



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

# Capacidad de carga de medio receptor – Aire El Salvador

**Mayo 2018**

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**Contenido**

<b>Glosario .....</b>	<b>3</b>
<b>Abreviaturas .....</b>	<b>3</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Consideraciones Generales .....</b>	<b>5</b>
1.1. Monitoreo de la calidad del aire en El Salvador. ....	5
1.2. Monitoreo automático .....	5
1.3. Monitoreo manual. ....	6
<b>2. Determinación de la Capacidad de carga .....</b>	<b>7</b>
2.1. Inmisiones de Material Particulado .....	7
2.2. Material Particulado PM <sub>2.5</sub> .....	8
2.3. Capacidad de carga para Material Particulado 2.5 micrómetros .....	8
<b>3. Estado actual de la red de monitoreo .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Conclusiones .....</b>	<b>9</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>11</b>

## Glosario

**Capacidad de carga:** propiedad del ambiente para absorber o soportar agentes externos, sin sufrir deterioro tal que afecte su propia regeneración o impida su renovación natural en plazos y condiciones normales o reduzca significativamente sus funciones ecológicas.

**Red de monitoreo de calidad del aire:** conjunto de sitios con la instrumentación necesaria para medir concentraciones de compuestos químicos y material particulado en el aire, la cual es diseñada para ser fija o móvil.

**Aire:** gas que constituye la atmósfera terrestre, formado principalmente de oxígeno y nitrógeno, y con otros componentes como el dióxido de carbono y el vapor de agua.

**Calidad del aire o inmisión:** es la concentración de contaminante que llega a un receptor en un sitio determinado, más o menos alejado de la fuente de emisión

**Contaminación atmosférica:** presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad y la salud de las personas, el medio ambiente.

**Material particulado:** mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire.

## Abreviaturas

AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
EPA	Environmental Protection Agency of United States
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrógeno
NSO	Norma Salvadoreña Obligatoria
OMS	Organización Mundial de la Salud
PM <sub>10</sub>	Material Particulado de 10 micrómetros de diámetro o menos
PM <sub>2.5</sub>	Material Particulado de 2.5 micrómetros de diámetro o menos
PTS	Partículas Totales Suspendidas
REDCA	Red de Monitoreo de Calidad del Aire
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre



## Antecedentes

La OMS menciona en el tema de Calidad del Aire que: “una evaluación de 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el cáncer de pulmón. También se ha observado una relación entre la contaminación del aire exterior y el aumento del cáncer de vías urinarias y vejiga.”

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica provoca en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo 3,7 millones de defunciones prematuras cada año; esta mortalidad se debe a la exposición a pequeñas partículas de 10 micrones de diámetro (PM10) o menos, que pueden causar cardiopatías, neuropatías y cáncer.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ejecuta monitoreo el aire urbano en el AMSS a través de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (REDCA). El MARN posee equipos automáticos (activos) y manuales (pasivos), según lo establece la Norma Salvadoreña Obligatoria de Inmisiones Atmosféricas, NSO 13.11.01:01.

Las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA's) han representado la primera causa de enfermedad para el Ministerio de Salud y durante 2014 el costo fue 46 millones de dólares en atención a este segmento<sup>1</sup>.

La contaminación del aire, sus causas y su costo económico obliga desarrollar estrategias hacia el control y disminución de la contaminación emitidos por actores principales. Además, incidir y persuadir el problema en los funcionarios que tienen poder de decisión en las distintas instituciones relacionadas al tema. Debido a esto es imperativo realizar un estudio que derive en la puesta en marcha de un plan de mejora de la Gestión de Calidad de Aire y como resultado cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 del desarrollo sostenible.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Epidemiología, MINSAL, Día Interamericano de la Calidad del Aire 2015

<sup>2</sup> La resolución 70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas (Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible)



## 1. Consideraciones Generales

### 1.1. Monitoreo de la calidad del aire en El Salvador.

El monitoreo de la calidad del aire inició en el año 2004 por parte del MARN a través de una consultoría, habiéndose realizado el mediciones de diferentes parámetros en varios puntos del AMSS durante 4 años consecutivos, encontrándose los siguientes valores de los parámetros medidos:

Tabla 1 Resumen de monitoreo de la calidad del aire 2004-2007.

		Promedios anuales (ug/m3)				Relación porcentual con la norma			
		2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Dióxido de nitrógeno	Santa Elena	36.58	31.28	36.95	32.74	37%	31%	37%	33%
	Hospital Maternidad	49.45	46.74	48.16	50.98	49%	47%	48%	51%
	Soyapango	39.00	35.61	35.43	39.00	39%	36%	35%	39%
	Colonia Escalon	18.71	24.32	26.26	28.92	19%	24%	26%	29%
	Norma	100.00	100.00	100.00	100.00				
Ozono	Santa Elena	33.18	30.89	33.89	36.16	55%	51%	56%	60%
	Colonia Escalon	35.00	31.38	35.61	39.40	58%	52%	59%	66%
	Norma	60.00	60.00	60.00	60.00				
Partículas totales suspendidas	Santa Elena	101.77	105.17	153.46	127.85	136%	140%	205%	170%
	Colonia Escalon	53.98	58.93	117.55	122.52	72%	79%	157%	163%
	Norma	75.00	75.00	75.00	75.00				
PM10	Santa Elena	41.30	59.24	43.23	37.90	83%	118%	86%	76%
	Hospital Maternidad	67.93	86.12	75.29	68.70	136%	172%	151%	137%
	Soyapango	60.61	65.12	57.65	56.13	121%	130%	115%	112%
	Colonia Escalon	37.34	40.83	30.69	38.13	75%	82%	61%	76%
	Norma	50	50	50	50				

Como se observa en los resultados anteriores, se concluyó en dicho estudio que la contaminación urbana del aire se debe en mayor medida al material particulado ya que en los puntos medidos, su mayoría sobrepasó el límite establecido por la norma nacional.

### 1.2. Monitoreo automático.

Durante el año 2006 el MARN realizó el trabajo denominado “Diagnostico de la Calidad del Aire, Levantamiento de Fuentes Contaminantes y Diseño de Red de Monitoreo”, para lo cual se contrató a la empresa EUROCLIMA.

En el documento final se obtuvo la recomendación de compra de equipo y de ubicación para una red de monitoreo automático para el AMSS, con base a modelación de las emisiones provenientes del transporte público, las condiciones meteorológicas, e incluyó el análisis de datos demográficos.

En el año 2008 se creó la Red de Calidad del Aire, REDCA con la compra e instalación de tres estaciones automáticas, las cuales se instalaron una en la Universidad Don Bosco (Soyapango), la segunda en Centro de Gobierno (San Salvador) y la tercera en el CODEM (San Salvador).

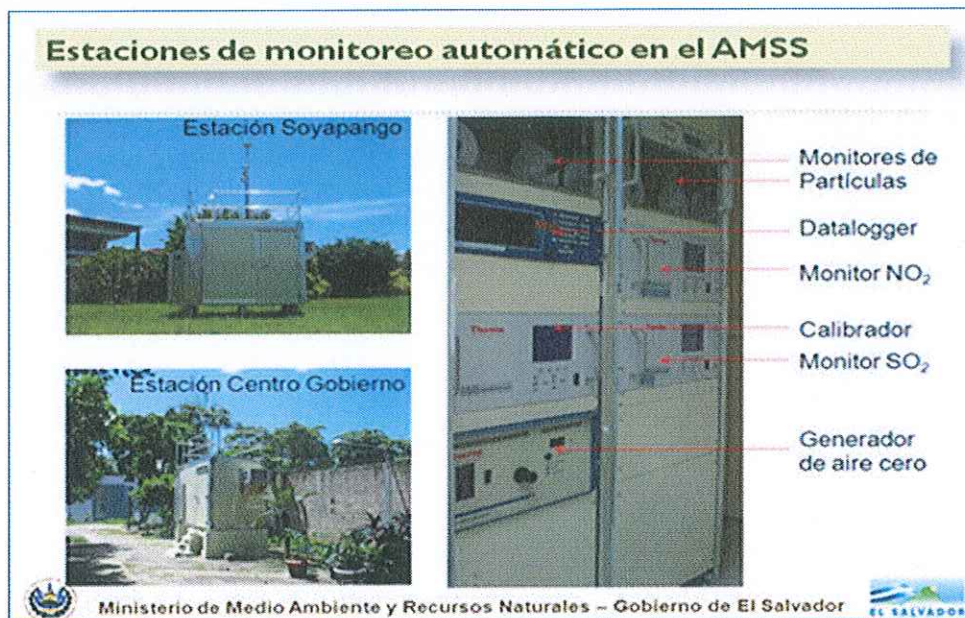


Figura 1 El equipo de estaciones automáticas.

Por ser un equipo muy especializado que funciona con métodos acreditados por la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), son de muy elevado costo, por lo que se adquirió equipo para solamente algunos de los contaminantes establecidos en la norma nacional de calidad del aire, tal como se muestra en la figura anterior.

### 1.3. Monitoreo manual.

Adicional a los equipos adquiridos en el año 2008, se incluyó el monitoreo no automático de Material Particulado PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y Partículas Totales Suspendidas PTS, esto debido a que en consultoría realizada en años previos determinó que el problema principal en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), es producto a las altas concentraciones de material particulado presente en el aire ambiente.

El equipo manual se utiliza adicionalmente para dar apoyo a otras dependencias del MARN cuando es solicitado, por ejemplo en el caso de denuncias ambientales por contaminación del aire, o para el monitoreo de eventos especiales, como el caso de erupciones volcánicas.



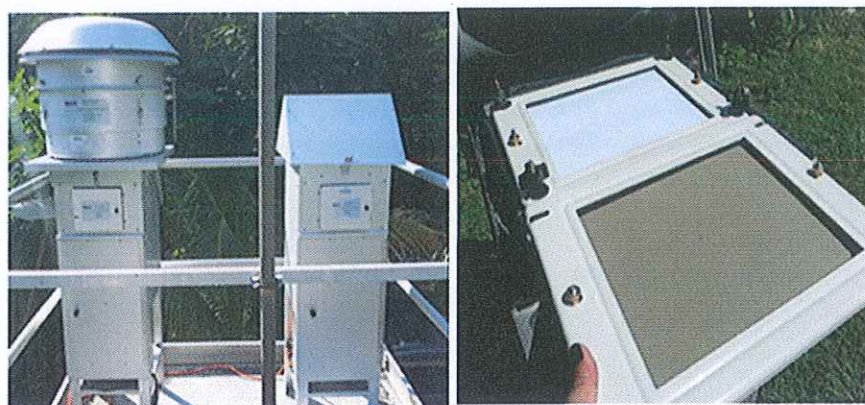


Figura 2 Equipos de medición manual y filtros antes y después de 24 horas de exposición.

## 2. Determinación de la Capacidad de carga

De acuerdo con los estudios mencionados se destaca que el material particulado 2.5 es el parámetro crítico y que los demás parámetros medidos se mantienen por debajo de los límites de la norma Norma Salvadoreña Obligatoria de Inmisiones Atmosféricas, NSO 13.11.01:01. Por tanto, la capacidad de carga del medio receptor aire está referida a este parámetro crítico.

### 2.1. Inmisiones de Material Particulado

Las inmisiones se definen como *contaminantes existentes en el aire cuya absorción causa daño a la salud humana*. El material particulado que se encuentra disperso en la atmósfera posee distinto tamaño y de ello depende el tiempo que permanezcan suspendidas en el aire, la distancia que consigan viajar y el daño que puedan causar a los seres humanos, ya que mientras más pequeñas sean las partículas es más fácil su ingreso en el sistema respiratorio.

El material particulado en el aire ambiente está compuesto de partículas sólidas y líquidas, suspendidas y dispersas, generado por actividades tanto naturales como antropogénicas. Este material en el aire posee diferente tamaño y forma, su clasificación más común es según su tamaño. De acuerdo a su diámetro, las partículas finas son de diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), denominadas  $\text{PM}_{2.5}$ , las cuales son las más fácilmente respirables y causan el mayor daño a la salud de la población, las partículas más gruesas son aquellas cuyo diámetro se encuentra en el rango de 2.5 a 10  $\mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{10}$ .

Además, se tienen el material particulado suspendido el cual está constituido por todas las partículas presentes en el aire, el cual es transportado en un determinado volumen de aire, a este material se le denomina, Partículas Totales Suspendidas (PTS).



Por lo anteriormente descrito las partículas suspendidas se clasifican según su tamaño de la siguiente manera en la tabla 2:

PARTÍCULAS	TAMAÑO
PM <sub>10</sub> (torácicas)	<=10 µm
PM <sub>2.5</sub> (respirables)	<=2.5 µm
PM <sub>10</sub> .PM <sub>2.5</sub> (fracción gruesa)	2.5 - 10 µm

Tabla2. Clasificación de material particulado por tamaño

## 2.2. Material Particulado PM<sub>2.5</sub>

Por el tamaño fino de estas partículas (30 veces más pequeñas que el grosor de un cabello), estas pueden ingresar en las partes más profundas de los pulmones (alvéolos) y generar problemas de salud como el asma, la bronquitis y los síntomas respiratorios agudos y crónicos, que posteriormente también pueden presentar problemas en el sistema cardiaco, siendo la niñez y las personas adultas mayores los más susceptibles a padecerlos, ya que su sistema respiratorio inmune es más débil.

Las fuentes para emitir las PM2.5 en las ciudades son aquellas producidas por el ser humano, pues la mayoría de su generación se realiza durante la quema de combustible fósil como fuente de energía en procesos industriales y en el uso de los automotores. En El Salvador también contribuye la quema de parcelas para preparación de siembras agrícolas, la quema de basura y uso de leña para cocina.

## 2.3. Capacidad de carga para Material Particulado 2.5 micrómetros

Tomando como base la información recolectada durante consultoría: “Diagnóstico de la Calidad del Aire, Levantamiento de Fuentes Contaminantes y Diseño de Red de Monitoreo” realizada durante el año 2006 es factible determinar la capacidad de carga para el medio receptor aire para el contaminante PM2.5 de acuerdo a los siguientes criterios:

- Flujo emisor de 6,156 ton/año para contaminante más crítico PM2.5
- Nivel máximo modelado de concentración de PM2.5 en el año 27µg/m<sup>3</sup>
- Límite máximo establecido en norma vigente para un año 15µg/m<sup>3</sup>

De lo anterior, se establece que la capacidad de carga del medio receptor aire es de 3,447.36 ton/año para el PM2.5, que corresponde al 56% del flujo emisor, lo cual equivale a la relación entre el límite máximo de norma y nivel máximo el modelado para ese parámetro.

### 3. Estado actual de la red de monitoreo

El equipo para el monitoreo de la calidad del aire es muy especializado y por consiguiente de alto costo de adquisición y de mantenimiento. Los equipos que adquirió el MARN en el 2008, utilizan método de medición acreditados por la EPA, lo que incrementa aún más su precio.

Por el alto costo, originalmente no fue posible adquirir los dispositivos monitores para todos los contaminantes establecidos en la norma nacional y con los años los equipos han sufrido desgaste de sus componentes que han sido reemplazados parcialmente, manteniendo el monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5, por la importancia que este tiene en la afectación de la población. Los dispositivos monitores que originalmente fueron adquiridos y que actualmente están fuera de operación son para SO2, CO, NO2, PTS.

Para continuar evaluando la contaminación y la capacidad de carga en el medio receptor Aire, se está gestionando la compra de equipo y el fortalecimiento de las capacidades institucionales a través de la cooperación internacional y una segunda iniciativa encaminada a la adquisición de equipos de bajo costo.

Con las estaciones propuestas de bajo costo se espera recolectar información de PM10, PM2.5, SO2, NO2, O3 y CO, ya que el caso del plomo, se evaluará continuar midiéndolo a través de ensayos de laboratorio.

### 4. Conclusiones

De acuerdo con los estudios relacionados con la calidad del aire, se destaca que el material particulado 2.5 es el parámetro crítico y que los demás parámetros medidos se mantienen por debajo de los límites de la norma Norma Salvadoreña Obligatoria de Inmisiones Atmosféricas, NSO 13.11.01:01

Se establece que la capacidad de carga del medio receptor aire es de 3,447.36 ton/año para el PM2.5, que corresponde al 56% del flujo emisor.

La red de monitoreo actual no permite un adecuado monitoreo de la carga contaminante para los diferentes parámetros requeridos por la Norma salvadoreña, ni para determinar de manera detallada la capacidad de carga del aire como medio receptor.

Se ha gestionado con la cooperación internacional una propuesta para fortalecimiento del monitoreo de la calidad del aire y adicionalmente se está tramitando la adquisición de estaciones de bajo costo para el monitoreo de la calidad del aire.

Elaboró:



**Claudia Salazar**

Técnica en Química y Calidad del Aire  
Dirección del Observatorio Ambiental



**Pablo Ayala**

Coordinador Clima y Agrometeorología  
Dirección del Observatorio Ambiental



## **ANEXO**

### **Propuesta proyecto “Fortalecimiento de Capacidades para el Monitoreo de la Calidad del Aire y mejora de Red de Monitoreo”**



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

## **Fortalecimiento de Capacidades para el Monitoreo de la Calidad del Aire y mejora de Red de Monitoreo**

**Unidad Ejecutora:** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales,  
Dirección General del Observatorio Ambiental

**Contacto del proyecto:**

Nombre: Ing. Celina Kattan

Cargo: Directora Observatorio Ambiental

Teléfono: (503) 2132-9671

Correo: ckattan@marn.gob.sv

**San Salvador, Agosto 2018**

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**ANEXO 5. TÉRMINOS DE REFERENCIA: CONSULTORÍA PARA EL DESARROLLO DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DE AIRE DE EL SALVADOR. 28**

**ANEXO 6. PRESUPUESTO POR RUBRO PARA CALIDAD DEL AIRE. 38**

**3. GLOSARIO 43**

**4. BIBLIOGRAFÍA 43**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL AGS-688 22**

**TABLA 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ANALIZADOR DE GASES ANSED, KANE AUTOPLUS25**

**TABLA 3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN TDR CONSULTORÍA PARA EL DESARROLLO DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO-AÑO BASE 2015-EL SALVADOR. 37**

**TABLA 4. FORTALECIMIENTO DE REDCA-PRECIOS ESTIMADOS A PARTIR DE COTIZACIONES. 38**

**TABLA 5. CREACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIDAD DEL AIRE DEL MARN. PRECIOS ESTIMADOS A PARTIR DE COTIZACIONES. 39**

**TABLA 6. EQUIPO NECESARIO PARA MEDICIÓN DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES (VEHÍCULOS CON FUNCIONAMIENTO DE GASOLINA Y DIESEL). PRECIOS ESTIMADOS EN BASE A COTIZACIONES. 40**

**TABLA 7. EQUIPO NECESARIO PARA ESTACIÓN METEOROLÓGICA. PRECIO EN BASE A COTIZACIÓN. 41**

**TABLA 8. INVERSIÓN TOTAL EN EQUIPO DE CALIDAD DEL AIRE. PRECIO EN BASE A COTIZACIONES. 42**

**TABLA 9. INVERSIÓN EN OTRAS ACCIONES PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE. PRECIOS ESTIMADOS EN BASE A PROYECTOS ANTERIORES. 42**



## 1. ANTECEDENTES

La calidad del aire, el estado del tiempo, el clima, y la salud humana están estrechamente vinculadas. Estas interdependencias son cada vez más evidentes y los profesionales de la salud cada vez están más dependientes de los servicios meteorológicos y climáticos para ayudar a anticipar y gestionar los riesgos para la salud debido a la mala calidad del aire.

Durante el último siglo, la mala calidad del aire se ha convertido en un problema crítico ambiental, de salud pública y económica en todo el mundo, debido al crecimiento industrial y al desarrollo económico que ha provocado un aumento masivo de los contaminantes en el aire.

Los óxidos de nitrógeno, ozono, compuestos orgánicos volátiles (COV), dióxido de azufre y materia particulada (PM) están acumulándose en la atmósfera, sobre todo debido a las ineficiencias en el transporte, la industria, la producción y el consumo de energía. Componentes químicos y contaminantes emitidos a la atmósfera sufren transformaciones químicas y se transportan a lo largo y ancho de los territorios dependiendo del clima y el tiempo.

La calidad del aire también se ve comprometida por los contaminantes naturales como alérgenos aéreos - el polen, el moho - el humo de los incendios forestales, la arena y polvo en el aire, así como por el comportamiento de las personas como la exposición al humo del tabaco o la quema de combustibles sólidos en interiores.

Cuando se inhalan, estos contaminantes penetran profundamente en el sistema respiratorio y causan un gran número de reacciones biológicas perjudiciales en el cuerpo humano. Como resultado, la contaminación del aire es por sí misma el mayor riesgo ambiental para la salud en el mundo.<sup>1</sup>

Por otra parte la OMS en el tema de Calidad del Aire menciona que: “una evaluación de 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el cáncer de pulmón. También se ha observado una relación entre la contaminación del aire exterior y el aumento del cáncer de vías urinarias y vejiga.

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones

<sup>1</sup> By Dr Joy Shumake-Guillemot (WHO/WMO Joint Climate and Health Office), Liisa Jalkanen (WMO Secretariat) and Heather Adhair-Rohani (WHO)  
BOLETIN OMM N63 2014 Air Quality and human health, a priority for joint action.



mencionados de la flota vehicular producen el 51.32% de las emisiones de partículas de PM<sub>10</sub><sup>2</sup>.

Por lo anterior y ante los compromisos adquiridos por el país en el Acuerdo de París-El Acuerdo de París pone de relieve la necesidad de contrarrestar firmemente la tendencia actual en lo relativo a la emisión de gases que contribuyen al cambio climático, lo que a su vez requiere la aplicación de una serie de políticas de atenuación, entre ellas las tecnologías de combustión limpia y los mecanismos de gestión de la demanda. Muchas de esas políticas también limitan los contaminantes atmosféricos insalubres tales como las partículas. Por otra parte, existen contaminantes que afectan directamente al clima y la salud humana, por ejemplo, el hollín. La reducción de la contaminación atmosférica y de los millones de defunciones que se producen cada año por causas asociadas a la contaminación atmosférica exigirá la identificación de muchas tecnologías y políticas ineficientes que también dan lugar a emisiones de contaminantes relacionadas con el clima- es imperativo actualizar el inventario de fuentes de emisión al año 2015 con el propósito de ser utilizado para la formulación de estrategias de adaptación al cambio climático través de la mitigación de gases de efecto invernadero.

4. En tema de salud, las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA's) han representado la primera causa de enfermedad para el Ministerio de Salud. Durante 2014 representaron un costo de \$ 46,303,235<sup>3</sup>. La identificación del gasto económico que se tiene a causa de la contaminación del aire obliga realizar un análisis costo/beneficio que facilite el análisis del problema y posibilite desarrollar estrategias hacia el control y disminución de la contaminación emitidos por actores principales. Además, incidir en la percepción del problema en los funcionarios que tienen poder de decisión en las distintas instituciones relacionadas al tema. Debido a esto imperativo realizar un estudio que derive en la puesta en marcha de un plan de mejora de la Gestión de Calidad de Aire y como resultado cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 del desarrollo sostenible<sup>4</sup>.
5. El MARN ha realizado esfuerzos para contrarrestar la contaminación atmosférica y por ende mejorar la calidad del aire del país. La Red de Calidad del Aire (REDCA) realiza un monitoreo sistemático en el Área Metropolitana de San Salvador, recopilando datos de concentraciones de material particulado de menos o igual a 2.5 micrómetros de diámetro (PM<sub>2.5</sub>), lo que ha dado lugar a la generación e implementación del Protocolo de Actuación en Emergencia por Contaminación del Aire con PM<sub>2.5</sub> en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), en coordinación con el Ministerio de Salud, Dirección General de Protección Civil y el Viceministerio de Transporte VMT. Por otra parte, expertos

<sup>2</sup> Levantamiento Inventario Emisiones, Diagnóstico Calidad Aire, Diseño Red Monitoreo, 2006)

<sup>3</sup> Epidemiología, MINSAL, Día Interamericano de la Calidad del Aire 2015

<sup>4</sup> La resolución 70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas (Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible)



### 2.3. RESULTADOS ESPERADOS:

R1: Ser capaces de transmitir conocimientos adquiridos en monitoreo, pronóstico y gestión de la calidad del aire a nivel nacional y a otros países de la región.

R2: Propuesta de política nacional de la calidad del aire

R3: Propuesta de Reglamentos para la calidad del aire

R4: Técnicos del MARN capacitados en la temática de calidad del aire

R5: Obtención de equipo de monitoreo para inmisiones atmosféricas y emisiones de fuentes fijas y móviles.

R6: Que el MARN cuente con una línea base científica de datos de emisiones atmosféricas provenientes de la flota vehicular del país.

R7: Inventario de emisiones de contaminantes criterio actualizado a 2015; propuestas de ordenanzas municipales en el tema de calidad del aire.

R8: Propuesta de un conjunto de incentivos ambientales dirigidos al sector transporte en aras de mejorar la calidad del aire del país. Identificación de instituciones gubernamentales involucradas en la generación, ejecución, y seguimiento de incentivos ambientales.

### 2.4. MEDIOS DE VERIFICACIÓN (MdV)

MdVR1: Capacitaciones impartidas por técnicos del MARN

MdVR2: Documento en papel y digital de la propuesta de política nacional de calidad del aire

MdVR3: Documento en papel y digital de propuestas de reglamentos para emisiones de fuentes fijas y móviles y de inmisiones atmosféricas

MdVR4: Capacitaciones recibidas por técnicos del MARN.

MdVR5: Equipo instalado y operando para monitoreo de inmisiones y para emisiones de fuentes móviles y fuentes fijas

MdVR6: Documento en papel y digital del protocolo de medición de emisiones atmosféricas de fuentes móviles validado, y en ejecución. Informe de análisis de resultados.

MdVR7: Documentos en papel y digital de inventario y de propuesta de ordenanzas municipales.

MdVR8: Documento en papel y digital de propuesta de incentivos ambientales para el sector transporte, con instituciones gubernamentales involucradas en la generación, ejecución y seguimiento de incentivos ambientales



emisiones de CO provienen principalmente de los gases de combustión generados por camionetas gasolina, seguidos de automóviles particulares y motocicletas

Las emisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> provienen principalmente de la quema de leña en residencias, polvo fugitivo (re-suspensión de polvo de los caminos pavimentados y no pavimentados), el manejo de residuos y las actividades agrícolas (fuentes de área). Las actividades ganaderas y la generación doméstica de amoníaco, junto con la aplicación de fertilizantes, son responsables de la mayoría de las emisiones de NH<sub>3</sub> en El Salvador

De acuerdo a los datos mencionados, surge la necesidad de que el país cuente con una Política Nacional de Calidad de Aire, la cual debe de tener como objetivo primordial, impulsar la gestión de la calidad del aire en el corto, mediano y largo plazo, con el fin de alcanzar niveles adecuados para proteger la salud de las personas. Para ello, es necesario regular los contaminantes de la atmosfera que pueden afectar la salud, identificar principales fuentes de emisión, establecer y promover estrategias para prevenir y reducir la generación de emisiones y garantizar la implementación de compromisos internacionales.

En la actualidad El Salvador cuenta con una Propuesta de Política Nacional de Calidad de Aire; propuesta que fue elaborada en el año 2003, y que a la fecha necesita ser retomada para su actualización.

Para ello, se ha realizado una hoja de ruta identificando actividades prioritarias, que a grandes rasgos consisten en:

1. Creación de un comité interno del MARN, para dar seguimiento a actividades que llevarán a la creación de la Política Nacional de Calidad de Aire.
2. Gestión de apoyo técnico para la elaboración de la Política Nacional de Calidad de Aire
3. Revisión de la propuesta de política nacional de Calidad de Aire para El Salvador (2003), políticas de Calidad de Aire de otros países, políticas nacionales existentes y compromisos internacionales en el tema de calidad de aire.
4. Elaboración y remisión de Directrices para la Evaluación Ambiental Estratégica para la "Política Pública sobre la calidad del aire en El Salvador" a las instituciones competentes.
5. Planteamiento de Justificación y Alcance de la Política: es necesario establecer el alcance y la necesidad de contar con una Política Ambiental dirigida a la calidad de aire, ya que se debe de ejercer continuamente la identificación e implementación de estrategias que promuevan la prevención y minimización de la generación de emisiones contaminantes al ambiente, a la vez de fortalecer la coordinación y participación entre todas las autoridades ambientales competentes, y los sectores privados que son actores incidentes en la calidad



- 10.1.2 Elaboración de un Protocolo Nacional de Inventario de Emisiones Atmosféricas.
- 10.1.3 Elaboración de un Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas.
- 10.1.4 Creación de Manuales de Procesos de autorización y seguimiento para realizar medición de emisiones contaminantes en fuentes móviles.
- 10.1.5 Aseguramiento de la calidad de los datos obtenidos por REDCA, a través de la implementación de la Norma ISO/IEC 17025 para un laboratorio de calidad de aire (REDCA)
- 10.2. Creación de un programa de fortalecimiento institucional dirigido a dotar a las autoridades ambientales de la capacidad necesaria para cumplir sus responsabilidades de prevención, control y monitoreo de la contaminación del aire.
  - 10.2.1. Propuesta de fortalecimiento de la REDCA: adquisición de equipos de medición de la contaminación del aire (emisiones e inmisiones atmosféricas).
  - 10.2.2. Capacitación de los funcionarios de las autoridades ambientales que operan equipos de medición de emisiones e inmisiones atmosféricas tanto en el uso del equipo como en los instrumentos normativos vigentes y nuevos.
- 10.3. Regular los contaminantes de la atmosfera que pueden afectar la salud, estableciendo límites adecuados para proteger la salud de las personas
  - 10.3.1. Propuesta para la creación y actualización de la normativa de Emisiones de Fuentes Fijas y Móviles respectivamente, estableciendo límites adecuados para proteger la salud de las personas
  - 10.3.2. Elaboración de mapas de ruido en las zonas consideradas como prioritarias.
  - 10.3.3. Establecimiento de línea base de calidad de aire.
  - 10.3.4. Diseño de protocolos de actuación en emergencia por contaminación de aire para otros contaminantes criterio en el AMS y para otras ciudades prioritarias.
  - 10.3.5. Establecimiento de medidas de contingencia en zonas prioritarias
  - 10.3.6. Desarrollo de un protocolo comparativo entre la información de materia particulado contenido en el "Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del Aire 2009", y el monitoreo realizado por el MARN a través de REDCA.
- 10.4 Aumentar el control de las fuentes móviles por parte de las autoridades ambientales para garantizar el cumplimiento de la normativa vigente.

### **2.5.3. Reglamentación Técnica de Calidad de Aire en El Salvador**

**R.3:** Elaborar propuesta de reglamentos para emisiones de fuentes fijas y móviles y de inmisiones atmosféricas conjuntamente con técnicos especialistas estadounidenses en el tema.

Actualmente en El Salvador se tienen oficializadas la normativa (NSO 13.11.01:01: Calidad del Aire Ambiental-Inmisiones Atmosféricas; y la normativa NSO 13.11.03:01: Emisiones Atmosféricas-Fuentes Móviles).

Adicionalmente se tiene previsto realizar una revisión y actualización del borrador del Reglamento Técnico Salvadoreño "Emisiones Atmosféricas-Fuentes Fijas Puntuales"

Para ello, se ha determinado necesario ejecutar un análisis comparado de derecho que consistirá en revisar la normativa salvadoreña actual, con normativas y reglamentos internacionales, tales como la normativa que la Agencia de Protección de Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA) posee al respecto. Además, será necesario analizar los informes operativos que reportan los diferentes sectores industriales al MARN, ya que en ellos se encuentra información determinante de tipo y cantidad de contaminantes atmosféricos emitidos al ambiente.

### **2.5.4. Personal técnico del MARN capacitado en Calidad del Aire**

**R.4:** Especialistas MARN capacitados en los siguientes temas:

"Inventario de emisiones de contaminantes criterio".

"Protocolos de actuación ante alerta temprana para contaminación atmosférica"

"Monitoreo de aire urbano (inmisiones atmosféricas y emisiones de fuentes fijas y móviles)",

"Funcionamiento y mantenimiento de instrumentos y equipos de monitoreo de calidad del aire"

"Estrategias viables para minimizar contaminación ambiental".

### **2.5.5. Fortalecimiento de la Red de Calidad del Aire REDCA**

**R.5:** Adquisición e instalación de instrumental en estaciones de monitoreo automático para mejorar y aumentar los sitios de monitoreo que actualmente maneja el MARN, así como también, equipo para realizar control de emisiones de fuentes móviles.



### 2.5.8. Propuesta de incentivos ambientales para el sector transporte.

**R8:** Propuesta de un conjunto de incentivos ambientales dirigidos al sector transporte en aras de mejorar la calidad del aire del país. Identificación de instituciones gubernamentales involucradas en la generación, ejecución, y seguimiento de incentivos ambientales.

La literatura relativa al tema de instrumentos económicos es variada, según Field y Field (2003), una disección básica de los tipos de políticas de incentivos que existen son:

1. Impuestos y subsidios: es el enfoque más directo para controlar las emisiones de un residuo en particular, para lo cual una Autoridad Ambiental debe de ofrecer un incentivo financiero para modificar el nivel de emisiones.
  - a) Impuestos o cargos a las emisiones: el cual se aplica a cada unidad que se emite pasando a ser un costo para el emisor, de tal forma que se incorpora como un costo y deberá ser liquidado a la Autoridad Ambiental en el plazo determinado. Parece que el impuesto podría ser ignorado por el productor y trasladarlo al consumidor, sin embargo esta es una ligereza en el análisis, pues las presiones competitivas no permitirán este incremento en el precio por tiempo indefinido. Con un instrumento como éste se está enviando el mensaje que descargar en el medio ambiente no es gratis.
  - b) Subsidios a las emisiones, el generador recibe una compensación por dejar de emitir cada unidad de contaminación, el pago lo realiza la Autoridad Ambiental de acuerdo a las condiciones determinadas, los resultados esperados son básicamente los mismos que bajo un impuesto. En síntesis el subsidio es un premio por reducir emisiones actuando como un costo de oportunidad ya que renuncia a un cierto nivel de producción que genera una cantidad equivalente de emisiones.
2. Permisos negociables de descarga: genera un nuevo tipo de “derecho de propiedad”, los cuales son ofrecidos por la Autoridad Ambiental autorizando al poseedor del permiso a descargar una cierta cantidad de unidades de emisión. La cantidad total de permisos que poseen todas las fuentes establece un límite superior de la cantidad total de emisiones y estos permisos pueden ser negociados (comprados y vendidos) entre quienes participan en el mercado correspondiente, a un precio acordado por los mismos participantes. La distribución inicial y las reglas de operación son definidas por la Autoridad Ambiental, quien debe abstenerse de alterar el funcionamiento del mercado o caerse la credibilidad del mecanismo con resultados muy lamentables.



Figura 1. Imagen de referencia de estación de monitoreo automática

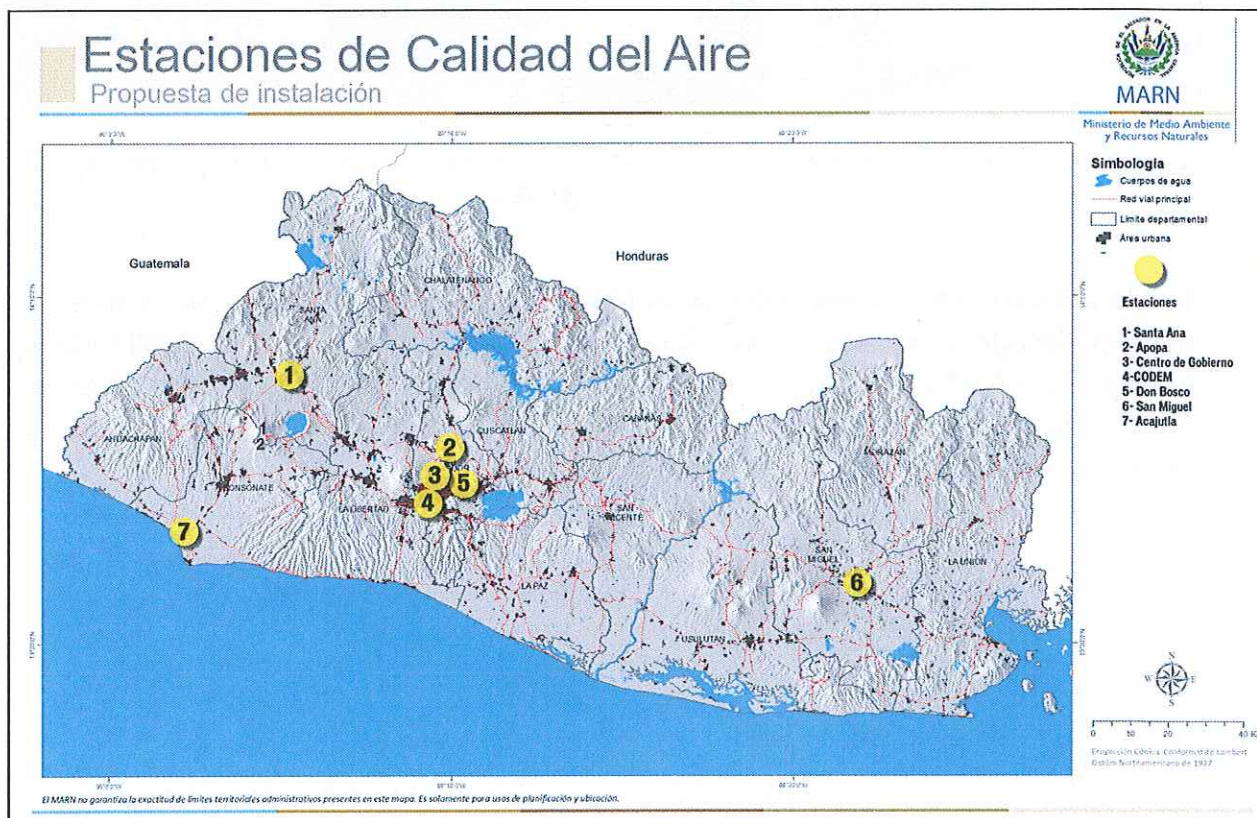


Figura 2. Sitios propuestos para puntos de monitoreo de calidad del aire



### **Anexo 3. PROPUESTA DE EQUIPO PARA DE MONITOREO DE FUENTES MOVILES**

El MARN, conjuntamente con el apoyo de otras instituciones nacionales como es la Policía Nacional Civil, división tránsito y el Viceministerio de Transporte, dirección de tránsito, serán los responsables de realizar mediciones a vehículos que se encuentren en circulación.

Se espera realizar la toma de muestras aleatorias a aquellos automóviles particulares y transporte público para verificar el cumplimiento de los límites establecidos en el marco legal vigente, NSO 13.11.03.01, Norma Salvadoreña Obligatoria de Emisiones Atmosféricas, Fuentes Móviles.

En el mes de Septiembre del año 2016, se visitó el laboratorio/taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz del ITCA, en donde se recibieron explicaciones técnicas por parte de los expertos de dicha institución educativa en materia de ingeniería automotriz. Así mismo se observó la realización de pruebas del equipo de medición de emisiones tanto para un vehículo que funciona con gasolina, así como un vehículo con funcionamiento a diesel.

A partir de esta experiencia, se detallan a continuación, las especificaciones técnicas del equipo con el cual cuenta el ITCA, institución experta en el manejo de emisiones vehiculares. El MARN tiene previsto adquirir equipo de medición de emisiones móviles, por lo cual esta acción permitió indagar con instituciones nacionales acerca de los diferentes equipos disponibles para este tipo de monitoreo.

#### **A.2.1. Especificaciones técnicas del equipo necesario para realizar mediciones de emisiones de fuentes móviles, específicamente de vehículos automotores.**

##### **A.2.1.1. AGS-688-(BrainBeeAUTOMOTIVE)**

AGS-688 (Figura 4) es un analizador de gases utilizado para determinar las diferentes concentraciones de gases contenidas en el escape de vehículos de encendido por chispa. Puede ser utilizado tanto para el control de las emisiones requerido por las inspecciones obligatorias como para el mantenimiento ordinario o la reparación de los vehículos.





Figura 4. Equipo de medición de emisiones vehiculares AGS-688

#### A.2.1.2. HARD ROCK DIESEL: Analizador de gases diesel (CARTEK)

Utilizado para pruebas de motores diesel certificadas de inspección. Incluye Programa de certificación, captor de RPM por ruido de sistema 55-550. Este equipo se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Figura. Hard Rock Diesel analizador de gases.

### A.2.1.5. Analizador de gas de escape de vehículos ANSED, KANE Autoplus.

Este equipo realiza pruebas de HC, O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, y lambda. No requiere de gas de calibración, ni de dinamómetro para pruebas de NO<sub>x</sub>. En la Tabla, se muestran las especificaciones del equipo, y en la Figura se observa el equipo.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del analizador de gases ANSED, KANE Autoplus

Parámetro		Resolución	Precisión	Rango
Monóxido de carbono (infrarrojo)	CO	0.01%	±5% lectura	0-10% Límite 20%
			±0.06% volumen	
Oxígeno (celda de combustible)	O <sub>2</sub>	0.01%	±5% lectura	0-21% Límite 25%
			±0.1% volumen	
Hidrocarburo (Infrarrojo)	HC	1 ppm	±5% lectura	0-5000 ppm Límite 10,000 ppm
			±12 ppm volumen	
Dióxido de carbono (Infrarrojo)	CO <sub>2</sub>	0.10%	±5% lectura	0-16% Límite 25%
			±0.5% volumen	
Óxido nítrico (Celda de combustible)	NO <sub>x</sub>	1 ppm	0-1500 ppm ±5% ó 25 ppm	0-1500 ppm Límite 5000 ppm
Lambda AFR (Gasolina) (LPG)		0.001		0.8-1.2
		0.010		11.76-17.64
				12.48-18.72



#### Anexo 4. Estaciones meteorológicas

El equipo identificado es la estación meteorológica SUTRON que se observa en la Figura 9, la cual es telemétrica automática compatible con las ya existentes en el MARN. Cada estación meteorológica deberá de ir acompañando a cada una de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire (REDCA). Es necesario además que cada estación meteorológica cuente con una cerca o malla de protección de seguridad (Figura 10). Los costos por estación meteorológica se observan en el Anexo 6, Tabla 7.



Figura 9. Estación meteorológica SUTRON.



Figura 10. Red de protección para la estación meteorológica.



**Objetivos específicos:**

- ❖ Estimar las emisiones de contaminantes criterio generadas en el Área Metropolitana de San Salvador, de la ciudad de Santa Tecla, de la ciudad de Santa Ana, de la ciudad de San Miguel, de la ciudad Acajutla y la ciudad de La Unión.
- ❖ Estimar las emisiones de contaminantes criterio generadas a escala municipal sobre todo el territorio nacional.
- ❖ Estimar las emisiones de contaminantes criterio generadas a nivel departamental.
- ❖ Identificar los sectores prioritarios de intervención para el control de emisiones de contaminantes criterio y realizar un análisis comparativo con los determinados en el inventario del año 2009.
- ❖ Capacitar a personal de la institución rectora de la calidad del aire y responsable de la generación del inventario, con el método de aprender haciendo, en el desarrollo de inventarios de emisiones de calidad de aire.
- ❖ Realizar las correcciones necesarias en la elaboración de este inventario, tomando como base las recomendaciones planteadas en el inventario del año 2009.

**3. Metodología a desarrollar y productos esperados.**

El plan de trabajo a entregar para obtener el producto final es:

**Metodología para la elaboración del inventario de emisiones.**

- ❖ **Identificación del propósito del inventario de emisiones**
- ❖ **Definición de las características necesarias del inventario**
- ❖ **Determinación de las fuentes de datos para generar el inventario y selección de técnicas y métodos de estimación de las emisiones**
- ❖ **Recopilar datos relacionados con las emisiones y datos de actividad**
- ❖ **Calcular las estimaciones de emisiones**
- ❖ **Aplicación de la modelación necesaria**
- ❖ **Aseguramiento de la calidad**
- ❖ **Evaluación de la racionalidad y la incertidumbre de los resultados de los inventarios de emisiones**
- ❖ **Almacenamiento electrónico de datos**
- ❖ **Documentación de resultados**

- ❖ A nivel de planta, en el que pueden incluirse diversas actividades emisoras.
- ❖ A nivel de punto de emisión o chimenea.
- ❖ A nivel de proceso o segmento, que representa las operaciones de la unidad de emisión de una categoría de fuentes.

***Sub-categorías sugeridas para ser incluidas como fuentes puntuales:***

Planta eléctrica, manufactura química, refinación de petróleo, producción primaria de metales, producción secundaria de metales, producción de metal fabricado, producción de cemento, industria de vehículos automotores, operaciones de pulpa de madera, impresión y publicaciones, recubrimiento de superficies, terminales a granel, minería y explotación de canteras, manufactura de productos de madera, producción de azúcar, tenerías y acabados, producción de vidrio, producción de partes de hule y plástico, productos textiles, rellenos sanitarios, quema de residuos al aire libre, plantas de asfalto, alimentos y agricultura, combustión en fuentes puntuales.

**Fuentes de área:** Un inventario de fuentes de área, en general, consiste de las siguientes y amplias categorías:

- ❖ Combustión en fuente estacionaria (Ej.: combustión doméstica).
- ❖ Fuentes móviles que no circulan por carreteras (Ej.: trenes, equipo móvil, aeronaves, embarcaciones marítimas comerciales).
- ❖ Uso de solventes
- ❖ Almacenamiento, transporte y distribución de productos
- ❖ Fuentes industriales ligeras y comerciales
- ❖ Agricultura (Ej.: corrales de engorda, quema agrícola).
- ❖ Manejo de residuos (Ej.: rellenos sanitarios).
- ❖ Fuentes de área misceláneas (Ej.: incendios forestales, erosión eólica, caminos no pavimentados).

***Sub-categorías sugeridas para ser incluidas como fuentes de área:***

Combustión industrial, comercial e institucional; combustión residencial (combustibles comerciales), combustión residencial (combustibles de biomasa o derivados de residuos), locomotoras, embarcaciones comerciales, aeronaves, equipo móvil que no circula por carretera (construcción, industrial, recreativo, etc.), cruces fronterizos, terminales de autobuses y de camiones, recubrimiento de superficies industriales, acabado de carrocerías, recubrimiento de superficies arquitectónicas, pinturas de tránsito, limpieza de superficies industriales (desengrasado), lavado en seco, artes gráficas, aplicación e asfalto, uso comercial



camiones diesel de trabajo ligero, vehículos diesel de trabajo pesado, motocicletas y cuatriciclos, vehículos de gas de trabajo ligeros.

### **Fuentes naturales:**

Se consideran las emisiones de COV generadas por la vegetación, de NOx provenientes de los suelos y el material particulado PM generado por la erosión eólica.

### ***Sub-categorías sugeridas para ser incluidas como fuentes naturales:***

- ❖ Vegetación biogénica: emite COV
- ❖ Suelo biogénico: emite COV y NOx
- ❖ Volcanes geogénicos: emiten PM y SOx
- ❖ Filtraciones de aceite y gas-geogénicas: emiten COV
- ❖ Descargas eléctricas: NOx

### **Técnicas básicas de estimación de emisiones.**

Para realizar el inventario de emisiones año base 2015, será necesario tomar en cuenta las siguientes técnicas de estimación de emisiones:

- ❖ Muestreo en la fuente
- ❖ Modelos de emisión
- ❖ Encuestas
- ❖ Factores de emisión
- ❖ Balance de materiales
- ❖ Extrapolación

### **Seguimiento del proceso metodológico para el desarrollo del inventario de emisiones.**

A continuación se detallan los pasos a implementar para darle un seguimiento continuo a la elaboración de inventario de emisiones año base 2015 para El Salvador:

- a) La contraparte del consultor (persona natural o jurídica) será los directores de Saneamiento Ambiental y observatorio Ambiental del MARN, o a quienes designen.
- b) Las funciones del consultor que realizará el inventario de emisiones año base 2015, son:

- Recopilación de toda la información relacionada con las emisiones y los datos de actividad.
- Estimación de emisiones y la modelación necesaria.
- Evaluación de la racionalidad e incertidumbre de los datos
- Aseguramiento de la calidad de los datos
- Almacenamiento electrónico de los datos
- Descripción detallada de la metodología utilizada con referencia a la experiencia, factores clave de éxitos, lecciones aprendidas, recomendaciones, análisis de resultados y conclusiones.
- Documentación relacionada a las sesiones de trabajo con el comité interinstitucional.
- Documentación relacionada al proceso de divulgación de los resultados.

d) Informe final conteniendo:

Resumen ejecutivo

Metodología utilizada durante el desarrollo del inventario

Resultados

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos:

Copia digital de base de datos trabajada para la estimación de emisiones.

Copia digital de modelos utilizados (software).

Así mismo deberá anexar copia del 1°, 2° y 3° informe, y agendas de las reuniones desarrolladas en cada sesión de trabajo con el comité interinstitucional y listas de asistencia, y copia del material didáctico utilizado en cada una de las sesiones de trabajo.

e) Realización de taller de capacitación para los técnicos del MARN y otros.

Los informes deberán ser presentados en original, 3 copias impresas, y 3 copias en formato digital, a la contraparte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para este proyecto.



Tabla 3. Criterios de Evaluación TdR Consultoría para el desarrollo del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio-Año base 2015-EI Salvador.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN									
Consultoría para el desarrollo del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio Año Base 2015 para El Salvador									
Criterios	Puntaje		Participantes						6
	Mínimo	Máximo	1	2	3	4	5	6	
1. Profesional graduado con título universitario en áreas de ingeniería química, ingeniería sanitaria, ingeniería ambiental, licenciatura en química o áreas afines, de preferencia con maestría y de preferencia con post grado en ciencias ambientales	15	20							
1.1 Grado Universitario a nivel de Ingeniería o Licenciatura =15									
1.2 Maestría /Post grado en ciencias ambientales =20									
2. Experiencia General: Con tres (3) años de experiencia en áreas relacionadas con Calidad de Aire	15	20							
2.1 Con tres (3) años =15									
2.2 Mayor de tres (3) años= 20									
3. Experiencia específica: Experiencia comprobada en el desarrollo, elaboración y redacción de inventarios de emisiones de calidad del aire.									
3.1 Experiencia comprobada en la elaboración de por lo menos un inventario de emisiones =15	15	25							
3.2 Experiencia comprobada en la elaboración de más de un inventario de emisiones =25									
4. Experiencia de al menos dos (2) trabajos de actividades o proyectos con instituciones gubernamentales.									
4.1 Experiencia comprobada de por lo menos (2) dos proyectos y/o actividades con instituciones gubernamentales =15	15	20							
4.2 Experiencia comprobada mayor a (2) dos proyectos y/o actividades =20									
5. Experiencia comprobada en el uso de modelos de estimación de emisiones validados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA) en proyectos de calidad del aire									
5.1 Experiencia comprobada de por lo menos (2) dos proyectos = 10	10	15							
5.2 Experiencia comprobada mayor a (2) dos proyectos =15									
<b>TOTAL</b>	70	100							

Tabla 5. Creación de un laboratorio de Calidad del Aire del MARN. Precios estimados a partir de cotizaciones.

Equipo necesario para laboratorio de calidad del aire (1 laboratorio en el MARN)				
EQUIPO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		PRECIO UNITARIO	CANTIDAD
Balanza Semi-Micro	Modelo	EX225/AD		
	Marca	OHAUS		
	Capacidad	220 g		
	Tiempo de estabilización	0.1 mg: ≤3 second, 0.01 mg: ≤8 second	\$ 6,845.00	1
	Diámetro del plato	3.1 in		
Estufa de protocolo general de 100 L GP	Peso neto	16.5 lb		
	Modelo	OGS100		
	Tecnología de convección	Convección por gravedad		
	Intervalo de temperatura	50-250 °C		
	Capacidad	100 L	\$ 4,635.00	1
Desecador de gabinete Vertical digital Transparente	Voltaje/ Frecuencia nominal	120 V/ 60 Hz.		
	Peso	53.07 kg.		
	Marca	Thermo Scientific		
	Modelo	DV-1004		
	Temperatura	Temperatura ambiente únicamente		
TOTAL ESTIMADO PARA LABORATORIO	Presión atmosférica	Normal (NO apta para vacío)	\$ 2,960.00	2
	Termohigrómetro	Digital		
	Humedad relativa mínima	Humedad relativa <25%		
	Dimensiones internas	38*30*53 (60 Lts)		
	TOTAL ESTIMADO PARA LABORATORIO			\$17,400.00



Tabla 7. Equipo necesario para estación meteorológica. Precio en base a cotización.

Equipo para estación meteorológica				
EQUIPO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Registrador de datos y recinto	8310 con recinto Neema y Satlink	7	\$8,446.46	\$59,125.22
	Recinto, acero no modificado 24"x20" con conectores MS	7	\$3,033.19	\$21,232.33
	Panel posterior	7	\$242.66	\$1,698.62
Sensores	Temperatura/Sensor de humedad relativa, con cabeza reemplazable	7	\$875.58	\$6,129.06
	Pluviómetro (métrico), acero inoxidable (cubierta externa solamente), 0.2 mm/Tip (inc. 50pies/Sensor de Viento, SDI-12, Ultrasonico	7	\$798.75	\$5,591.25
	Piranómetro, Silicon, con soporte de nivelación, 10 pies. Cable.	7	\$2,877.49	\$20,142.43
	Sensor de humedad foliar. Incluye 30 m de cable.	7	\$1,233.50	\$8,634.50
	Sensor de humedad del suelo. Incluye 10 m de cable.	7	\$586.40	\$4,104.80
Potencia	Panel Solar, 20 Watt no regulado, incluye soporte.	7	\$505.53	\$3,538.71
	Cargador de Panel Solar Ctrl, 8 amp	7	\$788.63	\$5,520.41
	Asiento de Cable, Panel Solar, 18 pies	7	\$147.61	\$1,033.27
	Batería, 12 VDC, 24AH	7	\$95.04	\$665.28
	Recinto de Hardware de Montaje	7	\$184.02	\$1,288.14
Hardware de montaje y torre	Protector de Radiación, AT/RH	7	\$357.92	\$2,505.44
	Protector de Lluvia, AT/RH	7	\$260.85	\$1,825.95
	Kit de montaje del Pluviómetro para tubo de 2"	7	\$230.52	\$1,613.64
	Asiento de Cable, WS/WD, 30 pies	7	\$113.24	\$792.68
	Kit de Montaje, Piranómetro	7	\$347.81	\$2,434.67
Documentación, montaje en fábrica y pruebas	Torre de sección triangular transversal, acero galvanizado 10 metros	7	\$5,055.35	\$35,387.45
	Kit de Protección de Iluminación, Torre	7	\$485.31	\$3,397.17
	Integración, pruebas, y documentación	7	\$2,022.14	\$14,154.98
Instalación de seguridad para cada estación meteorológica		7	\$4,000.00	\$28,000.00
TOTAL EQUIPO METEOROLOGIA				\$228,816.00

Tabla 10. Inversión total tanto en equipo como en desarrollo de documentos:

<b>Total estimado de inversión para la Gestión de la Calidad del Aire</b>	<b>\$1211,417.25</b>
---	----------------------

### 3. GLOSARIO

- ❖ CO: monóxido de carbono
- ❖ COV: compuestos orgánicos volátiles
- ❖ GOR: gases orgánicos reactivos
- ❖ GOT: gases orgánicos totales
- ❖ ITCA: Instituto Tecnológico Centro Americano
- ❖ MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- ❖ NH<sub>3</sub>: amoníaco
- ❖ NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrógeno
- ❖ PM<sub>10</sub>: partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores a 10 µm
- ❖ PM<sub>2.5</sub>: partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores a 2.5 µm
- ❖ REDCA: Red de Monitoreo de Calidad del Aire
- ❖ SO<sub>x</sub>: óxidos de azufre

### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Field, B. y Field M. (2003). *Economía Ambiental*. México: McGraw-Hill/Interamericana de España