exportaciones de éste puerto. Los datos son de el año 2000.

²⁸ Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005”, DANE

Tabla 11: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL LIQUIDO		TOTAL
	1	2	1	2	
Tumaco	1,818	8,786	0	451,406	462,010

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

El número de arribos a éste puerto son al año 2000 de 77, en su gran mayoría para el muelle con que cuenta ECOPETROL.

3.3.7.ZONA PORTUARIA DE LA GUAJIRA

3.3.7.1.Delimitación Geográfica

Longitudinalmente la zona se enmarca entre Helicol y la bocas del arroyo Pare

$\phi = 12^{\circ} 13' 59,18'' - 12^{\circ} 14' 24,20''$ Latitud Norte

$\lambda = 71^{\circ} 58' 13,63'' - 72^{\circ} 06' 53,79''$ Longitud Oeste

3.3.7.2.Descripción de la Zona Portuaria

3.3.7.2.1.Aspecto Físico

La zona tiene una temperatura promedio de 27°C. La Precipitación promedio es de 30 mm. Los sedimentos están representados por arenas lodosas, frente a Bahía Pórtete. El extremo sur de la bahía se caracteriza por una alta depositación de sedimentos.

3.3.7.2.Aspecto Social

En esta zona portuaria, la mayor parte de la población se encuentra dispersa. Así, el Municipio de Uribia cuenta con una población total de 63.948 habitantes, 4.924 localizados en la zona urbana y 59.024 en el área rural. Para el período 1995-98, se registró un crecimiento en el área urbana de 7.63%, mientras que en la zona rural se da un 0.72%. Así mismo, la tasa de crecimiento entre los años 1998-2005, se proyecta en 6.05% para la zona urbana y 0.65% para la zona rural. Por último, Uribia cuenta con una densidad de población rural de 7.5 hab/km².²⁹

3.3.7.3.Actividades Portuarias

El puerto con mayor dinámica en esta zona es el de Puerto Bolívar, localizado en la Bahía de Media Luna a la entrada de Bahía Pórtete, donde se maneja carga de granel sucio. Estas instalaciones portuarias disponen de un moderno sistema para el manejo del carbón, que incluye una estación de descargue del ferrocarril, equipos apiladores, recolectores y cargador lineal, localizado sobre el muelle del carbón.

El Puerto Carbonero de Puerto Bolívar fue diseñado para recibir buques hasta de 150 mil toneladas de peso muerto. Para su ingreso, los buques inicialmente deben fondear en un área determinada especialmente por la DIMAR, según aviso a los navegantes No. 024 DIMAR – DIGEN – 605 de

²⁹ Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005”, DANE

fecha 16 de Noviembre de 1991, ubicada a 1.5 millas al oeste de la boya No. 2.

3.3.7.3.1.Movimiento Portuario

Éste puerto se caracteriza por manejar el carbón por este motivo moviliza la mayor cantidad de peso del país, en la tabla 12 se muestran las cantidades manejadas en el año 2000.

Tabla 12: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL SECO		GRANEL LIQUIDO		PELIGROSA		CONTENEDOR		TOTAL
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Puerto Bolivar	131,819	7,993	10,296	21,894,057	146,516	0	15,973	0	3,019	65,336	22,275,00

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

El número de arribos a éste puerto durante el año 2000 fué de 1.067 buques, con un promedio de carga por buque de 20.876 Toneladas métricas.

3.3.8.ZONA PORTUARIA DEL GOLFO DE URABÁ

3.3.8.1.Delimitación Geográfica

Comprende longitudinalmente el territorio litoral entre la coordenada plana 1´425.000 m N y la Bahía Marirrí, y el margen oriental del río León.

$\phi = 08^{\circ} 25' 57,55'' - 07^{\circ} 56' 07,05''$ Latitud Norte

$\lambda = 76^{\circ} 55' 42,48'' - 76^{\circ} 45' 02,46''$ Longitud Oeste

3.3.8.2.Descripción de la Zona Portuaria

3.3.8.2.1.Aspecto Físico

De acuerdo con los registros tomados de las estaciones climáticas ubicadas en Turbo (Turbo), Apartadó (Uniban) y Chigorodó (La Cerrazón), la temperatura de la zona es similar a lo largo del todo el año, con rangos de T° media mensual entre 26°C y 27°C.

La precipitación general tiene un comportamiento unimodal, caracterizado por presentar los menores valores en los meses de enero, febrero y marzo y los mayores valores en los meses de mayo y junio. Se registran menores valores anuales de precipitación en Turbo (2.211 mm) y valores mayores anuales en los municipios de Apartadó (2.705,8) y de Chigorodó (2.970).

Los valores mensuales de humedad son similares para las diferentes estaciones, con rangos entre 84% y 90% y variaciones diarias mayores al 15% y mensuales menores del 10%.

3.3.8.2.2.Aspecto Social

La población total para el municipio de Turbo en 1998 era de 109.178 habitantes. La proyección al año 2005, es de una tasa de crecimiento a partir de 1998 de 2.07% para el área urbana y 2.90% para el área rural.

Para el municipio de Necoclí, la población total en 1998 era de 37.181 habitantes. La proyección al año 2005, es de una tasa de crecimiento a partir de 1998 de 3.58% para el área urbana y 1.47% para el área rural.³⁰

3.3.8.3.Actividades Portuarias

La zona portuaria de Urabá cuenta con los terminales de la empresa Móvil de Colombia S.A.; Puerto Turbo, y la Capitanía de Puerto. La primera hace operaciones con carga de cabotaje, el de Turbo, cuyo movimiento corresponde a la exportación de banano, sirve especialmente a la zona de producción de Urabá. Los terminales portuarios que atienden la exportación de banano están localizados al sur del golfo, sobre canales artificiales (Nueva Colonia y Zungo) que se conectan con el río León.

3.3.8.3.1.Movimiento Portuario

Éste puerto se especializa en la exportación de alimentos refrigerados, por la producción de banano que se presenta en la zona, como se verá a continuación el gran porcentaje de movimiento de carga es refrigerada. Los datos son del año 2000.

³⁰ Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005", DANE

Tabla 13: Cantidad de exportaciones e importaciones según tipo de carga año 2000

TIPO DE CARGA	GENERAL		GRANEL SECO		GRANEL LIQUIDO		REFRIGERADA		PELIGROSA		CONTENEDOR		TOTAL
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Turbo	171,869	0	2,561	0	3,345	0	0	1,416,668	15	0	2,957	0	1,597,415

1. Importaciones, 2. Exportaciones

Datos recopilados en Toneladas métricas.

Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

El número de arribos a éste puerto es de 667 para el año 2000.

4.MARCO CONCEPTUAL

4.1. COLOMBIA, POSICIONAMIENTO ACTUAL

Colombia se encuentra dentro de los países en desarrollo que entró en el debate planteado acerca de las normas técnicas que el Anexo planteaba, antes de ser aprobado algunos países como los europeos plantearon medidas más estrictas como lo era que los buques construidos a partir del 1 de enero de 1998 se acogieran a las regulaciones sobre los NOx, todo esto implicaba unos gastos demasiado altos que no se podrían asumir.

También al respecto de las emisiones de azufre, se dijo que se deberían implementar las zonas sensibles o zonas de control de emisiones de SOx, las cuales posteriormente fueron adoptadas, como es el caso del mar Báltico.

Ante este respecto se pide que el contenido de azufre del fuel oil que es utilizado dentro de la zona de control de emisiones de SOx no debe ser superior a 1.5% masa/masa.

Los estudios adelantados sobre contaminación atmosférica a este respecto son muy costosos y por consiguiente escasos, solo los países desarrollados tienen la capacidad de adelantar estudios sobre el tema, y como ya fue comentado, ellos propusieron frente a la OMI la importancia de tener en cuenta este tipo de contaminación.

4.2.MODELO DE CALCULO DE EMISIONES MARINAS A LA ATMOSFERA

El uso de éste modelo nos dará una guía sobre la contaminación atmosférica proveniente de las máquinas marinas o buques.

Éste modelo es tomado de el “Estudio de las emisiones de gases invernadero procedentes de los buques”, el cual fué presentado a la Organización Marítima Internacional (OMI), por el consorcio dirigido por MARINTEK, en asociación con *Det Norske Veritas*, *Econ Centre for Economic Analysis* y *la Carnegie Mellon University*. El estudio tuvo como objetivo principal preparar un informe avanzado sobre la materia y también para ser presentada de manera que sea de valor para el Comité de Protección del Medio Marino (CPMM) al examinar el documento para crear nuevas políticas tendientes a la reducción de emisiones de gases invernadero procedentes de los buques.

El modelo está basado en factores reales de emisiones procedentes de mediciones realizadas a bordo o de factores teóricos deducidos de las ecuaciones de reacciones químicas respectivas, en combinación con el consumo real de combustible, y adaptado a el caso colombiano con los datos de combustible marino residual y destilado suministrado por ECOPEPETROL.

4.2.1.METODOLOGIA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Es posible calcular el índice de emisiones específicas de NOx y SO₂ mediante el uso de la ecuación general (Ecuación 1), extraída del estudio de Marintek/DNV (Klokk, 1996) y (DNV, 1998).

Ecuación 1: Ecuación general del modelo Marintek / DNV

$$M_{(g)} = B \cdot \sum_{i=1}^n (E_{i(g)} \cdot \alpha_i)$$

en donde:

i = Para el cálculo de NOx: tipo de motor 1= Velocidad lenta; 2= velocidad media; 3= otros

Para el cálculos de SO₂: tipo de combustible 1= residual, 2= destilados

g = Componente individual de los gases de escape (NOx y SO₂)

*M*_(*g*) = índice de emisiones (kg contaminación)para cada componente individual de gases de escape *g*.

*E*_{*i(g)*} = Factores de emisión basados en el combustible o motor (kg de contaminación por Ton. de combustible)

B = Consumo anual de combustibles marinos (Ton. de combustible)

*α*_{*i*} = para el cálculo de Nox: fracción del efecto total de motores instalados con un tipo específico de motor (lento = 1; medio = 2; otros = 3);
para el cálculo de SO₂ : fracción de combustibles destilados y residuales.

La ecuación para el cálculo de las emisiones se utilizó para el caso del suministro de combustibles marinos promedio anual del 2001³¹ el cual tuvo un valor de 86.769 B.P.D. (barriles por día).

Se utilizó los factores de emisión basados en el “*Atmospheric Emission Guidebook 1999*”. La tabla 14 presenta los valores de $E_{i(g)}$.

Tabla 14: Factores de emisión $E_{i(g)}$

Componente del gas	Factor (kg emitido / ton comb)
SO₂ Residual	20 x S (S = 4.3%)
SO₂ Destilados	20 x S (S = 0.9%)
NOx Veloc. Lenta	87
NOx Veloc. media	57

La fracción α_i de combustibles destilados y residuales está basada en los casos de consumo promedio anual para el 2001, es decir 79.502 BPD de destilados y 7.267 BPD de residuales. Para el caso $\alpha = S$. Los valores que da a conocer ECOPETROL sobre sus combustibles es :para S el valor medio del contenido azufre es de 4.3% para el combustible residual y 0.9% para el combustible destilado.

La distribución de la capacidad total instalada de maquinaria comercial se ha calculado en 63% de velocidad lenta $\alpha = 1$, 31% de velocidad media

³¹ Datos suministrados por la página de Internet; www.ecopetrol.com.co / estadísticas

$\alpha = 2$, y 6% otros motores $\alpha = 3$, utilizando un planteamiento estadístico basado en:

- *- Estadísticas de la flota mundial (Lloyd's, 1996)
- *- Efecto de la capacidad instalada como función del tonelaje de peso muerto, tipo de buque y tamaño (DNV, 1998)
- *- Distribución de los motores (lentos, medio, otros), de conformidad con el tipo y tamaño de los buques (DNV, 1998)

El desarrollo del método es tema del desarrollo del marco conceptual.

4.2.2.Desarrollo del Modelo

El modelo para el calculo de las emisiones marinas, se desarrollo con datos de el consumo de combustibles destilados y residuales para el acumulado del año 2001, los cuales componen los dos tipos de combustibles marinos que nuestro país vende, cada uno tiene diferentes características físicas y químicas, en la sección de combustibles colombianos se trata más específicamente éste tema.

La fórmula y las variables con los datos son los siguientes:

$$M_{(g)} = B. \sum_{i=1}^n (E_{i(g)} \cdot \alpha_i)$$

Los datos sobre el consumo de combustible están dados en BPD y la fórmula los utiliza en Toneladas, por lo cual se utilizaron las siguientes

densidades medias, basado en la base de datos de hidrocarburos de DNV (VPS, 1999)

Los valores de combustibles destilados y residuales son 7267 BPD y 79502 BPD respectivamente.

Haciendo la conversión de BPD a Toneladas tenemos que el total de combustibles es 11.746 toneladas, los cuales se utilizarán para el cálculo.

Tabla 15: Resultados emisión de contaminantes atmosféricos según consumo de combustible

Componente del gas	Para un suministro de 11.746 Ton.
SO₂ Residual	10.101 kg
SO₂ Destilado	12.215 kg
NO_x	2.243.486 Kg

4.2.2.1. Calculos Realizados

Conversión de BPD a Toneladas

Combustibles residuales : 971 kg/m³ (ISO 8217)

Combustibles destilados : 862 kg/m³

1 barril (petroleo no refinado)³² = 42 galones

1 galon = 0.0037 m³

³² Tomado de : www.amadeus.net

Destilados

$$79502 \text{barriles} \times \frac{42 \text{galones}}{1 \text{barril}} \times \frac{0.0037 \text{m}^3}{1 \text{galon}} \times 862 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{tonelada}}{1000 \text{kg}} = 10650 \text{toneladas}$$

Residuales

$$7267 \text{barriles} \times \frac{42 \text{galones}}{1 \text{barril}} \times \frac{0.0037 \text{m}^3}{1 \text{galon}} \times 971 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{tonelada}}{1000 \text{kg}} = 1096.6 \text{toneladas}$$

Modelo de cálculo de emisiones marinas a la atmósfera, método de consumo de combustible.

$$M_{(g)} = B \cdot \sum_{i=1}^n (E_{i(g)} \cdot \alpha_i)$$

en donde:

i = Para el cálculo de NOx: tipo de motor 1= Velocidad lenta; 2= velocidad media; 3= otros

Para el cálculos de SO2: tipo de combustible 1= residual, 2= destilados

g = Componente individual de los gases de escape (NOx y SO2)

$M_{(g)}$ = índice de emisiones (kg contaminación)para cada componente individual de gases de escape **g**.

$E_{i(g)}$ = Factores de emisión basados en el combustible o motor (kg de contaminación por Ton. de combustible)

B = Consumo anual de combustibles marinos (Ton. de combustible)

α_i = para el cálculo de Nox: fracción del efecto total de motores instalados con un tipo específico de motor (lento = 1; medio = 2; otros = 3);

para el cálculo de SO₂ : fracción de combustibles destilados y residuales.

Cálculo para emisiones de NOx

Para $i = 1$ (motores velocidad lenta)

$$M_{(g)} = 11.746x \sum_{i=1}^1 (87x1)$$

$$M_{(g)} = 1.021.902 \text{ kg de NOx}$$

Para $i = 2$ (motores velocidad media)

$$M_{(g)} = 11.746x \sum_{i=2}^2 [(87x1) + (52x2)]$$

$$M_{(g)} = 2.243.486 \text{ kg de NOx}$$

Cálculo de emisiones de SO₂

Para $i = 4.3\%$ residuales

$$M_{(g)} = 11.746x \sum_{i=1}^1 (20x0.043)$$

$$M_{(g)} = 10.101 \text{ kg de SO}_2$$

Para $i = 0.9\%$ destilados

$$M_{(g)} = 11.746x \sum_{i=2}^2 [(20x0.043) + (20x0.009)]$$

$$M_{(g)} = 12.215 \text{ kg de SO}_2$$

4.2.3. Distribución de contaminantes

Tabla 16: Número de arribos por puerto en el año 2000

<i>Puerto</i>	<i>Nº de Buques / año 2000</i>
Buenaventura	1.147
Tumaco	77
Barranquilla	1.053
Santa marta	870

Cartagena	2.126
Turbo	667
Coveñas	312
Puerto bolivar	1.067
Total	7.319

Datos recopilados en número de buques de tráfico internacional

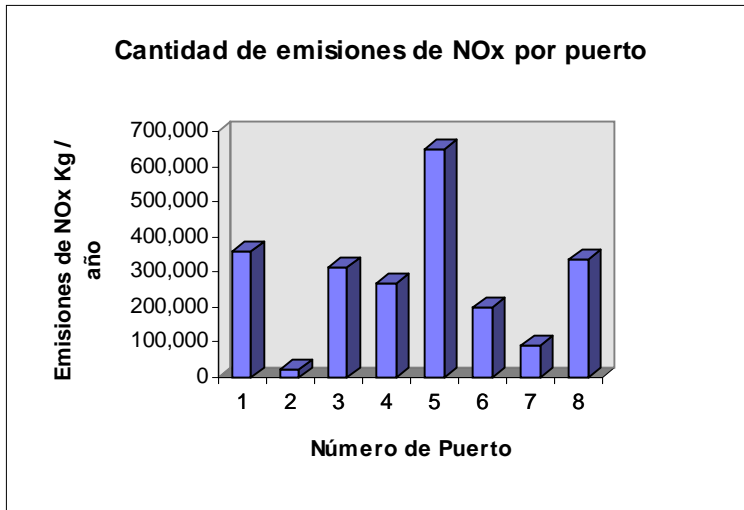
Fuente: División de Transporte Marítimo, DIMAR

Los datos anteriores muestran la existencia de puertos con mayor tráfico, por lo que la cantidad de emisiones para cada puerto varía según el número de embarcaciones que transita por el puerto.

La distribución de emisiones resulta ser difícil de determinar ya que también existe el tránsito de embarcaciones pequeñas, de las cuales no existe un control estricto, por lo anterior se hará una aproximación porcentual con los buques que llegan a puerto de tránsito internacional.

Para las emisiones de NOx tendríamos la cantidad representada kilogramos por año, en la Ilustración 4:

Ilustración 4: Cantidad de Emisiones por Puerto



1. Buenaventura, 2. Tumaco, 3. Barranquilla, 4. Santa Marta, 5. Cartagena, 6. Turbo, 7. Coveñas, 8. Puerto Bolívar

Tabla 17: Distribución de contaminantes por Puerto

Puerto		% de Emisión	Cantidad en Kg de contaminante / año
1	Buenaventura	16	358,957.76
2	Tumaco	1	22,434.86
3	Barranquilla	14	314,088.04
4	Santa Marta	12	269,218.32
5	Cartagena	29	650,610.94
6	Turbo	9	201,913.74
7	Coveñas	4	89,739.44
8	Puerto Bolívar	15	336,522.9

La cantidad de contaminantes emitidos en nuestra atmósfera por cuenta de los óxidos de nitrógeno son superiores las 2 toneladas, y sólo contando con los datos de el combustible consumido que es producido por ECOPETROL,

con mayor certeza se tendría que llegar a determinar la cantidad de emisiones atmosféricas producidas por los buques que no compran el combustible en nuestro país y de los cuales no conocemos la cantidad de azufre que los mismos contienen.

Por éste motivo se decidió realizar una encuesta donde se pudiera determinar teóricamente algunos factores importantes sobre la contaminación atmosférica producida por los buques.

4.2.4. INFORMACION BUQUES NACIONALES

Los buques nacionales que están sujetos a la normatividad del Anexo son 31, sólo en sus características de peso y potencia del motor, ya que por antigüedad a ninguno se le podría aplicar la norma.

A 3 de los buques no se les aplicaría la norma por ser buques de uso del estado, sin ningún fin comercial, como lo son Planta Mamonal, donde el propietario es El Instituto de Fomento Industrial I.F.I., Progreso I, propietario Fondo Rotatorio A.R.C. Regional Atlántico, y Draga Colombia, propietario Ministerio de Transporte.

A éstas naves se les hace una inspección por parte de las Casas Clasificadoras para certificar que están en una correcta operación, de esta forma la Administración (DIMAR), maneja el control a las naves nacionales.

En la Tabla 18 se recopila la información disponible de los buques nacionales.

Tabla 18: Buques nacionales

Año de Construcción		TRB	Motor Principal		Motor auxiliar	
			Cantidad	Potencia (Kw)	Cantidad	Potencia (Kw)
N°						
1	1957	952	1	448	2	445
2	1961	825	1	347		
3	1967	8790	1	6266		
4	1967	1350	1	1044	2	350
5	1967	6471	1	6266		
6	1968	760	2	1492		
7	1969	1947	1	1119		
8	1970	1191	2	843		
9	1970	1144	2	3357	2	500
10	1971	2406	1	1790	4	475
11	1972	2425	1	951	1	540
12	1972	1155	2	1268		
13	1973	971	1	2686	4	400
14	1973	937	2	4595		
15	1973	871	2	4595		
16	1973	990	1	2686	3	300
17	1975	1074	1	746	3	120
18	1975	1184	1	2686	3	900
19	1975	990	1	2686	3	300
20	1975	1598	2	1343		
21	1976	2642	1	1865	3	424
22	1977	1159	1	3357	3	300
23	1978	17350	1	8355		
24	1978	17359	1	8355		
25	1980	1947	1	1268	2	100
26	1980	6163	2	8654	3	2400
27	1981	774	1	448	2	90.4
28	1982	423	1	895	1	125
29	1983	417	1	839	3	200
30	1988	696	2	634	2	180

31	1992	448	1	439	3	80
----	------	-----	---	-----	---	----

La información fue recolectada en la División de Gentes y Mares de la Dirección General Marítima, y tiene como datos generales:

Año de Construcción: Año en que fue colocada la Quilla

TRB: Tonelaje de Registro Bruto, es el volumen total del buque en toneladas, y es una de las condiciones de aplicación del anexo.

Motor Principal

Cantidad: El número de motores que operan en altamar o en viaje.

Potencia: Está dada en Kw. (Kilovatios)

Motor Auxiliar

Se maneja también la Cantidad y la Potencia, pero no fue posible establecer estos datos para la totalidad de los buques.

4.3.ENCUESTA, HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN

El interés fundamental que los países en desarrollo tienen en reducir las emisiones es debido a que los efectos secundarios de éstas es la llamada lluvia ácida, donde los países del Norte de hemisferio y los países Bajos están recibiendo todos los perjuicios.

Los cambios importantes que ellos han estudiado son los efectos a los bosques, en donde se tiene que un 10% de la población tiene relación

directa económicamente de ellos y es provocado por el aumento de la acidez que ha hecho que los árboles jóvenes mueran.³³

También han calculado el efecto sobre los ecosistemas marinos, ya que los peces en circunstancias generales contienen en su carne metales como también la desaparición de tipos variados de algas y plancton.

En general el cambio climático afecta de forma distinta a todos los lugares del planeta pero que por movimientos de posicionamiento global y por las corrientes de aire los contaminantes tienen sus efectos más importantes en los extremos, como lo son el Polo Sur y el Polo Norte.

La economía mundial se maneja en el hemisferio norte en su gran medida, que es donde se están percibiendo con más fuerza los efectos del cambio climático mundial, por el incremento de enfermedades respiratorias, como también es donde más cantidad de emisiones se producen al año.

En el país no se cuenta con ningún estudio oficial sobre contaminación atmosférica por buques, por lo cual nos regimos por los estudios que hacen los países en desarrollo pero sin tener en cuenta las características propias de nuestra región.

Sólo hasta el presente estudio se tuvieron en cuenta las características (en la parte de combustibles) de los factores que intervienen en la contaminación atmosférica de nuestros puertos.

³³ **Lluvia ácida.** Para mayor información consulte: www.monografias.com/trabajos5/lluac/lluac.shtml

Por lo anterior en la adhesión al MARPOL 73/78 en su Anexo VI, que habla sobre el tema, se consideró necesario conocer las condiciones en que los buques entran a nuestras costas y en que nivel de conocimientos se encuentran los capitanes de las embarcaciones acerca de la anterior normatividad.

Se consideró que una encuesta es el medio más económico y de mayor informalidad para acceder a la información que se podría considerar como muy confiable, ya que las respuestas son entregadas por los mismos encargados del funcionamiento y mantenimiento de las embarcaciones.

4.3.1.DISEÑO DE LA ENCUESTA

La encuesta fue realizada con la colaboración del Ingeniero Alejandro Gutiérrez, asesor técnico en Convenios Internacionales de la Sección de Medio Ambiente de la División de Litorales e Investigaciones Marinas, el Ingeniero Hernando Espejo, Jefe Sección Capacitación de la División de Gentes, Mar y Naves, de la Dirección General Marítima.

Se tomó como base para el desarrollo de la encuesta los documentos de la OMI, como lo son:

Examen y aprobación del protocolo de 1997 (reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por buques) que enmienda el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, Modificado por el protocolo de 1978, llamado Anexo VI.

Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos.

La demás información recolectada acerca de los contaminantes dieron paso a hacer consultas en diferentes medios escritos y electrónicos referenciados en su mayoría en las nota de pie de página.

4.3.2.MODELO DE LA ENCUESTA

El formato de la encuesta es el siguiente:

ENCUESTA PARA EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LOS BUQUES SEGÚN EL ANEXO VI DEL MARPOL 73/78

Información general

Nombre del buque M/N: _____ No IMO: _____.

Tipo de motonave: _____ Bandera: _____.

T R B : _____ . Año de construcción: _____.

El buque se ajusta a la normatividad del MARPOL 73/78 en su anexo VI:

Sí__No__

Motores

Motor de Propulsión: Cantidad_____Marca_____Tipo _____

Potencia al freno: _____ Kw. Revoluciones Por Minuto (RPM) _____

Tipo de combustible: _____.

Combustibles

Se analizan muestras de combustible tomadas durante la recepción:

Si__ No__

Utilizan algún proceso para la purificación de los combustibles: Sí __ No __

Cree que éste proceso es eficiente? Si __ No __

Qué productos químicos aditivos son adicionados para el tratamiento del combustible:

_____.

Donde se disponen los residuos producidos en la sedimentación del combustible:

Tanques No: _____ Capacidad permitida: _____ m³

Fecha último análisis: DD_____ MM_____ AA_____

Se utiliza algún tipo de filtro para las emisiones de SOx : Sí __ No __

Cual : _____.

Lubricantes

Tipo de lubricante: Carter M.P. _____ Cilindros: _____

Motores auxiliares: _____ Otros: _____

Tiempo de trabajo que tiene el lubricante: Motor Principal _____ horas

Motor Auxiliar No 1/2/3/etc.: _____/_____/_____/ horas

Cada cuanto se analiza el lubricante : _____ meses.

Donde se dispone el residuo de la purificación :

No de Tanques : _____ Capacidad permitida: _____ m³

Fecha último análisis: DD_____ MM_____ AA_____

Incineradores a bordo

Qué tipo de residuos producidos a bordo se incineran:_____

_____.

Qué reglamentación se sigue para el funcionamiento del incinerador :

Nacional: ____ Internacional: ____ . Cual: _____.

Última inspección hecha por la casa clasificadora al incinerador:

DD____ MM____ AA____

Extinción del fuego

Cual es la sustancia o elemento activo del sistema contra incendios: _____

_____.

Cada cuanto se hacen ejercicios y pruebas para extinguir incendios:

_____ semanas.

Última inspección hecha por la casa clasificadora al sistema contra incendios:

DD____ MM____ AA____

Sistemas de refrigeración

Cual es la sustancia o elemento activo del sistema de refrigeración: _____

_____.

Cada cuanto se hacen inspecciones a éstos sistemas: _____ años y/o _____ meses.

Cuando se hace mantenimiento al sistema de refrigeración se recicla el CFC:

Si _____ No _____.

Donde se dispone el CFC reciclado: No de Tanques: _____

Capacidad : _____m³

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Tienen algún sistema de inertización para las cargas líquidas o gaseosas:

Sí _____ No _____.

Si la anterior es positiva, cual sistema utiliza : _____

Otras preguntas

Se estaría en disponibilidad económica para adquirir e instalar un sistema de vigilancia y registro de emisiones de NOx.: Sí _____ No _____

Al igual que la anterior, para el caso de los SOx, se estaría en disponibilidad para comprar e instalar un sistema de vigilancia y control.

Sí _____ No _____

Nota: Para claridad de algunos conceptos el significado de las abreviaciones son:

SO_x : Oxidos de Azufre

NO_x : Oxidos de Nitrogeno

CFC : Clorofluorocarbonos

Para una mejor comprensión al aplicar la encuesta se hizo la traducción en ingles, ya que la mayoría de los buques que llegan a nuestro país comprenden con mayor facilidad éste idioma extranjero.

4.3.3.DESCRIPCION DE LAS PARTES DE LA ENCUESTA

La encuesta se compone de nueve secciones las cuales fueron divididas por temas según los temas tratados en el Anexo VI, a continuación se explicará el por qué de cada una de las preguntas:

4.3.3.1.Información general

Éste tipo de información es necesaria para la identificación de las características generales de los buques.

Nombre del buque M/N: es de claro entendimiento.

No IMO: Es el número de registro y clasificación que dá la Organización Marítima Internacional a nivel mundial. (IMO por sus siglas en ingles)

Tipo de motonave: Es la actividad específica a la cual el buque se dedica.

Bandera: Nacionalidad del buque.

TRB: Tonelaje de Registro Bruto, es el volumen total del buque en toneladas, y es una de las condiciones de aplicación del anexo.

Año de construcción: es de claro entendimiento.

4.3.3.2.Motores

Es una de las partes más importantes de la encuesta ya que de esta parte del buque se emanan la mayor cantidad de contaminantes atmosféricos como lo son: CO₂, NO_x, por su funcionamiento y por la utilización del combustible SO_x.

El buque consta de un motor principal que es el que es utilizado en el transcurso del viaje o en alta mar y los motores auxiliares que son utilizados al momento de iniciar operaciones.

Motor de propulsión: Cantidad, Marca y tipo: Son las características básicas.

Potencia al freno (Kw): es la potencia del motor dada en kilovatios, y es una de las condiciones de aplicación del Anexo VI.

Revoluciones Por Minuto (RPM): Cantidad de vueltas a las que gira el cigüeñal del motor en un minuto, y es una de las condiciones de aplicación del Anexo VI.

Tipo de Combustible: El tipo de combustible que utiliza el motor principal.

Temperatura de consumo °C: Es la temperatura a la cual el motor funciona con respecto al consumo.

Consumo de combustible M.T. /hora : Es el combustible consumido dado en toneladas métricas por hora.

Velocidad económica Nudos: Es la velocidad a la cual se tiene un bajo consumo de combustible.

Motores auxiliares: Cantidad, marca y tipo al igual que el anterior son características básicas.

Potencia de salida (Kw): es la potencia del motor dada en kilovatios, y es una de las condiciones de aplicación del Anexo VI.

Revoluciones Por Minuto (RPM): Cantidad de vueltas a las que gira el cigüeñal del motor en un minuto, y es una de las condiciones de aplicación del Anexo VI.

Tipo de Combustible: El tipo de combustible que utiliza los motores auxiliares.

Consumo de combustible M.T./día: Es el combustible consumido en toneladas métricas por día.

A la pregunta sobre la última calibración hecha a válvulas en inyectores, al igual que a la bomba de inyección, se hace para tener idea de el tiempo al que se le hace mantenimiento.

Se le adiciona algún tipo de sustancia para reducir las emisiones de NOx, o si se utiliza algún filtro, es de vital importancia ya que también conoceremos las sustancias o elementos, en el caso de ser afirmativo, que son empleadas por las distintas embarcaciones para cumplir con la normatividad.

4.3.3.3. Combustibles

En éste aparte se contempla el manejo dentro de la embarcación del combustible.

En la pregunta si se analizan las muestras de combustible tomadas durante la recepción, se hizo para conocer si los encargados de la embarcación conocen en qué condiciones llega el combustible.

Al conocer el estado del combustible siempre es posible realizar un proceso de purificación y dentro de esta misma pregunta se conoce si es eficiente o no, según el criterio de el encargado.

También es de importancia conocer los aditivos que son suministrados para este tratamiento de purificación, ya que de esto depende una buena combustión y rendimiento del motor, como también de la reducción de emisiones.

En el proceso de purificación existe un sedimento, debemos conocer la cantidad producida, donde se almacena y la fecha del último análisis.

4.3.3.4.Lubricantes

En el funcionamiento del motor diesel no solo es utilizado el combustible sino también los lubricantes donde su función principal es la de evitar el excesivo desgaste de la piezas del motor.

Los tipo de lubricantes utilizados en las diferentes partes se dividieron en:

Carter del Motor Principal: Es el lugar donde se encuentra el cigüeñal que es el que transmite el movimiento producido por el pistón a la hélice.

Cilindros: Es el lugar donde se hace la explosión del la mezcla de aire y combustible, la cual es recibida por el pistón y luego transmitida al cigüeñal.

Motores auxiliares: Los cuales son utilizados para el inicio de la marcha del buque.

El lubricante tiene un tiempo de trabajo durante el cual protege del desgaste a las partes del motor en movimiento, se pregunta la cantidad de horas, tanto del motor principal como los motores auxiliares. También es necesario conocer cada cuanto es analizado el lubricante.

Al igual que en los combustibles se preguntó por los residuos producidos en la purificación, como saber la cantidad de tanques utilizados, el volumen de capacidad de los mismos y la fecha del último análisis.

4.3.3.5.Incineradores a bordo

En los buques se producen diferentes residuos los cuales deben ser tratados en altamar o depositados en los puertos de llegada, para los cual existe una normatividad vigente a nivel internacional.

Se preguntó qué tipos de residuos son producidos a bordo para ser incinerados.

También se preguntó que tipo de reglamentación se sigue para el funcionamiento del incinerador.

Todo buque de gran tamaño debe ser inspeccionado en este aspecto por las casas clasificadoras, que cada administración a designado.

4.3.3.6.Extinción del Fuego

Existe a nivel internacional una normatividad en este aspecto para los buques, en donde se entra a preguntar lo siguiente:

Cual es el elemento activo del sistema contra incendios, en donde podremos determinar cuales de estos es prohibido por el Anexo VI.

El Anexo VI también nos habla sobre las emisiones en caso de prácticas y ejercicios de entrenamiento, con lo cual preguntamos la periodicidad de estos.

En las inspecciones hechas por la casa clasificadora al sistema contra incendios se pregunta la fecha.

4.3.3.7.Sistemas de refrigeración

Al respecto se han utilizado sustancias que agotan la capa de ozono, se preguntará por:

Sustancia o elemento activo del sistema, también la periodicidad de las inspecciones dada en años o meses.

En caso de hacer mantenimiento al sistema se pregunta si es reciclado CFC, y si la respuesta es positiva conocer la cantidad, todo esto para tener idea sobre el manejo de estas sustancias.

4.3.3.8.Compuestos orgánicos volátiles

El Anexo VI contempla que la reglamentación para cargas líquidas y gaseosas solo será aplicada a los buques tanque gaseros, por esto en la primera parte de la encuesta se hace referencia a el tipo de motonave.

Se pregunta si tiene algún sistema de inertización y cual es.

4.3.3.9.Otras preguntas

Se hacen este tipo de preguntas con el objetivo de conocer la opinión de los encargados de los buques para la adquisición de sistemas para la prevención de la contaminación atmosférica. Para el control y vigilancia de las emisiones de NOx y de los SOx.

4.4.RESULTADOS DE LA ENCUESTA Y METODOLOGIA ALTERNA

4.4.1.CONFLICTO DE INTERESES

Al terminar la encuesta se procedió a consultar a los Inspectores Generales de Puerto, quienes son los encargados de revisar y hacer cumplir las normas de seguridad de los buques que llegan al país, sobre su opinión acerca de las preguntas realizadas, en un oficio enviado el 29 de Marzo del presente año, a las cuatro principales capitanías de puerto, Santa Marta, Cartagena, Buenaventura y Barranquilla.

Solamente el Capitán de Navío Orlando Uribe Vargas, capitán de puerto de Buenaventura dio respuesta a los conceptos que dio el señor Rafael Antonio Castro Chávez Inspector del Estado Rector del Puerto de Buenaventura.

Posterior a esto se enviaron con las correcciones hechas a las demás capitanías los formatos para la aplicación de la encuesta, ya que se esperó aproximadamente un mes pero no se dio respuesta a los conceptos.

Los formatos fueron enviados a las mismas 4 capitanías pero ya con la orden de aplicar las encuestas en el lapso de un mes, la fecha de envío fue el 11 de mayo del 2001.

Al cabo de éste tiempo el 19 de junio del 2001, solo se recibió respuestas de la capitanía de Buenaventura, con un total de 9 encuestas. En fechas siguientes se tuvo una reunión con los Inspectores de puerto de las cuatro capitanías en donde manifestaron su descontento al realizar las encuestas argumentando desconocimiento de la norma e incoherencia en la encuesta, a lo que se respondió con todos los argumentos posibles y dejando en claro que no era la última palabra para la adopción del Convenio, sino para dejar un precedente del tema mediante un trabajo de grado.

Por lo anterior se tomó la decisión de recolectar la información de los buques que no fueron encuestados por otros medios diferentes a la encuesta.

4.4.2.COMPLEMENTACION DE DATOS TECNICOS

Por ser escasa la muestra del material que se logró recolectar mediante los inspectores generales de puerto, se procedió a aumentar la información mediante la recolección de datos de la mayoría de buques restantes mediante el Informe Mensual de Inspecciones de Prevención de la Contaminación de puerto de Buenaventura, correspondiente al mes de Junio del año 2001 (mes en que se aplicaron las encuestas), que llega a la sección de Medio Ambiente de la División de Litorales e Investigaciones Marinas, y los libros de Registro de Buques de la casa clasificadora Lloyd's Register de los años 1999 al 2000.

En dicho informe se consigna cada buque que llega a puerto que en el mes de Junio fueron 87, aunque el total de arribos fue 100, lo anterior porque algunos buques entran al puerto en más de una ocasión, teniendo un promedio mensual para el año 2000 de 95 arribos.

En puerto se hace una sencilla inspección donde se determina si van a descarga de desechos oleosos, ya que Buenaventura es el único puerto en nuestro país que tiene una planta de tratamiento para manejar dichos desechos.

El listado contiene entre otros datos el Nombre del Buque, el Número IMO, tipo de carga y Bandera.

Con los anteriores datos fué posible determar mediante los libros de registro de la Lloyd's Register, otras características importantes que complementarían la información adquirida por la encuesta de los buques que no llegaron a ser encuestados.

4.4.3.DATOS RECOLECTADOS

Para abarcar mayor información se hará unión de los datos tomados de la encuesta y de algunos datos hallados por el método alterno.

4.4.3.1.INFORMACIÓN GENERAL

Los Buques encuestados son para diferentes usos, los hay graneleros, para carga general, containeros y pesqueros. Por éste uso se define como

buques o motonaves de gran calado con un tonelaje de Registro Bruto superior al especificado por el Anexo. En la Tabla se verán los datos recolectados de el mes de Junio del año 2001:

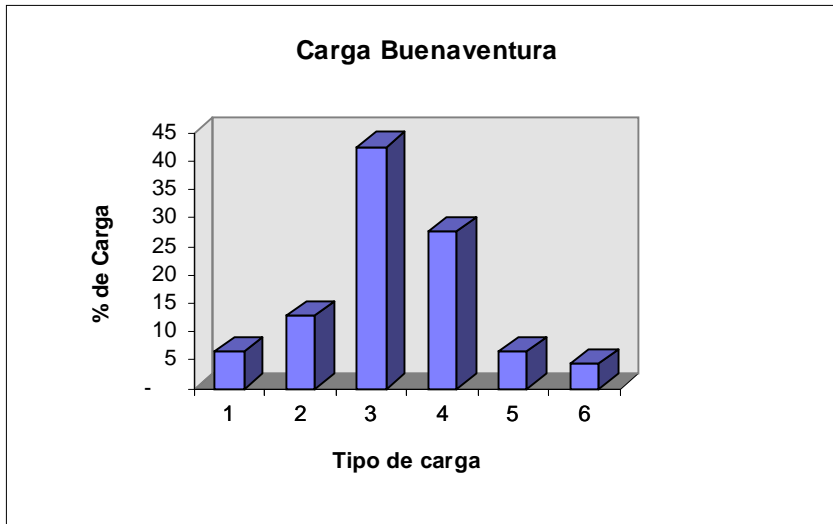
Tabla 19: Información general y datos recolectados

Buque:		Tipo M/N	Bandera	TRB	Año	Normat. MARPOL	
N°					Const.	si	no
1	OH SAN TOK	Carga General	Korea	6708	1977		X
2	LONDON TOWER	Containerero	Panama	17651	1994		X
3	LORD P	Granelero	Malta	14031	1984		X
4	MAYA MAIDEN	Carga General	Philiphinas	14103	1984		X
5	YRIA	Granelero	ST Vincent	15639	1977		X
6	ORGULLO	Granelero	Panama	15693	1976		X
7	LA BONITA	Containerero	Panama	16869	1993		X
8	KARAVI	Carga General	malta	4337	1986		X
9	GREAT HARMONY	Granelero	Panama	15983	1999		X
10	MILLENIUM LEADER	Granelero	Isla Cayman	22342	1984		X
11	BALSA 61	Granelero	Panameña	4355	1997		
12	MAERSK TAIKI	Carrero	Singapore	44219	1997		
13	MAERSK COLORADO	Containerero	USA	16982	1992		
14	ATLANTIC TRADER	Granelero	Panameña	17577	1997		
15	ATLANTIC BREEZE	Carrero	Singapore	41891	1985		
16	SEA JAGUAR	Containerero	Isla Marshall	24053	1997		
17	MSC ANDES	Containerero	Liberiana	18000	1989		
18	MAERSK LA GUAIRA	Containerero	Antigua	11987	1995		
19	CCNI ARAUCO	Containerero	Liberiana	28148	1998		
20	WORLD ROVER	Granelero	Panameña	25047	1997		
21	CONTI ASIA	Containerero	Alemana	16282	1993		
22	ENTERPRISE	Pesquero	Colombian	1160	1977		
23	CAP BLANCO	Containerero	Maltesa	32150	1982		
24	CONDOR	Carguero	Chilena	7656	1978		
25	MAERSK TEXAS	Containerero	USA	18859	1984		

26	MSC CALLAO	Containerero	Liberiana	18037	1988		
27	SHIMA	Containerero	Panameña	13448	1997		
28	HUMBOLDT EXPRESS	Containerero	Singapore	32444	1983		
29	CSAV ATLANTA	Containerero	Liberiana	26131	1998		
30	MARUBA TRADER	Containerero	Antigua	16803	1998		
31	GREVENO	Granelero	Griega	13823	1978		
32	SANDRA C	Pesquero	Colombian	990	1973		
33	INCA MAIDEN	Carguero	Filipina	22531	1986		
34	STOLT KENT	Tanquero	Isle of man	12141	1997		
35	SOGA	Containerero	Panameña	13448	1997		
36	TAO JIANG	Carguero	China	10456	1985		
37	EL REY	Pesquero	Colombian	971	1973		
38	GERD	Tanquero	Noruega	17958	1975		
39	MAERSK TENNESSE	Containerero	USA	18859	1993		
40	HILL HARMONY	Granelero	Liberiana	15622	1985		
41	KAPITAN VODENKO	Granelero	Cjipriota	14141	1994		
42	NEGRIL BAY	Granelero	Panameña	16710	1983		
43	ASTRO JYOJIN	Carguero	Panameña	24930	1978		
44	GLOBAL PIONEER	Granelero	Miamar	20395	1997		
45	COPIAPO	Containerero	Liberiana	26125	1998		
46	NORDLAKE	Containerero	Chipriota	16202	1994		
47	NEDLLOYD CLEMENT	Containerero	Holandesa	33405	1983		
48	ARWA	Granelero	Bahamas	17584	1973		
49	CHIOS VENTURE	Granelero	Griega	16834	1977		
50	COPIHUE	Carga general	chilena	7759	1978		

Con los datos recolectados en la Tabla 19 se determinó el porcentaje de buques por el tipo de carga. Los buques containeros representan el 43% de las embarcaciones que llegan a Buenaventura.

Ilustración 5: Porcentaje de carga manejada en Buenaventura



1.Carga General, 2. Carguero, 3. Containero, 4. Granelero, 5. Pesquero, 6. Tanquero

El Tonelaje de Registro Bruto (TRB) de la muestra es en promedio de 20.057 toneladas. En el Anexo VI se habla de un tonelaje superior a 400 TRB, la potencia requerida por el motor va en relación con el peso y la carga que transporta, a continuación se verán los valores de las potencias utilizadas por los buques de la muestra.

4.4.3.2.MOTORES

4.4.3.2.1.Análisis de emisiones de NOx

La regla 13 del Anexo, trata el tema de las emisiones de NOx de la siguiente manera:

Motores con potencia superior a 130 Kw. y que sean instalados a bordo del buque a partir del 1 de enero del año 2000, ya sean nuevos o con una modificación importante. Esto aplica para los motores principales los cuales

son los que están en funcionamiento durante todo el recorrido que haga el buque.

En la Tabla 20 se muestran los datos recolectados en las encuestas y en los Libros de Registro de las casas clasificadoras, el número de revoluciones por minuto (RPM) fue información suministrada por las páginas de Internet constructores.

Tabla 20: Datos recolectados de el Motor Principal de los Buques

MOTOR PRINCIPAL						
N°		Potencia (Kw)	RPM	Tipo de Combustible	Consumo MT/día	Velocidad (nudos)
1	Oh San Tok	6420	420	IFO 180	5	12
2	London Tower	15400	95	IFO 180	18	18
3	Lord P	6450	118	IFO 180	0.75	13
4	Maya Maiden	6266.4	123	IFO 380	0.92	13.5
5	Yria	11500	145	IFO 180	1.1	15.1
6	Orgullo	7385.4	152	IFO 180	1	13.5
7	La Bonita	9530	100	IFO 380	1.5	17.5
8	Karavi	3400	200	IFO 180	0.4	12.7
9	Great Harmony	6074	120	IFO 380	1	14
10	Millenium Leader	7161.6	116	IFO 180	1.04	14
11	Balsa 61	2795	210			12.5
12	Maersk Taiki	13900	105			
13	Maersk Colorado	8900	127			
14	Atlantic Trader	5884	95			
15	Atlantic Breeze	9121	95			
16	Sea Jaguar	13386	123			20
17	Msc Andes	10000	123			17.25
18	Maersk La Guaira	10920	135			22
19	Ccni Arauco	13314	115			19.6
20	World Rover	8878	120			14.5

21	Conti Asia	8500	123			18
22	Enterprise	3357	100			
23	Cap Blanco	14263	93			
24	Condor	5884	125			
25	Maersk Texas	9500	127			
26	Msc Callao	10000	123			17.25
27	Shima	9628	95			18
28	Humboldt Express	14564	93			18.5
29	Csav Atlanta	18786	91			20.5
30	Maruba Trader	12180	115			18
31	Greveno	441	210			14
32	Sandra C	2648	125			18
33	Inca Maiden	4502	100			14
34	Stolt Kent	7134	127			
35	Soga	9628	100			18
36	Tao Jiang	4560	120			13.5
37	El Rey	3600	145			
38	Gerd	8827	94			16.25
39	Maersk Tennessee	19272	93			
40	Hill Harmony	6355	148			14.5
41	Kapitan Vodenko	8238	125			15.25
42	Negril Bay	9783	130			
43	Astro Jyojin	8238	123			18
44	Global Pioneer	6179	100			
45	Copiapo	18786	91			19.5
46	Nordlake	13320	115			19
47	Nedlloyd Clement	28000	83			
48	Arwa	8827	94			15
49	Chios Venture	8496	89			16
50	Copihue	5517	100			

El tipo de combustible utilizado por los buques que no hacen parte de la encuesta no es posible determinarlo, ya que los motores pueden funcionar con los diferentes combustibles que existen en el comercio, pero más adelante se tratará éste tema más específicamente.

Por otro lado el Anexo contempla que la administración (en este caso la DIMAR), haga para las embarcaciones menores y las que sean de años anteriores una normatividad, para ser aplicada en el país y de carácter voluntario.

El Anexo VI contempla los parámetros de emisión de NOx que deben cumplir los motores que entren a hacer parte del convenio, estan en función de las Revoluciones por minuto (RPM) y dan un valor aproximado de emisión de un gramo por Kilovatio hora.

La Ilustración 6 es basada en las siguientes fórmulas:

Para motores con $RPM < a 130$ se tiene 17.0 g/Kwh

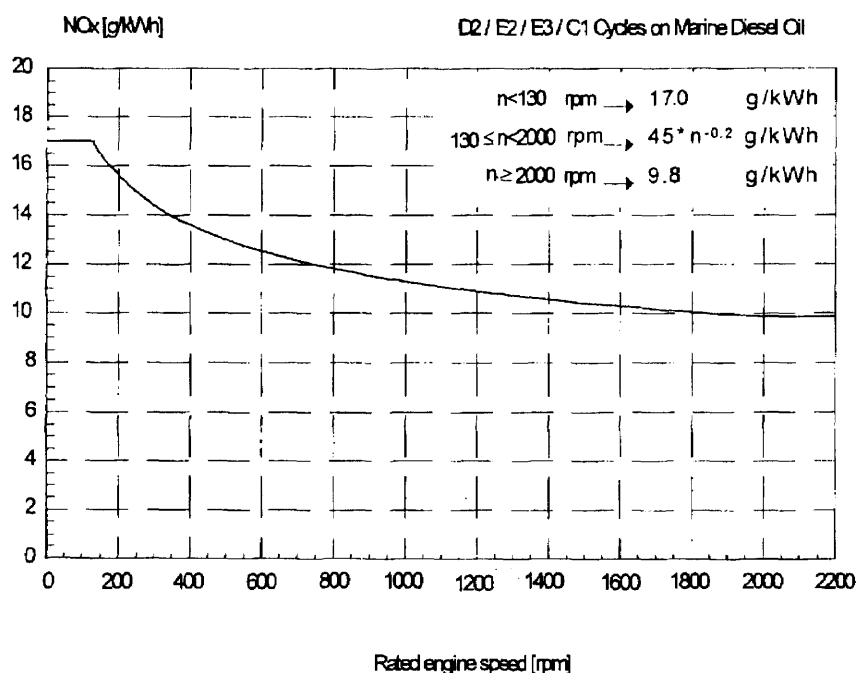
con $RPM = a 130 < a 2000$ se tiene $45.0 \times n (-0.2) \text{ g/Kwh}$

con $RPM = a 2000$ se tiene 9.8 g/Kwh

La Ilustración 7 muestra los datos recolectados en forma gráfica, se deducen varias cosas:

1. El 80% de los buques corresponden a el rango de menos de 130 RPM, con un factor de emisión de 17 g/kwh por buque. Dicha afirmación sólo podría ser si los buques cumplieran con los parámetros especificados dentro del Anexo VI, pero ninguno tiene las características de fecha de fabricación (posterior a enero del 2000).

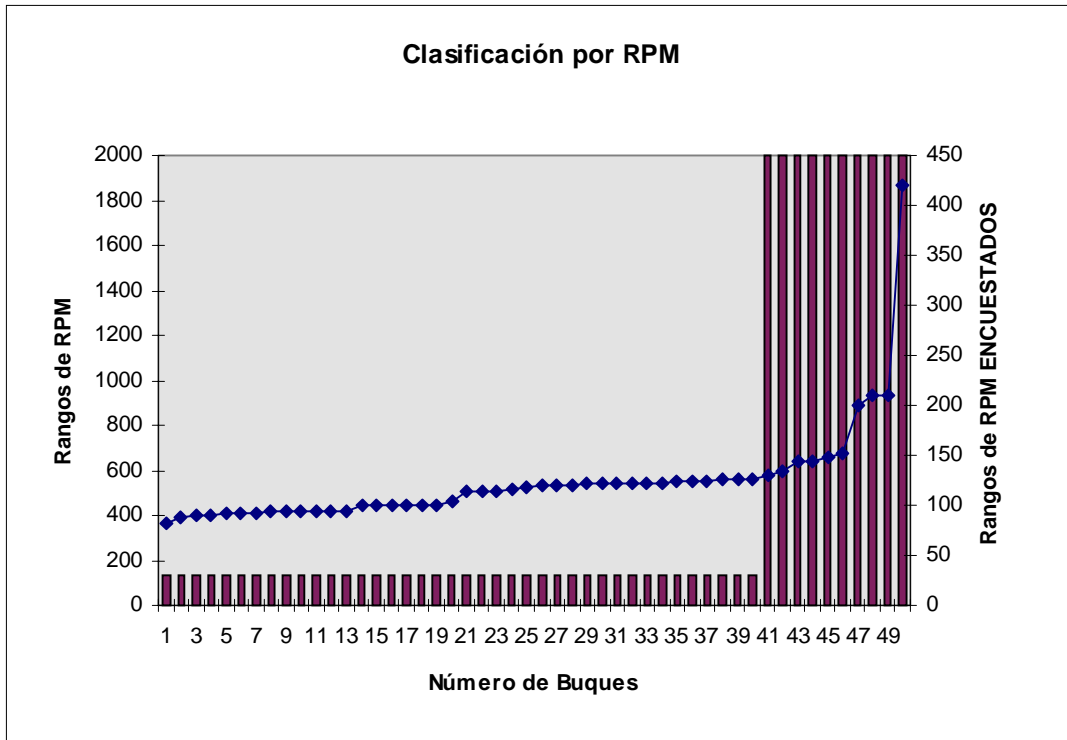
Ilustración 6: Concentración de contaminantes Vs. RPM



2. La muestra se clasificó teniendo en cuenta las RPM de cada motor (línea con puntos) y los parámetros de Emisión por RPM (barras verticales).

3. Los buques de los cuales se logró la información de las RPM, tipo de buque y TRB, fueron escogidos al azar dentro de todos los buques que llegaron a el puerto de Buenaventura (50 de 87 en total) en el mes de junio del año 2001, por lo anterior el método de muestreo es probabilístico y es aquel que se basa en el principio de equiprobabilidad.

Ilustración 7: Clasificación de los Buques por RPM



La equiprobabilidad quiere decir que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño n tienen la misma probabilidad de ser elegidas.

Éste tipo de muestreo asegura que la muestra es representativa.

4.4.3.2.2. Mantenimiento del Motor

Los factores de emisión de NO_x varían según las características de mantenimiento que cada buque tenga, en la Tabla 21 se observa la periodicidad de mantenimiento de los buques encuestados, como también las

fechas de evaluación a éstas partes del motor por parte de las Casa Clasificadoras quienes tienen la responsabilidad de hacer dichas inspecciones.

Tabla 21: Perioricidad de mantenimiento de los motores de los Buques

MOTORES									
M.P.: Motor Principal, M.A.: Motor Auxiliar									
	Última calibración de			Última calibración Bomba		Última inspección Casa Clasificadora			
	Válvulas e inyectores					Válvulas de Inyección		Bomba de Inyección	
Nº	Nombre Buque	M.P. mes/año	M.A. mes/año	M.P. mes/año	MA mes/año	M.P. d/m/a	M.A. d/m/a	M.P.d/m/a	M.A. d/m/a
1	Oh San Tok	jul-00	jul-00	jul-00	jul-00	11/07/2000	11/07/2000	11/07/2000	11/07/2000
2	London Tower	abr-01	abr-01	abr-01	abr-01	08/12/2000	08/12/2000	08/12/2000	08/12/2000
3	Lord P	may-01	mar-01	may-01	mar-01	09/02/2001	09/02/2001	09/02/2001	09/02/2001
4	Maya Maiden	may-01	jun-01	may-01	jun-01	15/03/1998	16/01/1999	15/03/1998	16/01/1999
5	Yria	nov-00	jun-01	nov-00	jun-01	10/11/2000	10/06/2001	10/11/2000	10/06/2001
6	Orgullo	mar-01	mar-01	mar-01	may-00	21/05/2000	13/03/2000	21/05/2000	13/03/2000
7	La Bonita	may-01	may-01	mar-98	mar-98	12/12/2000	12/12/2000	12/12/2000	12/12/2000
8	Karavi	jun-01	jun-01	jun-01	jun-01	15/11/2000	15/11/2000	15/11/2000	15/11/2000
9	Great Harmony	abr-01	may-99	abr-01	may-99	28/04/2001	13/05/1999	28/04/2001	13/05/1999
10	Millenium Leader	mar-01	mar-01	mar-01	mar-01	12/11/2000	12/11/2000	12/11/2000	12/11/2000

Se tomarón las partes más importantes para el funcionamiento del motor de los buques para ser evaluados, ya que éstos son los que actúan en el momento de la mezcla de combustible y aire en el proceso de combustión. El proceso de combustión permite la disminución o el aumento de los gases contaminantes emitidos.

Para la fecha de aplicación de la encuesta (Junio), los buques ya habían hecho el mantenimiento respectivo durante el periodo Marzo a Junio del presente año, lo que indica que para el tránsito internacional se hace

necesario un correcto funcionamiento de éstas piezas, además de ser una exigencia operativa.

Las casas clasificadoras son las que a nombre del Estado expiden los diferentes certificados de seguridad, funcionamiento, etc. Por lo anterior en éste caso las casas clasificadoras hacen su inspección, y también lo hacen por determinados periodos.

El resultado de ésta evaluación para las válvulas de inyección y la bomba de inyección son que se realizan en periodos 6 a 9 meses en promedio, ya que se presentan buques hasta con dos años sin realizarse dicha inspección.

En las fichas técnicas de los buques se dan valores promedios para realizar el mantenimiento de Válvulas, Inyectores y Bombas de Inyección.

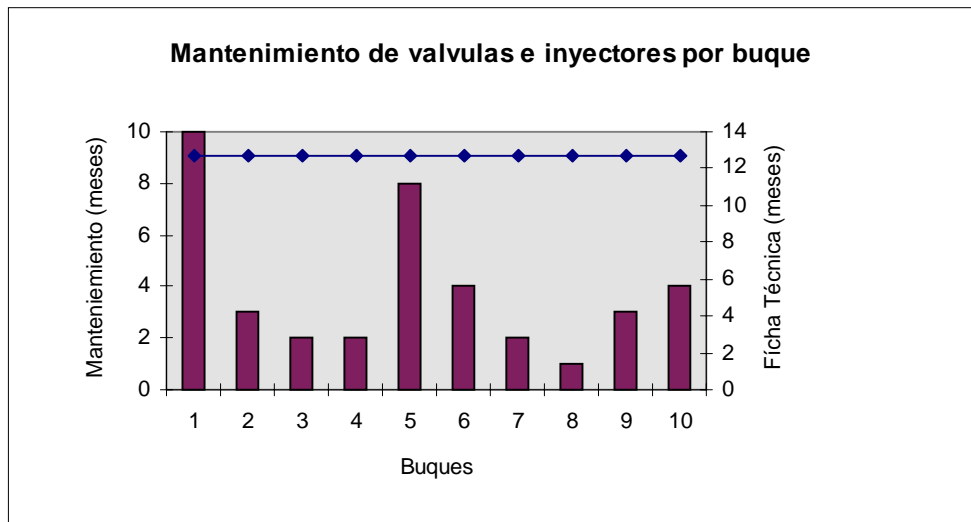
Estos valores son distintos para el motor principal y los motores auxiliares, para el primero en promedio es de 9030 horas (algo más de un año) y para el segundo en promedio es de 8100 horas (aproximadamente 11 meses), lo que indica que el mantenimiento hecho a los buques es bueno ya que corresponde al tiempo en que se debe efectuar según la ficha técnica.

Tabla 22: Mantenimiento según ficha técnica

Según ficha técnica			
N°	Nombre del Buque	Motor Principal (horas)	Motor Auxiliar (horas)
1	Oh San Tok	8800	6000
2	London Tower	8000	6000
3	Lord P	8000	9000
4	Maya Maiden	8000	8000
5	Yria	8000	8000

6	Orgullo	10000	5000
7	La Bonita	12000	12000
8	Karavi	6000	10000
9	Great Harmony	20000	16000
10	Millenium Leader	1500	1000

Ilustración 8: Relación de Mantenimiento real Vs. ficha técnica del Buque



La Ilustración 8 muestra el promedio (línea punteada) con el que según la ficha técnica del motor se debe hacer el mantenimiento, y el tiempo con que se hace el mantenimiento a cada buque.

En conclusión se observa que la tendencia es que se haga mantenimiento antes de que el buque lo requiera.

En las encuestas se realizó la pregunta: Se adiciona alguna sustancia para reducir las emisiones de NOx ?.

A lo anterior el 100% de los encuestados respondió que no eran adicionadas sustancias para reducir los NOx.

Si la respuesta era correcta se preguntaba qué tipo de sustancia era adicionada.

También se preguntó si era utilizado algún tipo de filtro para reducir las emisiones de NOx, la totalidad de los encuestados respondieron negativamente.

Las anteriores preguntas se hicieron con el propósito de indagar si era utilizado algún filtro o sustancia para reducir las emisiones de NOx, por lo anterior se tiene que en ninguno de los buques se tiene en cuenta este parámetro de emisión y que tampoco ninguna de las fichas técnicas de los motores recomienda la utilización de aditivos o adiconamiento de sustancias que reduzcan éste contaminante.

4.4.3.3.COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

4.4.3.3.1.Combustibles

Las encuesta, arrojo información más específica acerca del tipo de combustibles y lubricantes que son utilizados por los diferentes buques o embarcaciones.

Existen dos clases de combustible utilizado por los buques, el Marine Diesel Oil, (MDO) y el IFO 180 e IFO 380.

Con la ayuda del Biólogo Darío Miranda Rodríguez quien es el Coordinador de Asuntos Ambientales del Instituto Colombiano del Petróleo de ECOPETROL, se ha podido determinar ciertas diferencias las cuales son las siguientes:

El IFO viene de International Fuel Oil, el cual es una mezcla de Fuel Oil (o bunker como se le conoce en otras partes o combustoleo como se le denomina en nuestro país) y diesel. La mezcla es necesaria para hacer que el Fuel Oil sea fácilmente bombeable, ya que este combustible es viscoso y es difícil hacerlo fluir. Las alternativas para que fluya más fácilmente es calentarlo, o como en este caso, diluirlo para que adelgace con el Diesel.

El Marine Diesel Oil, es parecido al ACPM que es utilizado en nuestro país, pero un poco más pesado, hecho para máquinas de mucho más alta potencia que los motores de camión, campero o bus que es el típico uso del tradicional Diesel.

En conclusión no son iguales pero el IFO si puede tener dentro de su mezcla MDO.

Una de las características de los combustibles IFO 180 y 380, es que contiene pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno, el cual es un gas tóxico, como también residuos y destilados del petróleo.

Por todo esto los riesgos sobre la salud humana son la irritación de los ojos al contacto de vapores o nieblas producidos por el combustible en su manipulación, en donde los síntomas son náuseas, vómito, diarrea y problemas de ingestión.

Se tiene indicios de que puede llegar a ser carcinógeno, todo esto por contener hidrocarburos aromáticos policíclicos que han causado, en experimentos, cáncer en la piel a animales

Para el manejo del combustible existen normas, las cuales se hacen conocer a los empleados, clientes y todos aquellos que tengan algún tipo de contacto con este elemento.

El combustible más utilizado es el IFO, que es una mezcla de residuos de la destilación atmosférica del petróleo, ya que por cuestiones de economía es mucho más rendidor aunque sea más contaminante.

El combustible pasa por un proceso de purificación por contener combustibles residuales antes de ser utilizado, pero no es empleado ningún tipo de filtro para la reducción de emisión de SOx proveniente del combustible. La tabla 23 nos indica las fechas en que se hizo la última purificación del combustible como también la capacidad para almacenar los residuos producidos:

Tabla 23: Fechas del análisis al combustible

Combustible, datos del proceso de purificación					
	Res. sedimentacion		Último análisis	Filtro de SOx	
Nº	Nombre del Buque	Capacidad en M^3	día/mes/año	SI	NO
1	Oh San Tok	20	20/05/2001		X
2	London Tower	41.7	22/05/2001		X
3	Lord P	1	22/02/2001		X
4	Maya Maiden	2	20/04/2001		X
5	Yria	7.05	06/02/2001		X
6	Orgullo	17	15/05/2000		X

7	La Bonita	1	25/04/2001		X
8	Karavi	0.25	26/04/2001		X
9	Great Harmony	3.88	16/05/2001		X
10	Millenium Leader	6.4	31/03/2001		X

En Buenaventura existe una planta para manejar los lodos que son producidos en el buque pero no con contenido de hidrocarburos como es el presente caso, por lo que se deben hacer instalaciones de recepción para éste tipo de desechos, también es prohibido incinerar éstos desechos, en la sección de incineración a bordo se abarcará éste tema.

En el combustible colombiano se observan algunas características generales de los combustibles.

4.4.3.3.2. Combustible Colombiano

El combustible que Colombia vende a las embarcaciones es el Diesel Marino e IFO 380 e IFO 180, el primero es preparado mediante una mezcla de destilados medios provenientes de la destilación atmosférica del crudo, y el segundo es preparado con mezcla de residuos provenientes de la destilación atmosférica del combustible.

La clasificación que tienen el Diesel Marino y los IFO es Clase II de acuerdo a la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protección Asociación).

Es vendido en las refinerías de Cartagena y Barrancabermeja a distribuidores mayoristas por poliducto, bote o buquetanque.

Tabla 24: Propiedades del Diesel Marino

PROPIEDADES	MÉTODO	UNIDADES	MÍNIMO	MÁXIMO
Agua y Sedimento	ASTM D 96	ML/100mL		0.2
Color	ASTM D 1500	Azul		
Azufre, % peso	ASTM D 2622	G/100g		0.9
Cenizas, % peso	ASTM D 482	G/100G		0.01
Destilación	ASTM D 86		50	
Gravedad API	ASTM D 4052	Reportar		0.09
Índice de Cetano	ASTM D 4737		45	
Punto de Inflamación °C	ASTM D 93	°C (°F)	60(126)	
Micro-carbon residual (10% fondos)	ASTM D 4530	G/100g		0.2
Sedimento suspendido		Mg/100ml		3
Viscosidad	ASTM D 445	mm 3/seg.		8

Sobre la información del Diesel Marino colombiano, se puede decir que está dentro de los parámetros de exigencia internacional ya que para el Anexo se exige que los buques utilicen un combustible que no excederá un 4.5% masa / masa, y el que vende ECOPEPETROL es de menos del 1% y para el IFO es de 4.3%.

El significado del término o unidad masa / masa, es conocer el peso del azufre contenido en 100 gramos de combustible.

El método ASTM D 2622, corresponde al método de laboratorio que se debe utilizar para la determinación de azufre en combustibles, y originalmente es conocido como “D2622-98 Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry”. ASTM es la “American Society for Testing Materials”, que es una organización de reconocimiento mundial dedicada a la formulación de normas y metodologías que se utilizan como consulta de pruebas.

Tabla 25: Propiedades de los IFO 380 e IFO 180

PROPIEDADES	MÉTODO	UNIDADES	MÍNIMO	MÁXIMO
Agua	ASTM D 95	%		1
Residuo carbón micro	ASTM D 4530	%m		18-20
Azufre, % m	ASTM D 4294	%m		4.3
Cenizas, % m	ASTM D 482	%m		0.15
Sedimento total especial	ASTM D 4870	%m		0.1
Gravedad API	ASTM D 4052	Reportar		0.09
aluminio y silice	ASTM D 5184	mg/kg		80
Punto de Inflamación °C	ASTM D 93	°C	60	
Vanadio	ASTM D 1548	mg/kg		300 - 500
Sedimento total existente	ASTM D 4870	%m		0.1
Viscosidad Cinemática	ASTM D 445	cSt		380 - 180

Colombia tiene sus combustibles dentro de las exigencias internacionales, pero en cuanto al precio existen todavía algunas diferencias entre uno y otro, en la Tabla 26 se darán los valores de algunos de los combustibles destilados y residuales a el 10 de Agosto del 2001.

Tabla 26: Precio del combustible colombiano

	DIESEL MARINO	CRUDO DE CASTILLA
Precio a distribuidor mayorista (en Pesos)	\$ 1650	\$ 1232

La diferencia entre el Diesel Marino y el Crudo de castilla es de 420 pesos, lo que corresponde a una diferencia del 25%, que en toneladas de combustible representa una gran cifra.

Internacionalmente los precios no tienen un comportamiento diferente, ya que el valor por tonelada de combustible residual es de 60 dólares y el de combustible destilado es de 110 dólares³⁴, lo que quiere decir que la utilización de un combustible más económico disminuye los costos de operación.

4.4.3.3.3.Tratamientos para el combustible

Se realizó la pregunta si eran adicionados productos químicos al proceso de purificación realizado en los buques, a lo cual respondieron:

Se adicionan tratamientos que mejoran la calidad del combustible, como lo son F.O.T., Unitor Fuel Care, Dual Purpost fuel treatment y Fuel Care para IFO 120.

Todos los anteriores son los llamados aditivos que en últimas actúan como reductores de humo, según los productores, como también de contaminantes.

Es el caso de de un producto llamado PuraDiesel,³⁵ el cual es agregado al combustible y presenta las siguientes ventajas:

-* Mantiene piezas del motor internas limpias y mejora la vida del equipo, agregando muchos años a la vida del motor y reduciendo grandemente los costos del tiempo muerto (sin funcionamiento) y de mantenimiento

³⁴ Estudio de las emisiones de gases invernadero procedentes de los buques. Pag. 107

³⁵ www.protecusa.com/puradiesel

-* Ahorro de combustible del 10% y una notable disminución del humo negro y el humo nocivo, cerca del 90% como también la reducción del ruido.

En el artículo de presentación de éste producto trata sobre los problemas presentados por la reducción de el contenido de azufre en los combustibles diesel, la pérdida de lubricación del combustible es atribuida a la falta de éste contraminante y de los posibles daños que se presentan en el motor. Puede que la información presentada no sea más que una estrategia de mercadeo para la utilización del producto ya que dentro de las averiguaciones hechas acerca del combustible no habla de éste tipo de inconvenientes al reducir la cantidad de azufre en el combustible.

En las encuestas se realizaron preguntas concernientes al tratamiento del combustible, en donde todos respondieron lo siguiente: todos utilizan proceso para la purificación del combustible, y que el proceso era eficiente para las condiciones que el buque necesitaba.

Seguido a esto existe un sedimento producido por la purificación del combustible el cual es almacenado en tanques que en promedio de 10 m³ y son tomadas muestras para el análisis con una periodicidad de 2 a 3 meses.

Como el combustible contiene azufre, se realizó la pregunta si se utilizaba algún tipo de filtro para las emisiones de SO_x, a lo que en su totalidad contestaron que no.

Aparte del proceso de purificación del combustible, no se realiza ningún otro tratamiento para reducir las emisiones y tampoco se tienen medidas correctivas posteriores a la combustión.

4.4.3.3.4. Lubricantes

En el caso de los aceites son muchas las marcas utilizadas como lo son Texaco Veritas, Texaco taro, Castrol, Mobilgard, Shell Alexia, Shell Gadinia, etc (cuadro siguiente). Cada uno cuenta con una especificación de uso y recomendado para las diferentes marcas de motores.

Tabla 27: Tipo de lubricante utilizado

Tipo lubricante				
Nº	Nombre Buque	Carter MP	Cilindros	Motor Aux.
1	Oh San Tok	ARGINA T30	ARGINA T30	LIMULA 30
2	London Tower	TEXACO VERITAS	TEXACO TARO SP 70	TEXACO TARO DP 30
3	Lord P	CASTROL SAE 40	CASTROL SAE 30	CASTROL SAE 40
4	Maya Maiden	MOBILGARD 300	MOBIL 570	MOBILGARD 302
5	Yria	SHELL GADINIA	SHELL ALEXIA 50	SHELL MELINA 530
6	Orgullo	CASTROL CDX 30	SD2 70	CASTROL MLC 30
7	La Bonita	NISSEKI 530	NISSEKI MDL B2	NISSEKI HDS 30
8	Karavi	FAMM TEXACO	FAMM TEXACO	FAMM TEXACO
9	Great Harmony	CASTROL CDX 30	CASTROL SDZ 70	CASTROL TLX 304
10	Millenium Leader	VAERITAS 800	TARO SPECIAL	TARO SPECIAL 30 DP

Algunas de las características más importantes y que son de posible aplicación a la disminución de contaminantes la tiene el aceite Texaco Veritas³⁶, ya que su formulación previene el desgaste ocasionado por el sulfuro contenido en el combustible y los ácidos producidos durante la combustión, evitando que éstos hagan su acción corrosiva sobre los anillos y cabezas del pistón.

El Texaco Taro³⁷ trata las partes del motor como cigüeñal y ejes de levas que entren en contacto con el MDO u otro combustible pesado con un contenido no superior a 2% de azufre, los que en general contienen los combustibles comerciales. Su acción anticorrosiva y detergente impide cualquier clase de daño por ácidos.

El Shell Gadinia³⁸ tiene una tolerancia al contenido de sulfuro del combustible del 1%, pero puede ser utilizado en motores con giros más rápidos o revoluciones por minuto más altas.

En el caso del Shell Alexia 50³⁹, permite contenidos mayores de sulfuro en el combustible, que va de 1% a 4% en peso, pero debe ser utilizado en motores de más bajas revoluciones, para que la tolerancia de desgaste sea de 0.05 mm cada 1000 horas de trabajo.

Otros como el Castrol CDZ,⁴⁰ además de contener todos los beneficios de los anteriores trata al pistón de manera más afectiva contra los depósitos dejados por el combustible.

Durante el proceso de purificación que el aceite tiene en el buque, se extraen además de los sulfuros y ácidos, otras sustancias que no permiten el correcto funcionamiento de las partes metálicas expuestas al combustible.

³⁶ [www.fammlc.com/htmlpub/home_start.htm/lubricants/product information/veritas](http://www.fammlc.com/htmlpub/home_start.htm/lubricants/product%20information/veritas)

³⁷ [www.fammlc.com/htmlpub/home_start.htm/lubricants/product information/taro](http://www.fammlc.com/htmlpub/home_start.htm/lubricants/product%20information/taro)

³⁸ [www.marineproducts.shell.com/marinelubricants/by product name/ shell gadinia](http://www.marineproducts.shell.com/marinelubricants/by%20product%20name/shell%20gadinia)

³⁹ [www.marineproducts.shell.com/marinelubricants/by product name/ shell alexia 50](http://www.marineproducts.shell.com/marinelubricants/by%20product%20name/shell%20alexia%2050)

⁴⁰ [www.castrolmarine.com/products/products information/marine crankase oils-crosshead/marine cylinder oils-crosshead](http://www.castrolmarine.com/products/products%20information/marine%20crankase%20oils-crosshead/marine%20cylinder%20oils-crosshead)

En últimas el lubricante actúa como un neutralizador de los ácidos producidos en la combustión y de los sulfuros contenidos en el combustible.

En la Tabla se muestran los siguientes resultados respecto al tratamiento hecho al lubricante en los buques.

Tabla 28: Tratamiento al lubricante en los buques

Tiempo trabajo lubricante				Análisis lubricante	Disposición de residuos de la purificación		Último analisis
N°	Nombre	M.P. horas	M.A. 1/2/3/etc	Meses	Tanques	Cap M3	d/m/a
1	Oh San Tok	3000	1000/1000	6	Sludge tk	20	20/05/2001
2	London Tower	10000	1200/1800/1200	6	Sludge tk	41.7	22/05/2001
3	Lord P	3000	100/1000	6	Sludge tk	1	22/02/2001
4	Maya Maiden	7100	1200/1200	6	Sludge tk	2	15/05/2001
5	Yria	7600	710/620/70	4	Sludge tk	7.05	06/02/2001
6	Orgullo	7800	00/560/475	6	Tk lodos	0.4	08/03/2001
7	La Bonita	10000	10000/10000/10000	6	Sludge tk	0.5	14/05/2001
8	Karavi	1922	2474/2350	6	Sludge tk	0.1	04/01/2001
9	Great Harmony	9600	493/667/00	6	Lo sludge	2.44	06/05/2001
10	Millenium Leader	84755	19257/19760/16332	1	Dirty Oil tk	6.4	29/03/2001

El tiempo de trabajo para el lubricante del motor principal es de 6700 horas en promedio, durante el cual se hace un permanente tratamiento, y se realizan análisis para comprobar su viscosidad y demás características cada 5 meses en promedio.

En los motores auxiliares se tiene el mismo tratamiento pero su durabilidad es menor, 4000 horas en promedio.

Del proceso de tratamiento de los lubricantes resulta un sedimento el cual es almacenado en tanques con una capacidad de 8.2 m³ en promedio. Al igual que en los combustibles los análisis para determinar las condiciones del sedimento se realizan con 2 meses de periodicidad

4.4.3.4. INCINERACIÓN A BORDO

La incineración a bordo es tratada en la regla 16 del Anexo.

Prohíbe la incineración de envases y embalajes contaminados, este tema lo tratan los Anexos I, II y III del Convenio MARPOL 73/78.

También prohíben otras sustancias, difenilos policlorados (PCB), basuras que contengan metales pesados en concentraciones que no sean meras trazas, esto lo trata el Anexo V del presente Convenio.

Prohíbe los productos refinados del petróleo que contengan compuestos halogenados, los cuales pueden ser los residuos del tratamiento de combustibles y lubricantes.

Prohíbe la incineración de lodos de aguas residuales, cloruros de polivinilo (PVC) y en general de todos los productos que contaminen en su combustión.

Todos los nuevos sistemas de incineración deben ser autorizados y homologados por la administración y bajo las reglas de la OMI.

La encuesta da como resultado que los buques queman todos los residuos que son producidos dentro del buque, como lo son basuras, sedimento y entre ellos el del proceso de purificación del combustible y el aceite, también cartón, etc. Esto indica que no se tiene ningún impedimento en incinerar los elementos prohibidos por la regla 16. Sólo en uno de los casos se llevaban los residuos a tierra, en donde posiblemente tienen el mismo tratamiento que los producidos por el puerto donde se hizo el arribo.

Tabla 29: Datos sobre Incineración a bordo

Incineracion a bordo						
Nombre Buque		Residuos que se incineran	Reglamentación para el incinerador			Ins. incinerado
			Nacional	Internacion	Cual	d/m/a
1	Oh San Tok	Sludge residuos		X		20/05/2001
2	London Tower	Sludge residuos		X		14/04/2001
3	Lord P	Sludge residuos		X		19/02/2001
4	Maya Maiden	Sludge residuos y Garbages		X		11/06/2001
5	Yria	Sludge residuos		X		10/11/2000
6	Orgullo	Sin incinerador Residuos a tierra		X		
7	La Bonita	Sludge, waste rags		X		25/04/2001
8	Karavi	Sludge residuos		X		16/11/2000
9	Great Harmony	Oil sludge, Cotoon rags		X		24/04/2001
10	Millenium Leader	Todos los residuos		X		19/03/2001

Al hacerles la pregunta si se aplicaba alguna reglamentación para el funcionamiento del incinerador, respondieron que era internacional pero no especificaron cual.

Las Casas Clasificadoras hacen inspección a los incineradores con una periodicidad de 5 meses aproximadamente, como se vé en la anterior tabla, las fechas señalan la última inspección hecha.

4.4.3.5.EXTINCIÓN DEL FUEGO

Con respecto a la extinción del fuego la OMI ha hecho normativas, dentro de las cuales existe el Convenio SOLAS 1974, (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar 1974), y trata sobre las normas y reglamentos que debe seguir un buque desde su construcción hasta su funcionamiento.

Dentro del Convenio SOLAS está el capítulo II-2 y trata sobre la Construcción - Prevención, Detección y Extinción de Incendios, y tiene diferentes reglas para los diferentes tipos de buques pero existen unas generalidades aplicables para todos los buques.

La regla 5 de la Parte A designa los valores para la utilización de gases en la extinción de incendios para que no sean perjudiciales para la salud humana.

Los elementos activos de los sistemas fijos contra incendios son el anhídrido de carbono y los hidrocarburos halogenados, los últimos son los Halones 1301, 1211, 2402, que en la actualidad son prohibidos por el protocolo de Montreal, pero que según el convenio SOLAS pueden ser utilizados en casos especiales de carga y en cantidades adecuadas.

La encuesta arrojó como resultado que el elemento activo en los sistemas contra incendios de los diferentes tipos de buques encuestados era CO₂, que es el resultado del cambio del elemento activo de los sistemas anteriormente descritos y que en nuestro país se han tomado como solución para otro tipo de aplicaciones en las cuales eran utilizados los halones.

Tabla 30: Resultados datos de extinción del fuego

Extinción del fuego				
N°	Nombre del Buque	Elemento activo	Ejercicios de extinción (semanas)	Ins. al sistema de extinción día/mes/año
1	Oh San Tok	CO2	1	20/05/2001
2	London Tower	CO2	1	14/04/2001
3	Lord P	CO2	1	07/12/2000
4	Maya Maiden	CO2	1	11/06/2001
5	Yria	CO2	1	03/12/2000
6	Orgullo	CO2	1	15/01/2001
7	La Bonita	CO2	1	01/06/2001
8	Karavi	CO2	1	16/11/2000
9	Great Harmony	CO2	2	24/04/2001
10	Millenium Leader	CO2, agua, espuma	1	17/03/2001

La encuesta hizo referencia a la cantidad de veces que eran hechos los ejercicios o pruebas para extinguir incendios, y el resultado fue que en promedio se hace cada semana, y la inspección de la Casa Clasificadora se hace en promedio cada 3 meses y medio.

4.4.3.6.SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

El resultado de las encuestas a la pregunta sobre cual era el elemento activo de los sistemas de refrigeración fue el Freon 22, éste compuesto no está dentro de los elementos que agotan la capa de ozono como tampoco lo contempla el protocolo de Montreal.

Tabla 31: Resultados sobre sistemas de refrigeración

Sistemas de refrigeración					
N°	Nombre del Buque	Elemento activo del sistema de refrigeración	Inspecciones año/mes	Recicla CFC	
				si	no
1	Oh San Tok	Freon 22	01 mes		X
2	London Tower	Freon 22	01 mes		X
3	Lord P	Freon 22	01 mes		X
4	Maya Maiden	Freon 22	03 meses		X
5	Yria	Freon 22	01 mes		X
6	Orgullo	Freon 22	01 mes		X
7	La Bonita	Freon 22			X
8	Karavi	Freon 22	01 meses		X
9	Great Harmony	Freon 22	01 mes		X
10	Millenium Leader	Freon 22	01 mes		X

Al no ser utilizado CFC, en sus sistemas de refrigeración, las respuestas de las preguntas si se reciclaba o se hacía algún tipo de recuperación de éste contaminante y el lugar de disposición de los mismos, fue negativa.

Los sistemas de refrigeración no son tratados como un tema del Anexo, pero si sobre los elementos activos que en su mayoría son agotadores de la capa de ozono.

4.4.3.7.COMPUUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)

Estos son el producto de las cargas de los buques tanque que llevan petróleo o químicos, y que pueden producir los COV.

Lo normatiza la regla 15 y establece la guía para los puertos que puedan manejar éste tipo de emisión.

Por tal motivo se preguntó a los encuestados si tenían algún tipo de sistema de inertización, la respuesta fue negativa, pero la razón es que dentro de los buques encuestados no se encontraba éste tipo embarcaciones que transportara químicos o petróleo.

4.4.3.8.OTRAS PREGUNTAS

Se realizaron las siguientes preguntas:

Se estaría en la disponibilidad económica para adquirir e instalar un sistema de vigilancia y registro de emisiones de Nox. 9 de los 10 buques encuestados respondieron que si, para cumplir con la normatividad del Anexo VI del MARPOL 73/78.

Al igual que la anterior, para el caso de los SOx, se estaría en disponibilidad de comprar e instalar un sistema de vigilancia y control.

La respuesta fue positiva para las 9 embarcaciones.

5.RECOMENDACIONES

Existe la disposición por parte de los encargados de las embarcaciones para la adquisición de las nuevas tecnologías para disminuir las emisiones de gases contaminantes, esto da pautas para implementar nuevas estrategias para motivar a transportadores nacionales.

- Estímulos a las embarcaciones colombianas que deseen cambiar o transformar las motorizaciones de sus motonaves, por medio de créditos a bajas tasas de interés o por medio del sistema de reposición, el cual consistiría en recibir en parte de pago los motores viejos de los motores nuevos.
- Establecer en los puertos de recepción de tráfico internacional, monitoreos para las emisiones de NOx, SOx y COV, por parte de la Superintendencia de Puertos y Transporte con la ayuda técnica de la DIMAR mediante sus centros de investigación, Centro de Control de Contaminación del Pacífico (CCCP) y Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), en colaboración con las autoridades locales y nacionales encargadas del manejo ambiental, comenzando por el Ministerio del Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales, y

Departamentos Administrativos del Medio Ambiente en las grandes ciudades.

Para reducir la cantidad de emisiones por parte de los buques se hace necesarios tener en cuenta varias consideraciones, como lo son:

- Que se presente un ahorro de el gasto de energía utilizada para la movilización del buque, se puede lograr concibiendo nuevos diseños en el área de la hidrodinámica (aplicable a los cascos y hélices), ésto no solo implica una mejora en el consumo de energía sino también en el gasto económico. Ésto aplicaría para los buques nuevos, aplicando éstos nuevos conceptos.
- Para los buques en servicio existe un nuevo concepto para reducir la fricción producida por el casco y que aumenta el consumo de energía, y es la utilización de pinturas antivegetativas con autopulimento, ésta pintura reduce la cantidad de entradas a dique seco para hacer mantenimiento al casco.
- La maquinaria de los buques en servicio pueden mejorar su rendimiento teniendo en cuenta las siguientes modificaciones:
 - Es posible modificar la inyección de combustible de manera que inyecte la misma cantidad de combustible en un tiempo más corto.
 - La sustitución de un sobrealimentador anticuado por uno nuevo y moderno es una solución que al igual que la anterior reduce de 2 a 4 g/kwh.
 - La inyección de agua para reducir las emisiones de NOx es una medida eficaz, ya que tiene una reducción estimada de un 50%, y es aplicable a los motores en funcionamiento.

Existen otras medida para la reducción de contaminantes atmosféricos aplicables a los buques pero su relación costo/beneficio es demasiado alta para un buque en servicio.

Los sistemas de tratamiento que se exponen a continuación corresponden a una fase experimental y no han de ser considerados como soluciones aplicables a un corto plazo.

5.1.CONTROL A BAJA TEMPERATURA DE LAS EMISIONES DE SO₂ Y NO_x MEDIANTE EL USO DE FIBRAS DE CARBONO ACTIVADAS

Es un análisis hecho sobre el comportamiento de las fibras de carbón activado al retener y controlar bajo ciertas condiciones específicas los contaminantes atmosféricos SO_x, NO y NO_x.

Este estudio fue realizado por Integrantes del Instituto Nacional del Carbón en España, y se encuentra patentado.

Uno de los aspectos en la investigación medioambiental es el control de las emisiones a la atmósfera de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) provenientes de sistemas de combustión. Recientemente se han investigado nuevas tecnologías de control basadas en el uso de gránulos de carbón activo para la eliminación simultánea de los óxidos de azufre y de nitrógeno. En este sentido las fibras de carbono activadas (ACF's) poseen características únicas en comparación con los granos de carbón activo. Su pequeño diámetro garantiza la ausencia de restricciones difusiones, mientras que su carácter fibroso permite su uso en distintas configuraciones (v.g.

fieltros). En este trabajo se plantea el estudio y aplicación de ACF's para la eliminación a baja temperatura (<200°C) de SO₂ y NO_x.

5.1.1.ELIMINACIÓN DE SO₂ A BAJA TEMPERATURA

Las fibras de carbono activadas pueden ser utilizadas como una barrera secundaria, una vez que los gases han pasado por un sistema de desulfurización convencional. De esta forma, se puede aumentar el grado de desulfurización hasta un 99%.

Se han llevado a cabo experimentos a 100°C de desulfurización de una corriente simulada de gases de composición conocida en SO₂, H₂O y O₂. SO₂, H₂O y O₂ son adsorbidos sobre la superficie de las fibras de carbono activadas, formándose ácido sulfúrico mediante una reacción catalizada por la superficie de las fibras. El ácido sulfúrico formado permanece adsorbido en la fibra hasta que ésta se satura. Posteriormente el SO₂ puede ser completamente recuperado mediante tratamiento térmico (600°C) en atmósfera de nitrógeno.

Se ha estudiado la capacidad de retención de SO₂ de distintos tipos de fibras de carbono activadas, así como el incremento de dicha capacidad mediante tratamientos térmicos y químicos de las fibras. También se han estudiado tratamientos de regeneración de las fibras y se han analizado las pérdidas de masa de fibra y capacidad de retención durante varios ciclos de adsorción-regeneración.

5.1.2.REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA DE NO CON NH₃ A BAJA TEMPERATURA

Las fibras de carbono activadas pueden actuar como catalizadores en la reducción catalítica selectiva (SCR) de NO con NH₃ a baja temperatura. Su situación ideal en un sistema de combustión, para ser usadas en un equipo SCR de control de emisiones de NO_x, sería después del tratamiento de gases, donde estos estarían libres de partículas y otros contaminantes.

Se han llevado a cabo experimentos SCR en el rango de temperaturas 100-400°C con una corriente simulada de gases de composición conocida en NO, O₂ y NH₃. Se ha observado un mínimo en la actividad catalítica a temperaturas entre 150 y 200°C.

El principal objetivo de esta investigación es el incremento de la actividad catalítica de las fibras mediante tratamientos químicos. Adicionalmente se han estudiado los efectos de la temperatura, concentración de reactantes y presencia de H₂O sobre la actividad catalítica de las fibras.

5.2.MEZCLA DE COMBUSTIBLE CON AGUA

Otro de los estudios realizados para reducir la cantidad de contaminantes en combustibles es el del Profesor Rubén Llanes, quien trabaja en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño, aquí en Bogotá.

El estudio está en fase experimental y se está desarrollando en compañía de estudiantes de la misma facultad.

Las mezclas de combustible y agua no son solo usadas en motores de combustión interna, también se usan en calderas y hornos industriales para mejorar la combustión y disminuir la contaminación.

El principio de operación consiste en aprovechar el alto poder expansivo que posee el agua cuando se le somete a altas temperaturas como las de una cámara de combustión (el agua explota). esto ayuda a pulverizar el combustible y por lo tanto es posible quemar mas combustible en menos tiempo y mas eficientemente.

Algunas características de la innovación son:

- El motor no sufre cambios en el diseño original en ningún aspecto, es decir no necesita costosos kits como los de gas natural , por ejemplo.
- La proporción de agua esta calculada para que lo que se pierde en potencia por haber introducido agua lo gane en eficiencia de combustión. así la perdida es casi imperceptible.
- La contaminación disminuye en todos los aspectos en distintas proporciones, NOx, comp. de azufre, CO₂, CO, partículas, HC. Adicionalmente se midió una disminución del ruido en 5 db.
- El ahorro de combustible es de aprox. 8% en dinero (y como un 13% en volumen) lo cual, con el tiempo será mucho más significativo pues la tendencia al alza de los derivados del petróleo es continua, mientras que la del agua es insignificante.
- Posibilidad de disminuir importaciones, o aumentar exportaciones, según el caso. - Alarga la vida del motor pues las condiciones de funcionamiento se suavizan.
- No es perjudicial para las partes del motor debido a la naturaleza de la mezcla.

El proyecto continua ahora con las pruebas de banco para optimizar sus variables de operación y luego con pruebas de carretera.

6.CONCLUSIONES

📖 El presente estudio técnico da como resultado que la adopción del Anexo VI del MARPOL 73/78 es viable para el país, ya que la administración no tendría que incurrir en gastos excesivos ni en compra de nuevas tecnologías, para los dueños o propietarios de los buques, sólo se tendría que ir adoptando nuevas disposiciones en cuanto al funcionamiento y mantenimiento de las motonaves que entran al país como por ejemplo exigiendo el Certificado internacional de la prevención de la contaminación atmosférica (Certificado IAPP). Para lo cual se deben tener en cuenta las siguientes opiniones:

📖 Los buques que llegan a nuestras costas poseen una antigüedad que no permite la aplicación inmediata del Anexo VI, pero en caso de hacer alguna transformación importante entraría a ser vigente el código técnico de los NOx que hace parte del Anexo VI.

Las mejoras hechas a los motores deberán ser seguidas con un estricto control por parte de las Casas Clasificadoras para se cumplan los parámetros establecidos por el Código técnico de los NOx.

Lo anterior ayudaría a determinar si los buques según sus parámetros de funcionamiento cumplen con las emisiones a las que el código técnico sobre los NOx hace referencia.

📖 Los motores de los buques encuestados tienen un mantenimiento correspondiente a las reglas ya establecidas por los constructores de los buques, en sus fichas técnicas, y por las Casas Clasificadoras, esto garantiza que al momento de la implementación del Anexo VI, con sus

normas de operación para los motores, se tenga un mismo control sobre los procedimientos a seguir.

📖 Mundialmente para la reducción de la contaminación atmosférica por buques se está trabajando en el cambio de motores, combustibles y lubricantes, ya que cada uno de ellos ofrece nuevos formulamientos en contenidos y durabilidad de los mismos.

Lo anterior se dio como conclusión después de:

📖 Los combustibles utilizados internacionalmente llegan a ser mezclas de varios hidrocarburos, donde como resultado es inseguro para el ambiente como para la salud humana.

El combustible colombiano, a pesar de contener mezclas de hidrocarburos, en comparación con los combustibles internacionales utilizados en los buques encuestados es bueno y cumple con la norma internacional que la OMI mediante el MARPOL 73/78 en su Anexo VI ha considerado como permisible para la emisión.

📖 En los procesos de purificación de los combustibles y de los lubricantes se requiere un manejo especial para los sedimentos producidos, en este aspecto se requerirá una estación de recepción que se adecue a las normas que la OMI ha dispuesta para tal fin.

7.GLOSARIO

BUQUE: es una construcción de metal, dispuesta para flotar y deslizarse por el agua, impulsada por hélices movidas por un motor, según su uso se le denomina Buques de Guerra si están al servicio de las Fuerzas Armadas y Buques Mercantes si están destinados al tráfico comercial ya sea de pasajeros o de carga.

TIPOS DE BUQUES:

MERCANCIA	BUQUE EMPLEADO	DESPLAZAMIENTO TRB
PASAJEROS	TRASATLÁNTICO	10.000 50.000
	TRANSBORDADORES	5.000 15.000
CARGA GENERAL	CARGUERO	5.000 12.000
CARGA EN CONTENEDORES	PORTACONTENEDOR	
	1ª. GENERACION	14.000
	2ª. GENERACION	30.000
	3ª. GENERACION	40.000
	PANAMAX	60.000
	OVER PANAMAX	
	ROLL-ON // ROLL-OFF	4.000 12.000
	LASH	30.000
	SEE-BEE	45.000
GRANELES SOLIDOS O LIGEROS	PORTAGRANELES	
	O	20.000-40.000
	CEREALEROS	
	BULK – CARRIER	20.000-100.000
	ORE – CARRIER	30.000-150.000
	MINERALEROS	100.000-150.000
PETROLEO CRUDO	ULTRA LARGE CRUDE CARRIERS	> 400.000

MERCANCIA	BUQUE EMPLEADO	DESPLAZAMIENTO TRB
CRUDO Y DERIVADOS	1ª. GENERACION 2ª. GENERACION 3ª. GENERACION 4ª. GENERACION	< 10.000 10.000-20.000 50.000-150.000 150.000-400.000
GAS LICUA/NATUR	L.G.C./L.N.G	10.000-50.000
POLIVALENTES		10.000 a 15.000

CASCO: es la parte flotante en contacto directo con el agua; constituye el cuerpo propiamente dicho del mismo, formado por un conjunto de piezas distintas⁴¹

QUILLA: Constituye la columna vertebral del casco, extendida longitudinalmente en su parte más inferior

CALADO : Es la medida del espacio ocupado verticalmente por el buque debajo del agua, permitiendo por consiguiente saber si podrá navegar por parajes de profundidad determinada.

TRB: Tonelaje de Registro Bruto (DWT), también denominado “Tonelaje de Arqueo Bruto” (Gross tonnage), es el volumen interior, sin contar las cocinas, los espacios para aparatos auxiliares y de maniobra que están situados en el puente superior. Se mide en unidades de volumen igual a 100 pies cúbicos o sea 2,83 m³. Fueron introducidas por Moorson, de donde se las denomina “Toneladas Moorson” y como se acaba de decir, se refieren a volúmenes y no a toneladas de carga.

⁴¹ ARMADA NACIONAL. ESCUELA NAVAL DE CADETES. Marinería Aplicada. Cartagena: Naval . 1.987. p.1.

TRN: Tonelaje de Registro Neto, (Net Tonnage), se obtiene descontando de TRB los espacios para alojar a la tripulación, los que se destinan al gobierno del buque, a las máquinas, caldera, túnel y tanque de agua. Se mide en las mismas unidades que el TRB. Dado que el TRN, se relaciona con los espacios que dan beneficio (Camarotes, bodegas y otros depósitos), es decir con la utilización comercial del buque, es el factor con que se fijan los derechos que en los puertos deben abonar los buques por los distintos servicios que se le prestan.

FONDEAR: denota la acción de echar el ancla al agua para sujetar el buque. Así mismo se conoce como ancla a un instrumento de hierro forjado que sirve para aguantar desde el fondo a un buque en las proximidades de la costa.⁴²

⁴² PINZON, Hernando. *Marinería Aplicada*. Cartagena: Escuela Naval, 1.887, p. 5-7-

8.BIBLIOGRAFIA

El cambio climático. Un problema de todos. Tomado de:
[www.monografias.com / trabajos / camclimatico / camclimatico.shtml](http://www.monografias.com/trabajos/camclimatico/camclimatico.shtml)

OMI, Información actualizada de la OMI y de los convenios internacionales edición de 1994

OMI, Anexo VI del Marpol 73/78, Londres 1999

Capitán de Fragata Mario Palacios; 1997 El Anexo VI de MARPOL 73/78

El aire. Tomado de: [www.monografias.com / trabajos / aire / aire.shtml](http://www.monografias.com/trabajos/aire/aire.shtml)

Lluvia ácida. Tomado de: www.monografias.com/trabajos5/luac/luac.shtml

OMI, Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diesel marinos. Prólogo. OMI, Londres 1999

OMI, Estudio de las emisiones de gases de invernadero procedentes de los buques. OMI, Marzo 2000

DANE, Proyecciones de población por área según municipios a junio 30 1995-2005”

[www.ecopetrol.com.co / estadísticas](http://www.ecopetrol.com.co/estadísticas)

www.amadeus.net

www.protecusa.com/puradiesel

[www.fammlc.com/htmlpub / home_start.htm](http://www.fammlc.com/htmlpub/home_start.htm) / lubricants / product information / veritas

www.marineproducts.shell.com / marinelubricants / by product name/ shell gadinia

www.castrolmarine.com / products / products information / marine crankase oils-crosshead / marine cylinder oils-crosshead

ARMADA NACIONAL. ESCUELA NAVAL DE CADETES. Marinería Aplicada. Cartagena: Naval . 1.987. p.1.

PINZON, Hernando. Marinería Aplicada. Cartagena: Escuela Naval, 1.887, p. 5-7-