

Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA) en el uso final de la energía del sector gubernamental

TERCER PRODUCTO - INFORME FINAL

- Proyecto PNUD/CNE/00075672 -

Autores:

Alberto Galante Marcos, Luca Lo Re, Daniela Boos, Marc André Marr (Perspectives GmbH);
Ruddy Lemus, Mauricio López, Andrea Mordasini, William Martinez (ENSOSAL S.A. de C.V.)

10.04.2014



Perspectives GmbH

Hamburg Office
Baumeisterstrasse 2
20099 Hamburg, Germany
info@perspectives.cc
www.perspectives.cc

TABLA DE CONTENIDOS

1	Antecedentes del Proyecto	5
2	Resumen NAMA por Sub-sector	6
3	Metodología para la formulación de NAMA	9
3.1	Antecedentes y conceptos sobre NAMA	9
3.2	Metodología para la formulación de NAMA	12
3.3	Contexto nacional de emisiones de GEI	15
3.4	Breve descripción de los sectores analizados	16
4	Caracterización energética de los 3 sectores	21
4.1	Alumbrado Público	21
4.2	Sector Edificios Públicos.....	26
4.3	Sector Transporte Nacional	33
5	Cálculo de la línea de base de GEI para los 3 sectores	39
5.1	Alumbrado Público	40
5.2	Sector Edificios Públicos.....	42
5.3	Sector Transporte	44
6	Medidas de mitigación propuestas bajo la NAMA	46
6.1	Medidas de EE propuestas para el alumbrado público	47
6.2	Medidas de EE propuestas para los edificios públicos	52
6.3	Medidas de EE propuestas para el transporte nacional	58
7	Mecanismos para la implementación de la NAMA	63
7.1	Marco institucional.....	63
7.2	Entidad coordinadora e implementadora de la NAMA.....	65
8	Mecanismos para la financiación de la NAMA	66
8.1	Inversiones y costos de la NAMA.....	66
8.2	Posibilidades de financiación	73
9	Sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV)	79
9.1	Antecedentes y principios de sistemas de MRV	79
9.2	Sistemas de MRV para NAMA.....	80
9.3	Metodología y enfoque para el sistema MRV de la NAMA en el uso final de la energía del sector gubernamental.....	81
9.4	Análisis de metodologías y sistemas MRV existentes a nivel internacional.....	82
9.5	Otras Observaciones para el sistema MRV	93
10	Referencias	94
11	Anexos	96

ABREVIATURAS

ANDA Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados

AP Alumbrado Público

BANDESAL Banco de Desarrollo de El Salvador

BAU Escenario tendencial (*Business as usual*)

BCIE Banco Centroamericano De Integración Económica

BEP Barriles equivalentes de petróleo

BUR Reporte de actualización bienal (*Biennial Update Reports*)

CEPA Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma

CER Reducción Certificada de Emisiones (*Certified Emission Reduction*)

CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CNE Consejo Nacional de Energía

CNR Centro Nacional de Registros

COP Conferencia de las Partes (de la CMNUCC)

EP Edificios Públicos

EE Eficiencia energética

FOSALUD Fondo Solidario para la Salud

GEI Gases de Efecto Invernadero

GPL Gas Licuado de Petróleo

IPCC Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático

LEDS Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones

MARN Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MINEC	Ministerio de Economía
MOPTVDU	Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano
MRV	Monitoreo, Reporte, Verificación
NAMA	Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas
NAMA-DD	Documento de Diseño de NAMA
NAMA-PIN	Nota de Idea de Programa de NAMA
O&M	Operación y Mantenimiento
PIB	Producto Interno Bruto
PESAE	Programa El Salvador Ahorra Energía
PNE	Política Energética Nacional
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PoA	Programa de Actividades
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones
TMAP	Tasa Municipal de Alumbrado Público
TN	Transporte Nacional
VCS	Estándar Verificado de Carbono (<i>Verified Carbon Standard</i>)

1 Antecedentes del Proyecto

Dentro de su Política Energética Nacional 2010-2024 el Consejo Nacional de Energía (CNE) ha establecido la promoción del ahorro y uso adecuado de los recursos energéticos como objetivo estratégico. Entre otros se debería incentivar el uso de tecnologías más eficientes en el sector público, los servicios así como en el sector transporte, a través de normativas, incentivos y promoción educativa del ahorro energético con el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Para alcanzar este objetivo, CNE – junto con el Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD) – creó el Proyecto de Eficiencia Energética en Edificios Públicos (EPPB) financiado por el Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF). Como objetivo principal, el proyecto busca introducir medidas de eficiencia energética (EE) en los edificios públicos nuevos y existentes, para lograr la disminución en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). A través de este proyecto se originaron varias posibilidades para la implementación de Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA), como las acciones de eficiencia energética en el sector gubernamental en el marco de este proyecto.

El proyecto de consultoría para la elaboración del concepto de una NAMA en el uso final de la energía del sector gubernamental busca fortalecer las capacidades nacionales para su implementación, con énfasis en edificios públicos, transporte gubernamental y alumbrado público de los municipios al nivel nacional. Además, la NAMA diseñada según las normativas actuales de la CMNUCC debería facilitar el acceso a financiamiento climático internacional a través de fondos climáticos, el mercado de carbono y otros mecanismos de apoyo.

2 Resumen NAMA por Sub-sector

Alumbrado Público

	Descripción
Sub-sector	Alumbrado Público
Límite de la NAMA	País entero (262 municipios)
Breve descripción del sector	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximadamente 187.000 lámparas actualmente instaladas • Alrededor de 80% de tipo vapor de mercurio con potencia 175 W • Consumo total sub-sector: aproximadamente 138.000 MWh/año • 13% del total de lámparas instalada en San Salvador • 75% del consumo total se concentra en menos del 25% de municipios • Emisiones actuales de GEI: aproximadamente 108.000 tCO₂e/año
Medidas y actividades con impacto directo en la reducción de GEI	<p>Escenario 1: reemplazo de todas las lámparas existentes en los municipios del país por aquellas disponibles en el mercado que ofrecen la máxima eficiencia y nivel similar (o mayor) de iluminación (tecnología LED de diversas potencias)</p> <p>Escenario 2: reemplazo del 25% de las lámparas con tecnología de vapor de mercurio (MER-175 y Otras-MER) y reemplazo del 50% de las lámparas incandescentes con lámparas a vapor de sodio de 100 W y fluorescentes de 40 W, que representan las alternativas de reemplazo que brindan el menor periodo de recuperación de la inversión</p>
Medidas y actividades con impacto indirecto en la reducción de GEI	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de estudios técnico-económicos: dichos estudios podrían ayudar a determinar la mejor propuesta de cambio del sistema de iluminación de AP y efectuar un análisis técnico a nivel de las alcaldías de las instalaciones eléctricas existentes para AP, considerando por ejemplo los niveles de iluminación actuales y analizando el estado de dichas instalaciones eléctricas; • Diseño de iluminación de AP: análisis y simulación de la distribución de los niveles de iluminación actuales y propuestas para la optimización de la distribución de las lámparas por sector; • Utilización de sistemas de generación de energía limpia para la alimentación de los circuitos de AP: la utilización de sistemas de energía limpia (p.ej. energía solar fotovoltaica, eólica o biogás) para la alimentación de los circuitos de AP permitiría lograr una disminución indirecta de las emisiones de GEI, gracias a la disminución del factor de emisión de GEI relacionado con la energía eléctrica consumida; • Incentivos fiscales: se recomienda el diseño y la implementación de incentivos fiscales apropiados para la importación en el país de lámparas más eficientes (p.ej. para las lámparas de tecnología LED o inducción magnética (IM)). • Incentivos fiscales: se recomienda el diseño y la implementación de incentivos fiscales apropiados para la importación en el país de lámparas más eficientes (p.ej. para las lámparas de tecnología LED o inducción magnética (IM)). • Financiamiento de proyectos piloto de eficiencia energética: con el fin de conocer exactamente el potencial de eficiencia energética de los sistemas de AP, se recomienda el financiamiento de proyectos piloto en este campo.
Potencial de ahorro de emisiones GEI	<p>Escenario 1: 68.635 tCO₂eq/año (64% actual)</p> <p>Escenario 2: 9.555 tCO₂eq/año (9% actual)</p>
Inversión Requerida	<p>Escenario 1: 100,3 US\$ Millones</p> <p>Escenario 2: 4,4 US\$ Millones</p>
Tipo de NAMA	NAMA con componentes Unilaterales y Respaldadas
Tipo de ayuda requerida	Financiera, técnica, capacitación local

Edificios Públicos

	Descripción
Sub-sector	Edificios Públicos
Límite de la NAMA	Edificios Públicos del Sector Gobierno (6.542 edificios)
Breve descripción del sector	<ul style="list-style-type: none"> • 6.542 edificios públicos, distribuidos entre 15 Ramos de Gobierno y 136 Instituciones • 76% de la energía eléctrica del sector consumida por 5 ramos (Educación, Salud, Trabajo y Previsión Social, Defensa Nacional y Autónomas) • Consumo total sub-sector: 351.000 MWh/año • Climatización: actividad más consumidora
Medidas y actividades con <u>impacto directo</u> en la reducción de GEI	<p>Escenario 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de 100% de la iluminación (interior y exterior) actual • Reemplazo 100% de equipos de climatización SEER 10 por más eficientes (min. SEER 13) • Reemplazo de 100% de motores de eficiencia estándar con motores de eficiencia mayor • Instalación aislamiento térmico ventanas (en todos los edificios) • Instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de energía solar (1 kWp en todos los edificios) <p>Escenario 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de 20% de la iluminación (interior y exterior) actual y retrofit de 50% de la iluminación actual • Reemplazo 20% de equipos de climatización SEER 10 por más eficientes (min. SEER 13) • Cambio de refrigerante en 30% de equipos de climatización • Reemplazo de 30% de motores de eficiencia estándar con motores de eficiencia mayor • Instalación aislamiento térmico ventanas (en 33% de los edificios) • Instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de energía solar (1kWp en 20% de los edificios)
Medidas y actividades con <u>impacto indirecto</u> en la reducción de GEI	<ul style="list-style-type: none"> • Retrofit de iluminación interior y exterior • Mantenimiento de sistemas de Aires Acondicionados
Potencial de ahorro de emisiones GEI	<p>Escenario 1: 58.341 tCO_{2eq}/año (27% actual)</p> <p>Escenario 2: 15.129 tCO_{2eq}/año (7% actual)</p>
Inversión Requerida	<p>Escenario 1: 84,9 US\$ Millones</p> <p>Escenario 2: 31,1 US\$ Millones</p>
Tipo de NAMA	NAMA con componentes Unilaterales y Respaldadas
Tipo de ayuda requerida	Financiera, técnica, capacitación local

Transporte Nacional

	Descripción
Sub-sector	Transporte Nacional
Límite de la NAMA	País Entero, Vehículos Oficiales de Gobierno (Automóviles, Pick-ups y Camiones)
Breve descripción del sector	<ul style="list-style-type: none"> • 11.358 vehículos nacionales (aprox. 1,5%-3% del total de placas en el País) • Categorías de vehículos más consumidoras / emisoras de GEI a nivel absoluto: Automóviles, Pick-Ups, Camiones • Consumo anual total del sub-sector: aprox. 11 mil litros de Gasolina al año; 20 mil litros de Diésel al año • Emisiones actuales de GEI: 79,9 mil tCO_{2eq}/año (25,3 mil tCO_{2eq}/año Gasolina, 54,6 mil tCO_{2eq}/año Diésel)
Medidas y actividades con impacto directo en la reducción de GEI	<p>Escenario 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo de 100% de vehículos actuales con vehículos híbridos <p>Escenario 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo de 30% de: <ul style="list-style-type: none"> ○ Pick-up Diésel ○ Pick-up Gasolina ○ Automóviles gasolina ○ Camiones Diésel
Medidas y actividades con impacto indirecto en la reducción de GEI	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un sistema de registro de combustible de todas las instituciones del estado y municipales para contar con datos más actualizados y así conocer el consumo real; • Renovación de la flota: limitar la vida útil de los vehículos máximo 15 años e incorporar sistemas de leasing de vehículos eficientes; esto garantizaría el uso de vehículos muy eficientes que utilizan las últimas tecnologías disponibles, y entonces permitiría ahorrar combustible; • Establecer periodos de mantenimiento frecuente y control de los mismos; • Fomento de la capacidad gracias a sesiones de educación vial para todos los miembros de las instituciones que se sirven de los vehículos de Transporte Nacional • Incentivos fiscales: reducción del monto de los impuestos a la importación de vehículos híbridos para aumentar su penetración en el mercado salvadoreño.
Potencial de ahorro de emisiones GEI	<p>Escenario 1: 23.965 tCO_{2eq}/año (30% actual)</p> <p>Escenario 2: 6.717 tCO_{2eq}/año (8% actual)</p>
Inversión Requerida	<p>Escenario 1: Costo inversión: 357,1 US\$ Millones; Costo Incremental: 91,6 US\$ Millones</p> <p>Escenario 2: Costo inversión: 102,1 US\$ Millones; Costo Incremental: 26,5 US\$ Millones</p>
Tipo de NAMA	NAMA con componentes Unilaterales y Respaldadas
Tipo de ayuda requerida	Financiera, técnica, capacitación local

3 Metodología para la formulación de NAMA

3.1 Antecedentes y conceptos sobre NAMA

3.1.1 Antecedentes sobre NAMA

Las negociaciones internacionales sobre el clima eluden o posponen las cuestiones clave hasta los años 2015 y 2020:

- 2015: Fecha límite para alcanzar un acuerdo internacional;
- 2020: Fecha hasta la cual los países en desarrollo no estarán sujetos a límite de emisiones vinculante bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Sin embargo, hasta 2020 los países en desarrollo se integrarán en el régimen de política climática internacional a través de un proceso de “promesa y revisión” o *pledge-and-review*.

Ello implica la petición a este grupo de países de que a partir de 2012 implementen voluntariamente Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA) para garantizar que sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se reducen por debajo del “escenario tendencial” o *business as usual*.

Estas acciones pueden estar respaldadas por financiación, transferencia de tecnología o desarrollo de capacidades por parte de los países industrializados.

Para ello, en el Acuerdo de Copenhague de la COP15 (2009), los países industrializados se comprometieron a movilizar 30.000 millones de US\$ hasta finales de 2012 y hasta 100.000 millones de US\$ al año a partir de 2020 para abordar las necesidades de reducción de emisiones y adaptación al cambio climático de los países en vías de desarrollo.

Hasta la fecha, el apoyo para el desarrollo de NAMA está siguiendo dos caminos diferenciados:

1. Enfoque formal a través de las rondas de negociaciones de la CMNUCC
 - Desarrollo de un registro de NAMA para:
 - Registrar las NAMA que buscan apoyo al nivel internacional.
 - Ofrecer un lugar a los países industrializados para listar informaciones sobre apoyo disponible.
 - Facilitar que el apoyo se corresponda a las acciones.
2. Iniciativas bilaterales y multilaterales fuera de las negociaciones
 - Negociaciones por parte de diversos programas y cooperaciones.
 - Apoyo a la preparación y desarrollo conceptual de NAMA de manera que supongan un mecanismo adecuado para apoyar la mitigación de países en desarrollo.

3.1.2 Conceptos sobre NAMA

El concepto de NAMA fue creado en el Plan de Acción de Bali (2007) durante la COP13 para referirse a acciones (voluntarias) de mitigación por parte de países en desarrollo a partir del año 2012, como se ha explicado anteriormente:

“Medidas de mitigación adecuadas a cada país implementadas por las Partes que son países en desarrollo en el contexto del desarrollo sostenible, apoyadas y facilitadas por tecnologías, financiación y actividades de fomento de la capacidad, de manera mensurable, reportable y verificable”.

Aunque la definición exacta de lo que engloba una NAMA sigue todavía abierta, las posibles medidas a incluir son muy diversas y abarcan tanto los esfuerzos para construir capacidades para reducir emisiones como las propias medidas para reducirlas:

- Políticas y medidas, Regulaciones, Estándares, Programas
- Objetivo nacional/sectorial de emisión (o intensidad de emisiones)
- Incentivos financieros
- Proyectos individuales

Esto supone una expansión del volumen de mitigación y los incentivos de financiación para desarrollo bajo en carbono respecto a los mecanismos existentes hasta ahora.

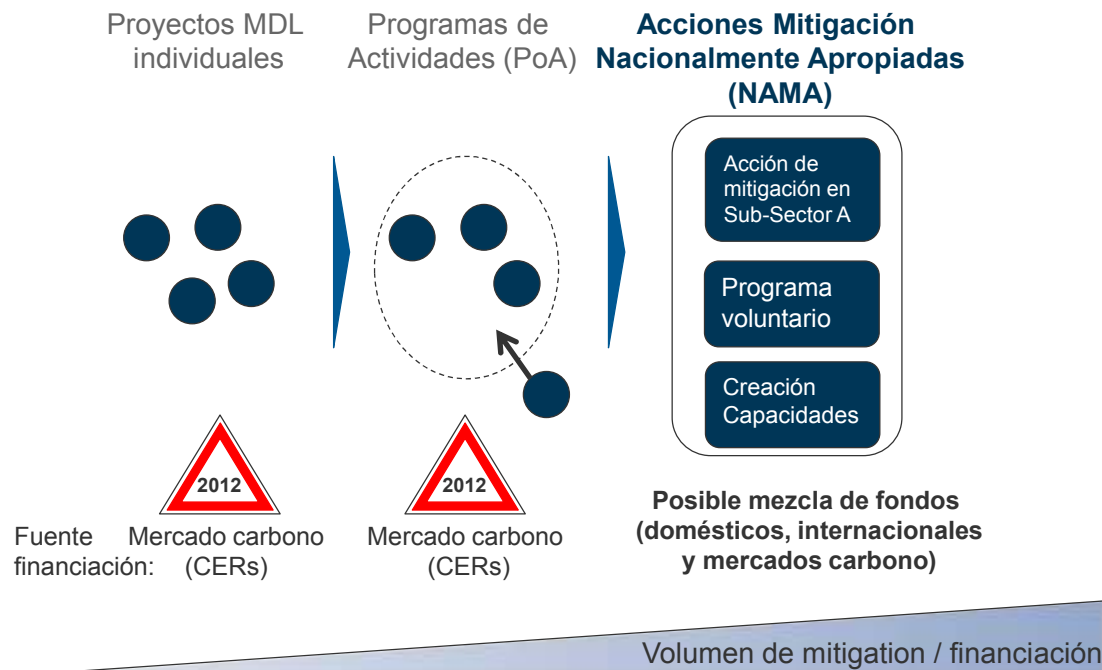


Figura 1: Expansión de la mitigación e incentivos de financiación: de medidas individuales a esfuerzos sectoriales.

Fuente: Perspectives GmbH

El Acuerdo de Cancún de la COP16 (2010) reconoce dos tipos de NAMA:

- las “**unilaterales**” (*unilateral NAMAs*), desarrolladas de forma independiente por los países en desarrollo para lograr reducciones de emisiones sin recibir apoyo o financiamiento externo;
- las “**respaldadas**” (*supported NAMAs*), ejecutadas por los países en desarrollo con apoyo provisto por los países desarrollados. Resultan en reducciones de emisiones más elevadas que las que provienen de acciones que se ejecutan unilateralmente;

Hasta ahora, la mayoría de las NAMA buscan apoyo internacional, aunque esto no implica necesariamente ayuda de tipo financiero. Las NAMA también pueden incluir elementos de desarrollo de capacidades o transferencia tecnológica. El apoyo financiero debe canalizarse mediante donantes bilaterales / multilaterales o a través de plataformas aprobadas oficialmente por la Conferencia de las Partes (COP).

Aparte de por el origen del apoyo, los diferentes tipos de NAMA se pueden distinguir por su potencial de reducción de emisiones comparado con el potencial económico proviniendo del programa. Así las NAMA respaldadas disponen normalmente de un potencial económico elevado en comparación con las NAMA unilaterales por lo tanto cuentan con un potencial de reducción superior, como se muestra en la Figura 2.

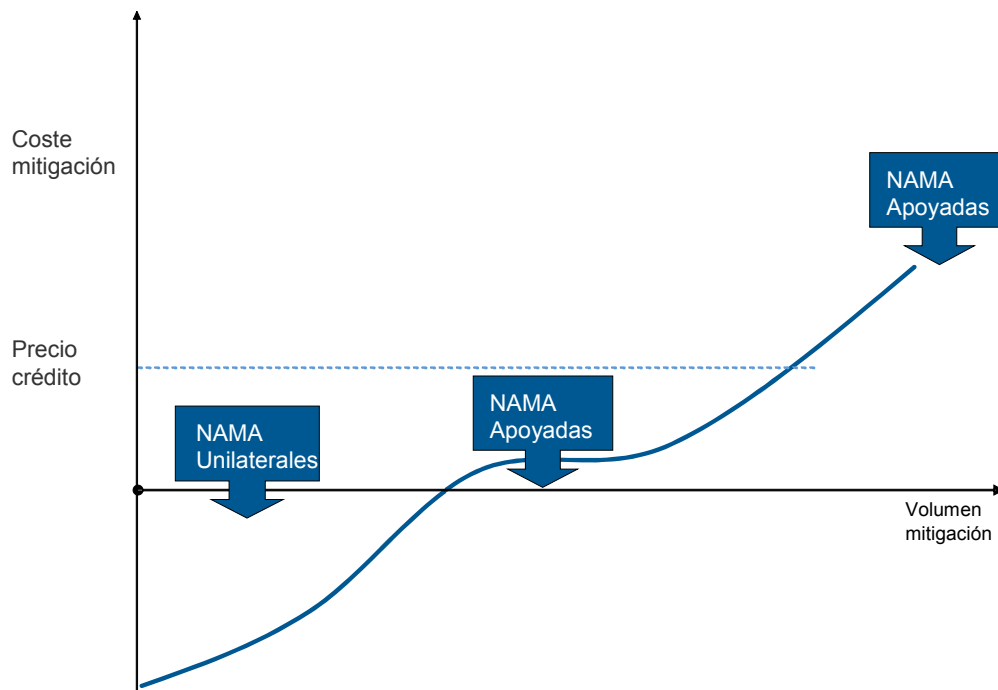


Figura 2: Diferentes clases de NAMA
Fuente: Perspectives GmbH

Finalmente, los procesos de MRV para las NAMA respaldadas deberán realizarse a escala nacional pero siguiendo directrices internacionales desarrolladas por la CMNUCC, mientras que para las NAMA unilaterales probablemente bastará un MRV nacional.

Muchos países en desarrollo están deseando comenzar a desarrollar el concepto de NAMA para poder beneficiarse del apoyo de los donantes a nivel internacional. Sin embargo, solamente lograrán atraer financiación aquellos países que sean capaces de identificar medidas fiables para reducir emisiones, enmarquen estas medidas bajo el concepto de NAMA y prepararen su implementación de una manera rigurosa.

En este sentido, según el Acuerdo de Durban de la COP17 (2011), la inclusión de NAMA respaldadas en el registro de la CMNUCC deberá contemplar:

1. Una **descripción** de la **acción de mitigación** y la **entidad** nacional **responsable** de su implementación, incluyendo información de contacto;
2. El **plazo temporal** previsto para la ejecución de la acción de mitigación;
3. El **costo** total estimado de su **preparación**;
4. El **costo** total estimado y/o el costo incremental de la **implementación** de las medidas de mitigación;
5. La cantidad y el tipo de **apoyo** (financiero, tecnológico y capacitación) **necesario** para preparar y/o implementar la medidas de mitigación;
6. Las **reducciones de emisiones** de GEI previstas;
7. **Otros indicadores** de la implementación;
8. Otra información pertinente, incluidos los **cobeneficios** para el desarrollo sostenible local.

3.2 Metodología para la formulación de NAMA

3.2.1 Aspectos más relevantes a tener en cuenta para identificar y desarrollar NAMA

Las actividades incluidas dentro de una NAMA se pueden diferenciar entre medidas directas y medidas indirectas:

- Las medidas directas influyen directamente en la reducción de emisiones de un país e incluyen proyectos (pilotos) específicos, la definición, implementación y ejecución de regulaciones (p.ej. estándares, tarifas reguladas o *feed-in tariffs*), así como incentivos financieros (p.ej. subsidios o préstamos).
- Las medidas indirectas dentro de una NAMA tienen una influencia en la actitud frente a la mitigación y por eso afectan la reducción de emisiones en una manera indirecta. Estas medidas comprenden estudios y actividades de investigación, desarrollo de estrategias al nivel nacional, internacional y sectorial, creación de capacidades en instituciones y campañas o actividades de sensibilización.

Además, a la hora de identificar y desarrollar NAMA hay que considerar que según su alcance se pueden diferenciar NAMA: proyecto, política o estrategia.

Esto se explica en la figura siguiente.



Figura 3: Diferente caracterización de NAMA según alcance
Fuente: Perspectives GmbH

Para elaborar el programa de medidas directas e indirectas a incluir en el desarrollo de la NAMA, se pueden seguir los siguientes enfoques:

1. **Arriba-Abajo (Top-down):** siguiendo este enfoque, las NAMA se desarrollan a base de las iniciativas políticas y objetivos nacionales predefinidos en el contexto legal del país. Así por ejemplo se define una estrategia de desarrollo bajo en carbono (*LEDS*, por sus siglas en inglés) al nivel nacional que determina los sectores prioritarios y actúa como marco general para diferentes NAMA.
2. **Abajo-Arriba (Bottom-up):** Al contrario, en este enfoque se determinan proyectos (p.ej. MDL, PoAs o proyectos/programas nacionales) cuyo ámbito se podría ampliar a una NAMA.



Figura 4: Enfoques para la identificación de medidas (Arriba-Abajo/ Abajo-Arriba)
Fuente: Perspectives GmbH

3.2.2 Pasos para identificación y desarrollo de NAMA

La identificación y el desarrollo de una NAMA se realizan en general según el siguiente esquema:



----- Parte I: Identificación y selección de NAMA, es la desarrollada en el presente trabajo

Figura 5: Pasos para la identificación y el desarrollo de una NAMA

Fuente: Perspectives GmbH

3.3 Contexto nacional de emisiones de GEI

Las emisiones de **El Salvador** son globalmente insignificantes para producir efectos en el sistema climático (**0.04% de las emisiones globales**). Esto podría llevar a pensar que no merece la pena dedicar esfuerzos a iniciativas de mitigación de emisiones en el país.

Sin embargo, todos los países bajo la CMNUCC incluido El Salvador tendrán que asumir **compromisos vinculantes de mitigación a partir del año 2020**.

Por tanto, el Salvador deberá definir su **estrategia** para el **abatimiento futuro** del **crecimiento** de sus **emisiones de GEI**, asegurando su compatibilidad con sus **objetivos de desarrollo** y de **reducción** de la **pobreza**. Esto se podrá lograr mediante la implementación de actividades de mitigación del cambio climático con **co-beneficios: sociales, económicos** o de **adaptación** (p.ej. en salud a partir de la reducción de emisiones en el sector transporte)

- El inventario nacional de **GEI 2005** arroja un **total de emisiones = 14,45 MtCO₂e**

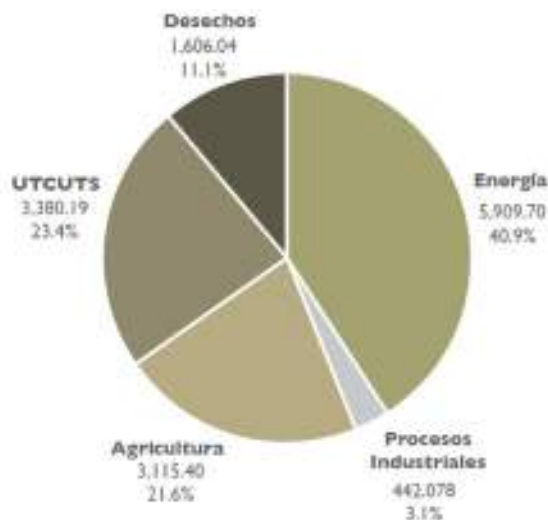


Figura 6: Inventario nacional de GEI 2005

Fuente: MARN-UCA 2010b

- El **sector energía** representa la mayor contribución, con 5,91 MtCO₂e (**41%**)

Fuentes de GEI en el sector de energía	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total	%
Industrias energéticas	1,503.30	1.571	4.322	1,509.19	25.50%
Industrias manufactureras y Construcción	1,127.27	8.599	18.499	1,154.37	19.50%
Transporte	2,467.45	9.639	6.413	2,483.50	42.00%
Aviación nacional	-	-	-	-	0.00%
Por carreteras	2,467.45	9.639	6.413	2,483.50	42.00%
Ferrocarriles	-	-	-	-	0.00%
Otros sectores	522.175	200.162	40.301	762.638	12.90%
Comercial/institucional	77.145	4.521	1.044	82.71	1.40%
Residencial	445.03	195.641	39.257	679.928	11.50%
Emisiones totales en CO ₂ e	5,620.19	219.971	69.536	5,909.70	100.00%

Figura 7: Fuentes GEI en el sector energía

Fuente: MARN-UCA 2010b

3.4 Breve descripción de los sectores analizados

3.4.1 Alumbrado público

El Salvador está dividido en 3 zonas: Occidental, Central y Oriental. Existen 14 departamentos que se subdividen en municipios. En total se cuenta con 262 municipios, agrupados en 39 distritos que pertenecen a los departamentos. Cada municipio está gobernado por una Alcaldía Municipal, cuyo alcalde es elegido cada 3 años y cuya ubicación es en el poblado administrativo del municipio.

El servicio de Alumbrado Público en El Salvador está bajo la responsabilidad de las **municipalidades**. Así, las municipalidades se encargan de la planificación, ejecución y mantenimiento de este servicio y son las **responsables** del **pago** a las **distribuidoras** de electricidad.

Una **parte** importante del **financiamiento** del **servicio** proviene de la Tasa Municipal de Alumbrado Público (**TMAP**), que está fijada anualmente en el Consejo Municipal de cada municipalidad. Las TMAP pueden ser recaudadas por la propia municipalidad o a través de acuerdos con las distribuidoras de energía. En este último caso, la tasa viene reflejada en la factura del servicio de energía eléctrica.

La evolución de la TMAP respecto al costo real requerido para la prestación del servicio de AP a lo largo del tiempo, muestra un desbalance entre los dos, lo cual ha llevado a un detrimento de la calidad del servicio y reduce las probabilidades de implementar medidas de eficiencia energética como el cambio de tecnología en el corto plazo.

El suministro del servicio de AP es independiente del servicio de energía eléctrica de una persona natural o jurídica. Cada municipalidad contrata el servicio de las distribuidoras de electricidad que son: CAESS, DELSUR, CLESA, EEO, DEUSEM, B&D, EDESAL y ABRUZZO. La prestación de servicio en los municipios puede ser directa pero la tendencia es a través de un contrato con un tercero. Es importante tener en cuenta que las **tarifas** establecidas por servicio de AP **no incluyen** costos de **mantenimiento, instalación y reemplazo de luminarias**.

La **facturación** del suministro de energía de AP se hace de manera **mensual** a las municipalidades por parte de las distribuidoras y en base a pliegos tarifarios aprobados y vigentes, términos y condiciones generales y condiciones de facturación¹. El **organismo regulador** del suministro eléctrico es la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (**SIGET**). La tarifa de AP incluye: cargo fijo por comercialización mensual, cargo variable por electricidad consumida (toma en cuenta los costos mayoristas horarios de generación de la electricidad), cargo variable por uso del sistema de distribución (contribuye las instalaciones de la distribuidora necesarias para la distribución de energía hasta el punto de suministro).

A continuación se presentan las tarifas más actuales de AP (octubre 2013) aplicadas según cada empresa distribuidora en el país. Cabe recalcar que las tarifas no incluyen **ningún subsidio**.

¹ Reflejadas en el Acuerdo 49 del 2000, Acuerdos 60 del 2000 y 936 del 2012

Tabla 1: Tarifas de AP vigentes a partir de octubre de 2013, en USD/kWh

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de comercialización								
Cargo fijo (US\$/Usuario-mes)	0,858449	0,963463	0,816545	0,925607	0,922216	2,004897	0,807379	0,856368
Cargo de Energía								
Cargo variable (US\$/kWh)	0,156209	0,157538	0,150920	0,154085	0,149120	0,199517	0,180845	0,191614
Cargo de distribución								
Cargo variable (US\$/kWh)	0,034635	0,050574	0,062451	0,072613	0,071487	0,060234	0,025172	0,033132

Fuente: SIGET, 2013, adaptados por Perspectives GmbH

El Acuerdo 49 de la SIGET determina que en los casos donde no se cuenta con medición directa del consumo de electricidad del AP, la **facturación** se estima **de acuerdo a un censo de lámparas** existentes (realizado entre la distribuidora y la municipalidad), y un consumo unitario mensual por tipo de lámpara (establecido en el mismo acuerdo). El mencionado censo debe ser **actualizado cada 4 meses**: se puede así determinar la facturación del 92% de lámparas instaladas en el país.

Existen medidas y acuerdos entre las empresas distribuidoras y las municipalidades que tienen por objetivo el funcionamiento óptimo de los sistemas de AP (p.ej.: penalidad para las lámparas que no se enciendan durante la noche). Sin embargo, hasta la fecha **no existe una normativa que establezca los niveles de luminosidad mínimos** de los sistemas de AP.

Según el censo más reciente (censo de las distribuidoras del año 2012 del sistema de AP - USAID, 2013), el número **total** de lámparas instaladas a nivel **nacional** es **187.189 lámparas**, distribuidas en los 262 municipios a lo largo del país. El **consumo eléctrico anual** nacional por el AP es de aproximadamente **140 GWh/año**, que corresponde al **3,0% consumo** de energía eléctrica **nacional**.

La distribución de las lámparas a lo largo de los municipios de El Salvador esta ilustrada en la Figura 8. Cabe señalar que la gran **mayoría** de las **lámparas** (aproximadamente el **75%**) están instaladas en un **número** de **municipios** que representan menos del **25%** del **total** del país.

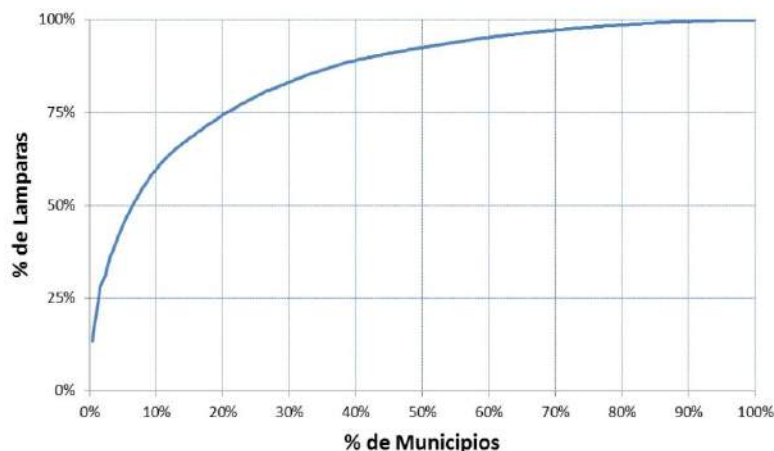


Figura 8: Distribución de número de lámparas por municipios

Fuente: USAID, 2013

3.4.2 Edificios públicos

Según censo de 2011, en el Sector Gobierno se contabilizan **6.542 edificios** que cuentan con un total de 7.559 servicios eléctricos. Estos edificios están distribuidos entre 15 Ramos de Gobierno y 136 Instituciones. A continuación se presentan los Ramos del Gobierno:

- | | |
|-------------------------------|--|
| ▪ Educación | ▪ Gobernación |
| ▪ Defensa Nacional | ▪ Relaciones Exteriores |
| ▪ Salud | ▪ Hacienda |
| ▪ Trabajo y Previsión Social | ▪ Justicia y Seguridad Pública |
| ▪ Autónomas | ▪ Turismo |
| ▪ Presidencia de la República | ▪ Medio Ambiente |
| ▪ Agriculturas y Ganadería | ▪ Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano |
| ▪ Economía | |

A su vez, los Ramos de Gobierno pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- De acuerdo a la cantidad de **instituciones** en cada ramo: Economía, Educación, Defensa Nacional, Salud, Trabajo y Previsión, Autónomas;
- De acuerdo a la cantidad de **servicios eléctricos**: Educación, Salud, Autónomas, Justicia y Seguridad Pública, Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano;
- De acuerdo a la cantidad de **edificios con más de un servicio eléctrico** dentro del mismo ramo: Educación, Autónomas, Salud y Justicia y Seguridad Pública y representan el 80% del total;
- De acuerdo al **total de edificios** ocupados por el mismo ramo: Educación, Justicia y Seguridad Pública, Salud, Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano y Autónomas.

Respecto al consumo de energía, el **76%** del **consumo total** del Sector Gobierno se **atribuye a 5 ramos**: Educación, Salud, Trabajo y Previsión Social, Defensa Nacional y Autónomas. Dentro de estos ramos, el 56% del consumo total se atribuye a las siguientes instituciones: la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), los Hospitales, el Ministerio de Educación y la Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (CEPA). La **institución más representativa es la ANDA** con un consumo del 34% del total de las instituciones; esta institución es la única que compra energía al mercado mayorista y minorista, de acuerdo a las estadísticas de la Unidad de Transacciones (UT) y la SIGET².

² "Desarrollo Estudio Preparatorio Establecimiento Línea Base, Formulación, Estrategia y Metas de Ahorro Energético para Edificios Públicos PNUD/CNE/00075672", Multiconsult y Cia, Ltda, Enero 2013 p.19

Tabla 2: Consumo total ANDA

ANDA	Consumo promedio (kWh/mes)	%
Distribuidoras	10.452.406	28,9%
Contrato	257.58.413	71,1%
Total	36.210.819	100,0%

Fuente: Elaboración propia sobre la Base de Datos de las distribuidoras y pagina web Unidad de Transacciones (UT)

El **sistema de facturación** en **edificios grandes** es mediante **medición única y en primario** (debido a la subestación de más de 300 Kva) y en los **edificios pequeños** (subestación de menos de 300 Kva) mediante la **instalación** de varios **medidores** que agrupan el consumo energético según el colectivo que el área financiera de la dependencia asignada determine.

Los puntos más importantes en la **facturación** son el cargo de **energía** y el cargo de **distribución**, que dependerán de la demanda de potencia, y están definidos según el pliego tarifario como cargos variables. El cargo de energía dependerá de la energía consumida por el cliente. Para demandas mayores a 10 kW el cargo de distribución dependerá del tipo de medidor, si este es de potencia y horario, ya que este último registra tres tipos de cobro determinados por las tres bandas horarias las cuales son pico, valle y resto. El cargo de comercialización está establecido como un cargo fijo cuyas condiciones las determina la empresa distribuidora.

3.4.3 Transporte nacional

El sector transporte de tipo carretero representa más del 85% de la energía total consumida por el sector transporte en El Salvador. Los datos más recientes disponibles sobre el parque vehicular de tipo carretero son de diciembre de 2007: en este año se registraron 605.766 vehículos (BID, 2010).

El tipo de vehículos más representativos en el parque vehicular de El Salvador es el particular con 81,94%. La edad promedio de todo el parque vehicular del país es de 14,52 años (BID, 2010).

Con respecto a la evolución del parque vehicular, se observa un crecimiento exponencial desde los años 60. Asimismo se tiene un crecimiento sostenido del 9% anual del ratio “número de habitantes por vehículo” en El Salvador (BID, 2010).

La distribución por departamento muestra que el 75% del parque vehicular se reparte en 4 departamentos: San Salvador, La Libertad, Santa Ana y San Miguel. En estos departamentos se utiliza más el combustible de tipo gasolina y en los demás departamentos hay una tendencia a usar el combustible tipo diésel.

En el marco del presente estudio, se delimita el sector transporte a los Vehículos Nacionales del Gobierno (Transporte Nacional – TN). En 2013 el **TN** cuenta con **11.358 vehículos** que representan, según estimados, **entre el 1,5 y el 3% del total del parque vehicular** de El Salvador. La clasificación por tipo de medio es la siguiente:

Tabla 3: Distribución de vehículos nacionales por tipo de medio

Tipo de vehículo	Unidades	Tipo de vehículo	Unidades
Ambulancia	169	Microbús	799
Autobús	128	Motocicleta	1
Automóvil	2.838	Panel	210
Cabezal	24	Pick-up	5.476
Camión Liviano	362	Remolque < 15	5
Camión pesado	1.346	Remolque > 15	2

Fuente: Datos provistos por el CNE, 2013

Se puede observar que los tipos de **vehículos más representativos** son: **Automóvil, Camión Pesado y Pick Up.**

En el marco de la presente consultoría se ha procedido a la recopilación adicional de información sobre el sector TN, para saber la distribución de tipo de vehículos por institución y poder realizar un levantamiento de información sobre consumo de combustibles a aquellas instituciones que sean consideradas más relevantes. Por este motivo, se ha contactado con los Oficiales de Información (OI) de las instituciones públicas para realizarles las siguientes consultas:

- **Número total de vehículos oficiales** con los que cuenta cada institución.
- **Número de vehículos por clase:** ambulancia, autobús, automóvil, camión, camioneta, jeep, microbús, motocicleta, panel, pick-up, etc.
- **Combustible utilizado por los vehículos de cada clase:** gasolina y diésel.

Los datos facilitados por el CNE indican que las instituciones con más vehículos son MOPTVDU (Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano), Ministerio de Hacienda, CNR (Centro Nacional de Registros) y FOSALUD (Fondo Solidario para la Salud). Esto se puede inferir de la siguiente figura.

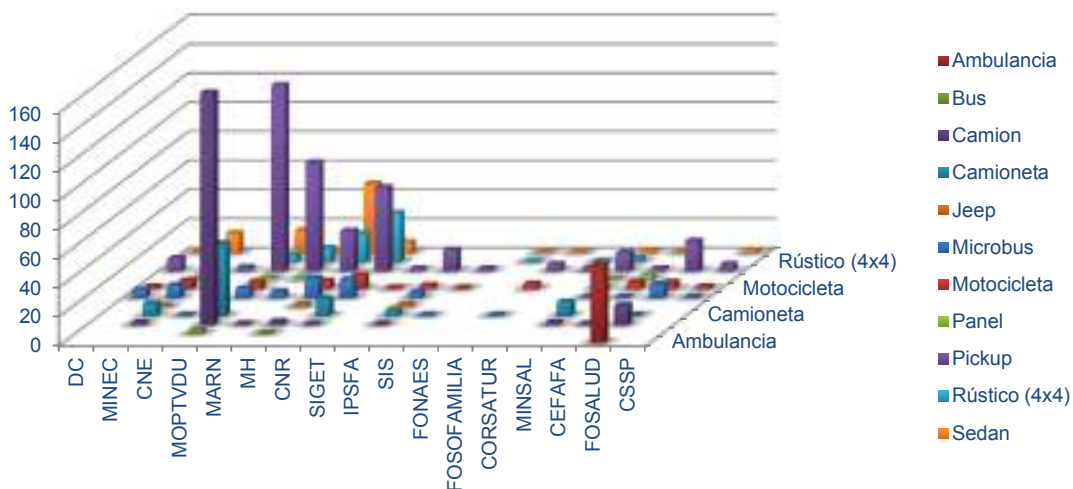


Figura 9: Cantidad de vehículos nacionales por tipo y por institución pública

Fuente: Datos provistos por el CNE, 2013

4 Caracterización energética de los 3 sectores

Se ha seguido el procedimiento mostrado en la Figura 10: para realizar la caracterización energética de los tres sectores considerados en este estudio (sector alumbrado público, sector edificios públicos y sector transporte nacional) al nivel nacional.

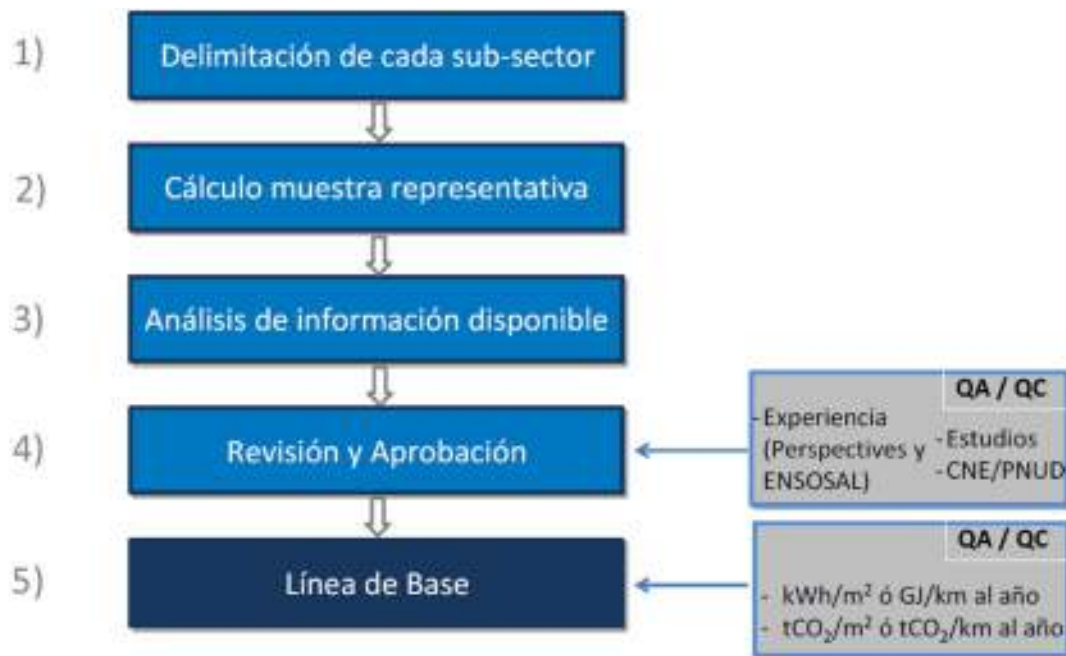


Figura 10: Metodología general para la caracterización energética de los sectores gubernamentales de alumbrado público, edificios públicos y transporte nacional

Fuente: Perspectives GmbH

A continuación se explican en detalle los pasos anteriores para cada uno de los sectores analizados.

4.1 Alumbrado Público

4.1.1 Delimitación del sector AP

El alumbrado público (AP) en El Salvador es responsabilidad de las municipalidades, las cuales gestionan el mantenimiento de los sistemas de AP a niveles municipal. El país cuenta con aproximadamente **187.000 lámparas** de AP instaladas en **262 municipios**. Las empresas distribuidoras AES y DELSUR elaboran censos completos de las lámparas instaladas en los municipios y las bases de datos relativas al 2011 han sido proporcionadas a los consultores por el CNE.

4.1.2 Cálculo muestra representativa del sector AP

La caracterización energética y línea de base de emisiones se podrá realizar a partir de los **censos completos**, por lo que no será necesario calcular una muestra estadística representativa.

El análisis de las bases de datos, junto con una revisión de algunos estudios especializados³, ha mostrado que la cantidad y calidad de los datos disponibles es suficiente para la elaboración de la línea de base energética para este sector. De hecho se dispone no solamente de los números de las lámparas instaladas para la mayoría de los municipios de El Salvador, sino también de los datos de consumo de cada tipo y tecnología de lámparas. Esto permite clasificar los municipios por número de lámparas instaladas y calcular con un grado de confianza razonable el consumo para cada categoría de clasificación. Como se ha señalado anteriormente, la mayoría de las lámparas (aproximadamente el 75%) están instaladas en un número de municipios que representan menos del 25% del total del país.

Basándose en estas consideraciones, se han **clasificado** los **municipios por número de lámparas** de alumbrado público instaladas. El resultado son **cuatro grupos** distintos de municipios que tienen respectivamente:

- Más de 10.000 lámparas de AP instaladas (Grupo 1);
- Entre 5.500 y 10.000 lámparas de AP instaladas (Grupo 2);
- Entre 1.000 y 5.500 lámparas de AP instaladas (Grupo 3);
- Menos de 1.000 lámparas instaladas (Grupo 4).

Tabla 4: Clasificación de los grupos por número de lámparas de alumbrado público instaladas por municipio en El Salvador

Grupo [#]	Tipo de Municipio [nº lámparas instaladas]	Municipios [nº]	Municipios total [%]	Municipios [nombre]	Promedio Lámparas / Municipio [nº]	Lámparas por Grupo [nº]	Lámparas total [%]
1	≥ 10.000	1	0,4%	San Salvador	25.309	25.309	13,5%
2	5.500 ≤ x < 10.000	4	1,5%	Santa Ana, San Miguel, Soyapango, Santa Tecla	8.201	32.803	17,5%
3	1.000 ≤ x < 5.500	57	21,8%	57 municipios	1.444	82.280	44,0%
4	< 1.000	200	76,3%	Resto del país	230	46.797	25,0%
	TOT	262	100%	-	-	187.189	100,0%

Fuente: Perspectives GmbH

Cabe observar que el municipio de San Salvador donde se encuentra la capital del país es el único con más de 10.000 lámparas instaladas y que el **75%** de las **lámparas** instaladas está en los **tres** primeros **grupos** (Grupo 1, Grupo 2 y Grupo 3). Además, como se muestra en las Figura 11 e Figura 12, el grupo que tiene más lámparas de AP instaladas en términos absolutos es el Grupo 3 (más de 80.000 en un total de 57 municipios, con un promedio de 1.444 lámparas instaladas por municipio).

³ Especialmente el estudio: "Programa de alumbrado público más eficiente en el sector municipal de El Salvador - Reporte: Diagnóstico nacional de alumbrado público y experiencia internacional" de USAID

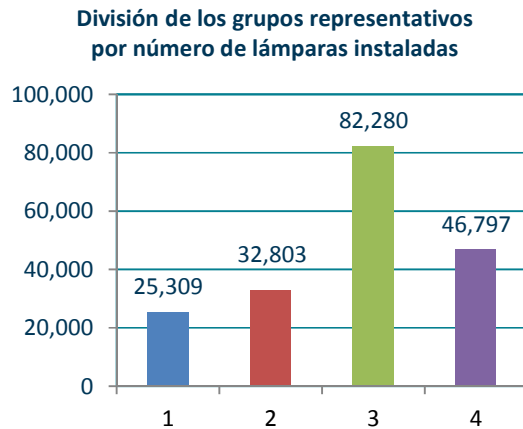


Figura 11: Distribución de las lámparas de AP instaladas por cada grupo representativo. Fuente: Perspectives GmbH

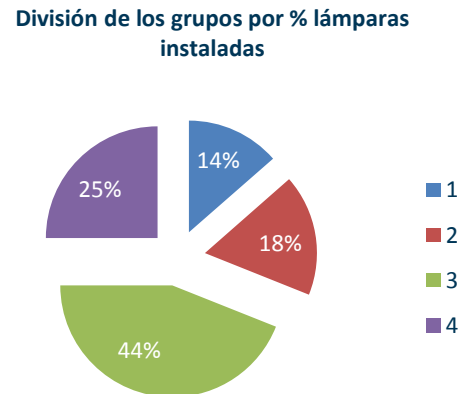


Figura 12: Distribución de las lámparas de AP instaladas por cada grupo representativo. Fuente: Perspectives GmbH

4.1.3 Revisión y aprobación de los resultados obtenidos del sector AP

Los resultados obtenidos en la clasificación del AP se han contrastado con valores de otros estudios de AP con enfoque específico en El Salvador (proporcionados por el CNE) y con la experiencia internacional de los consultores respecto al tema de AP, p.ej. diseño de NAMA de alumbrado público en Indonesia. Además, en el paso siguiente (cálculo de la línea de base energética) se efectuó una comprobación adicional de los valores de consumo energético anual (MWh/año) para cada grupo obtenidos mediante cálculos con los valores actuales reportados en los diferentes estudios.

4.1.4 Caracterización energética del sector AP

A fin de proceder con el cálculo de la línea de base energética de AP, además de conocer el número absoluto de lámparas de AP instaladas para cada grupo representativo (ver Tabla 4) es necesario conocer el tipo de lámparas instaladas en cada grupo y su consumo eléctrico. La buena disponibilidad de datos permitirá calcular la línea de base a partir de dicha información existente.

Un cuadro resumen del tipo de lámparas actualmente en uso en el país, el número de lámparas instaladas y otros datos técnicos (la potencia, el consumo eléctrico mensual, la vida útil) se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Tipo y consumo de lámparas de AP actualmente instaladas en el país

Lámpara	Tecnología	Potencia [W/ ud.]	Consumo Unidad [kWh/ud.-mes]	Vida Útil [Horas]	Lámparas [#]
MER-175	Vapor Mercurio	175	63	12.000	149.578
SOD-250	Vapor Sodio AP	250	88	24.000	13.039
FLUO-65	Fluorescente	65	23	8.000	8.611
SOD-100	Vapor Sodio AP	100	37	24.000	6.034
FLUO-55	Fluorescente	55	20	8.000	2.271
SOD-400	Vapor Sodio AP	400	134	24.000	2.071
FLUO-40	Fluorescente	40	12	8.000	1.391

Lámpara	Tecnología	Potencia	Consumo Unidad	Vida Útil	Lámparas
FLUO-20	Fluorescente	20	7	8.000	1.370
Otras-FLUO	Fluorescente	75	24	8.000	1.336
INC	Incandescente	167	54	2.000	796
Otras-SOD	Vapor Sodio AP	332	108	24.000	299
HM	Haluros Metálicos	494	160	15.000	286
Otras-MER	Vapor Mercurio	238	77	12.000	107
Total					187.189

Fuente: USAID, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

La Figura 13 muestra la distribución de las lámparas instaladas por tecnología y potencia a nivel nacional. Cabe señalar que el tipo de lámpara de AP con uso más extendido en el país es la de vapor de mercurio con potencia de 175 W, representando casi el 80% del total de las lámparas de AP instaladas.

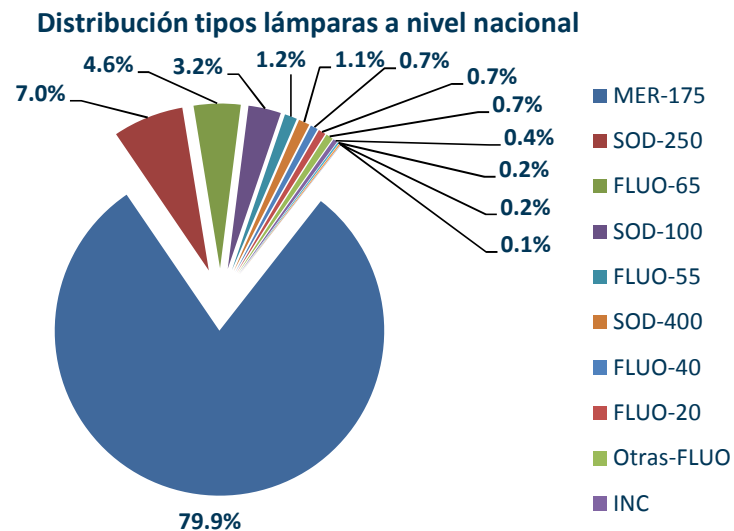


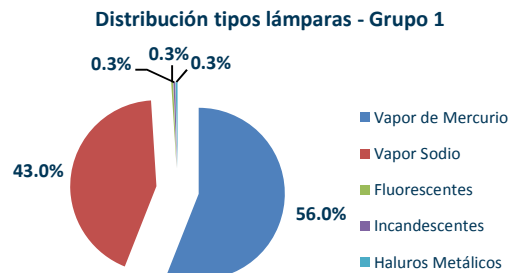
Figura 13: Distribución de tipos de lámparas por tecnología y potencia a nivel nacional

Fuente: USAID, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

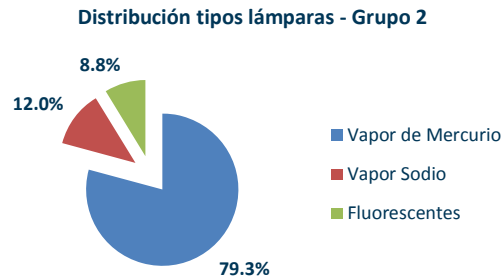
A continuación, para cada grupo representativo identificado, se reporta la distribución promedia de las lámparas de AP instaladas por tecnología y potencia.

Figura 14: Distribución promedia de lámparas de AP en los Grupos 1-4

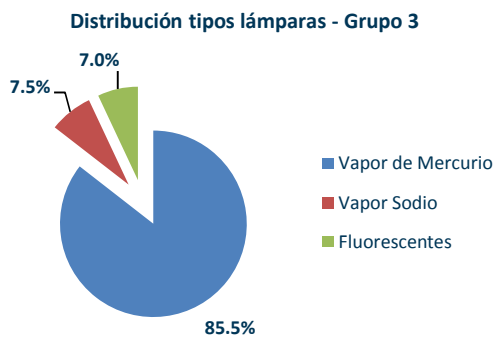
Grupo 1 (> 10.000 lámparas de AP instaladas): Se destaca un claro predominio de lámparas vapor de mercurio (56%) y vapor de sodio (43%).



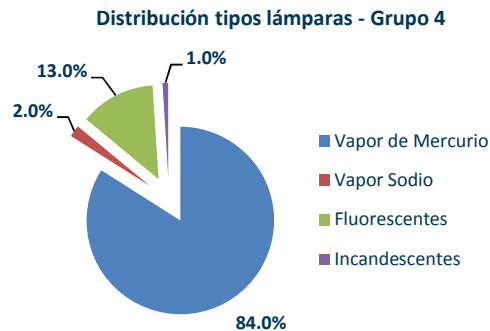
Grupo 2 ($5.500 \leq x < 10.000$ lámparas AP instaladas): Resalta el predominio de lámparas de vapor de mercurio (casi 80%) y no se encuentran lámparas de AP incandescentes y/o de haluros metálicos.



Grupo 3 ($1.000 \leq x < 5.500$ lámparas instaladas): Como para el Grupo 1 y 2, existe un predominio de lámparas de vapor de mercurio (más de 85%); además no se encuentran lámparas de AP incandescentes y/o de haluros metálicos.



Grupo 4 (<1.000 lámparas de AP instaladas): De manera parecida a los otros grupos, las lámparas de AP de vapor de mercurio son las más instaladas también en el grupo 4 (84%). Sin embargo, en este grupo se encuentran más lámparas fluorescentes que lámparas de vapor de sodio.



A partir de estos datos, se ha podido calcular la línea de base energética para el sector AP. Los resultados se muestran en la tabla siguiente. Los detalles de los cálculos se proporcionan en el Anexo.

Tabla 6: Caracterización energética de AP

Consumo Electricidad [MWh/año por grupo]		Tipo de lámparas					TOTAL	
		Vapor Mercurio	Vapor Sodio	Fluorescentes	Incandescentes	Haluros Metálicos		
Grupos Representativos	1	≥ 10.000	10.717	10.235	20	54	160	21.186
	2	$5.500 \leq x < 10.000$	20.125	3.654	557	0	0	24.335
	3	$1.000 \leq x < 5.000$	53.192	5.803	1.393	0	0	60.389
	4	< 1.000	29.723	880	1.471	303	0	32.377
TOTAL			113.757	20.572	3.440	357	160	138.287

Fuente: Perspectives GmbH

105.696 MWh
(76% total)

El valor de consumo de electricidad anual en el AP en el país calculado es aproximadamente 138 GWh/año, mientras el valor medido es de 140 GWh/año⁴. Esta diferencia puede ser justificada por las hipótesis conservadoras que se han considerado para efectuar los cálculos de la línea de base energética.

4.2 Sector Edificios Públicos

4.2.1 Delimitación del sector EP

Los estudios proporcionados al equipo consultor por el CNE⁵ (CNE, 2013 y CNE, 2013 (2)) presentan un análisis energético de los edificios públicos en El Salvador. Dichos estudios cuentan con datos para todos los ramos dentro del sector.

Basándose en estos datos, se ha realizado una evaluación de los diferentes ramos según la cantidad de los consumos de energía eléctrica por mes. Los resultados muestran que **5 ramos** (Educación, Salud, Trabajo y Previsión Social, Defensa Nacional y Autónomas) **representan** de manera agregada **el 76% de la energía eléctrica del sector** (ver Figura 15) mientras que la suma de los otros 10 ramos representa una cuarta parte (24%) del consumo eléctrico total.

⁴ USAID, 2013

⁵ Informe: "Desarrollo Estudio Preparatorio Establecimiento Línea Base, Formulación, Estrategia y Metas de Ahorro Energético para Edificios Públicos PNUD/CNE/00075672", MULTICONSULT Y CIA LTDA., 2013



Figura 15: Porcentaje de los ramos en el consumo de energía eléctrica. Fuente: Perspectives GmbH

Por lo tanto, se ha decidido clasificar los edificios públicos en 6 grupos representativos totales:

- **Educación**
- **Defensa Nacional**
- **Salud**
- **Trabajo y Previsión Social**
- **Autónomas**
- **Resto** (que incluye los ramos: Presidencia de la República, Agriculturas y Ganadería, Economía, Gobernación, Relaciones Exteriores, Hacienda, Justicia y Seguridad Pública, Turismo, Medio Ambiente, Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano)

La Tabla 7 presenta el número de instituciones, el número de servicios eléctricos y el número total de edificios según la clasificación de ramos explicada más arriba.

Tabla 7: Datos relativos a la clasificación por estratos del universo de EP

Ramos de gobierno	No. Instituciones	No. Servicios Eléctricos	Total edificios según informe
Educación	11	4.717	4.110
Defensa Nacional	19	204	172
Salud	13	647	605
Trabajo y Previsión Social	13	112	101
Autónomas	16	195	113
Resto	63	1.296	1.088
Total	135	7.171	6.189

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Cabe señalar que la cantidad de servicios eléctricos fue actualizada durante el desarrollo del estudio proporcionado por el CNE. Esta actualización de cifras da lugar a una diferencia (aproximadamente 10%) de la cantidad del consumo de energía eléctrica usada en el estudio del CNE (2013) para el cálculo de la muestra representativa y la caracterización energética total del sector.⁶

⁶ Las cifras y diferencias exactas se presentan en los Anexos.

4.2.2 Cálculo muestra representativa del sector EP

El sector gubernamental presenta un número elevado de edificios públicos con características muy diversas. En los estudios especializados no se proporcionan datos para cada uno de los edificios, sino que se proporcionan datos recopilados para una muestra de ellos. En los estudios, esta muestra se calculó en base de la metodología de Muestreo Estratificado Aleatorio. Efectivamente, de acuerdo a que existen distintas características que generan diferenciación entre los edificios, no es recomendable realizar una muestra aleatoria convencional para la selección de la muestra representativa. Por ello, se procede a la estratificación⁷ según características diferenciadoras de los edificios siguiendo la clasificación de los informes disponibles:

- Por ramo gobierno
- Por nivel de tensión
- Por tamaño de demanda energética

Para el cálculo de la muestra representativa, se ha aplicado la fórmula estadística de Neyman como sigue:

$$n_h = \frac{N_h * \sigma_h^2}{\sum_{h=1}^6 N_h * \sigma_h^2}$$

Dónde:

h: ramo de gobierno

n_h : tamaño de la muestra en el ramo h

N_h : población del ramo h

σ_h^2 : varianza del consumo eléctrico promedio mensual en el ramo h

En la Tabla 8 se presenta el resultado de este cálculo según el estudio de CNE (2013).

Tabla 8: Resultados del cálculo del tamaño de la muestra representativa

Ramos de gobierno	Muestra representativa calculada (estudios disponibles)
Educación	61
Defensa Nacional	19
Salud	35
Trabajo y Previsión Social	29
Autónomas	15
Resto	57
Total	216

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

⁷ Partición de la población completamente disyunta con las demás que se hagan sobre ésta, es decir, si un individuo pertenece a un estrato entonces no puede pertenecer a otro.

4.2.3 Revisión y aprobación de los resultados obtenidos del sector EP

En los estudios especializados proporcionados por el CNE, la caracterización energética de todo el sector EP ha sido realizada extrapolando los datos disponibles en la base de datos de las empresas eléctricas distribuidoras al total de edificios considerados.

Para evaluar si este procedimiento constituye una muestra representativa de todo el sector, se ha realizado el cálculo del tamaño de la muestra estadísticamente representativa utilizando las formulas incluidas en los estudios disponibles (fórmula de Neyman) y se han comparado los resultados obtenidos con los resultados de los dichos estudios, también realizando un análisis de sensibilidad.

Los resultados de este cálculo varían mucho dependiendo de la desviación estándar del consumo energético dentro del ramo. La desviación estándar representa el grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio; en este caso significa la dispersión de los consumos de energía eléctrica dentro de los ramos. Como el estudio del CNE (2013) no proporciona los consumos exactos de todos los edificios, y por lo tanto no se puede calcular exactamente la desviación estándar, se realizaron tres escenarios con diferentes estimaciones de la desviación estándar. El análisis de sensibilidad realizado y los resultados se presentan en los Anexos.

A continuación, se detallan algunas consideraciones sobre los resultados obtenidos:

- En general, se considera que no se puede descartar que la muestra calculada en el estudio proporcionado por el CNE (2013) sea representativa. Sin embargo, el análisis de sensibilidad realizado ha demostrado que el valor final, así como la distribución por ramos, dependen fuertemente de los diferentes parámetros utilizados dentro de los diferentes ramos (p.ej. desviación dentro del ramo, etc.);
- Se destaca una diferencia substancial para el valor de los edificios encuestados en el ramo Educación;
- Además, en el estudio CNE (2013) se encuestó y midió una mayor cantidad de edificios que la prevista según la muestra considerada representativa (ver Tabla 9), y por lo tanto los datos disponibles se consideran representativos.

Tabla 9: Edificios encuestados y medidos en el estudio CNE (2013)

Ramos de gobierno	Muestra representativa calculada	Edificios encuestados
Educación	61	71
Defensa Nacional	19	29
Salud	35	50
Trabajo y Previsión Social	29	30
Autónomas	15	19
Resto	57	62
Total	216	261

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Además, se ha realizado una verificación de los datos de consumos energéticos (electricidad y combustibles fósiles) en base a la experiencia de los consultores sobre eficiencia energética en el sector de edificios (p.ej. Elaboración de una metodología para la formulación y conceptualización de NAMAs con criterios de eficiencia energética en rehabilitación de edificaciones públicas en Colombia. 2012. Cliente: PNUD), así como en estudios internacionales realizados en un contexto parecido (clima, región, equipamiento, etc.). Sin embargo, al no disponer de los resultados en detalle de las encuestas ni la superficie (en m²) de todo el sector, la revisión no ha podido realizarse de manera completa.

4.2.4 Caracterización energética del sector EP

En los estudios proporcionados (CNE, 2013), se siguió el enfoque de elaborar la caracterización energética (energía eléctrica y combustibles fósiles) de los edificios públicos a través del análisis y cálculo de los consumos finales de los edificios investigados y la extrapolación de estos resultados al consumo total del sector. En concreto, se calcularon los porcentajes de edificaciones de los diferentes ramos en los usos finales (p.ej. cocción, iluminación, climatización, generación eléctrica, etc.). Dichos porcentajes se aplicaron a los consumos finales del sector en cuanto a combustibles fósiles y electricidad.

En el estudio CNE (2013) se consideraron los cuatro parámetros siguientes para realizar la caracterización energética:

- Consumo de **electricidad** (kWh_e/mes) de los **edificios encuestados**;
- Consumo de **combustibles** de los **edificios encuestados**;
- Consumo **total de electricidad** de los **diferentes ramos** según **base datos de distribuidoras**;
- Consumo **total de combustibles** de los **diferentes ramos** según **estadísticas de MINEC**.

A partir de estos datos, se ha podido calcular de manera aproximada la línea de base energética para el sector EP. Se proporcionan los detalles de los cálculos y la metodología utilizada en el Anexo. Los resultados están ilustrados en la Tabla 10 y en la Tabla 11.

Tabla 10: Resultados consumos de combustible y de energía eléctrica por usos finales en el sector de EP

Usos finales	Consumo de combustibles y de energía eléctrica por usos finales							Total [MWh/año]
	Carbón [MWh/año]	Leña [MWh/año]	GLP [MWh/año]	Fuel Oil [MWh/año]	Diesel Oil [MWh/año]	Gasolina [MWh/año]	Energía Eléctrica (*) [MWh/año]	
Cocción	2	2.488	51.140	-	-	-	-	53.631
Iluminación	-	-	-	-	-	-	47.245	47.245
Climatización	-	-	-	-	-	-	112.442	112.442
Equipamiento de oficina	-	-	-	-	-	-	31.480	31.480
Transporte	-	-	1.179	-	13.361	6.779	-	21.319
Otros usos	-	-	180	-	547	512	56.887	58.125
Generación eléctrica	-	-	-	-	570	-	-	570
Generación vapor	-	-	991	663	24.361	-	-	26.014
Total	2	2.488	53.490	663	38.838	7.291	248.054	350.825

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Tabla 11: Resultados consumos de combustible y de energía eléctrica por ramos del gobierno en el sector de EP

Ramos de gobierno	Consumo de combustibles por ramos y por año							Energía Eléctrica (*) [MWh/año]	Total [MWh/año]
	Carbón [MWh/año]	Leña [MWh/año]	GLP [MWh/año]	Fuel Oil [MWh/año]	Diesel Oil [MWh/año]	Gasolina [MWh/año]			
Educación	2	1.814	9.605	-	1.523	337	42.187	55.469	
Defensa Nacional	-	674	22.896	-	1.907	1.151	23.642	50.270	
Salud	-	-	14.151	663	12.593	698	44.078	72.183	
Trabajo y Previsión Social	-	-	6.709	-	16.826	291	37.195	61.021	
Autónomas	-	-	-	-	767	151	41.632	42.551	
Resto	-	-	129	-	5.221	4.663	59.319	69.332	
Total	2	2.488	53.490	663	38.838	7.291	248.054	350.825	

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

(*) Los cálculos del consumo de electricidad se basan en los datos más actuales de las distribuidoras de electricidad

En la Figura 16 se muestra la distribución del consumo final en el sector de EP. Cabe señalar que la mayor parte del consumo de energía forma la electricidad (71%), seguido por GLP (15%) y Diésel Oil (11%).

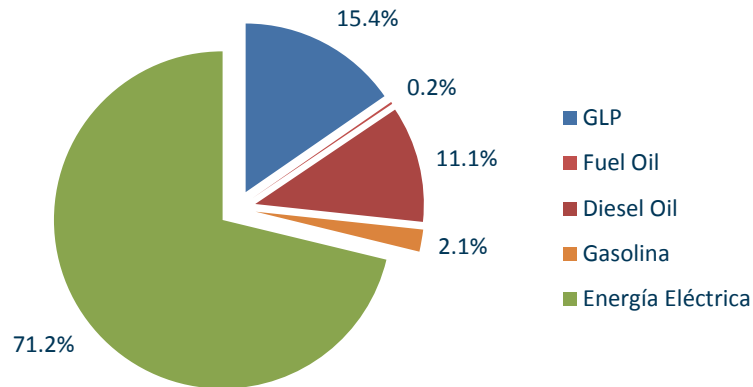


Figura 16: Porcentaje del consumo final en el sector de EP por combustible y energía eléctrica

Fuente: Perspectives GmbH

A continuación, la Figura 17 y Figura 18 muestran la distribución del consumo energético por usos finales y ramos. Se puede concluir que los consumos están repartidos entre los ramos de manera casi equivalente, sin embargo los consumos de los ramos Salud (21%) y Resto (20%) son ligeramente más elevados comparados con los otros ramos. Con respecto al consumo por usos finales, se evidencia que el consumo por climatización representa más de un tercio (35%) del consumo total del sector de EP, mientras los consumos por cocción (17%), iluminación (15%) y otros usos (18%) están alineados aproximadamente sobre el mismo valor.

Consumo energético por usos finales

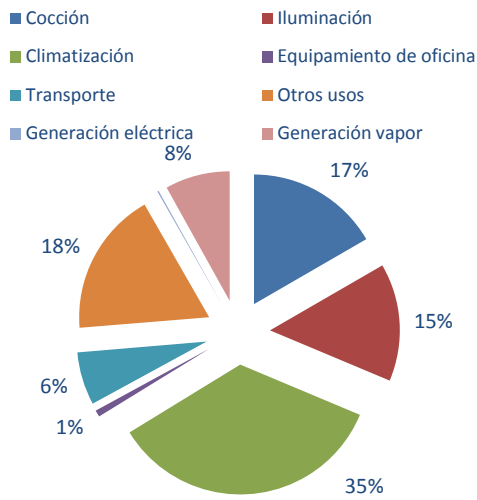


Figura 17: Consumo energético por usos finales
Fuente: Perspectives GmbH

Consumo energético por ramo

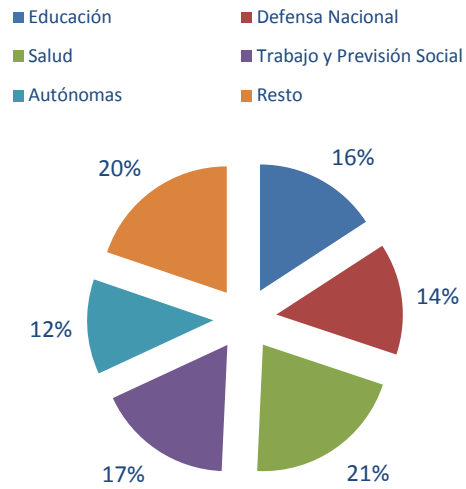


Figura 18: Consumo energético por ramos
Fuente: Perspectives GmbH

Cabe observar que los consumos energéticos del sector transporte del gobierno de El Salvador representan 6% del consumo energético total. Sin embargo, dado que este sector tiene un elevado potencial de ahorro energético y emisiones de GEI, y que los requerimientos de monitoreo de las reducciones de emisiones son muy diferentes a las del resto de sectores, está analizado de manera separada el presente informe conceptual NAMA (ver capítulo 4.3).

Además, se ha realizado el cálculo del consumo de electricidad específico en kWh por m² / año (ver la Tabla 12) de los 6 ramos analizados. Cabe comentar que estos datos están disponibles en los estudios proporcionados (CNE, 2013) solamente para el consumo de electricidad. No obstante, será muy importante obtener los datos correspondientes para los otros combustibles fósiles, no sólo con el objetivo de comparar los ramos de una manera más exacta y adecuada, sino también para medir exactamente los ahorros que se realizarán una vez las actividades a definir se hayan implementado.

Tabla 12: Consumo de electricidad específico en kWh por m²/año

Ramos de gobierno	Consumos por m ²
	Energía Eléctrica [kWh/m ² -año]
Educación	33,14
Defensa Nacional	137,05
Salud	10,15
Trabajo y Previsión Social	84,44
Autónomas	2,71
Resto (*)	35,05

Fuente: Perspectives GmbH

(*) En el caso del ramo "Resto", no se dispone de toda la información necesaria para el cálculo de cada sub-ramo agrupado bajo este ramo. Por lo tanto este valor ha sido calculado como promedio agregado de los valores disponibles y tiene que ser tratado con precaución porque no es necesariamente un valor representativo de todos los sub-ramos del ramo "Resto"

4.3 Sector Transporte Nacional

4.3.1 Delimitación del sector TN

Según los datos facilitados por el CNE el sector público contaba con 11.358 vehículos nacionales en el año 2013, un 17% más que en el año 2007. Esto representa aproximadamente el 1,5% del total de placas en el país.

El **TN** utiliza mayoritariamente vehículos de **gasolina** tipo: **pick-up** (64%) y **automóvil** (23%).

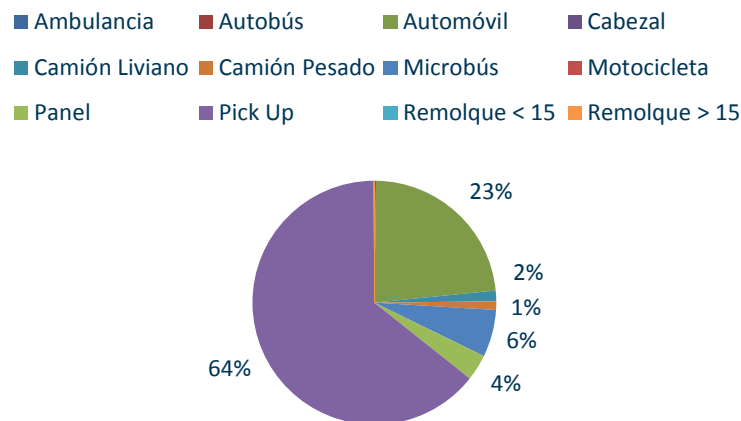


Figura 19: Consumo combustible por tipo de vehículo en gasolina 2013
Fuente: CNE

En cuanto a los vehículos de consumo de **diésel**, los más utilizados por el **TN** son: **camión pesado** (53%) y **pick-up** (29%).

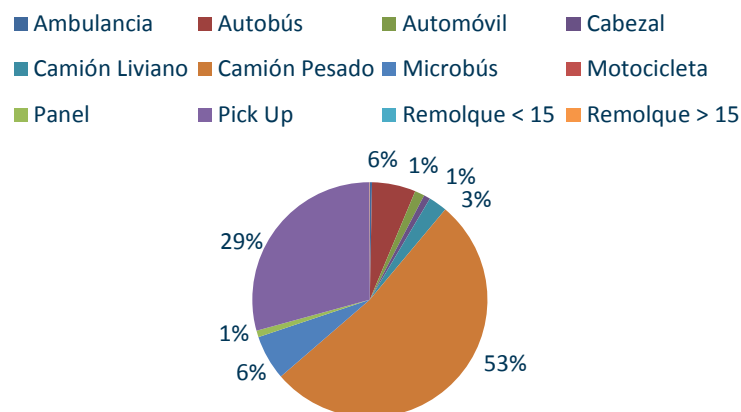


Figura 20: Consumo combustible por tipo de vehículo en diésel 2013
Fuente: CNE

4.3.2 Cálculo muestra representativa del sector TN

Para poder determinar las instituciones gubernamentales que habría que incluir en una recopilación de datos de consumo de combustibles para que la muestra fuera estadísticamente representativa del sector transporte nacional, es necesario ampliar la información disponible.

Como base para un primer análisis del sector TN se utilizó la información sobre el parque vehicular nacional (cantidad y tipo de vehículo por institución) proporcionada por el CNE. La información original proporciona datos sobre 17 instituciones. Los principales resultados de este primer análisis (ver 4.3.1) se emplearon para determinar los **criterios** de la **muestra representativa** que son los siguientes:

- **Cantidad de vehículos en total;**
- **Cantidad de vehículos por tipo:** automóvil, pick-up, camiones (mayor consumo de combustible)

Por ello, se propuso establecer una muestra que pueda ser considerada representativa cualitativamente al incluir aquellas instituciones con mayor número de vehículos de tipo: automóvil, pick-up y camiones pesados.

Asimismo, se estimó conveniente levantar información para el total del Gobierno de El Salvador, que cuenta con 117 instituciones repartidas en:

- 14 ministerios,
- 64 instituciones autónomas,
- 16 instituciones de la presidencia y otras dependencias del Estado y
- 23 alcaldías.

Por esta razón se solicitó más información de dichas instituciones a través del sistema de “Gobierno Abierto” (www.gobiernoabierto.gob.sv) que es una iniciativa gubernamental fomentando el acceso a la información, la transparencia y la participación ciudadana. Según la Ley de Acceso a la Información (LAIP) todas las instituciones del Estado están obligadas a brindar información. En cada una de ellas se encuentra un Oficial de Información (OI) quien deberá entregar la información solicitada en un plazo máximo de 10 días hábiles

A través de este sistema se solicitó la siguiente información a las 117 instituciones mencionadas anteriormente:

- **Número total de vehículos oficiales** con los que cuenta la institución
 - P.ej. 100 vehículos
- **Número de vehículos por clase:** ambulancia, autobús, automóvil, camión, camioneta, jeep, microbús, motocicleta, panel, pick-up, etc.
 - P.ej. 50 automóviles, 30 pick-up, 20 camionetas
- **Combustible** utilizado por los vehículos de cada clase:
 - P.ej. 50 Automóviles (42 diésel y 8 gasolina), 30 Pick up (25 diésel y 5 gasolina), 20 Camionetas (19 diésel y 1 gasolina)

De las 117 instituciones encuestadas, un total de 92 (79%) instituciones brindaron información a la solicitud. Un resumen de los resultados se presenta en la Tabla 13. Cabe mencionar que la mayoría de las instituciones que no participaron en la encuesta son alcaldías (12 respuestas de 23 alcaldías en total). Considerando el número limitado de vehículos que generalmente puede tener una alcaldía, se concluye que la falta de esta información no influirá de manera significativa sobre los resultados de la muestra del sector transporte.

Tabla 13: Resultados encuestas sector transporte público

Instituciones	Número de instituciones		Número de vehículos			
	Encuestadas	Respuestas	Gasolina	Diesel	Sin datos combustible	TOTAL
Ministerios	14	11	2.021	1.976	0	3.997
Autónomas	64	57	981	1.903	2.737	5.621
Presidencia	16	12	1.778	937	63	2.778
Alcaldías	23	12	48	83	0	131
TOTAL	117	92	4.828	4.899	2.800	12.527

Fuente: Perspectives GmbH

En base a los datos recopilados, se efectuó un análisis en función de la cantidad de vehículos por institución y el combustible utilizados por estos vehículos. Como se ha determinado anteriormente, en primer lugar el análisis se concentró en los vehículos con un mayor consumo de combustible que son **automóviles, pick-ups y camiones**. Sin embargo, también el análisis tomó en consideración otros factores y aspectos relevantes como por ejemplo el número elevado de motocicletas en algunas instituciones.

La Figura 21 muestra las primeras 10 instituciones en función de la cantidad de vehículos.

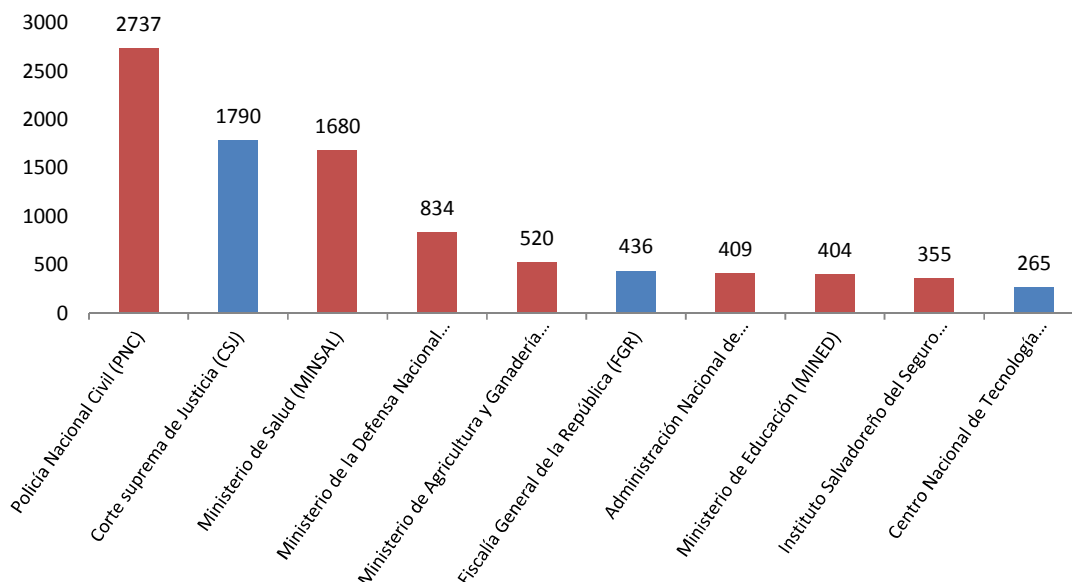


Figura 21: Distribución de las primeras 10 instituciones por cantidad de vehículos

Fuente: Perspectives GmbH

Sobre la base de este análisis, se decidió seleccionar aquellas instituciones que cuentan con más de 300 vehículos en total con el fin de encuestarlas sobre el consumo de combustible y kilómetros recorridos por los vehículos al año. Para la selección de las instituciones se ha decidido excluir aquellas que no forman parte de los órganos ejecutivos del gobierno, ilustradas en la Figura 21 en azul. De esta manera, las instituciones seleccionadas son las 7 marcadas en rojo en la Figura 21:

- Policía Nacional Civil (PNC)
- Ministerio de Salud (MINSAL)
- Ministerio de la Defensa Nacional (MDN)
- Ministerio de Agricultura (MAG)
- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)
- Ministerio de Educación (MINED)
- Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS)

En total, las siete instituciones seleccionadas disponen de 6.939 vehículos que representan el 55% del número total de vehículos (12.527) de todo el sector de transporte nacional en 2013 (CNE, 2013).

Los resultados obtenidos en relación con el número de vehículos del sector entero y de las instituciones que brindaron información se resumen en la siguiente tabla. En ella se compara la cantidad total de vehículos del sector según los datos proporcionados por el CNE (2013) con los obtenidos como resultados de las encuestas. Luego se proporciona la cantidad de vehículos de las instituciones seleccionadas después de la primera encuesta y se ilustra el porcentaje de estos en relación con la cantidad total de vehículos según los datos del CNE para el sector TN (2013).

Tabla 14: Cantidad de vehículos sector TN e instituciones encuestadas

Categoría vehículo	Sector TN (total datos CNE)		Sector TN (Encuestas)		Instituciones seleccionadas		
	Cantidad de vehículos		Cantidad de vehículos		Cantidad de vehículos		Porcentaje del sector TN (total datos CNE)
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina y Diesel
Automóviles	2.158	670	1.463	138	218	14	8%
Pick-ups	1.760	3.711	642	2.675	84	655	14%
Camiones	47	1.659	44	511	0	155	9%

Fuente: Perspectives GmbH; Datos CNE

Como se muestra en la tabla, la cantidad de vehículos de las instituciones seleccionadas representan entre 8% y 14% del sector TN (basado en los datos del CNE). No obstante, la muestra de las instituciones seleccionadas no contiene camiones tipo gasolina. Sin embargo, teniendo en cuenta la cantidad limitada de camiones gasolina del sector entero (47), se considera razonable que la muestra representativa no contenga unidades para este tipo de vehículos.

4.3.3 Revisión y aprobación de los resultados obtenidos del sector TN

Los datos obtenidos de la primera y segunda consulta se comprobaron comparándolos con las informaciones proporcionadas por el CNE al nivel nacional (2013 – ver Tabla 13).

Cabe señalar que el consumo de combustible del sector TN ha experimentado un importante incremento del uso del diésel en los últimos años, como ilustrado en la Figura 22.

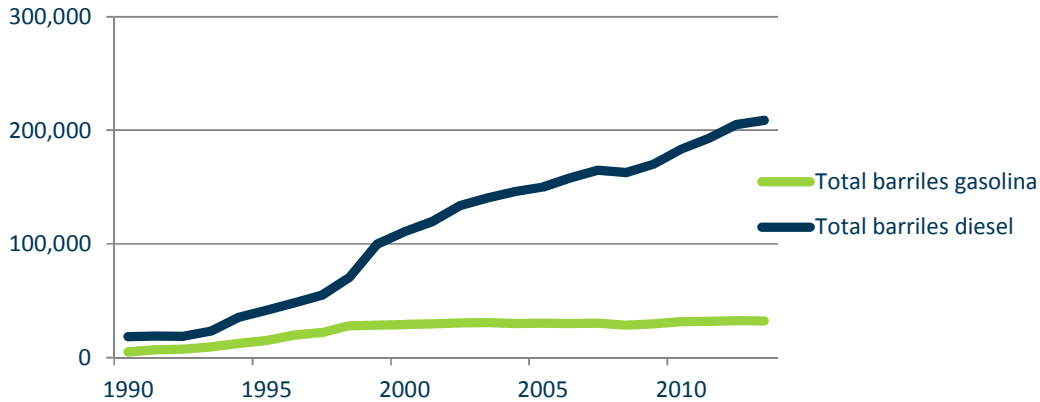


Figura 22: Variación del total de barriles del 1990-2013
Fuente: Datos CNE, adaptado por Perspectives GmbH

Se observa que los grupos que más consumen combustible son (datos 2013):

- Vehículos tipo pick-up, con un consumo de 3,4 millones galones/año
- Camión pesado, con un consumo de 4,6 millones galones/año

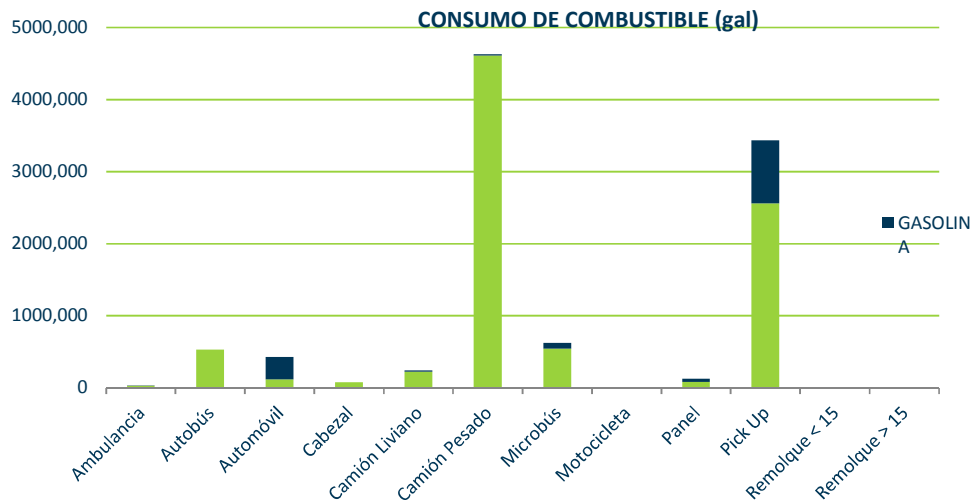


Figura 23: Consumo de combustible por tipo de vehículo
Fuente: Datos CNE, adaptado por Perspectives GmbH

El inventario de los vehículos nacionales se actualiza cada dos años, por lo que en principio existe la incertidumbre de si los vehículos incluidos siguen estando o no en circulación.

Dicha incertidumbre se reduce para las instituciones encuestadas la segunda vez, puesto que han aportado también datos de km recorridos por los vehículos en 2013, pero sí hay que considerarla al extrapolar al total de vehículos del inventario nacional.

4.3.4 Caracterización energética del sector TN

Para la caracterización del sector TN se ha utilizado un enfoque “abajo-arriba” (*bottom-up*). Los resultados de las 3 categorías de vehículos seleccionadas (camiones, pick-ups y automóviles) de las 4 instituciones mencionadas antes (MDN, ISSS, MAG, MINED) se analizaron en función de los siguientes factores:

- **Cantidad de vehículos** por categoría
 - **Tipo de combustible**
 - Cantidad de **consumo de combustible** por año (l/año)
 - **Kilómetros recorridos** por año (km/año)
- } 1ª encuesta
- } 2ª encuesta

Con el resultado del análisis obtenido, se realizó una clasificación de los vehículos por:

- **Rendimiento** (l/100km): <20, entre 20-30 y >30; y
- **Distancia recorrida** anualmente (km/año): <5.000; entre 5.000 y 20.000 y > 20.000.

De esta manera, se obtuvo una estratificación según 9 combinaciones diferentes (ver ejemplo en la Tabla 15) para las tres categorías de vehículos seleccionadas clasificadas por tipo de combustible, que resultan en las siguientes categorías:

1. Camiones diésel
2. Camiones gasolina
3. Pick-ups diésel
4. Pick-ups gasolina
5. Automóviles diésel
6. Automóviles gasolina

Tabla 15: Ejemplo de estratificación del número y porcentaje de vehículos de la categoría Camiones - Diésel

Rendimiento (l/100km)	km recorridos/año			Rendimiento (l/100km)	km recorridos/año		
	< 5.000	5.000 - 20.000	> 20.000		< 5.000	5.000 - 20.000	> 20.000
< 20	3	8	19	< 20	2%	5%	12%
20-30	2	11	1	20-30	1%	7%	1%
> 30	32	79	0	> 30	21%	51%	0%
	155				100%		

Fuente: Perspectives GmbH

Con los porcentajes de vehículos calculados para cada uno de los 9 estratos de las 6 categorías, se hizo una extrapolación al resto de vehículos para obtener la distribución del sector entero TN.

Tabla 16: Número de vehículos “Resto del sector TN”

Categoría vehículo	Sector TN (Total datos CNE)		Instituciones seleccionada		Resto	
	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diésel
Automóviles	2.158	670	218	14	1.940	656
Pick-ups	1.760	3.711	84	655	1.676	3.056
Camiones	47	1.659	0	155	47	1.504

Fuente: Perspectives GmbH

En un segundo paso, se calculó el rendimiento promedio en l/100km y los kilómetros recorridos cada

año para cada estrato de la muestra (ver ejemplo Tabla 17).

Tabla 17: Ejemplo de promedio de rendimientos de la categoría Camiones - Diésel

Rendimiento (l/100km)	km recorridos/año		
	< 5.000	5.000 - 20.000	> 20.000
< 20	13	16	17
20-30	29	26	21
> 30	34	36	0

Fuente: Perspectives GmbH

Con estos valores y la extrapolación al resto de los vehículos del sector, se calculó el consumo de combustible total por institución. Con los resultados obtenidos sobre el consumo de combustible de las instituciones seleccionadas, se hizo el cálculo del combustible total del sector TN por año.

Tabla 18: Consumo de combustible por año del sector TN

Categoría vehículo	Instituciones seleccionadas		Resto		TOTAL	
	Gasolina l/año	Diésel l/año	Gasolina l/año	Diésel l/año	Gasolina l/año	Diésel l/año
Automóviles	277.465	277.465	2.553.950	1.601.356	2.831.415	1.878.821
Pick-ups	383.226	2.100.342	7.682.736	9.748.813	8.065.962	11.849.155
Camiones	0	606.801	97.760	6.048.588	97.760	6.655.390
TOTAL					10.995.137	20.383.365

Fuente: Perspectives GmbH

5 Cálculo de la línea de base de GEI para los 3 sectores

La línea de base se refiere al **escenario más probable que hubiera existido** en caso de que no se implementara un proyecto o programa de carbono (p.ej. NAMA). Además, representa el **nivel de emisiones de GEI respecto del cual se calculan las reducciones** logradas mediante la implementación del proyecto o programa de mitigación.

La fijación de una línea base es un ejercicio eminentemente político. El seleccionar una línea base muy **rigurosa** provocará que la NAMA logre una menor **mitigación de gases de efecto invernadero** que en el caso de que la línea escogida fuera más indulgente. Sin embargo, una línea base poco estricta puede **reducir la credibilidad** del país anfitrión y consecuentemente reducir la posibilidad de que la NAMA reciba apoyo de países industrializados o que pueda generar créditos de emisiones bajo los nuevos mecanismos de mercado/marco para enfoques diversos (FVA, por sus siglas en inglés). A continuación se presentan los criterios para la fijación de línea base y para los parámetros que derivan de estos criterios.

- **Enfoques aplicables** para calcular la línea de base (basado en las directrices de la CMNUCC para proyectos MDL):
 1. Cálculo de la línea de base en función de los datos existentes o históricos;
 2. Si no hay datos existentes, se pueden considerar los datos de tecnologías que representan una línea de acción económicamente atractiva para las mismas circunstancias del proyecto;

3. Se toman en consideración los datos de promedio de los últimos 5 años de proyectos o actividades similares (en circunstancias sociales, económicas, medioambientales y tecnológicas) que han sido realizados y que rendimiento esta entre los mejores 20% de su categoría (3/CMP.1, Anexo, párrafo 48).⁸
- **Incertidumbres genéricas** en los **parámetros** que definen el *business-as-usual* (BAU) o escenario de continuidad.
 - Usualmente el BAU se relaciona con muchos parámetros cuyo desarrollo es difícil de predecir, especialmente en el largo plazo, p.ej. Producto Interno Bruto (PIB), la población y los patrones de consumo.
 - Bajo un criterio conservador, se asume que el escenario BAU de la NAMA en el uso final de la energía en el sector gubernamental de El Salvador es igual que la situación actual y por tanto los consumos energéticos no se incrementarían con el tiempo.
 - ¿Debería ser la **línea de base idéntica** al escenario **BAU** ó **diferentes**?
 - Usualmente, las emisiones de un escenario *business-as-usual* es igual a la línea base. Sin embargo, en el contexto de la discusión acerca del acuerdo del 2015, la idea que predomina es que la línea base debería ser más conservadora, es decir, más rigurosa que el escenario de continuidad. Esto se podría justificar por el interés en lograr una contribución a las reducciones globales de emisiones o para afrontar la incertidumbre inherente al definir un *business-as-usual*.
 - Considerando el principio conservador seguido al establecer el escenario BAU, en el contexto de la NAMA en el uso final de la energía en el sector gubernamental de El Salvador, la línea de base se considera igual al escenario BAU.

Para la **fase piloto de la NAMA** en el uso final de la energía del sector gubernamental de El Salvador, se propone realizar el cálculo de la **línea de base** en función de los **datos existentes** o **históricos** de los últimos años y suponer que el **escenario tendencial** (BAU) es **igual** a la **línea de base**.

5.1 Alumbrado Público

La línea de base de GEI por el AP se puede calcular en función de los datos existentes, y más precisamente a partir de los datos de la caracterización energética del sector, según la siguiente fórmula:

$$E_k = (E_{LB,k}/(1 - l)) * EF_k$$

Dónde:

- E_k Emisiones de GEI según consumo energético k
- k Fuente energética (en el caso específico de AP, solamente electricidad)

⁸ <http://finanzascarbono.org/glosario/escenario1/#E> y <http://cdmrulebook.org/292>

$E_{LB,k}$	Consumo energético en la línea de base según fuente energética k
I	Pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución (en %)
EF_k	Factor de emisión según fuente energética k

Cabe observar que para el sector de AP la única fuente energética es la electricidad. En el caso específico de El Salvador, los siguientes valores pueden considerarse aplicables (Tabla 19).

Tabla 19: Datos preliminares de los cálculos de la línea de base de GEI de AP

Dato	Símbolo	Valor	Fuente
Factor de emisión de la red eléctrica El Salvador en 2011	EF	0,6798 tCO ₂ e/MWh	MARN, El Salvador (2013)
Pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución en El Salvador en 2011	I	13% de la electricidad producida	Banco Mundial (2013) ⁹

Aplicando la fórmula ilustrada arriba a los valores de la Tabla 6 y de la Tabla 19 es posible calcular las emisiones de GEI en el sector AP. Los resultados están expuestos a continuación.

82,6 ktCO₂e; (76% total)

Tabla 20: Línea de base de GEI de AP

Emisiones de GEI [tCO _{2eq} /año]		Tipo de lámparas					TOTAL
		Vapor Mercurio	Vapor Sodio	Fluorescentes	Incandescentes	Haluros Metálicos	
Grupos Representativos	1 ≥ 10.000	8.374	7.997	16	42	125	16.554
	2 $5.500 \leq x < 10.000$	15.725	2.855	435	0	0	19.015
	3 $1.000 \leq x < 5.000$	41.563	4.535	1.088	0	0	47.186
	4 < 1.000	23.225	688	1.149	237	0	25.299
	TOTAL	88.887	16.075	2.688	279	125	108.055

Fuente: Perspectives GmbH

Cabe señalar que el grupo representativo que emite **más GEI** es el **Grupo 3** (municipios con más de 1.000 y menos de 5.000 lámparas instaladas) y que el **tipo de lámparas** instaladas que emite más GEI en valor absoluto son las de **vapor de mercurio** debido al **elevado número de unidades instaladas**. Estos conceptos están mostrados en las siguientes figuras. La **totalidad del sector AP** de El Salvador es responsable de la emisión de **aproximadamente 108 ktCO_{2eq}/año**.

⁹ Fuente: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>

% emisiones de GEI de AP por grupo representativo

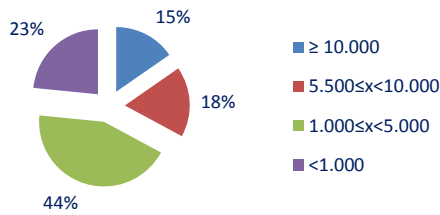


Figura 24: Porcentaje de emisiones de GEI en AP por grupo representativo.

Fuente: Perspectives GmbH

% emisiones de GEI de AP por tipo de lámpara

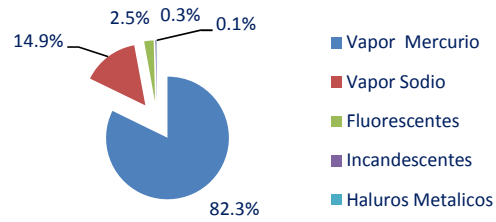


Figura 25: Porcentaje de emisiones de GEI en la línea de base de AP por tipo de lámparas.

Fuente: Perspectives GmbH

5.2 Sector Edificios Públicos

La línea de base de GEI para el sector EP se puede calcular en base de los datos de la caracterización energética del sector (Tabla 10 y

Tabla 11), según las siguientes fórmulas:

1. Emisiones de GEI por el consumo de electricidad:

$$E_{el} = (E_{LB,el} / (1 - l)) * EF_{el}$$

Dónde:

E_{el}	Emisiones de GEI por el consumo de electricidad de un ramo
$E_{LB,el}$	Consumo de electricidad en la línea de base del ramo
l	Pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución (en %)
EF_{el}	Factor de emisión de la red eléctrica de El Salvador

2. Emisiones de GEI por el consumo de otros combustibles fósiles:

$$E_k = (E_{LB,k} / (F)) * EF_k$$

Dónde:

E_k	Emisiones de GEI según consumo energético k
$E_{LB,k}$	Consumo energético en la línea de base según fuente energética k (en TJ)
F	Factor de conversión (MWh en TJ)
EF_k	Factor de emisión según fuente energética k

Para el cálculo de la línea de base de GEI, los siguientes valores por defecto pueden ser aplicables.

Tabla 21: Datos preliminares de los cálculos de la línea de base de GEI de EP

Dato	Símbolo	Valor	Fuente
Factor de emisión de la red eléctrica El Salvador en 2011	EF_{el}	0,6798 tCO _{2eq} /MWh	MARN, El Salvador (2013)
Pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución en El Salvador en 2011	I	13% de la electricidad producida	Banco Mundial (2013) ¹⁰
Factor de emisión de Carbón	EF_C	112.000 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006) ¹¹
Factor de emisión de Leña	EF_L	112.000 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006)
Factor de emisión de GLP	EF_{GLP}	63.100 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006)
Factor de emisión de Fuel Oil	EF_{FO}	77.400 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006)
Factor de emisión de Diesel Oil	EF_{DO}	74.100 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006)
Factor de emisión de Gasolina	EF_G	69.300 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006)
Factor de Conversión (MWh en TJ)	F	1 TJ = 278 MWh	Quaschnig (2002) ¹²

Aplicando las formulas ilustradas más arriba, se pueden calcular las emisiones de GEI en el sector de edificios públicos. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 22: Línea de base de GEI de EP por usos finales

Usos finales	Emisiones de GEI por usos finales y por año							Total [tCO ₂ /a]
	Carbón [tCO ₂ /a]	Leña [tCO ₂ /a]	GLP [tCO ₂ /a]	Fuel Oil [tCO ₂ /a]	Diesel Oil [tCO ₂ /a]	Gasolina [tCO ₂ /a]	Energía Eléctrica [tCO ₂ /a]	
Cocción	0,89	1.003	11.608	-	-	-	-	12.611
Iluminación	-	-	-	-	-	-	36.916	36.916
Climatización	-	-	-	-	-	-	87.860	87.860
Equipamiento de oficina	-	-	-	-	-	-	24.598	24.598
Transporte	-	-	268	-	3.720	1.690	-	5.677
Otros usos	-	-	41	-	152	128	44.450	44.771
Generación eléctrica	-	-	-	-	159	0	-	159
Generación vapor	-	-	225	185	6.782	0	-	7.192
Total	0,89	1.003	12.141	185	10.813	1.817	171.276	219.783

Fuente: Perspectives GmbH

Tabla 23: Línea de base de GEI de EP por ramos

Ramos de gobierno	Emisiones de GEI por ramos y por año							Total [tCO ₂ /a]
	Carbón [tCO ₂ /a]	Leña [tCO ₂ /a]	GLP [tCO ₂ /a]	Fuel Oil [tCO ₂ /a]	Diesel Oil [tCO ₂ /a]	Gasolina [tCO ₂ /a]	Energía Eléctrica [tCO ₂ /a]	
Educación	0,89	731	2.180	-	424	84	32.964	36.384
Defensa Nacional	-	272	5.197	-	531	287	18.473	24.760
Salud	-	-	3.212	185	3.506	174	34.442	41.518
Trabajo y Previsión Social	-	-	1.523	-	4.685	72	29.063	35.343
Autónomas	-	-	-	-	214	38	32.530	32.782
Resto	-	-	29	-	1.454	1.162	46.351	48.996
Total	0,89	1.003	12.141	185	10.813	1.817	193.824	219.783

Fuente: Perspectives GmbH

¹⁰ Fuente: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>

¹¹ Fuente: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_s1.php#status

¹² Fuente: <http://www.volker-quaschnig.de/datserv/faktoren/index.php>

Analizando los resultados se destaca que las **emisiones de GEI de energía eléctrica** representan **88% del total**, resultado alineado a lo correspondiente de consumo de electricidad. Las otras fuentes de **combustibles** contribuyen con una parte más limitada a las emisiones de GEI del sector de EP (**6% o menos**).

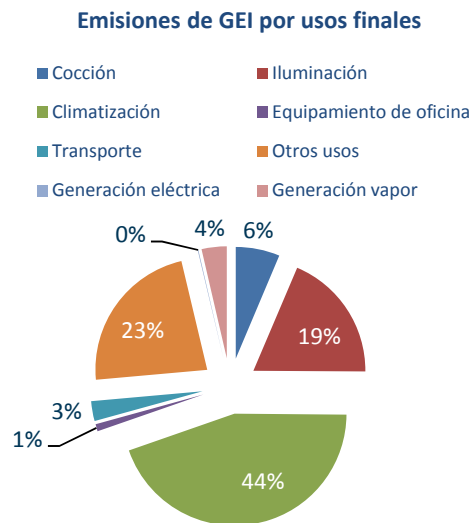


Figura 26: Emisiones de GEI en el sector de EP por usos finales. Fuente: Perspectives GmbH

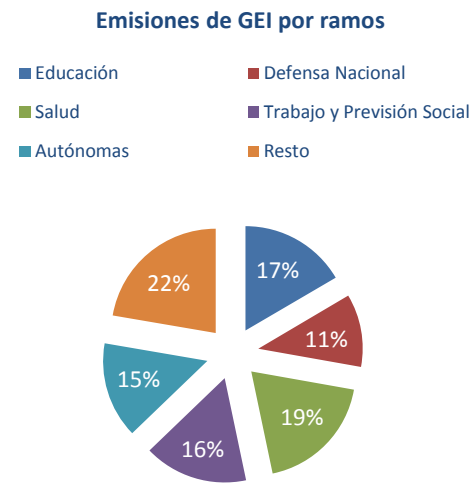


Figura 27: Emisiones de GEI en el sector de EP por ramos. Fuente: Perspectives GmbH

Además, la Figura 26 muestra que las emisiones del uso de **climatización** representan una gran parte (44%) de todas las emisiones de GEI del sector de EP. El consumo energético por iluminación contribuye a un 19% del total de emisiones de GEI. Hay un 23% de emisiones de GEI derivadas de “otros usos” energéticos.

La Figura 27 presenta la distribución de las emisiones de GEI por ramo, que está correlacionada con el consumo energético de los ramos; las diferencias ocurren por los diferentes factores de emisión de las diversas fuentes de energía y el uso distinto de estas. Sin embargo, se puede extraer la conclusión que las emisiones son distribuidas proporcionalmente entre los seis ramos analizados.

5.3 Sector Transporte

Según el IPCC (2006), es posible estimar las emisiones a partir del combustible consumido (representado por el combustible vendido) o a partir de la distancia recorrida por los vehículos. En general, el primer método (combustible vendido) es adecuado para el CO₂ y el segundo (distancia recorrida por tipo de vehículo y de carretera) es adecuado para el CH₄ y el N₂O.

La mejor forma de calcular las emisiones de CO₂ es sobre la base de la cantidad y el tipo de combustible quemado (asumiendo que es igual al combustible vendido) y su contenido de carbono. Existen dos métodos de Niveles 1 ó 2, según se disponga o no del contenido de carbono específico del país del combustible vendido en el transporte terrestre.

Se proponer aplicar el Nivel 1 que calcula el total de emisiones de CO₂ para el sector TN de El Salvador multiplicando el combustible estimado que se vende con un factor de emisión de CO₂ por

defecto.

Se representa el método según la siguiente fórmula:

$$E = \sum_k E_{LB,k} \cdot EF_k$$

Dónde:

E	Emisiones de CO ₂ totales (en kg)
k	Tipo de combustible (diésel o gasolina)
E _{LB,k}	Cantidad combustible utilizado en la línea de base (en TJ)
EF _k	Factor de emisión según combustible k (en kg/TJ)

Los siguientes valores por defecto son aplicables para el cálculo de las emisiones de CO₂ en el sector TN:

Tabla 24: Datos preliminares de los cálculos de la línea de base de GEI de TN

Dato	Símbolo	Valor	Fuente
Factor de emisión de Diésel Oil	EF _{DO}	74.100 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006)
Factor de emisión de Gasolina	EF _G	69.300 kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006)

Según las directrices del IPCC (2006), los factores de emisión de CO₂ toman en cuenta todo el carbono del combustible, incluido el que se emite en forma de CO₂, CH₄, CO, COVDM y materia particulada y deben representar el 100 por ciento de oxidación del carbono de combustible.¹³

Para reducir las incertidumbres, los esfuerzos deben estar dirigidos al contenido de carbono y a mejorar los datos acerca del combustible vendido. Además, es una *buena práctica* realizar una validación si están disponibles los datos acerca de los kilómetros recorridos por el vehículo.

Como base de datos se ha utilizado el número de litros de combustible consumidos por los vehículos de TN que se calculó para la caracterización del sector TN. La metodología seguida para el cálculo de CO₂ del sector TN consiste entonces en los siguientes pasos:

1. Convertir la unidad física de litros a unidades energéticas (de *litros* a *TJ*).
2. Se utiliza la formula mencionada anteriormente para el cálculo de las emisiones (tCO₂e).

La siguiente tabla muestra el resultado de los cálculos efectuados siguiendo la metodología mencionada más arriba para las emisiones anuales de GEI de Gasolina y Diésel en el sector TN. El **total de emisiones de GEI para las tres categorías de vehículos** considerados en el **sector TN** es de acerca **80 ktCO₂e al año**.

¹³ Ver: <http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf>

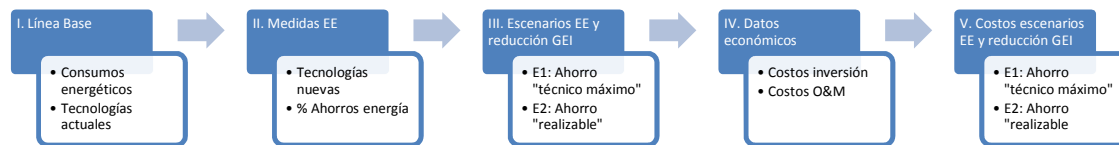
Tabla 25: Emisiones GEI por consumo de diésel y gasolina en el sector TN

Categoría vehículo	Consumo de combustible l/año		Emisiones tCO ₂ /año	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
Automóviles	2.831.415	1.878.821	6.519	5.030
Pick-ups	8.065.962	11.849.155	18.572	31.722
Camiones	97.760	6.655.390	225	17.817
TOTAL			25.316	54.569
				79.885

Fuente: Perspectives GmbH

6 Medidas de mitigación propuestas bajo la NAMA

Después de calcular la línea de base de emisiones GEI en los subsectores, el siguiente paso es proponer medidas de eficiencia energética que ayuden a mitigar dichas emisiones. En función de estas medidas de mitigación se plantearán escenarios de ahorros energéticos y reducción de emisiones. Finalmente, se calcularán los costos económicos de los mismos.



Para el propósito de este estudio y para el desarrollo de la NAMA, es importante alinear las medidas de mitigación propuestas bajo la NAMA con los programas de eficiencia y de ahorro energético ya existentes. En agosto 2010, el Gobierno de El Salvador publicó la Política Energética Nacional (PEN), que define el escenario energético del país en el mediano y largo plazo (2010-2024) con una visión de desarrollo energético sustentable, democrático y participativo. Los principales lineamientos estratégicos de la PEN son los siguientes:

1. Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes renovables de energía;
2. Fortalecimiento de la institucionalidad del sector energético y protección al usuario;
3. Promoción de una cultura de eficiencia y ahorro energético;
4. Innovación y desarrollo tecnológico;
5. Integración Energética Regional;
6. Ampliación de cobertura y tarifas sociales preferentes.

Enmarcados dentro del lineamiento 3 citado arriba, el Gobierno de El Salvador ha desarrollado diversos programas de EE (p.ej. el Programa de EE en Edificios Públicos (PNUD/GEF) y el Programa El Salvador Ahorra Energía - PESAE) que pueden ser utilizados como base para las propuestas de medidas de mitigación bajo la NAMA.

Como se ha ilustrado en el apartado 3.2.1, las actividades incluidas dentro de una NAMA se pueden diferenciar entre **medidas directas** y **medidas indirectas**. Además, en este contexto y conforme a los mencionados programas de EE, se puede además distinguir entre los siguientes tipos de **medidas directas**:

- **Medidas de conservación:** se trata de medidas de protección y conservación del estado de las actuales infraestructuras existentes en el país, destinadas a aumentar la eficiencia y la vida útil (p.ej. revisión estado cableado, temperatura estancias, etc.);
- **Medidas de ahorro:**
 - **Optimización:** se trata de aquellas medidas que tienen como objetivo una reorganización o reestructuración más eficaz de los sistemas actuales (p.ej. optimización número luminarias y densidad iluminación), que permite conseguir ahorros energéticos;
 - **Cambio tecnología:** se trata del reemplazo de una tecnología obsoleta con otra más moderna y eficaz, que permite ahorrar en consumo de energía eléctrica.

Las **medidas indirectas** pueden incluir: estudios, incentivos fiscales, financiamiento de proyectos de EE, capacitación, etc.

Además, con el objeto de determinar la factibilidad para la implementación de las acciones de mitigación apropiadas enfocadas en la reducción del consumo energético en los tres sub-sectores, se propone la **definición de dos escenarios diferentes**. Los escenarios están basados en aspectos técnicos: tipo de tecnologías y grado de penetración de las mismas. Dichos escenarios se han planteado en base a la experiencia práctica de Perspectives en América Latina, adaptándolos a las particularidades de El Salvador, p.ej. de conformidad con el estudio USAID (2013). Así, los escenarios propuestos a nivel nacional son:

<u>ESCENARIO 1</u> <u>Ahorro “técnico máximo”</u>	<u>ESCENARIO 2</u> <u>Ahorro “realizable”</u>
<p>Este escenario considera la implementación de aquellas tecnologías que permitirían lograr mayores ahorros energéticos.</p> <p>Además, supone un grado de introducción de las tecnologías del 100%.</p> <p>A pesar de que este no es un escenario realizable en el corto/medio plazo, puede dar una buena indicación del máximo ahorro loggable en el sub-sector en el largo plazo, por lo que representa un “techo de las reducciones de GEI”.</p>	<p>Este escenario considera la introducción de tecnologías asequibles actualmente en El Salvador.</p> <p>Además, supone un grado de implantación factible en el corto-medio plazo.</p> <p>Es por tanto un escenario realizable, que puede dar una buena indicación de los ahorros energéticos logrables por la NAMA en cada sub-sector. Los cálculos para el largo plazo se podrán actualizar según vayan aumentando el grado de penetración de tecnologías más eficientes en El Salvador.</p>

A continuación, se presentan las propuestas de medidas de EE y los escenarios desarrollados para cada uno de los sectores considerados en este estudio.

6.1 Medidas de EE propuestas para el alumbrado público

Sobre la base de los resultados obtenidos en los apartados 4.1 y 5.1 y basándose en el análisis de estudios especializados (USAID, 2013) y consulta con el CNE, se proponen las siguientes medidas de mitigación para el AP en El Salvador.

6.1.1 Medidas directas de ahorro: cambio de tecnología

La medida de EE de cambio de tecnología propuesta consiste en el reemplazo de luminarias actuales a luminarias más eficientes. Las lámparas actualmente utilizadas en el país están ilustradas en la Tabla 5 del presente informe. Se presentan en la siguiente tabla las posibles lámparas de reemplazo, con los relativos consumos y potencia.

Tabla 26: Tipo y consumo de posibles lámparas de AP de reemplazo

Lámpara	Tecnología	Potencia [Watts / ud.]	Consumo [kWh/ud.-mes]	Vida Útil [Horas]
SOD-75	Vapor de Sodio AP	75	27	24.000
SOD-100	Vapor de Sodio AP	100	37	24.000
SOD-175	Vapor de Sodio AP	170	55	24.000
SOD-250	Vapor de Sodio AP	250	88	24.000
FLUO-40	Fluorescente	40	12	8.000
HM-100	Haluros Metálicos	100	36	12.500
IM-60	Inducción Magnética	60	22	100.000
LED-10	LED	10	4	80.000
LED-25	LED	25	9	80.000
LED-45	LED	45	17	80.000
LED-55	LED	55	20	80.000
LED-60	LED	60	22	80.000
LED-90	LED	90	33	80.000
LED-100	LED	100	36	80.000

Fuente: USAID, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Los potenciales ahorros anuales (en MWh) logrables a través del reemplazo de las lámparas actuales (Tabla 5) con las lámparas propuestas (Tabla 26) de similar luminosidad se proporcionan en la siguiente tabla.

Tabla 27: Ahorros en MWh anual por lámpara reemplazada

Ahorros en MWh anual por lámpara reemplazada	Lámpara de reemplazo										
	SOD-100	HM-100	LED-100	LED-90	SOD-75	IM-60	LED-60	FLUO-40	LED-25	LED-10	
Lámpara a reemplazar	SOD-250	-	-	0,624	0,66	-	-	-	-	-	-
	MER-175	0,312	0,312	-	-	0,432	0,492	0,492	-	-	-
	SOD-100	-	-	-	-	-	0,18	0,18	-	-	-
	FLUO-65	-	-	-	-	-	-	-	0,168	-	-
	INCANDESC.	-	-	-	-	0,324	-	-	0,504	0,54	-
	FLUO-55	-	-	-	-	-	-	-	0,132	-	-
	FLUO-40	-	-	-	-	-	-	-	0,036	-	-
	FLUO-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,036

Fuente: Perspectives GmbH

Cabe señalar que el mayor ahorro técnico se puede encontrar con el reemplazo de las lámparas SOD-250 con las LED-100 o LED-90. Sin embargo, este tipo de lámpara representa solo el 7% de las

lámparas instaladas en el país. Por el contrario, los ahorros logrables a través del reemplazo de las lámparas MER-175 con las otras propuestas (SOD-100, HM-100, SOD-75, IM-60, LED-60) pueden parecer más modestos, pero este tipo de lámpara representa casi el 80% de las lámparas instaladas en el país (ver apartado 4.1.4), por lo que el nivel absoluto de ahorro energético por el reemplazo de este tipo de lámpara puede ser significativo.

Es necesario por tanto crear escenarios diferentes de reemplazo. Basándose sobre los resultados del estudio USAID (2013), se proponen los siguientes escenarios a nivel nacional:

1. Escenario 1: Potencial de **ahorro técnico máximo**;
2. Escenario 2: Potencial de **ahorro “realizable”** en el corto plazo.;

Los escenarios están basados no solamente sobre los aspectos técnicos sino también sobre los aspectos económicos relacionados con el reemplazo del AP. Los costos de reposición para cada lámpara y los costos de inversión necesarios para el reemplazo de la lámpara y la luminaria (incluyendo también los costos de mano de obra) están ilustrados en las Tablas 28.

Tablas 28: Costos de reposición de las lámparas y costos de inversión de las lámparas y luminarios

		Costos reposición lámpara \$/ ud.			Costos reposición lámpara \$/ ud.	Costo Inversión Lámpara + Luminario \$/ ud.
Lámpara a reemplazar	SOD-250	-	Lámpara de reemplazo	SOD-100	18	115
	MER-175	16		HM-100	20	125
	SOD-100	-		LED-100	100	972
	FLUO-65	39		LED-90	100	590
	INCANDESC.	18		SOD-75	19	115
	FLUO-55	39		IM-60	100	390
	FLUO-40	39		LED-60	100	540
	FLUO-20	20		FLUO-40	39	96
				LED-25	50	540
				LED-10	50	540

Fuente: USAID, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

A continuación, se presenta una descripción detallada de cada escenario. Los escenarios, inicialmente concebidos para una aplicación a nivel nacional, pueden ser aplicados a cada uno de los grupos representativos presentados en el apartado 4.1.2. Las estimaciones de los potenciales de ahorro están calculadas en base al número de lámparas existentes para el año base (2012) y no consideran los ahorros relacionados con el reemplazo de balastos por otros de bajas pérdidas, por la implementación de economizadores de energía, ni los ahorros relacionados con la reubicación de las lámparas o la adaptación de la luminosidad a las características actuales del punto de instalación. Además, los cálculos no consideran: i) incrementos de la demanda de los sistemas de AP por crecimiento en el número de lámparas instaladas respecto del año base, y ii) variaciones en los cargos tarifarios para la tarifa de AP respecto de los vigentes a enero de 2013 (USAID, 2013).

Escenario 1: Potencial de ahorro técnico máximo

El Escenario 1 considera un potencial de ahorro técnico máximo sin tener en cuenta los aspectos económicos (costos de reemplazo y de inversión de las nuevas lámparas): ello consiste en el **reemplazo de todas las lámparas existentes** en los municipios del país por aquellas disponibles en el mercado que ofrecen la máxima eficiencia y nivel similar (o mayor) de iluminación, en este caso **tecnología LED**.

A continuación se presenta la propuesta de reemplazo de las lámparas bajo el Escenario 1. Cabe observar que se propone reemplazar los ocho tipos de lámparas que representan el 98% de las lámparas instaladas en el país, y además considerar también las restantes de vapor de mercurio (Otras-MER) y fluorescentes (Otras-FLUO) de diversas potencias.

Tabla 29: Propuesta de reemplazo de las lámparas bajo el Escenario 1

Lámparas Existentes [Tipo y Potencia en Watts]	Lámparas de Reemplazo [Tipo y Potencia en Watts]	Ahorro anual electricidad por lámpara [MWh/año por ud.]
SOD-250	LED-90	0,66
MER-175	LED-60	0,492
SOD-100	LED-60	0,18
FLUO-65	LED-25	0,168
INCANDESC.	LED-25	0,54
FLUO-55	LED-25	0,132
FLUO-40	LED-25	0,036
FLUO-20	LED-10	0,036
Otras-FLUO	LED-25	n/d
Otras-MER	LED-60	n/d

Fuente: USAID, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Escenario 2: Potencial de ahorro “realizable”

El Escenario 2 proporciona el potencial de ahorro de electricidad resultante de un análisis de costo-beneficio para las tecnologías asequibles actualmente en El Salvador y considerando un número de lámparas a reemplazar factible de alcanzar en el mediano plazo. Bajo este escenario, se propone entonces el **25%** de **reemplazo** por las lámparas con tecnología a **vapor de mercurio** (MER-175 y Otras-MER) y el **50%** de **reemplazo** por las lámparas **incandescentes**, que representan las alternativas de reemplazo que brinden el menor periodo de recuperación de la inversión (USAID, 2013). A continuación se presenta la propuesta de reemplazo de las lámparas bajo el Escenario 2. Cabe señalar que bajo este Escenario se propone reemplazar solamente tres tipos de lámparas.

Tabla 30: Propuesta de reemplazo de las lámparas bajo el Escenario 2

Lámparas Existentes [Tipo y Potencia en Watts]	Lámparas de Reemplazo [Tipo y Potencia en Watts]	Ahorro anual electricidad por lámpara [MWh/año por ud.]
MER-175	SOD-100	0,312
INCANDESC.	FLUO-40	0,504
Otras-MER	SOD-100	n/d

Fuente: USAID, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

6.1.2 Potenciales de ahorros a nivel nacional

La Tabla 31 ilustra los potenciales ahorros de los distintos escenarios presentados más arriba a nivel nacional. Se consideran el número de lámparas a reemplazar, el potencial de ahorro de electricidad, el potencial de ahorros de emisiones de GEI y la inversión requerida para cada escenario.

Tabla 31: Potenciales de ahorros de los distintos escenarios a nivel nacional

	Unidad	Escenario 1	Escenario 2
Cantidad Lámparas a Reemplazar	#	184.533	37.819
	% del actual	99%	20%
Ahorros de electricidad	MWh/año	87.838	12.228
	% del actual	62%	9%
Ahorros de emisiones GEI	tCO_{2eq}/año	68.635	9.555
	% del actual	64%	9%
Inversión Requerida	US\$ Millones	100,3	4,4
	Periodo de Repago de la Inversión Años	2	1,4

Fuente: USAID (2013) y Perspectives GmbH

Cabe señalar que bajo el **Escenario 1** (Potencial de ahorro técnico máximo), que consiste en el reemplazo de casi la totalidad de las lámparas actualmente instalada con otras de tecnologías más eficientes, puede lograrse un **ahorro de más del 60%** de la **electricidad** consumida y de casi 65% de **emisiones** de **GEI**. La inversión requerida bajo este escenario alcanzaría los US\$100 millones aproximadamente.

El **Escenario 2** consiste en el reemplazo de cerca del 20% de las lámparas instaladas (1 lámpara de cada 5). Con una inversión de US\$ 4.4 millones se podría lograr **ahorros de electricidad y de emisiones de GEI del 9%** respecto a los niveles actuales.

6.1.3 Medidas indirectas

Se proponen las siguientes medidas indirectas para el sector de AP:

- **Desarrollo de estudios técnico-económicos de iluminación de AP:** dichos estudios podrían ayudar a determinar la mejor propuesta de cambio del sistema de iluminación de AP y efectuar un análisis técnico a nivel de las alcaldías de las instalaciones eléctricas existentes para AP, considerando por ejemplo los niveles de iluminación actuales y analizando el estado de dichas instalaciones eléctricas;
- **Diseño de iluminación de AP:** análisis y simulación de la distribución de los niveles de iluminación actuales y propuestas para la optimización de la distribución de las lámparas por sector;
- **Utilización de sistemas de generación de energía limpia para la alimentación de los circuitos de AP:** la utilización de sistemas de energía limpia (p.ej. energía solar fotovoltaica, eólica o biogás) para la alimentación de los circuitos de AP permitiría lograr una disminución indirecta de las emisiones de GEI, gracias a la disminución del factor de emisión de GEI relacionado con la energía eléctrica consumida;

- **Incentivos fiscales:** se recomienda el diseño y la implementación de incentivos fiscales apropiados para la importación en el país de lámparas más eficientes (p.ej. para las lámparas de tecnología LED o inducción magnética (IM)).

6.2 Medidas de EE propuestas para los edificios públicos

Se han propuesto medidas que puedan lograr ahorros energéticos en aquellos usos finales con mayores consumos en los edificios públicos de El Salvador (ver Figura 18, apartado 4.2.4):

- **Climatización:** 35% del consumo energético total; medidas AC de alta eficiencia y aislamiento térmico de ventanas.
- **Iluminación:** 15% del consumo energético total; retrofit en luminarias (interiores) y tecnología inducción + balastos adecuados (exteriores)
- **Otros usos:** 18% del consumo energético total; motores más eficientes

Los datos técnicos para las medidas de EE están basados en los estudios proporcionados al equipo consultor por el CNE¹⁴, la experiencia internacional de Perspectives en América Latina¹⁵ y la experiencia práctica de ENSOSAL en El Salvador¹⁶.

En particular, se analizaron (a través del socio local ENSOSAL) los tipos de tecnologías actualmente en uso y el consumo anual para cada uno de estos sub-sectores. Para cada tipo de tecnología actual se proponen medidas de EE de tecnologías directas (de reemplazo) y, donde aplicable, medidas de EE tecnológicas indirectas (mantención y *retrofit* de sistemas actuales). Se ha estimado entonces el porcentaje de consumos sobre los que se podrían aplicar las medidas propuestas de EE basándose en la presencia actual de las tecnologías instaladas.

En ambos casos, para cada medida propuesta se proporcionan datos técnicos y datos económicos:

- Datos técnicos:
 - Porcentaje de ahorro de energía máximo logable;
 - Vida útil (solamente para tecnologías directas);
 - Otra información técnica (p.ej. potencia instalada, etc.)
- Datos económicos:
 - Costos de inversión requeridos para la implementación de la tecnología propuesta (solamente para tecnologías directas);
 - Costos de operación y mantenimiento (O&M).

6.2.1 Medidas directas: ahorro y conservación

Las medidas directas de EE del sector EP se analizaron para los tres sub-sectores de iluminación, aire acondicionado y motores. Las características técnicas y económicas de las medidas se muestran en la Tabla 32, mientras a continuación se proporciona una explicación de cada medida más en detalle.

¹⁴ P.ej. Informe Final de la Auditoría Energética al Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom (CNE, sin fecha)

¹⁵ Informe: "Elaboración de una metodología para la formulación y conceptualización de NAMAs con criterios de eficiencia energética en rehabilitación de edificaciones públicas en Colombia. 2012. Cliente: PNUD.)

¹⁶ P.ej. "Auditoría de eficiencia energética en Fundación Escolar Británico Salvadoreña: mediciones en las instalaciones eléctricas existentes para generar un proyecto de eficiencia energética (Cliente: Fundación Escolar Británico Salvadoreña)

Tabla 32: Resumen de las características de las medidas directas

Medida	Tipo de tecnología actual	Medida tecnológica de EE a implementar (nombre)	% ahorro de energía máximo lograble	Vida útil
			(%)	(años)
Iluminación interior	Fluorescentes T12 con cargas 4x40W	Retrofit - T12 con cargas 2x32W	65%	30,000 horas tubo y 25 años reflector
Iluminación exterior	Alta presión de sodio, Halógenas, Haluro metálico, Vapor de Mercurio y Vapor de Sodio	Inducción magnética	50%	70,000 a 100,000 horas
Aires Acondicionados	Manejadoras, Mini-split, Split, Ventana y Central SEER 10	Equipos de eficiencia SEER 13 o mayor	30%-50%	10 a 15
Motores	Motores eficiencia estándar	Motores más eficientes "Premium"	15%-20%	20-25
Aislamiento térmico	No hay sistema de aislamiento de calor en las ventanas	Aislamiento térmico en ventanas	10%	hasta 30 años con el mantenimiento y cuidado apropiado
Generación de energía solar fotovoltaica	No hay generación de energía limpia para autoconsumo	Generación de energía solar fotovoltaica	dependiente de la cantidad de sistemas	25

Fuente: Perspectives, ENSOSAL

Cambio de iluminación

En el caso de la **iluminación interior** de los edificios públicos, se propone reemplazar la tecnología actualmente más extendida (lámparas tipo T12 con cargas de 4x40 W) por luminarias más eficientes (cargas de 2x32 W). La caracterización energética del sub-sector de edificios públicos ha mostrado (ver apartado 4.2) que casi la mitad (45%) de la electricidad consumida por iluminación proviene de lámparas tipo T12. Adicionalmente, se propone instalar reflectores especulares para aumentar la eficiencia lumínica. El reemplazo de los tubos existentes por lámparas más eficientes tiene la gran ventaja de que será posible seguir utilizando las estructuras actuales (p.ej. portalámparas); en términos económicos, esta operación permitiría reducir los costos de inversión.

Los tipos de luminarias actualmente usadas para la **iluminación exterior** de los edificios públicos son los siguientes:

- Alta presión de sodio
- Halógenas
- Haluro metálico
- Vapor de mercurio
- Vapor de sodio

Según los estudios proporcionados por el CNE (CNE 2013), estos tipos de lámparas representan aproximadamente el 10% del consumo energético por iluminación en edificios públicos. Para lograr un ahorro energético, se propone reemplazar dichas luminarias por lámparas de tecnología de inducción magnética con balastos.

La tecnología de inducción magnética presenta las siguientes ventajas:

- Iluminación instantánea con salida de luz total;
- Resistentes a cargas intermitentes y de esta manera adecuada para el uso con detectores de movimiento;
- Alto rendimiento lumínico (hasta 120lm/W);
- Hasta 100.000 horas de funcionamiento.

Cambio de sistemas de Aires Acondicionados

Las tecnologías de aire acondicionado actualmente utilizadas son equipos como manejadoras, *mini-split*, *split* y centrales con una relación de eficiencia de energía estacional (*SEER*, por sus siglas en inglés: “*Seasonal Energy Efficiency Ratio*”) de valor 10. El valor SEER representa una relación para la evaluación de la eficiencia de equipos AC: cuanto más alto es el valor SEER, más eficiente es el sistema de climatización y más ahorro de energía es logable. Se calcula en base a la potencia de refrigeración durante una época de refrigeración típica dividido por el consumo total de energía eléctrica durante esta época. Un indicador adicional para la eficiencia de un equipo es su antigüedad. En general, y en el momento de la realización de este estudio, en El Salvador un acondicionador de aire que tiene más de 5 años es posible que sea de SEER igual o menor de 10.

Consecuentemente se propone reemplazar los equipos existentes de SEER igual o menor de 10 con equipos más eficientes de SEER 13 o mayor¹⁷ (p.ej. Mini-split de alta eficiencia – *Cool solutions*).

Reemplazo de motores

En el caso de los motores utilizados actualmente, se propone el reemplazo por motores de mayor eficiencia que cuentan con las siguientes características:

- Ventilador con diseño aerodinámico, ligero y de bajas pérdidas de fricción;
- Mayor cantidad de cobre para reducir la resistencia a la corriente y reducir las pérdidas de corriente;
- Armazón de hierro fundido, resistente a la corrosión, excelente disipación y acabado preciso para mejorar transferencia de calor;
- Embobinado de cobre de alta eficiencia, resistentes a la humedad y trabajan hasta a 200°C;
- Acero al silicio, reduce las corrientes de Eddy y reduce las pérdidas del campo magnético.

Instalación de aislamiento térmico en las ventanas

El aislamiento térmico de las ventanas se refiere a la instalación de filmas solares de nanocerámica sobre la superficie de las ventanas. De esta manera la mayoría del calor se mantendría afuera de los edificios, resultando en un mantenimiento de temperaturas no excesivamente elevado y en un posible ahorro en términos de consumo de electricidad por el aire acondicionado.

¹⁷ Estos valores de referencia están basados en los requerimientos de los aparatos de AC residenciales vendidos en los EEUU, donde a partir de enero de 2006 deben tener un SEER mínimo de 13 y para calificar como ENERGY STAR deben tener al menos un SEER de 14.

Generación de energía solar fotovoltaica

Adicionalmente a las medidas mencionadas anteriormente, se propone generar una parte de la energía eléctrica para los edificios públicos a través de sistemas fotovoltaicos. Esta medida consistiría en la instalación de sistemas de autoconsumo, que permite que los edificios consuman directamente la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos. De esta manera se podría suministrar electricidad a los edificios públicos sin generar emisiones de GEI sustituir una parte de la electricidad obtenida de la red eléctrica y se produce electricidad sin generar emisiones de GEI.

Para el cálculo del potencial de generación de electricidad a través de sistemas solares se estima que - en promedio - en cada techo de edificio hay un espacio disponible de 10-20 m² para la instalación de paneles solares (se trata de una estimación conservadora). Esta superficie corresponde a la potencia instalada de 1 kW_p. Consecuentemente se supone que se pueden instalar sistemas de energía solar de 1 kW_p por edificio. La generación de energía eléctrica depende entonces de la penetración tecnología de los sistemas solares, o sea de cuantos edificios se puede tener en cuenta para la instalación de esta medida.

Adicionalmente a la generación de energía solar fotovoltaica, se propone la instalación de paneles solares térmicos para la provisión de agua caliente sanitaria (ACS) en aquellos edificios públicos que cuenten con una demanda de agua caliente elevada al combinar usos domésticos del agua con por ejemplo duchas.

Además de las medidas directas de ahorro anteriores, se proponen algunas medidas directas destinadas a la conservación del estado de las actuales infraestructuras, presentadas a continuación.

Retrofit de iluminación interior y exterior

El retrofit de luminarias interiores y exteriores incluye la instalación o el cambio de reflectores, brackets, tornillos y balastos en las lámparas existentes. De esta manera se puede lograr un ahorro de energía hasta un 50% a costos de mantenimiento mínimos.

Mantenimiento de sistemas de Aires Acondicionados

Se propone el uso un refrigerante alternativo a base de compuestos orgánicos, naturales (p.ej. "Frigimaxx"). Estos refrigerantes están diseñados para reemplazar los refrigerantes actuales, que reducen la capa de ozono, tienen un alto potencial de calentamiento global (PCG, o *GWH* del inglés) y que están producidos con refrigerantes sintéticos basados en productos químicos, preexistentes. No solamente el potencial de ahorro energético loggable sería de acerca 20%, sino también esta medida representaría una ventaja para mejorar la vida de los equipos de AC y refrigeración, gracias a un aditivo antifricción y a su estabilidad química y térmica. Cabe señalar que, antes del reemplazo del refrigerante, es necesario comprobar que los equipos estén en condiciones óptimas. Por eso hay que revisar y mantenerlos antes de instalar el nuevo refrigerante.

Escenario 1: Potencial de ahorro técnico máximo

A continuación se representa el escenario de ahorro técnico máximo que consiste exclusivamente de medidas directas de ahorro y considera el reemplazo del 100% de cada tecnología.

Tabla 33: Resumen del escenario 1 - EP

Medida	Tecnología actual	Porcentaje de reemplazo [%]	Tecnología de reemplazo	Potencial de ahorro tecnología de reemplazo [%]
Iluminación interior & exterior				
Reemplazo	T12 carga 4x40W	100%	T12 carga 2x32W	65%
	Halógenas etc.	100%	Inducción magnética	50%
Climatización				
Reemplazo	Equipos AC SEER 10	100%	Equipos AC SEER 13	30%
Motores				
Reemplazo	Motores eficiencia estándar	100%	Motores eficiencia mayor	15%
Aislamiento térmico				
Instalación	no existe	100%	Asilamiento térmico ventanas	10%
Generación energía solar fotovoltaica				
Instalación	no existe	1kWp en todos los edificios	Generación energía fotovoltaica	n.a.

Fuente: Perspectives GmbH

Escenario 2: Potencial de ahorro “realizable”

El Escenario 2 incluye una mezcla entre medidas de ahorro y conservación, y de esta manera considera el reemplazo así como el retrofit de una parte de las tecnologías utilizadas actualmente.

Tabla 34: Resumen del escenario 2 para EP

Medida	Tecnología actual	Porcentaje de reemplazo [%]	Tecnología de reemplazo	Potencial de ahorro tecnología de reemplazo [%]
Iluminación interior & exterior				
Reemplazo	T12 carga 4x40W	20%	T12 carga 2x32W	65%
	Halógenas etc.	20%	Inducción magnética	50%
Retrofit	T12 carga 4x40W	50%	Reflector, brackets,	40%
	Halógenas etc.	50%	tornillos, balastos	40%
Climatización				
Reemplazo	Equipos AC SEER 10	20%	Equipos AC SEER 13	30%
Retrofit	Equipos AC SEER 10	30%	Cambio refrigerante	20%
Motores				
Reemplazo	Motores eficiencia estándar	30%	Motores eficiencia mayor	15%
Aislamiento térmico				
Instalación	no existe	33%	Asilamiento térmico ventanas	10%
Generación energía solar fotovoltaica				
Instalación	no existe	1 kWp en el 20% de los edificios	Generación energía fotovoltaica	n.a.

Fuente: Perspectives GmbH

6.2.2 Potencial de ahorro energético

La siguiente tabla resume los potenciales de ahorro energético así como las reducciones de emisiones de GEI bajo los dos escenarios ilustrados en el apartado precedente.

Tabla 35: Potenciales de ahorros de los distintos escenarios a nivel nacional

		Unidad	Escenario 1	Escenario 2
Cantidad Lámparas a Reemplazar	Interior	#	265.751	53.150
		% del actual	100%	20%
Cantidad Lámparas a Reemplazar	Exterior	#	7.396	1.479
		% del actual	100%	20%
Cantidad Lámparas Retrofit	Interior	#	Medida no incluida	265.751
		% del actual		50%
Cantidad Lámparas Retrofit	Exterior	#	Medida no incluida	3.698
		% del actual		50%
Cantidad AC a Reemplazar	Mini-Split	#	1.599	320
		% del actual	100%	20%
Cantidad AC a Reemplazar	Central	#	1.599	320
		% del actual	100%	20%
Cantidad AC Retrofit	Mini-Split/Central	#	Medida no incluida	959
		% del actual		30%
Motores a Reemplazar		kW	7.857	2.354
		% del actual	100%	30%
Aislamiento térmico		# edificios	6.189	2.051
		% del actual	100%	33%
Paneles fotovoltaicos		# edificios	6.189	619
		% del actual	100%	10%
Ahorros de electricidad		MWh/año	63.512	18.247
Generación de energía solar		MWh/año	11.152	2.231
		% del actual	30,10%	8,26%
Ahorros de emisiones GEI		tCO _{2eq} /año	58.341	15.129
		% del actual	26,54%	7,28%
Inversión Requerida		US\$ Millones	84,92	31,05

Cabe señalar que bajo el **Escenario 1** se reemplazarían las tecnologías actuales por **nuevas tecnologías eficientes** con una **penetración tecnológica** de **100%**. El resultado es un 30,1% de ahorro de electricidad incluyendo la generación de energía solar y un 26,5% de reducción de emisiones de GEI respecto a los valores actuales.

El **Escenario 2** consta una **mezcla** de **reemplazo** y **retrofit** y tiene **diferentes magnitudes** de **penetración** de las **medidas** de EE. Este escenario resulta en un ahorro energético de 8,3% y un potencial de reducciones de emisiones de GEI de 7,3% respecto a los valores actuales.

6.2.3 Medidas indirectas

Se proponen las siguientes medidas indirectas para el sector de AP:

- **Desarrollo de estudios técnico-económicos y auditorías energéticas:** dichos estudios podrían ayudar a conocer las mejores oportunidades para la implementación de medidas de eficiencia energética en los edificios públicos, identificando donde se producen los mayores consumos energéticos.

6.3 Medidas de EE propuestas para el transporte nacional

Sobre la base de los resultados obtenidos en los apartados 4.3 y 5.3 y el análisis de diferentes estudios especializados, se proponen las medidas de mitigación para el TN en El Salvador descritas en los siguientes apartados.

6.3.1 Medidas directas de ahorro: uso de combustibles alternativos

La medida de EE directa de ahorro propuesta para el TN consiste en el reemplazo de los vehículos actualmente en uso alimentados por gasolina o por diésel con otros nuevos que utilizan combustibles alternativos. De hecho, los combustibles alternativos permitirían reducir no solamente las emisiones de GEI del tubo de escape, sino también las emisiones a lo largo de todo el ciclo de vida de los combustibles, en comparación con los combustibles “tradicionales” (gasolina y diésel) como se presenta en la siguiente tabla (US-EPA, 2007):

Tabla 36: Porcentaje de cambio de emisiones de GEI de algunos combustibles alternativos en comparación con los “tradicionales” (gasolina y diésel) considerando el entero ciclo de vida del combustible

Combustible	% cambio [% cambio emisiones GEI]	Combustible	% cambio [% cambio emisiones GEI]
Bioetanol celulósico	-90,9	Gas natural comprimido	-28,5
Biodiesel	-67,7	Gas natural licuado	-22,6
Azúcar-etanol	-56,0	Etanol de maíz	-21,8
Electricidad	-46,8	Gas de petróleo licuado	-19,9
Hidrógeno gaseoso	-41,4	Metanol	-8,5

Fuente: US-EPA, 2007 (adaptado por Perspectives GmbH)

Sin embargo, en el momento de redactar este informe, no todas las tecnologías presentadas en la Tabla 36 se encuentran en un estado de madurez tecnológica suficiente para ser comercializadas y utilizadas como alternativas válidas a las tecnologías de vehículos actualmente en uso. Por tanto, a continuación, se presentan algunas consideraciones sobre las posibles tecnologías de sustitución de los vehículos más representativos del sector TN: automóviles (incluyendo los pick-ups) y los camiones pesados.

Automóviles y Pick-ups

Las posibles tecnologías de reemplazo para los automóviles (y pick-ups) alimentados por gasolina y diésel, actualmente en uso en el sector TN en El Salvador, son las siguientes:

- Vehículos eléctricos;
- Vehículos híbridos;
- Vehículos alimentados por Gas Natural;
- Vehículos alimentados por Gas Licuado de Petróleo (GPL);
- Vehículos alimentados por biocombustibles (p.ej. etanol);
- Vehículos alimentados con hidrógeno.

En el Anexo se presenta un análisis de diferentes criterios para las posibles tecnologías de reemplazo para los automóviles.

Cabe señalar que, respecto a las emisiones de GEI, los vehículos que permiten ahorrar más a lo largo del ciclo de vida del combustible son: vehículos eléctricos, vehículos alimentados por hidrógeno y vehículos alimentados por etanol y biodiesel (ver Anexos: Posibles tecnologías de reemplazo para vehículos). Sin embargo, no todas estas tecnologías son actualmente viables y adecuadas a la situación de El Salvador.

Por ejemplo, a pesar que en los países industrializados (especialmente en Europa) se está actualmente desarrollando la infraestructura necesaria para la utilización efectiva de los vehículos eléctricos también fuera de los centros urbanos, se considera que la inversión y los tiempos de implementación de dicha infraestructura en El Salvador serían muy elevados y permitirían añadir valor solamente en una estrategia a largo plazo (5-10 años).

Del mismo modo, el desarrollo de la tecnología y de las infraestructuras necesarias para la utilización eficaz de vehículos alimentados por hidrógeno requeriría inversiones importantes y los tiempos de implementación serían aún más largos.

Por lo tanto, se considera como opción tecnológicamente más viable para el ahorro máximo de emisiones de GEI el **reemplazo** de los vehículos actualmente utilizados en el TN **con vehículos alimentados por etanol y biodiesel, y vehículos híbridos**. Esto permitiría un ahorro promedio de emisiones de GEI estimado entre 40-50% respecto a los valores actuales.

Camiones pesados

Las posibles tecnologías de reemplazo para los camiones pesados alimentados por gasolina y diésel, actualmente en uso en el sector TN en El Salvador, son las siguientes:

- Camiones pesados eléctricos;
- Camiones pesados híbridos;
- Camiones pesados alimentados por Gas Natural;
- Camiones pesados alimentados por GPL.

En el Anexo se presenta un análisis de diferentes criterios para las posibles tecnologías de reemplazo para los camiones pesados.

Como en el caso de los automóviles, se considera como tecnología más ahorradora de emisiones de

GEI la de los vehículos eléctricos. Sin embargo, dicha tecnología no dispone actualmente de la infraestructura adecuada por su desarrollo a lo largo del país. Por lo tanto, se consideran los híbridos como la alternativa más viable en el medio plazo. Esta acción permitiría un ahorro de emisiones de GEI de acerca 40-50% respecto a los alimentados por gasolina y diésel.

A continuación, se ilustran los escenarios propuestos para la implementación de medidas de EE.

Escenario 1: Potencial de ahorro técnico máximo

El Escenario 1 propone el reemplazo de la totalidad (100%) de los vehículos considerados en el cálculo y la caracterización del sector TN – camiones, pick-ups y automóviles – por vehículos híbridos. El potencial de reducción de emisiones GEI de los vehículos se estima entre un 30 y 47% (Anexos: Posibles tecnologías de reemplazo para vehículos). En este caso se aplica un valor conservativo de 30%.

Tabla 37: Descripción Escenario 1 Sector TN

Medida:	Reemplazo
Cantidad vehículos:	100%
Tipo vehículos:	Camiones (Diesel y Gasolina) Pick-ups (Diesel y Gasolina) Automóviles (Diesel y Gasolina)
Reemplazo por:	Vehículos híbridos
Potencial de reducción de emisiones:	30%

Fuente: Perspectives GmbH

Escenario 2: Potencial de ahorro “realizable”

El Escenario 2 considera el reemplazo de un 30% de los vehículos con el mayor consumo de combustible por vehículos híbridos: Pick-ups diésel y gasolina, Vehículos gasolina y Camiones diésel.

Como potencial de reducciones de emisiones se asume el mismo valor de 30% que el Escenario 1.

Tabla 38: Descripción Escenario 2 Sector TN

Medida:	Reemplazo
Cantidad vehículos:	30%
Tipo vehículos:	1) Pick-up diesel 2) Pick-up gasolina 3) Vehículos gasolina 4) Camiones diesel
Reemplazo por:	Vehículos híbridos
Potencial de reducción de emisiones:	30%

Fuente: Perspectives GmbH

6.3.2 Potenciales de ahorros a nivel nacional

Los resultados del análisis efectuado respecto al ahorro de emisiones de gases GEI según el Escenario 1 y el Escenario 2 se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 39: Potencial de ahorro de emisiones de GEI – Escenario 1

Reemplazo de 100%								
Vehículos a reemplazar					Potencial de reducciones de emisiones			
Categoría vehículo	Cantidad de vehículos = sector TN (Total datos CNE)		Emisiones tCO ₂ /año		Porcentaje de vehículos del sector TN		Reducción de emisiones tCO ₂ /año	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
Automóviles	2.158	670	6.519	5.030	100%	100%	1.956	1.509
Pick-ups	1.760	3.711	18.572	31.722	100%	100%	5.572	9.516
Camiones	47	1.659	225	17.817	100%	100%	68	5.345
Total de reducciones de emisiones tCO₂/año							23.965	

Tabla 40: Potencial de ahorro de emisiones de GEI – Escenario 2

Reemplazo de 30%								
Vehículos a reemplazar					Potencial de reducciones de emisiones			
Categoría vehículo	Cantidad de vehículos = sector TN (Total datos CNE)		Emisiones tCO ₂ /año		Porcentaje de vehículos del sector TN		Reducción de emisiones tCO ₂ /año	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
Automóviles	2.158	670	6.519	5.030	30%	0%	587	0
Pick-ups	1.760	3.711	18.572	31.722	30%	30%	1.671	2.855
Camiones	47	1.659	225	17.817	0%	30%	0	1.604
Total de reducciones de emisiones tCO₂/año							6.717	

Fuente: Perspectives GmbH

A continuación se resumen los resultados de los dos escenarios explicados arriba.

Tabla 41: Potenciales de ahorros de los distintos escenarios a nivel nacional

	Unidad	Escenario 1	Escenario 2
Cantidad Vehículos a Reemplazar	#	10.005	2.786
	% del actual	100%	28%
Ahorros de emisiones GEI	tCO _{2eq} /año	23.965	6.717
	% del actual	30%	8%

Fuente: Perspectives GmbH

6.3.3 Medidas indirectas

En términos de medidas indirectas, se proponen las siguientes acciones generales para el sector de TN:

- Elaborar un **sistema de registro de combustible** de todas las instituciones del estado y municipales para contar con datos más actualizados y así conocer el consumo real;
- **Renovación de la flota:** limitar la vida útil de los vehículos máximo 15 años e incorporar sistemas de *leasing* de vehículos eficientes; esto garantizaría el uso de vehículos muy eficientes que utilizan las últimas tecnologías disponibles, y entonces permitiría ahorrar combustible;
- Establecer periodos de **mantenimiento** frecuente y control de los mismos;
Fomento de la capacidad gracias a sesiones de educación vial para todos los miembros de las instituciones que se sirven de los vehículos de TN.
- **Incentivos fiscales:** se recomienda reducir el monto de los impuestos a la importación de vehículos híbridos para aumentar su penetración en el mercado salvadoreño.

Se presentan a continuación algunos beneficios asociados con medidas indirectas de mantenimiento (motor, filtros de aire, presión de los neumáticos y lubricación) y conducción eficiente de los vehículos:

Tabla 42: Posibles medidas indirectas de ahorro de combustible y de reducción de emisiones para los autobuses y los automóviles

Automóviles y pick-ups						
Acción/ Medida	Inspección/ Mantenimiento	Conducción eficiente / entrenamiento educación vial	Mantenimiento de motor	Mantenimiento de filtros de aire	Presión de neumáticos adecuado	Lubricante motor recomendado
Ahorro de combustible		5-20%	8%	10%	3%	1-2%
Reducción de emisiones	mediano plazo: CO: 25%; HC: 6%; NOx: 5%	CO: 26%; NOx: 27%	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fuente	GIZ, 2005a	GTZ, 2005b	Vanderschuren et al., 2008			

n.d.: no disponible

Por último, a continuación se presentan las acciones indirectas posibles por los camiones:

Tabla 43: Posibles medidas indirectas de ahorro de combustible y de reducción de emisiones para los camiones

Camiones		
	Mantenimiento/ Renovación	Conducción eficiente
Acción/ Medida	- Lubricantes con un bajo coeficiente de fricción - Neumáticos de baja resistencia a la rodadura - Mejoramientos aerodinámicas	- Entrenamiento de conducción sostenible
Ahorro de combustible	1-10%	5-10%
Reducción de emisiones	6-11% (depende de la tecnología)	Ejemplo: Programa en Países Bajos 1999-2004: 0.1-0.2 MtCO _{2eq}
Fuente	TRANSfer, 2012c	

7 Mecanismos para la implementación de la NAMA

Debido a que las NAMA son programas exhaustivos y/o políticas nacionales, hay que definir mecanismos que aseguren la implementación efectiva por parte de las numerosas partes implicadas.

7.1 Marco institucional

La meta es establecer un marco institucional que pueda articular los requerimientos para las NAMA. Esto podría lograrse por medio de una entidad que coordine y gestione la implementación de la NAMA, o inclusive, un organismo más amplio, con la instauración de una comisión inter-sectorial donde el gobierno, la industria privada y las organizaciones sociales colaboren para implementar los diferentes programas (nuevos y existentes). Los asuntos administrativos a tratarse, incluirán el desarrollo de los ajustes legales para un eventual Fondo NAMA, la configuración y operación del sistema MRV, incluyendo: desarrollo de sistemas para la recopilación de datos, bases de datos relevantes y construcción de capacidades para el monitoreo y verificación. En la página siguiente se muestra una propuesta preliminar del marco institucional de la NAMA, incluyendo las siguientes partes implicadas:

- **Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales:** recopilación de información sobre todas las NAMAs en el país, colaboración con la entidad coordinadora de cada NAMA e interacción con la CMNUCC (incluyendo comunicación formal, registro, etc.).
- **Ministerio de Economía:** apoyo desde el punto de vista económico al fomento de las medidas incluidas dentro de la NAMA y provisión/recopilación de datos económicos.
- **Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano:** apoyo desde el punto de vista técnico al fomento de las medidas incluidas dentro de la NAMA y provisión/recopilación de datos técnicos.
- **Consejo Nacional de Energía:** sería la entidad coordinadora e implementadora de la NAMA. Podría ser necesario crear una nueva dirección o gerencia dentro del CNE para coordinar e implementar la NAMA. En el apartado 7.2 se hace un breve análisis de otros requerimientos.
- **Entidad Gestora Fondos NAMA:** entidad encargada de recibir el apoyo financiero internacional y ponerlo a disposición de la entidad coordinadora de la NAMA. Posibles entidades acreditadas para gestionar el financiamiento de la NAMA son:
 - Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES);
 - Secretaria Técnica de Financiamiento Externo (SETEFE)
 - Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL)
- **Cancillería (Oficina de Financiamiento Climático del Ministerio de Relaciones Exteriores):** promoción e interlocución con los posibles donantes internacionales y asegurar una eficaz coordinación inter-institucional con vistas al financiamiento climático.
- **Asociaciones, Universidades y otras partes interesadas:** asesoramiento técnico a las políticas climáticas de la NAMA.
- **Comités institucionales de eficiencia energética:** asegurar una eficaz coordinación de los implementadores de las medidas de EE incluidas en la NAMA.
- **Implementadores de medidas de EE en cada subsector**
 - Alumbrado público (municipios)
 - Edificios públicos (ramos de gobierno)
 - Transporte nacional (instituciones que forman parte de los órganos ejecutivos del Gobierno)

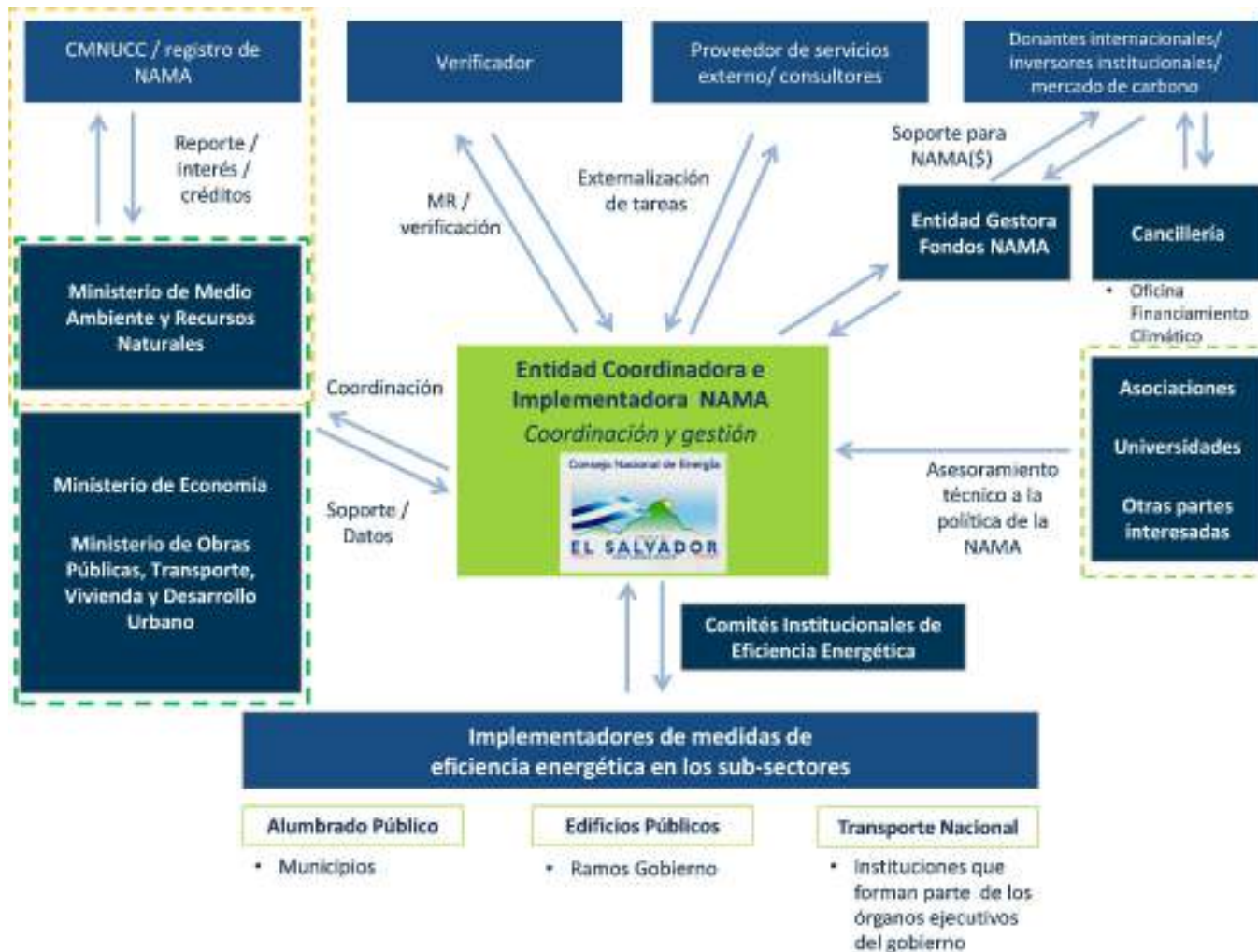


Figura 28: Propuesta preliminar del marco institucional de la NAMA. Fuente: Perspectives GmbH

7.2 Entidad coordinadora e implementadora de la NAMA

La Entidad Coordinadora e Implementadora de la NAMA tiene la responsabilidad de supervisar la NAMA en todas sus fases (preparación, implementación, operación y MRV), rendir cuentas a inversores y gobierno nacional y coordinar al resto de partes.

Tareas particulares de la Entidad Coordinadora e Implementadora de la NAMA

- 1) **Supervisar** la NAMA en todas sus fases – preparación, implementación, operación y MRV – incluyendo la **dirección** del proceso de **desarrollo** de la NAMA.
- 2) **Institución central de referencia y coordinación de todas las partes** involucradas:
 - Nivel nacional: diferentes ministerios, instituciones, sector privado;
 - Nivel internacional: donantes, CMNUCC y otras instituciones p.ej. proveedores tecnológicos;
- 3) **Contabilidad y reporte del flujo de las fuentes de financiación.** Eventualmente, registraría los ingresos por créditos de carbono. Algunas tareas deberá coordinarlas con los Ministerios de Economía y Ministerio de Hacienda de El Salvador.
- 4) **Proporcionar** una **base de datos** para **documentos** relevantes;
- 5) **Reportar** los **resultados logrados** en términos de **emisiones de GEI reducidas** e **indicadores de desarrollo sostenible**:
 - Nivel nacional, p.ej. indicadores de cobeneficios definidos por el gobierno salvadoreño;
 - Nivel internacional, p.ej. requerimientos de reporte por parte de CMNUCC y donantes;
- 6) **Implementación** efectiva de los **instrumentos políticos**
 - Si la Entidad Coordinadora es un Ministerio u otra institución con poder legislativo, podrá administrar los instrumentos políticos según la legislación en el contexto de la NAMA, p.ej. estándares de EE.
 - En caso contrario, la Entidad Coordinadora puede hacer recomendaciones basados en conclusiones e información obtenidos durante el proceso de coordinación de la NAMA.
- 7) **Preparación de envíos a la CMNUCC** (p.ej. propuesta para registro NAMA).

El **CNE** se considera un buen candidato para la función de **entidad coordinadora, gestora e implementadora de la NAMA** en el uso final de la energía del sector gubernamental de El Salvador, considerando tanto las tareas particulares anteriormente enumeradas, como otras consideraciones generales como p.ej. que se trate de un **entidad** ya **existente** y tenga **capacidad de movilizar** efectivamente **varios ministerios** implicados en la operación de la NAMA.

8 Mecanismos para la financiación de la NAMA

Según la definición de NAMA del Plan de Acción de Bali en 2007, las NAMA son: “Medidas de mitigación adecuadas a cada país [...] **apoyadas y facilitadas por tecnologías, financiación y actividades de fomento de la capacidad**”.

Para evaluar el apoyo financiero requerido, se propone la siguiente estrategia:



Figura 29: Estrategia para la evaluación del apoyo requerido por la NAMA.
Fuente: Perspectives GmbH

El primer paso para evaluar el apoyo financiero que se requiere para armar la NAMA es la estimación de los costos y de la inversión requerida para elaborar e implementar las acciones de mitigación: esta se incluye en la sección 8.1. A continuación, se introduce, en la sección 8.1.2, una discusión preliminar sobre los costos incrementales de la NAMA respecto a los costos asumibles por el sector mediante otras iniciativas; estos, sin embargo, habrán de ser estimados con precisión durante el diseño conceptual detallado de la NAMA. Por último, la evaluación de posibilidades de financiación se presenta en la sección 8.2.

8.1 Inversiones y costos de la NAMA

8.1.1 Acciones directas de mitigación

A continuación, se proporcionan las estimaciones de costos de las medidas directas de mitigación propuestas por los sectores de AP, EP y TN: se ilustran primeramente los costos bajo el Escenario 1 (Potencial de ahorro técnico máximo) y luego los costos bajo el Escenario 2 (Potencial de ahorro “realizable”). Para más detalles técnicos sobre los escenarios referirse al apartado 6.

8.1.1.1 Alumbrado Público

Escenario 1

Basándose en los costos de reemplazo y reposición ilustrados en la Tablas 28 (sección 6.1.1), se han podido estimar los costos de las medidas propuestas, distinguiendo entre costos de instalación y costos de reemplazo.

Tabla 44: Estimación del costo total de las medidas propuestas bajo el Escenario 1 de Alumbrado Público

Lámparas Existentes [Tipo y Potencia en Watts]	Lámparas de Reemplazo [Tipo y Potencia en Watts]	Cantidad de Lámparas a reemplazar [Número Lámparas]	Costos Reposición [USD]	Costos Inversión (Lámparas + Luminario) [USD]
SOD-250	LED-90	13.039	-	7.693.010
MER-175	LED-60	149.578	2.393.248	80.772.120
SOD-100	LED-60	6.034	-	3.258.360
FLUO-65	LED-25	8.611	335.829	4.649.940
INCANDESC.	LED-25	796	14.328	429.840
FLUO-55	LED-25	2.271	88.569	1.226.340
FLUO-40	LED-25	1.391	54.249	751.140
FLUO-20	LED-10	1.370	27.400	739.800
Otras-FLUO	LED-25	1.336	26.720	721.440
Otras-MER	LED-60	107	1.926	57.780
TOT		184.533	2.942.269	100.299.770
	% de lámparas totales	98,6%	Costo Total (Reposición + Inversión)	103.242.039

Fuente: Perspectives GmbH

Cabe recalcar que este escenario propuesto comprende el remplazo de 98,6% de las lámparas de AP actualmente en uso por las lámparas más eficientes disponibles. El costo total relativo al remplazo de estas lámparas, incluido el costo de la luminaria, es de **aproximadamente 103 millones USD**.

Escenario 2

La Tabla 45 ilustra la estimación del costo total de las medidas propuestas bajo el Escenario 2. En este caso, se considera el remplazo de poco más de 20% de las lámparas actualmente en uso por lámparas más eficientes. El costo total, incluido el costo de la luminaria, es de **4,9 millones USD**.

Tabla 45: Estimación del costo total de las medidas propuestas bajo el Escenario 2 de Alumbrado Público

Lámparas Existentes [Tipo y Potencia en Watts]	Lámparas de Reemplazo [Tipo y Potencia en Watts]	% reemplazo (% sobre el total del tipo de lámparas instaladas)	Cantidad de lámparas a reemplazar [Número lámparas]	Costos Reposición [USD]	Costos Inversión (Lámparas + Luminario) [USD]
MER-175	SOD-100	25%	37.395	598.312	4.300.368
INCANDESC.	FLUO-40	50%	398	7.164	38.208
Otras-MER	SOD-100	25%	27	482	3.076
TOT			37.819	605.958	4.341.652
	% de lámparas totales	20,2%		Costo Total (Reposición + Inversión)	4.947.609

Fuente: Perspectives GmbH

8.1.1.2 Sector Edificios Públicos

Escenario 1

La Tabla 46 a continuación muestra los costos de inversión estimados bajo el Escenario 1.

Tabla 46: Estimación del costo de inversión de las medidas propuestas bajo el Escenario 1 del sector Edificios Públicos

Medida	Tecnología actual	Tecnología de reemplazo	Cantidad de reemplazar	Costos por unidad (incl. Instalación)	Costes inversión (incl. Instalación)
Iluminación interior & exterior					
			#	USD/lámpara	USD
Reemplazo	T12 carga 4x40W	T12 carga 2x32W	265.751	50,00	13.287.534
	Halógenas etc.	Inducción magnética	7.396	317,00	2.344.662
Climatización					
			#	USD/unidad	USD
Reemplazo	Equipos AC SEER 10	Mini-Split SEER 13	1.599	2.000,00	3.197.232
Reemplazo	Equipos AC SEER 10	Central SEER 13	1.599	4.000,00	6.394.465
Motores					
			kW	USD/kW	USD
Reemplazo	Motores eficiencia estándar	Motores eficiencia mayor	7.847	1.812,83	14.225.107
Aislamiento térmico					
			m ²	USD/m ²	USD
Instalación	no existe	Asilamiento térmico ventanas	461.538	65,00	30.000.000
Generación energía solar fotovoltaica					
			kW _p	USD/W _p	USD
Instalación	no existe	Generación energía fotovoltaica	6.189	2,50	15.472.500
Costos inversión [USD]					84.921.500

Fuente datos: ENSOSAL, adaptado por Perspectives GmbH

El resultado de la estimación de los costos bajo el Escenario 1, que considera el reemplazo de 100% de las tecnologías utilizadas actualmente, es un costo de inversión total de acerca **84,9 millones USD**. Los costos por unidad y totales incluyen también los costos para las instalación de las medidas.

Cabe mencionar que la estimación de los costos del aislamiento está basada sobre suposiciones hechas por el equipo consultor. El precio específico actual en el país de las filmas es 65 USD/m². Sin embargo, es muy complejo hacer una estimación del total de la superficie de las ventanas (expuestas hacia el sur) de todos los edificios dentro del sector. En este caso, se ha estimado que en promedio un edificio público cuenta con aproximadamente 100 ventanas y que cada ventana tiene una dimensión de 0,75 m². Con estos valores, se ha estimado que sería necesario invertir 30 millones USD para aplicar la medida en cada edificio. Para calcular los costos más en detalle, se aconsejaría obtener información más detallada sobre los diferentes edificios y los factores (número de ventanas, dimensión de las ventanas, orientación de los edificios, etc.) que influyen sobre los cálculos.

Considerando la instalación de paneles fotovoltaicos se supone una penetración tecnológica de un 100%, resultando en la instalación de sistemas solares FV en cada edificio con una potencia de 1 kW_p que tendría un costo de inversión de aproximadamente 15,5 M USD.

Escenario 2

Se presenta la estimación de los costos de inversión bajo el Escenario 2 en la Tabla 47.

Tabla 47: Estimación del costo de inversión de las medidas propuestas bajo el Escenario 2 del sector Edificios Públicos

Medida	Tecnología actual	Tecnología de reemplazo/retrofit	Cantidad de reemplazar	Costos por unidad (incl. Instalación)	Costes inversión (incl. Instalación)
Iluminación interior & exterior					
			#	USD/lámpara	USD
Reemplazo	T12 carga 4x40W	T12 carga 2x32W	53.150	50,00	2.657.507
	Halógenas etc.	Inducción magnética	1.479	317,00	468.932
Retrofit	T12 carga 4x40W	Reflector, brackets,	265.751	30,00	7.972.520
	Halógenas etc.	tornillos, balastos	3.698	180,00	665.677
Climatización					
			#	USD/unidad	USD
Reemplazo	Equipos AC SEER 10	Mini-Split SEER 13	320	2.000,00	639.446
	Equipos AC SEER 10	Central SEER 13	320	4.000,00	1.278.893
Retrofit	Equipos AC SEER 10	Cambio refrigerante	959	400,00	383.668
Motores					
			kW	USD/kW	USD
Reemplazo	Motores eficiencia estándar	Motores eficiencia mayor	2.354	1.812,83	4.267.532
Aislamiento térmico					
			m ²	USD/m ²	USD
Instalación	no existe	Asilamiento térmico ventanas	153.846	65,00	10.000.000
Generación energía solar fotovoltaica					
			kW _p	USD/W _p	USD
Instalación	no existe	Generación energía fotovoltaica	1.238	2,50	3.095.000
Costos inversión [USD]					31.429.176

En total, la inversión total requerida para implementar las medidas propuestas bajo el Escenario 2 sería de **31,4 millones USD**. Los costos del aislamiento térmico se calcularon según las mismas suposiciones que se hicieron bajo el Escenario 1 (ver más arriba), considerando esta vez una penetración tecnológica de aproximadamente un tercio de los edificios (33%).

Además cabe señalar que – como mencionado anteriormente - el retrofit de los equipos AC con un refrigerante alternativo solo se puede aplicar para equipos en un buen estado. Por ello, es necesaria una revisión previa de los sistemas que resultaría en costos adicionales (aproximadamente 50 USD por equipo). Se sugiere tomar como aire acondicionado estándar, un equipo de capacidad de 60.000 BTU (= 5 toneladas). Se estima un costo del refrigerante instalado que normalmente depende de las toneladas de aire, es decir una libra de refrigerante por tonelada de aire. Por lo tanto si los edificios públicos cuentan con AC de 5 toneladas, el costo de instalación de refrigerante por equipo es de \$350.00. En conclusión el costo de instalación de refrigerante y mantenimiento es de \$400.00.

8.1.1.3 Sector Transporte Nacional

Para efectuar la estimación de los costos para las medidas propuestas bajo los dos escenarios del sector TN, primero es necesario definir los costos de los diferentes vehículos en la versión “actual” (diésel y gasolina) y la propuesta de reemplazo (híbrido). Una estimación de dichos costos en El Salvador, en el momento de la realización de este informe, está ilustrada en la Tabla 48.

Tabla 48: Estimación de los costos en 2014 en El Salvador para vehículos actuales (diésel y gasolina) y para los vehículos propuestos para el reemplazo (híbridos)

Vehículos actuales	Coste actual (USD)	Vehículo de reemplazo	Coste (USD)
Automóviles (Diesel y Gasolina)	15.000	Automóviles híbridos	20.250
Pick-ups (Diesel y Gasolina)	25.000	Pick-ups híbridos	33.750
Camiones (Diesel y Gasolina)	50.000	Camiones híbrido	67.500

Fuente: ENSOSAL (adaptado por Perspectives GmbH)

A continuación, se presentan los resultados de la estimación para los dos escenarios propuestos.

Escenario 1

En la Tabla 49 se proporcionan los detalles de los cálculos efectuados para la estimación del costo de la inversión y del costo incremental bajo el Escenario 1. El monto total para el costo de inversión (acerca de **357 millones USD**) representa el costo en nivel absoluto para la compra de vehículos híbridos nuevos. En el caso del sector TN, este valor no está considerado como indicativo del valor efectivo que hay que considerar para el desarrollo de la NAMA. De hecho, el costo incremental, que representa la diferencia entre el costo incurrido para la compra del vehículo de reemplazo (híbrido) y la compra de un vehículo diésel o de gasolina, representa el valor más significativo al fin de esta análisis, porque permite estimar el monto de la inversión requerida además de la inversión ya necesaria (para la compra de un vehículo diésel o gasolina). En el caso del Escenario 1, el monto total del **costo incremental** es de acerca **92,6 millones USD**.

Tabla 49: Estimación del costo total (costo inversión y costo incremental) de las medidas propuestas bajo el Escenario 1 del sector Transporte Nacional

Vehículos actuales	Vehículos de reemplazo	Cantidad de vehículos a reemplazar	Costo inversión (USD)	Costo incremental (USD)
Automóviles (Diésel y Gasolina)	Automóviles híbridos	2.828	57.267.000	14.847.000
Pick-ups (Diésel y Gasolina)	Pick-ups híbridos	5.471	184.646.250	47.871.250
Camiones (Diésel y Gasolina)	Camiones híbridos	1.706	115.155.000	29.855.000
TOTAL		10.005	357.068.250	92.573.250

Fuente: Perspectives GmbH

Escenario 2

De manera similar al Escenario 1 del sector TN, se proporcionan los resultados de la estimación de los costos bajo el Escenario 2 en la Tabla 50. Cabe señalar que el costo de inversión está estimado en aproximadamente 102,1 millones USD, mientras que el **costo incremental** es de alrededor **26,5 millones USD**.

Tabla 50: Estimación del costo total (costo inversión y costo incremental) de las medidas propuestas bajo el Escenario 2 del sector Transporte Nacional

Vehículos actuales	Vehículos de reemplazo	Cantidad de vehículos a reemplazar	Costo inversión (USD)	Costo incremental (USD)
Automóviles Gasolina	Automóviles híbridos	647	13.109.850	3.398.850
Pick-up Diésel	Pick-ups híbridos	1.113	37.573.875	9.741.375
Pick-up Gasolina	Pick-ups híbridos	528	17.820.000	4.620.000
Camiones Diésel	Camiones híbrido	498	33.594.750	8.709.750
TOT		2.786	102.098.475	26.469.975

Fuente: Perspectives GmbH

8.1.2 Costos incrementales de las medidas directas

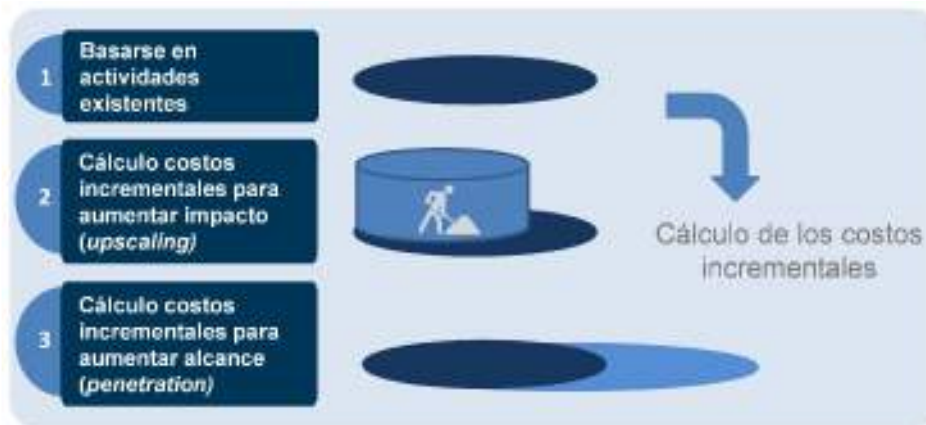
Para calcular los costos incrementales de las medidas directas, habría que estimar los costos “asumibles por el sector” en ausencia de la NAMA y restarlos del total de costos de las medidas de EE propuestas para alcanzar los valores energéticos deseables (*benchmark*).

Dichos costos asumibles pueden ser:

- Los correspondientes a las medidas de eficiencia energética que el sector sería capaz de acometer sin financiamiento extra (p.ej. aquellas con costos de inversión bajos o períodos de retorno cortos);
- Los correspondientes a otras actividades, programas o ayudas de EE existentes.

Así, los costos incrementales serían los necesarios para:

- Aumentar el **impacto tecnológico** (*upscaling*) → Estándares de eficiencia energética más ambiciosos (p.ej. en el sector de AP utilización de lámparas LED) y/o inclusión de tecnologías no cubiertas hasta el momento;
- Aumentar el **grado de penetración** (*penetration*) → Más lámparas reemplazadas (sector AP) / más edificios cubiertos por medidas de EE (sector EP) / más vehículos reemplazados (sector TN) en el mismo tiempo.



Fuente: Perspectives GmbH

Un enfoque interesante para el apoyo financiero por parte de donantes internacionales podría ser la solicitud de **préstamos concesionales** para aquellas medidas de eficiencia energética que tengan períodos de retorno cortos pero costos de inversión muy elevados que supongan una barrera para la implementación. En este caso, el financiamiento solicitado serviría para cubrir la diferencia entre los costos de inversión asumibles por el país o sector en ausencia de la NAMA y el total de costos de inversión para alcanzar los valores energéticos deseables según los límites de emisiones de GEI considerados.

8.1.3 Acciones indirectas de mitigación (acciones de apoyo)

Se ha estimado de manera preliminar el costo de las acciones de apoyo para la implementación de los escenarios realizables (ver capítulo 6) propuestos bajo la NAMA para los tres sub-sectores analizados. Dichas acciones de apoyo tendrán que coordinarse con los esfuerzos de los varios donantes y agencias bilaterales/multilaterales para la cooperación y el desarrollo que están actualmente implementando otras actividades en El Salvador.

Tabla 51: Costo de las acciones de apoyo

Núm.	Tipo de acciones de apoyo	Necesidad financiera
1	Medidas de apoyo iniciales (diseño): Estudio conceptual NAMA detallado con: definición de medidas concretas, establecimiento de línea base, cálculo del potencial de reducción de GEI, propuesta de organización institucional, necesidad y esquema de financiación y sistema MRV.	150.000-250.000 USD
2	Medidas de apoyo adicionales (implementación y operación): Establecimiento de instituciones, desarrollo y fortalecimiento de capacidades, estudios técnicos detallados.	1 – 5 millones USD
3	Difusión y publicidad	0.5 – 1 millones USD
TOTAL ¹⁸		2 – 6 millones USD ¹⁹

¹⁸ Basado en estimaciones y referencias de otra NAMA conceptual en el sector edificación (vivienda). Fuente: CONAVI, SEMARNAT (2011)

8.2 Posibilidades de financiación

El tipo de financiamiento depende de la fase en la que se encuentra el proceso de la NAMA. En la etapa de la idea, la NAMA se financia principalmente de los presupuestos públicos domésticos (en el caso de este proyecto se financia por el CNE a través de fondos del PNUD). Para la fase de concepto se busca adicionalmente a donantes (internacionales) que asistan con su apoyo financiero. Finalmente, a partir de la fase de la implementación y durante la primera fase de operación piloto de la NAMA y la posterior de aumento del alcance sectorial, se pueden incluir inversiones y créditos de bancos nacionales o internacionales, así como capital empresarial.



Figura 30: Tipos de financiamientos posibles para las diferentes fases de la NAMA. Fuente: Perspectives GmbH

Respecto a las fuentes públicas se pueden identificar diferentes enfoques como muestra el gráfico siguiente. Así en la fase inicial una NAMA se puede financiar por deudas públicas, impuestos, presupuesto nacional o ingresos de subastas.



Figura 31: Enfoques de las fuentes de financiación pública. Fuente: Perspectives GmbH

¹⁹ A estos costos de medidas de apoyo, habría que añadir el de implementación de “proyectos piloto”

Los donantes o canales financieros pueden comprender fondos bilaterales o multilaterales así como el apoyo de países Anexo I bajo la CMNUCC. Los fondos o donantes más importantes en este contexto son el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (*Global Environment Facility – GEF*) y el Fondo Verde para el Clima (*Green Climate Fund – GCF*).

A continuación se listan los fondos nacionales e internacionales (bilaterales y multilaterales) más relevantes a fecha de elaboración del presente informe.

8.2.1 Fondos nacionales

En El Salvador, existe una serie de posibilidades de financiamiento local para proyectos de eficiencia energética, dentro de los cuales se pudiera inscribir una parte de la presente propuesta de NAMA.

A continuación, se presentan dichas fuentes de financiamiento local:

- **Líneas de financiamiento de primer piso:** por ejemplo, el Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL) con el Fondo de Desarrollo Económico (FDE) puede financiar a largo plazo, directamente:
 - a) Programa Empresa Renovable: Financiamiento para Reconversión Ambiental y Energía Renovable;
 - b) Generación de Energía.
- **Líneas de financiamiento de segundo piso:** BANDESAL como banco de segundo piso, con fondos del banco KfW, a través de la red de bancos intermediarios:

<ul style="list-style-type: none"> ○ Accovi De R.L. ○ Banco Agrícola, Sociedad Anónima ○ Banco Citibank De El Salvador, Sociedad Anónima ○ Banco De América Central, S.A. ○ Banco De Fomento Agropecuario ○ Banco De Los Trabajadores Salvadoreños, Soc. Coop. de R.L. de C.V. ○ Banco G&T Continental El Salvador, Sociedad Anónima ○ Banco Hipotecario De El Salvador, Sociedad Anónima ○ Banco Davivienda, Sociedad Anónima ○ Banco Industrial El Salvador, S.A ○ Banco Procredit, S.A. ○ Banco Promerica, Sociedad Anónima ○ Bancofit, S.C. de R.L. de C.V. ○ Caja de Crédito de Aguilares, S.C. de R.L. de C.V. ○ Caja de Crédito de Ahuachapan, de R.L. de C.V. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Caja de Crédito de San Vicente, S.C. de R.L. de C.V. ○ Caja de Crédito de Santa Ana Soc. Coop. de R.L. de C.V. ○ Caja de Crédito de Usulután, S.C de R.L. de C.V. Caja de Crédito de Zacatecoluca, S.C de R.L. de C.V. ○ Caja de Crédito Metropolitana, S.C. de R.L. de C.V. ○ Cc Santiago Nonualco ○ Fedecredito, de C.V. ○ Fondo Nacional de Vivienda Popular ○ Fondo Social Para la Vivienda ○ Multi Inversiones Banco Cooperativo de los Trabajadores, S.C. de R.L. de C.V. ○ Primer Banco de los Trabajadores, S.C. de R.L. de C.V. ○ Scotiabank El Salvador, Sociedad Anónima ○ Soc. Ahorro y Crédito Apoyo Integral S.A. ○ Sociedad Cooperativa y Ahorro Y Crédito
--	---

- Caja de Crédito de Chalchuapa, Sociedad Cooperativa de R.L. de C.V.
 - Caja de Crédito de Concepcion Batres, de R.L. de C.V.
 - Amc de R.L. de C.V.
 - Sociedad De Ahorro y Crédito Credicomer, Sociedad Anónima.
 - Sociedad Hencorp Becstone Capital, L.C.
- **Banco Centroamericano De Integración Económica (BCIE), Iniciativa MIPYMES VERDES:** Financiamiento es a través de instituciones financieras centroamericanas con una Línea Global de Crédito, aprobada por el BCIE:
 - AMC Sociedad Cooperativa De Ahorro Y Crédito
 - Banco Agrícola, Sociedad Anónima
 - Apoyo Integral S.A de C.V.
 - Banco Central de Reserva de El Salvador
 - Banco de Fomento Agropecuario
 - Banco de Cooperación Financiera De Los Trabajadores Bancofit
 - Banco Hipotecario De El Salvador, Sociedad Anónima
 - Banco Izalqueño De Los Trabajadores
 - BANDESAL
 - Banco de los Trabajadores Salvadoreños
 - Caja De Crédito Rural De Aguilares
 - Caja de Crédito Rural de Chalatenango
 - Caja de Crédito de Cojutepque
 - Caja de Crédito de Jucuapa Salomon
 - Caja de Crédito de Nueva Concepcion
 - Caja de Crédito de San Martin
 - Caja de Crédito Rural de San Vicente
 - Caja de Crédito Rural de Santa Ana
 - Caja de Crédito Santiago Nonualco.
 - Caja de Crédito Rural de Sonsonate
 - Caja de Crédito de Tonacatepeque
 - Caja de Crédito de Usulután
 - Caja de Crédito Rural de Zacatecoluca
 - Comedica
 - Crediq, S.A. de C.V.
 - Federación de Cajas de Crédito
 - Fondo Nacional de Vivienda Popular
 - Multi Inversiones Banco Cooperativo
- **Banco DaVivienda:**
 - **Banca Global:** Para empresas que tienen presencia a nivel global, o empresas locales con ventas de más de 100 millones y sus necesidades de inversión corresponden a créditos para grandes proyectos como hidroeléctricos, cogeneración, generación de energía a partir de biomasa, etc. Esta puede atender proyectos de generación de energía o de eficiencia energética pero no es una línea específica para ello.
 - **Banca Corporativa:** atiende empresas locales o regionales con niveles de venta desde 20 millones de dólares a 100 millones; o créditos a empresas de más 10 millones. Esta puede atender proyectos de generación de energía o de eficiencia energética pero no es una línea específica para ello.
 - **Banca Empresarial:** atiende empresas locales con ventas desde 10 millones hasta 20 millones. Esta puede atender proyectos de generación de energía o de eficiencia energética pero no es una línea específica para ello.
 - **Banca DaVivienda Empresas:** atiende a pequeñas y medianas empresas con ventas anuales de desde 60 mil dólares hasta 10 millones de dólares.
 - **Línea de Crédito Verde Banca DaVivienda Empresas** (EE y producción más limpia).

Hasta ahora no existe un proceso determinado para solicitar apoyo financiero para una NAMA al nivel internacional. El proceso es parecido al procedimiento de pedir financiamiento para otros proyectos. Los donantes que ya han apoyado otras NAMA u otros proyectos en el mismo sector o área podrían servir como punto de partida. Los principales donantes se listan a continuación:

Fondos multilaterales

- Global Environment Facility (GEF)
- Green Climate Fund (GCF)²⁰
- BID Sustainable Energy and Climate Change Initiative (SECCI)
- BID Infrastructure Fund (InfraFund)
- WB Clean Technology Fund
- WB Public Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF)
- WB Carbon Finance Unit (CFU)
- EU Global Climate Change Alliance (GCCA)
- NAMA Facility del Ministerio del Medio Ambiente de Alemania y el Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido de Gran Bretaña
- Latin America Investment Facility (LAIF)

Fondos bilaterales:

- German International Climate Initiative
- German Climate Technology Initiative (DKTI)
- United Kingdom's Department for Energy and Climate Change (DECC) Capital Markets Climate Initiative
- El banco alemán de desarrollo (KfW)

Normalmente, las agencias de ayuda al desarrollo tienen **oficinas regionales** que deberían ser contactadas para evaluar la oportunidad de obtener apoyo financiero. De este modo se tiene que informar a los donantes e inversores potenciales sobre la NAMA prevista con un **concepto detallado** o una **propuesta** más **elaborada** que suministre todos los aspectos relevantes.

Además, en el caso de El Salvador la **Oficina de Financiamiento Climático** del Ministerio de Relaciones Exteriores (**Cancillería**) tendrá una función clave en la labor de promoción e interlocución con los posibles donantes internacionales y aseguramiento de una eficaz coordinación inter-institucional con vistas al financiamiento climático.

Posibles criterios de los donantes para la evaluación y decisión del financiamiento de una NAMA podrían ser los siguientes:

²⁰ Entre otros, se espera que el "Fondo Verde para el Clima" ofrezca una oportunidad significativa para soportar financieramente NAMA. El objetivo del fondo es de recaudar 100 millones US \$ por año hasta el año 2020. Todavía los procesos y modalidades del GCF no se han determinado, pero están en la discusión



Figura 33: Posibles criterios de los donantes para la evaluación y decisión del financiamiento de una NAMA

Fuente: Adaptado de NEFCO, "Supported NAMAs – the Funder's Perspective"²¹

²¹ UNFCCC Colombian Ministry of Environment workshop on NAMAs. Medellín, 9-10 Octubre 2012.

9 Sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV)

9.1 Antecedentes y principios de sistemas de MRV

En el contexto de los recientes acuerdos internacionales en el marco de las negociaciones sobre cambio climático, se atribuye cada vez más importancia a los sistemas de **Medición, Reporte y Verificación (MRV)**. Esto ha sido así debido a uno de los axiomas de la calidad: *lo que no se puede medir, no se puede gestionar*.

Se puede generalmente asumir que el objetivo último y el enfoque de un sistema de MRV es siempre lo de poder medir, reportar y verificar de una manera transparente y objetiva que las emisiones de GEI se han reducido gracias a la implementación de las acciones del proyecto en cuestión. Normalmente las emisiones se calculan como el producto entre los datos de la actividad obtenidos de la medición (p.ej. toneladas de combustible consumido) y el factor de emisión correspondiente (p.ej. tCO₂ por tonelada de combustible consumido). Además, no es solamente el aspecto técnico, sino también la inscripción del proceso dentro del marco institucional del país que representa un factor clave para el éxito de la implementación del sistema MRV y de la NAMA.

Los **principios claves** de un **sistema MRV** son: la **precisión** de los datos medidos, la **integridad** de los procesos de medición, la aplicación del **principio conservador** (que consiste en utilizar siempre datos de manera conservadora), la **coherencia** (entre los diferentes tipos de proyectos del mismo tipo y dentro de las diferentes fases del mismo proyecto), la **aplicabilidad** de los parámetros medidos y la **transparencia** del proceso de MRV. A continuación, se ilustran los conceptos y las definiciones de Medición, Reporte y Verificación.

MEDICIÓN

El proceso de medición se puede definir como un medio para “describir un fenómeno en términos razonables, precisos y objetivos en cuanto a un estándar establecido o a una unidad de medida” (Breidenich, C. y Bodansky, D. 2009). Por lo general las emisiones de GEI no se suelen medir directamente, sino que se calculan a partir de los datos de actividad y los factores de emisión (IPCC, 2006).

REPORTE

El aspecto del reporte se refiere a la provisión de los datos e informaciones medidas. Los motivos para el reporte o presentación de informes son diferentes, e incluyen pero no se limitan a: las actividades nacionales e internacionales de regulación, la divulgación pública, los registros voluntarios, y los objetivos de marketing de los desarrolladores de proyectos. La precisión y la fiabilidad de la información son factores claves para el éxito del reporte. Además la transparencia y la estandarización del proceso de reporte son esenciales, dado que permiten la comparación entre las diferentes actividades (Breidenich, C. and Bodansky, D. 2009). Además, los objetivos del reporte pueden variar según la entidad receptora del informe: a nivel nacional, puede tratarse de planificación y priorización de políticas nacionales, y de monitorear la implementación y su efectividad; a nivel internacional (p.ej. CMNUCC), los países no industrializados deben entregar reporte nacional cada cuatro años y a partir de diciembre 2014 informes bienales (“*biennial update reports*”, BUR).

VERIFICACIÓN

La verificación es el proceso de comprobar de manera independiente la precisión y la fiabilidad de la información reportada. La verificación hace parte del proceso de garantía y control de calidad (QA/QC) del proyecto. Los dos sistemas de verificación principales más recomendados son: la verificación por expertos independientes (p.ej. la CMNUCC) y la verificación por una tercera parte acreditada (p.ej. las Entidades Operacionales Designadas - en inglés *Designated Operating Entity* o DOE - que son acreditadas por la junta ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para verificar los proyectos MDL) (Breidenich, C. and Bodansky, D. 2009).

9.2 Sistemas de MRV para NAMA

En el contexto de las NAMA, el propósito del sistema MRV es medir el impacto de las medidas implementadas y evaluar su contribución a los objetivos nacionales e internacionales de la política de cambio climático. Para que su implementación sea exitosa, el sistema MRV no debería representar una barrera, sino una herramienta práctica de guía con el fin de alcanzar los objetivos de la NAMA. Por ello, se debería concebir los sistemas MRV de las NAMA de manera más simple y flexible que los enfoques utilizados bajo el MDL.

El grado de rigor y de exigencia de los requisitos del sistema MRV para NAMA varía según el tipo de NAMA considerado (ver 3.1.2): se ilustran estos conceptos en la Tabla 52.

Tabla 52: Requisitos específicos esperables por los diferentes tipos de NAMA

Tipo de NAMA	Requisitos MRV
Unilaterales	<ul style="list-style-type: none"> • Los requisitos específicos son elaborados por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Técnico (OSACT) de la CMNUCC • Se espera una armonización con las prioridades nacionales
Respaldadas	<ul style="list-style-type: none"> • Un sistema MRV a nivel nacional bajo supervisión internacional • Un sistema MRV a nivel internacional puede ser exigido por los donantes • Seguimiento del apoyo financiero y tecnológico

En el contexto de las negociaciones internacionales sobre el cambio climático, en la COP17 en Durban en 2011 se hace referencia directa a los requerimientos para los sistemas de MRV de NAMA. En esta se decidieron de común acuerdo algunas líneas guías generales de los requisitos para NAMA de la siguiente manera:

- Para cada acción o grupo de acciones bajo la NAMA, el país en desarrollo entregará:
 - Nombre y descripción de las medidas de mitigación, incluyendo el propósito de la acción, la cobertura (p.ej. sectores y gases), los objetivos cuantitativos y los indicadores de progreso;
 - **Información sobre las metodologías de MRV y las hipótesis consideradas;**
 - Objetivos de la acción y etapas previstas para su realización;
 - Informaciones sobre el progreso de la implementación, las etapas previstas y los resultados obtenidos, así como los resultados y las reducciones de emisiones estimadas;
 - Informaciones sobre los mecanismos de mercados internacionales.

- Además, se debe incluir también la **descripción del sistema MRV a nivel nacional**.

De manera similar al desarrollo paso a paso de las NAMA (ver 3.2.2), se puede considerar el siguiente planteamiento por etapas para elegir e implementar correctamente el sistema MRV adecuado para una NAMA.

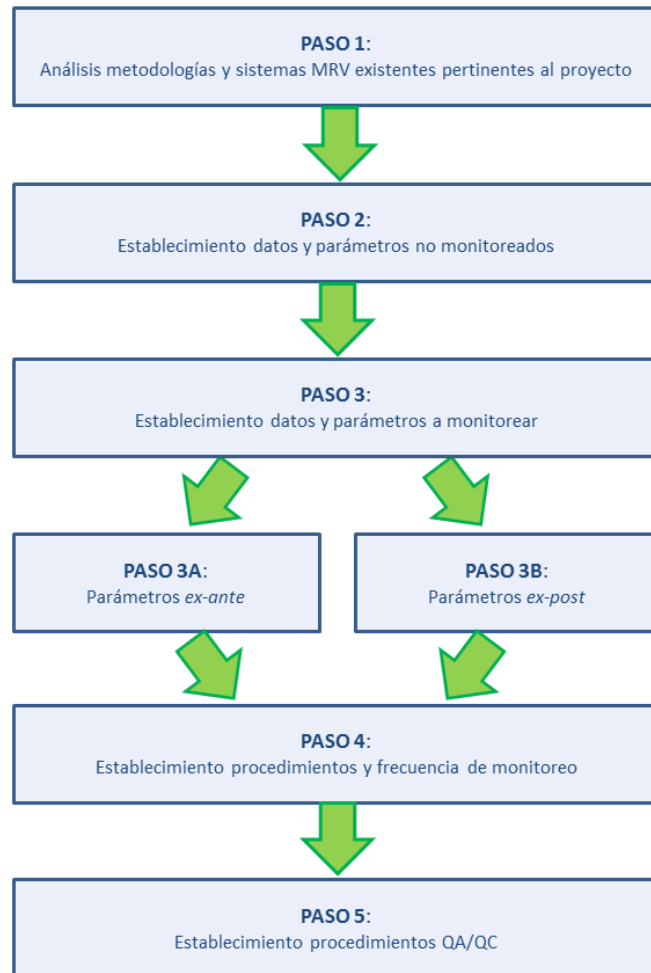


Figura 34: Metodología paso a paso para definir el sistema MRV de la NAMA

9.3 Metodología y enfoque para el sistema MRV de la NAMA en el uso final de la energía del sector gubernamental

Como se ha expuesto arriba, para definir el sistema MRV de la NAMA en el uso final de la energía del sector gubernamental es necesario realizar un análisis de posibles metodologías existentes aplicables a los sub-sectores pertinentes (alumbrado público, edificios públicos, transporte nacional). Se presenta un análisis de dichas metodologías en el apartado 9.4 con el propósito de ayudar a identificar los parámetros a monitorear *ex-ante* y *ex-post* relacionados con el cálculo de las emisiones de GEI dentro de las diferentes metodologías existentes.

- La evaluación *ex-ante* tiene el objetivo de evaluar los efectos de las políticas o acciones sobre las emisiones de GEI *antes* de su aplicación;
- La evaluación *ex-post* tiene el objetivo de evaluar los efectos de las políticas o acciones sobre las emisiones de GEI *después* de su aplicación durante el período de ejecución.

A continuación, se ilustra el procedimiento paso a paso de la metodología seguida para establecer el sistema MRV de cada sub-sector de la NAMA. Se proporcionan más detalles para cada sub-sector en los apartados 9.4 y 9.5.

9.4 Análisis de metodologías y sistemas MRV existentes a nivel internacional

En este capítulo se presenta un análisis de metodologías de sistemas MRV de NAMA a nivel internacional en los sub-sectores pertinentes al estudio (alumbrado público, edificios públicos y transporte nacional). Se describen primeramente las fuentes de la revisión de las metodologías dentro del marco del MDL y del VCS; luego se proporciona un análisis de las NAMA actualmente en desarrollo en el contexto internacional en los sub-sectores relevantes al presente estudio con el fin de evaluar sus sistemas MRV. Sobre la base de estos análisis, para cada sub-sector se proporcionan los parámetros y datos no monitoreados y a monitorear, distinguiendo entre parámetros *ex-ante* y *ex-post*, e incluyendo la frecuencia de monitoreo y los procedimientos de control/garantía de la calidad de los datos (QA/QC).

9.4.1 Revisión de metodologías MDL y VCS

Se efectuó un análisis de las metodologías MDL aprobadas por la CMNUCC y de las metodologías VCS relativas al monitoreo, reporte y verificación de proyectos en los sectores de alumbrado público, edificios públicos y transporte nacional. A continuación, se proporcionan los resultados:

Alumbrado público

- **AMS-II.L:** Actividades del lado de la demanda para tecnologías eficientes de alumbrado exterior e iluminación pública (en inglés: *Demand-side activities for efficient outdoor and street lighting technologies*)
<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/JXH8OI21V4PIQTL2WJLG6KJP5BTY3H>

Edificios públicos

- **AMS-II.Q:** Proyectos de eficiencia energética y/o proyectos de suministro de energía en edificios comerciales (en inglés: *Energy efficiency and/or energy supply projects in commercial buildings*)
<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/YCL1T3NURPHKSHBSR8TIHC2T543HTQ>
- **AMS-III.AE:** Medidas de eficiencia energética y energías renovables en nuevos edificios residenciales (en inglés: *Energy efficiency and renewable energy measures in new residential buildings*)

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/AWRS1U9S13QBGT2FX236Z2CVTMH44A>

- **AM0091:** Tecnologías de eficiencia energética y sustitución de combustible en edificios nuevos y existentes (en inglés: *Energy efficiency technologies and fuel switching in new and existing buildings*)

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/OHDO0UYZWFH6ZK0U9K98P9NW5WVMJ8>

- **VM0008:** Climatización de edificios unifamiliares y multifamiliares (en inglés: *Weatherization of Single Family and Multi-Family Buildings*)

<http://www.v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/VM0008%20v1.1%2C%20FINAL.pdf>

Transporte nacional

- **AMS-III.C:** Reducciones de emisiones por vehículos eléctricos y híbridos (en inglés: *Emission reductions by electric and hybrid vehicles*)

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/7DYUF4TWIPX6BHOM3EHMM8B8LIK1M>

- **AMS-III.S:** Introducción de vehículos/tecnologías bajos en carbono en flotas de vehículos comerciales (en inglés: *Introduction of low-emission vehicles/technologies to commercial vehicle fleets*)

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/CAEL7OU5NIMXWM9E4RU2C4MV9WHXJN>

- **AMS-III.AA:** Actividades de transporte energéticamente eficiente usando tecnologías de “retrofit” (en inglés: *Transportation Energy Efficiency Activities using Retrofit Technologies*)

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4N6Q5WI36PVIUDBJT6M7DBM4I6R5D6>

9.4.2 Sistemas de MRV de NAMA a nivel internacional en los 3 sub-sectores

A nivel internacional existe todavía un número muy limitado de propuestas de sistemas MRV para NAMA en los tres sub-sectores pertinentes al estudio. Según la base de datos de NAMA en línea²², las siguientes NAMAs contienen un marco de MRV definido:

- **Alumbrado público:** En el sector de alumbrado público no existen, hasta la fecha, NAMA con un marco de MRV definido según la base de datos. Para un primer análisis se considera y analiza el sistema MRV de la NAMA “Smart Street Lighting Initiative (SSLI)” en Indonesia de GIZ (financiador) y el Ministerio de Energía y Recursos Minerales de Indonesia (proponente). El concepto de la NAMA consiste en el reemplazo de luminarias existentes por tecnología LED en ciudades y áreas urbanas e incluye un concepto de MRV. El sistema MRV propuesto se basa en la metodología MDL “AMS-II.L” y considera dos diferentes enfoques:
 - Enfoque A: Se basa en la metodología MDL AMS-II.L y no requiere el monitoreo del consumo eléctrico usando registradores de datos de consumos eléctricos
 - Enfoque B: Uso registradores de datos de consumos eléctricos y sistemas de control inteligentes

²² <http://www.nama-database.org/index.php>

Sobre la base del análisis de dicha metodología, se sugiere el enfoque A para el desarrollo de un concepto de MRV en el caso de alumbrado público en el marco de la presente NAMA y se ilustran más detalles en el apartado 9.4.3 y 9.4.4.

- Edificios públicos: se puede contar con una de las pocas NAMA ya en fase de implementación: “NAMA de vivienda sostenible en México”²³ que contiene un sistema de MRV definido. La NAMA considera medidas de eficiencia energética para viviendas nuevas como por ejemplo electrodomésticos de bajo consumo, aislamiento térmico y generación de energía eléctrica por paneles fotovoltaicas. El sistema de MRV se basa en un enfoque integral dónde se monitorean principalmente los consumos de energía eléctrica, gas y agua de cada edificio incluido en una muestra representativa. Además, el marco MRV se divide en dos enfoques:
 - Un sistema de MRV simplificado: Se monitorean el consumo de electricidad, gas y agua directamente con una frecuencia anual.
 - Un sistema de MRV detallado: Se monitorean el consumo de electricidad, gas y agua directamente así como la temperatura y otros parámetros por medidores y sistemas de control inteligentes cada 15 min. Además, los principales consumidores de electricidad y agua forman parte del MRV y se miden cada 15 minutos.
- Transporte: respecto a NAMAs en el sector transporte con sistema de MRV definido, cabe mencionar la NAMA “*Freight transport NAMA*” en México. El objetivo de dicha NAMA es el aumento de la eficiencia energética en la flota vehicular de carga. Se prevén medidas como el entrenamiento de los conductores y la adopción de técnicas de conducción ecológica. Los parámetros claves del sistema de MRV (que todavía no está definido completamente) son los siguientes:
 - Consumo de combustibles (litros por año)
 - Emisiones anuales (MtCO_{2-eq} por año)
 - Vehículos con tecnología mejorada (unidades por año)
 - Conductores entrenados (número por periodo de entrenamiento por año)
 - Empresas que participaron en el entrenamiento de conductores (número por año).

9.4.3 Parámetros y datos no monitoreados

Para realizar los cálculos de emisiones *ex-ante* y *ex-post* se pueden utilizar algunos valores por defecto que no se deben monitorear.

Los valores por defecto preliminarmente considerados en el contexto de la NAMA en el uso final de la energía del sector gubernamental de El Salvador se presentan en la tabla siguiente.

²³ http://www.perspectives.cc/typo3home/groups/15/Publications/NAMA_Design_Mexico_Working_Paper.pdf

Tabla 53: Parámetros no monitoreados y respectivos valores por defecto

PARÁMETRO	VALOR POR DEFECTO	UNIDAD	Metodología/ Fuente
Aplicable a todo los sectores			
Factor de emisión de la red eléctrica	0.6798	tCO ₂ /MWh	MARN El Salvador 2011
Pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución	13	%	Banco Mundial, IEA
Edificios públicos			
Cuota por defecto de consumo de electricidad por iluminación	15	%	AM0091/ CNE 2013
Cuota por defecto de consumo de electricidad por AC	35	%	AM0091/ CNE 2013
Cuota por defecto de consumo de electricidad por otros uso (p.ej. motores)	18	%	AM0091/ CNE 2013
Número total de los edificios incluidos en la línea base	6.189	-	AM0091/ CNE 2013
Factor de emisión de diésel	74.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC 2006
Factor de emisión de gasolina	69.300	kgCO ₂ /TJ	IPCC 2006
Valor calorífico neto diésel	43,01	TJ/Gg	IPCC 2006
Valor calorífico neto gasolina	44,30	TJ/Gg	IPCC 2006
Densidad diésel	0,84	kg/l	AM0091/
Densidad gasolina	0,75	Kg/l	AM0091/
Transporte nacional			
Factor de emisión de diésel	74.100	kgCO ₂ /TJ	IPCC 2006
Factor de emisión de gasolina	69.300	kgCO ₂ /TJ	IPCC 2006
Valor calorífico neto diésel	43,01	TJ/Gg	IPCC 2006
Valor calorífico neto gasolina	44,30	TJ/Gg	IPCC 2006
Densidad diésel	0,84	kg/l	AM0091/ Valor por defecto
Densidad gasolina	0,75	Kg/l	AM0091/ Valor por defecto

Los valores presentados en la Tabla 53 son actualizables durante la NAMA. El proceso para determinar cuáles valores por defecto deben ser utilizados es ilustrado en el recuadro siguiente.

Para determinar los valores por defecto de los parámetros no monitoreados (p.ej. factores de emisión, poder calorífico), se deben seguir los siguientes pasos:

1. Utilizar los **valores** comunicados por los **proveedores** de los combustibles en las **facturas**;
2. Si la información de la opción 1 no está disponible, los desarrolladores del proyecto deberían efectuar una **medida directa** de los valores;
3. Si la información de la opción 1 no está disponible y la medida directa del valor no es posible, se deben utilizar los **valores por defecto** utilizados a **nivel nacional o regional** (solamente si la fuente de información es fiable, p.ej. el Balance Energético Nacional);
4. Si las opciones 1, 2 y 3 no son viables, utilizar el **valor por defecto del IPCC** para el límite máximo de incertidumbre en un intervalo de confianza del 95% tal como se establece en los cuadros del Capítulo 1 (Introducción) de Volumen 2 (Energía) de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>).

9.4.4 Parámetros y datos a monitorear

Unos de los objetivos del sistema de MRV es estimar las reducciones de emisiones de GEI de las medidas propuestas. Las ecuaciones para el cálculo para cada sub-sector se presentan a continuación.

Alumbrado público y edificios públicos:

$$ER_y = ES_y \times \frac{1}{(1 - TD_y)} \times EF_{CO_2,el}$$

Dónde:

- ER_y = Reducciones de emisiones en el año y
- ES_y = Ahorro de electricidad en el año y
- TD_y = Pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución en el año y
- $EF_{CO_2,el}$ = Factor de emisión de la red eléctrica en el año y

Transporte Nacional:

$$ER_y = \eta_y \times AD_y \times NCV_j \times EF_{CO_2,j}$$

Dónde:

- ER_y = Reducciones de emisiones en el año y
 η_y = Rendimiento (consumo específico) del vehículo en el año y
 AD_y = Promedio de la distancia recorrida por vehículo en el año y
 NCV_j = Valor calorífico neto del combustible j
 $EF_{CO_2,j}$ = Factor de emisión del combustible j

Ex-ante

Alumbrado público

Como mencionado antes, la metodología MDL “AMS-II.L” se puede usar como punto de partida para el desarrollo del sistema MRV de alumbrado público para este sector en la presente NAMA. Los parámetros de la metodología se pueden adaptar dónde sea adecuado para que el sistema resulte factible. Por ejemplo, el monitoreo de algunos parámetros podría ser menos frecuente o efectuado usando muestras estadísticas. Una estimación *ex-ante* de las reducciones de emisiones se establecería con un enfoque abajo-arriba (*bottom-up*) a través del número de lámparas existentes y de reemplazo, la potencia por tipo de lámpara, las horas de funcionamiento anuales y las pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución (ver metodología AMS-II.L, capítulo 5.2).

Tabla 54: *Parámetros y datos a monitorear ex-ante en el sector AP*

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Número de luminaria por tipo a nivel nacional	#	una vez	P.ej. datos suministrados por las municipalidades	AMS-II.L
Número de luminaria por tipo incluida en la NAMA	#	una vez	-	
Potencia por tipo de luminaria	W	una vez	P.ej. información de los fabricantes	
Promedio de horas de funcionamiento anuales	h	anual	P.ej. horas de funcionamiento del temporizador	

Edificios públicos

En el caso de edificios públicos, algunas metodologías, como p.ej. la metodología MDL AMS-II.Q, proponen realizar los cálculos de las reducciones de emisiones a través de herramientas de simulación o simulaciones computarizadas. Por simplificación, se recomienda realizar los cálculos de las reducciones de energía y de emisiones *ex-ante* a partir de las facturas de los proveedores de electricidad y combustibles.

La siguiente tabla muestra los parámetros que se requieren para hacer los cálculos, aparte de los valores por defecto determinados anteriormente.

Tabla 55: Parámetros y datos a monitorear ex-ante en el sector EP

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Número de edificios por ramo incluidos en la NAMA	#	anual	-	AMS-II.Q, AMS-III.AE, AM0091, VM0008
Consumo de electricidad	kWh	anual	Factura	
Consumo de diésel	l	anual	Factura	
Consumo de gasolina	l	anual	Factura	
Promedio de ocupación	Personas	una vez	Encuesta	
Superficie	m ²	una vez	Encuesta	

Transporte nacional

Para las estimaciones *ex-ante* de emisiones de GEI en el sector de transporte nacional se requiere disponer del número actual de vehículos por categoría, así como del número de vehículos a reemplazar. Además, se necesita el promedio de la distancia recorrida por vehículo y el consumo específico (rendimiento). Los datos se pueden obtener, por ejemplo, del registro nacional de vehículos nacionales y por encuestas de las diferentes instituciones (tal y como se ha realizado para la caracterización energética y la determinación de la línea de base del sector TN en el presente estudio: ver apartado 4.3).

Los cálculos de reducciones de emisiones de GEI se pueden realizar siguiendo el enfoque de la metodología “AMS-III.C” (p. 2-5).

Tabla 56: Parámetros y datos a monitorear ex-ante en el sector TN

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Número de vehículos por categoría en el sector TN	#	anual	Registro nacional de vehículos nacionales	AMS-III.C, AMS-III.S, AMS-III.AA
Número de vehículos por categoría incluidos en la NAMA	#	anual	-	
Promedio de distancia recorrida por vehículo	Km/año	anual	Registro de vehículos/ viajes	
Consumo específico de combustible (diésel, gasolina)	l/km	anual	Facturas de combustible	

Ex-post

Alumbrado público

Según la metodología AMS-II.L el monitoreo *ex-post* debería ser realizado por muestras estadísticas. Esta manera permitiría ajustar los valores calculados de las reducciones de emisiones *ex-ante* a través de estimaciones. Para el cálculo del tamaño de la muestra, la metodología AMS-II.L recomienda algunos parámetros específicos, como por ejemplo un intervalo de confianza de 90% y un margen de error máximo de 10%. También se puede utilizar la “Guía de muestreo y encuestas para proyectos MDL y PoAs” (“*Standard for sampling and surveys for CDM project activities and programme of activities*”²⁴).

Los parámetros que se deben monitorear dentro de la muestra se representan en la Tabla 57. El único parámetro que se debe monitorear físicamente es el promedio de horas de funcionamiento. Esto se puede realizar a través de temporizadores o registradores que miden las horas de funcionamiento. Una alternativa sería medir la intensidad de la luz para analizar el tiempo de funcionamiento.

Otro enfoque (Enfoque B de la NAMA de alumbrado público en Indonesia – ver 9.4.2) sería el monitoreo directo del consumo de energía eléctrica a través de contadores eléctricos. No obstante, si los contadores aún no están instalados en algunas alcaldías, su instalación implicaría costos iniciales elevados y un retraso en la implementación de la NAMA.

De acuerdo a la metodología AMS-II.L hay que considerar el factor de corte del sistema en los cálculos del ahorro de electricidad. Las ecuaciones correspondientes se presentan a continuación.

$$ES_{y,i} = (Q_{i,BL} \times P_{i,BL} \times O_{i,BL} \times (1 - SOF_{i,BL})) - (Q_{i,P} \times P_{i,P,y} \times O_{i,y} \times (1 - SOF_{i,y}))$$

Dónde:

$ES_{y,i}$ = Ahorro de electricidad para tipo de luminaria i en el año y

i = Luminaria tipo i

y = Año

$Q_{i,BL}$ y $Q_{i,y}$ = Cantidad de luminarias tipo i de la línea base y de la NAMA

$P_{i,BL}$ y $P_{i,y}$ = Potencia de luminaria tipo i de la línea base y de la NAMA

$O_{i,BL}$ y $O_{i,y}$ = Horas de funcionamiento de luminaria tipo i de la línea base y de la NAMA

$SOF_{i,BL}$ y $SOF_{i,y}$ = Factor de corte del sistema de la línea base y de la NAMA

²⁴

http://cdm.unfccc.int/filestorage/c/f/79VT3SIRXECDLGO8YNB01HJZMUF6K4.pdf/eb74_repan06.pdf?t=Umh8bjJ6YnZxfDC0FjHjVa0BwTOF6sshawH

$$SOF_{i,BL/y} = (AFR_{i,BL/y} \times OF_{i,BL/y})$$

Dónde:

$AFR_{i,BL/y}$ = Tasa de fallos por luminaria de la línea base y de la NAMA:
La tasa de fallos se calcula como fracción de Q (número de luminarias).

$OF_{i,BL/y}$ = Factor de corte por luminaria de la línea base y de la NAMA:
El factor de corte es el tiempo en promedio que pasa entre el fallo de una luminaria y el mantenimiento/reemplazo

Tabla 57: Parámetros y datos a monitorear ex-post en el sector AP

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Número de luminaria por tipo a nivel nacional en el sector público	#	anual	-	AMS-II.L
Número de luminaria por tipo incluida en la NAMA	#	anual	-	
Potencia por tipo de luminaria	W	una vez	-	
Promedio de horas de funcionamiento anuales por luminaria	h	anual	P.ej. horas de funcionamiento del temporizador	
Factor de corte del sistema	h	anual	-	
Factor de corte por luminaria	h	anual	Reportes de mantenimiento	
Tasa de fallos por luminaria	%	anual	Reportes de mantenimiento	

Edificios públicos

Los parámetros *ex-post* analizados para el sub-sector de edificios públicos se basan en las siguientes metodologías MDL y VCS: AMS-II.Q, AMS-III.AE, AM0091 y VM0008. Además, se ha analizado el sistema de MRV propuesto para la NAMA de viviendas nuevas en México (ver apartado 9.2). Según el enfoque de esta NAMA, se elige una muestra representativa de los edificios en que se implementarán las medidas. El tamaño de la muestra se calcula según las recomendaciones del MDL propuestas en la guía de muestreo. El monitoreo de los edificios seleccionados se divide según dos diferentes sistemas:

- Un **sistema simplificado** que, de manera similar a los parámetros *ex-ante*, considera las facturas de electricidad, combustible y agua;
- Un **sistema detallado** que incluye el monitoreo de cada fuente de consumo de electricidad (p.ej. iluminación, AC, etc.) por registradores de datos (data-logger) y la transmisión de datos de manera remota.

Cabe señalar que la mayoría de los edificios monitoreados formarían parte del sistema simplificado y que solo un pequeño porcentaje estaría monitoreado de manera más detallada. A continuación se muestran los parámetros correspondientes a los dos sistemas.

Sistema simplificado

Tabla 58: Parámetros y datos a monitorear ex-post en el sector EP – sistema simplificado

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Consumo de electricidad	kWh	mensual	Factura	AMS-II.Q, AMS-III.AE, AM0091, VM0008
Consumo de diésel	l	mensual	Factura	
Consumo de gasolina	l	mensual	Factura	
Consumo de agua	l	mensual	Factura	

Sistema detallado

Tabla 59: Parámetros y datos a monitorear ex-post en el sector EP – sistema detallado

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Monitoreo de cada edificio				
Consumo de electricidad	kWh	cada 15 minutos	Directo/ Factura	AMS-II.Q, AMS-III.AE, AM0091, VM0008
Consumo de diésel	l	mensual	Factura	
Consumo de gasolina	l	mensual	Factura	
Consumo de agua	l/día y persona	cada 15 minutos	Directo/ Factura	
Temperatura interior	°C	cada 15 minutos	Directo	
Temperatura exterior	°C	mensual, anual	Directo/ Servicio Meteorológico	
Humedad relativa interior	%	cada 15 minutos	Directo	
Humedad relativa exterior	%	mensual, anual	Directo/ Servicio Meteorológico	
Distribución del consumo de electricidad				
HVAC	kWh	cada 15 minutos	Directo	AMS-II.Q, AMS-III.AE, AM0091, VM0008
Iluminación	kWh	cada 15 minutos	Directo	
Otros equipos eléctricos	kWh	cada 15 minutos	Directo	

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Distribución del consumo de combustibles fósiles (diésel/ gasolina)				
Motores	l	mensual	Factura	AMS-II.Q, AMS-III.AE, AM0091, VM0008
Otros equipos	l	mensual	Factura	
Consumo de agua				
Aspersor	l/día	anual	Encuesta/ Factura	AMS-II.Q, AMS-III.AE, AM0091, VM0008
Baños	l/día y persona	anual	Encuesta/ Factura	

Transporte nacional

Los cálculos ex-post del sub-sector de transporte nacional se orientan en las metodologías MDL AMS-III.C, AMS-III.S y AMS-III.AA. Las metodologías sugieren que se midan y calculen las emisiones y las reducciones de emisiones a partir del consumo específico de los vehículos y de la distancia recorrida por vehículo. Estos parámetros serán medidos directamente, mientras p.ej. los valores caloríficos de los combustibles son valores por defecto (ver Tabla 53). De manera similar a los sectores de alumbrado público y edificios públicos, se recomienda monitorear estos parámetros solamente en una muestra representativa. La metodología AMS-II.AA p.ej. propone el monitoreo de una muestra de vehículos comparables (categorías de vehículos) con un tamaño de muestra usando un intervalo de confianza de 95% (ver AMS-II.AA, p. 5).

Tabla 60: Parámetros y datos a monitorear ex-post en el sector TN

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Tipo de monitoreo/ QA/QC	Metodología
Número de vehículos por categoría en el sector TN	#	anual	Registro nacional de vehículos nacionales	AMS-III.C, AMS-III.S, AMS-III.AA
Número de vehículos por categoría incluidos en la NAMA	#	anual	-	
Promedio de distancia recorrida por vehículo	Km/año	anual	Registro de vehículos/ viajes	
Consumo específico de combustible (diésel, gasolina) por vehículo	l/km	anual	Facturas	
Consumo específico de electricidad por vehículo	kWh/km	anual	Facturas	

9.5 Otras Observaciones para el sistema MRV

Un elemento fundamental del proceso MRV es asegurar el acceso a los datos pertinentes al monitoreo con la frecuencia necesaria y garantizar su recopilación. Algunos parámetros de monitoreo pueden ser monitoreados continuamente mediante, por ejemplo, el uso de contadores eléctricos, lo que permite también un registro regular en hojas estandarizadas (p.ej. el consumo de electricidad en edificios públicos). Además se recomienda crear bases de datos en los tres sub-sectores para garantizar la recopilación y el almacenamiento de los datos obtenidos, así como un reporte anual. La información y frecuencia de monitoreo debe ser adecuada a los requerimientos internos del gobierno de El Salvador (caso de NAMA “unilaterales”), de los donantes internacionales (caso de NAMA “respaldadas”) y para poder preparar los informes bienales del país a la CMNUCC.

Finalmente, bajo una NAMA, los datos y las informaciones proporcionados deberían ser controlados internamente para asegurar la precisión y la exhaustividad de los datos. En caso de errores, se aplicarán medidas correctivas para evitar errores similares en el futuro. Además, dependiendo de los intereses y los requerimientos de los donantes es posible que haya requerimientos adicionales para el sistema MRV, p.ej. instalación de equipos de QA/QC específicos para controlar el estado de las actividades de la NAMA por parte de los financiadores.

Algunos ejemplos típicos de procedimientos QA/QC pueden ser:

Alumbrado público:

- Verificación de tasa de fallos y cortes del sistema con reportes de mantenimiento;

Edificios públicos:

- Comparación de datos medidos por contadores eléctricos con las facturas eléctricas de venta de energía del mismo proyecto;
- Monitoreo de información que asegure el buen funcionamiento de las unidades instaladas en el proyecto, p.ej. paneles PV: garantía del fabricante, acuerdo de mantenimiento, estándares de calidad de los paneles, etc.;

Transporte nacional:

- Comparación de los datos obtenidos (p.ej. número de vehículos) con el registro nacional de vehículos;

Aplicable a todos los sectores:

- Controles de entrada de datos;
- Mantenimiento de equipo de medición, calibración;
- Solamente personal con formación;
- Protección de datos, control de versiones, copias de seguridad, archivo, seguridad acceso a datos;
- Comprobación de datos;
- Unidades, secuencias, datos faltantes, lógica datos;
- Controles de proceso;
- Doble cálculo, análisis de tendencia / variabilidad (temporal)

10 Referencias

- BID, 2010 Banco Interamericano de Desarrollo (BID) Programa de eficiencia energética en El Salvador: “Consultoría: estudio y caracterización del consumo de energía en el sector del transporte”, San Salvador, Abril de 2010.
- Breidenich, C. y Bodansky, D. 2009 Measurement, reporting and verification in a post 2012 climate agreement. Pew Center, Arlington
- CNE, 2013 Consejo Nacional de Energía, República de El Salvador (CNE): “Desarrollo Estudio Preparatorio Establecimiento Línea Base, Formulación, Estrategia y Metas de Ahorro Energético para Edificios Públicos PNUD/CNE/00075672”, Enero 2013
- CNE, 2013 (2) Consejo Nacional de Energía, República de El Salvador (CNE): “Desarrollo Estudio Preparatorio Establecimiento Línea Base, Formulación, Estrategia y Metas de Ahorro Energético para Edificios Públicos. Informe Final – Caracterización del Consumo del Sector Gobierno por Usos Finales de la Energía. Anexos 1 – 3”, Enero 2013
- CNE, 2013 (3) Documentos TN Excel proporcionados por el CNE
- GTZ, 2005a Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GIZ): “Inspection & Maintenance and Roadworthiness - Sustainable Transport: A sourcebook for Policy-makers in Developing Cities”, 2005:
- GTZ, 2005b Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GIZ): “EcoDriving - Sustainable Transport: A sourcebook for Policy-makers in Developing Cities”, 2005
- LISTASAL, 2013 Departamentos, distritos y municipios de El Salvador obtenido el 5 de diciembre de 2013 en <http://www.listasal.info/municipios>
- PNUD, 2013 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y CNE: “Desarrollo Estudio Preparatorio Establecimiento Línea Base, Formulación, Estrategia y Metas de Ahorro Energético para Edificios Públicos PNUD/CNE/00075672”, Enero 2013
- PNUD, MINAE 2013 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Costa Rica (PNUD) y Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE): “Rumbo a la carbono neutralidad en el transporte público de Costa Rica - Taxis y Autobuses”; 2013
- SIEN, 2004 Guia M-5 Metodología de Conversion de Unidades, OLADE y Comision Europea Octubre 2004
- SIGET, 2013 Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, Tarifas Precios Máximos para el suministro eléctrico vigentes a partir del 15 de octubre de 2013
- TRANSfer, 2012a TRANSfer Project – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) – Towards climate-friendly transport technologies and measures: “Electric Vehicles – Annex A of the Handbook “Navigating Transport NAMAs””; 2012
- TRANSfer, 2012b TRANSfer Project – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) – Towards climate-friendly transport technologies and measures: “Alternative Fuels – Annex A of the Handbook “Navigating Transport NAMAs””; 2012
- TRANSfer, 2012c TRANSfer Project – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) – Towards climate-friendly transport technologies and measures: “Frieght Vehicle Policy – Annex A of the Handbook “Navigating Transport NAMAs””; 2012
- USAID, 2013 Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID): Programa

- de alumbrado público más eficiente en el sector municipal de El Salvador - Reporte: Diagnóstico nacional de alumbrado público y experiencia internacional, Junio 2013
- US-EPA, 2007 U.S. Environmental Protection Agency. (2007). Emission Facts: Greenhouse Gas Impact of Expanded Renewable and Alternative Fuels Use. Office of Transportation and Air Quality.
- Vanderschuren et al., 2008 M Vanderschuren, R Jobanputra, T Lane: "Potential transportation measures to reduce South Africa's dependency on crude oil", Centre for Transport Studies, Faculty of Engineering and the Built Environment, University of Cape Town; Journal of Energy in Southern Africa; Vol. 19 No 3; August 2008

11 Anexos

11.1 Detalles de cálculos de la línea de base de AP

- Datos e hipótesis

Datos		
Horas en un año	8.760	horas/año
Número de horas de uso de los sistema de AP ²⁵	12	horas/día
Pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución ²⁶	13%	

- Grupo 1

El Grupo 1 está constituido por un solo municipio (San Salvador), que tiene más de 10.000 lámparas de AP instaladas. A continuación, se presentan los detalles de cálculo para la línea de base de AP del Grupo 1.

Tabla 61: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 1)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual (media ponderada) [kWh/TipoLamp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLamp-año]	Consumo a lo largo de la vida útil [MWh/TipoLamp-vida util]
Vapor de Mercurio	56,0%	14.173	893.043	10.716,5	14.680,2
Vapor Sodio	43,0%	10.883	852.895	10.234,7	28.040,4
Fluorescentes	0,3%	84	1.683	20,2	18,4
Incandescentes	0,3%	84	4.510	54,1	12,4
Haluros Metálicos	0,3%	84	13.363	160,4	274,6
Total	100,0%	25.306		21.186	43.026
		25.309	Valor Medido	19.800	

Cabe señalar que el valor de consumo anual calculado resulta más alto que el valor medido en los diferentes estudios. Esto puede ser debido a la hipótesis de funcionamiento del sistema de AP por 12 horas al día, que es un valor promedio por exceso.

- Grupo 2

El Grupo Representativo 2 está formado de cuatro municipios con un número de lámparas de AP instaladas entre 5.500 y 10.000. Los cuatro municipios que forman parte de este grupo son:

- Santa Ana
- San Miguel
- Soyapango
- Santa Tecla

²⁵ Fuente: USAID, 2013 (pg. 8)

²⁶ Fuente: Banco Mundial (<http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>)

Se presentan primeramente los cálculos agregados para todos los municipios (Tabla 62) y a continuación los cálculos para cada municipio individualmente.

Tabla 62: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 2 – municipios agregados)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual [kWh/TipoLámp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLámp-año]	Consumo a lo largo de vida útil [MWh/TipoLámp-vida útil]
Vapor de Mercurio	79,3%	25.996	1.677.074	20.125	27.548,6
Vapor Sodio	12,0%	3.936	304.476	3.654	10.010,2
Fluorescentes	8,8%	2.870	46.382	557	508,3
Incandescentes	0,0%	0	0	0	0,0
Haluros Metálicos	0,0%	0	0	0	0,0
Total	100,0%	32.803		24.335	38.067
		32.803	Valor Medido	25.651	

Santa Ana

Tabla 63: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 2 – municipio Santa Ana)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual [kWh/TipoLámp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLámp-año]	Consumo a lo largo de vida útil [MWh/TipoLámp-vida útil]
Vapor de Mercurio	89,0%	8.222	518.057	6.216,7	8.509,9
Vapor Sodio	3,0%	277	21.720	260,6	714,1
Fluorescentes	8,0%	739	14.891	178,7	163,2
Incandescentes	0,0%	0	0	0,0	0,0
Haluros Metálicos	0,0%	0	0	0,0	0,0
Total	100,0%	9.238		6.656	9.387
		9.238	Valor Medido	6.898	

San Miguel

Tabla 64: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 2 – municipio San Miguel)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual [kWh/TipoLámp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLámp-año]	Consumo a lo largo de vida útil [MWh/TipoLámp-vida útil]
Vapor de Mercurio	80,0%	7.260	457.453	5.489,4	7.514,4
Vapor Sodio	19,0%	1.724	135.130	1.621,6	4.442,6
Fluorescentes	1,0%	91	1.829	21,9	20,0
Incandescentes	0,0%	0	0	0,0	0,0
Haluros Metálicos	0,0%	0	0	0,0	0,0
Total	100,0%	9.075		7.133	11.977
		9.075	Valor Medido	7.744	

Soyapango

Tabla 65: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 2 – municipio Soyapango)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual [kWh/TipoLámp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLámp-año]	Consumo a lo largo de vida útil [MWh/TipoLámp-vida útil]
Vapor de Mercurio	87,0%	7.680	483.940	5.807,3	7.949,5
Vapor Sodio	13,0%	1.148	89.941	1.079,3	2.957,0
Fluorescentes	0,0%	0	0	0,0	0,0
Incandescentes	0,0%	0	0	0,0	0,0
Haluros Metálicos	0,0%	0	0	0,0	0,0
Total	100,0%	8.828		6.887	10.906
		8.828	Valor Medido	7.248	

Santa Tecla

Tabla 66: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 2 – municipio Santa Tecla)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual [kWh/TipoLámp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLámp-año]	Consumo a lo largo de vida útil [MWh/TipoLámp-vida útil]
Vapor de Mercurio	61,0%	3.454	217.625	2.611,5	3.574,8
Vapor Sodio	13,0%	736	57.685	692,2	1.896,5
Fluorescentes	26,0%	1.472	29.662	355,9	325,1
Incandescentes	0,0%	0	0	0,0	0,0
Haluros Metálicos	0,0%	0	0	0,0	0,0
Total	100,0%	5.662		3.660	5.796
		5.662	Valor Medido	3.761	

• Grupo 3

Tabla 67: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 3)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual [kWh/TipoLámp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLámp-año]	Consumo a lo largo de vida útil [MWh/TipoLámp-vida útil]
Vapor de Mercurio	85,5%	70.349	4.432.703	53.192,4	72.814,3
Vapor Sodio	7,5%	6.171	483.622	5.803,5	15.899,9
Fluorescentes	7,0%	5.760	116.053	1.392,6	1.271,8
Incandescentes	0,0%	0	0	0,0	0,0
Haluros Metálicos	0,0%	0	0	0,0	0,0
Total	100,0%	82.280		60.389	89.986
		82.280	Valor Medido	N/D	

- Grupo 4

Tabla 68: Detalles de cálculos por la línea de base de AP (Grupo 4)

Tipo de lámparas	%	Valor Absoluto (# lámparas)	Consumo mensual [kWh/TipoLámp-mes]	Consumo anual [MWh/TipoLámp-año]	Consumo a lo largo de vida útil [MWh/TipoLámp-vida útil]
Vapor de Mercurio	84,0%	39.310	2.476.904	29.722,8	40.687,1
Vapor Sodio	2,0%	936	73.350	880,2	2.411,5
Fluorescentes	13,0%	6.084	122.582	1.471,0	1.343,4
Incandescentes	1,0%	468	25.271	303,2	69,2
Haluros Metálicos	0,0%	0	0	0,0	0,0
Total	100,0%	46.797		32.377	44.511
		46.797	Valor Medido	N/D	

11.2 Detalles de cálculos de la línea de base de EP

- Datos relativos a la clasificación por estratos del universo de EP

Tabla 69: Datos relativos a la clasificación por estratos del universo de EP

Ramos de gobierno	No. Instituciones	No. Servicios Eléctricos	No. Servicios Eléctricos para cálculo de la muestra representativa (Anexo)*	Total edificios según informe	Porcentaje en la población total (servicios eléctricos)	Porcentaje en la población total (edificios)	Consumo mensual por ramo [kWh/mes] en base de datos de las distribuidoras	Consumo mensual por ramo [kWh/mes] para cálculo de la muestra representativa*	Porcentaje en el consumo total del sector
Educación	11	4.717	4.735	4.110	66%	66%	3.515.616	4.517.661	17%
Defensa Nacional	19	204	203	172	3%	3%	1.970.170	1.932.313	10%
Salud	13	647	642	605	9%	10%	3.673.160	3.195.640	18%
Trabajo y Previsión Social	13	112	109	101	2%	2%	3.099.561	2.807.728	15%
Autónomas	16	195	204	113	3%	2%	3.469.344	1.557.779	17%
Resto	63	1.296	1.254	1.088	18%	18%	4.943.278	4.336.561	24%
Total	135	7.171	7.147	6.189	100%	100%	20.671.128	18.347.682	100%

* La cantidad de establecimientos fue actualizada durante el desarrollo del estudio por lo que la cantidad del consumo de energía eléctrica presentada en la caracterización del consumo de energía final es ligeramente diferente a la usada en el cálculo de la muestra representativa.

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

- Análisis de sensibilidad del cálculo de la muestra representativa (muestreo aleatorio estratificado) según la fórmula Neyman:

$$n_h = \frac{N_h * \sigma_h^2}{\sum_{h=1}^6 N_h * \sigma_h^2}$$

Dónde:

n_h : tamaño de la muestra en el ramo h

N_h : población del ramo h

σ_h^2 : varianza del consumo eléctrico promedio mensual en el ramo h

σ_h : desviación estándar en el ramo h

Ramos de gobierno	Población del ramo (Número de servicios eléctricos) = N	Media aritmética (Consumo de energía eléctrica por ramo) = x	n Neyman			Muestra representativa calculada (estudios disponibles)
			$\sigma_h = 80\%$ de la media aritmética	$\sigma_h = 75\%$ de la media aritmética	$\sigma_h = 70\%$ de la media aritmética	
Educación	4.735	4.517.661	184	161	140	61
Defensa Nacional	203	1.932.313	1	1	1	19
Salud	642	3.195.640	12	11	10	35
Trabajo y Previsión Social	109	2.807.728	2	1	1	29
Autónomas	204	1.557.779	1	1	1	15
Resto	1.254	4.336.561	45	39	34	57
Total	7.147		245	215	187	216

Fuente: Perspectives GmbH

- Detalles de la caracterización energética del sector EP

Tabla 70: Consumo de electricidad mensual por ramo y usos finales (*)

Ramos de gobierno	Consumo mensual por ramo [kWh/mes] en base de datos de las distribuidoras	Consumo por usos finales y por ramo [kWh/mes]				TOTAL [kWh/mes]
		Climatización [kWh/mes]	Equipamiento de oficina [kWh/mes]	Iluminación [kWh/mes]	Resto de equipamiento [kWh/mes]	
Educación	3.515.616	1.012.530	1.045.874	816.146	641.066	3.515.616
Defensa Nacional	1.970.170	720.034	168.272	375.658	706.206	1.970.170
Salud	3.673.160	1.817.233	146.398	571.796	1.137.733	3.673.160
Trabajo y Previsión Social	3.099.561	1.979.222	205.725	358.957	555.658	3.099.562
Autónomas	3.469.344	1.758.670	386.679	467.530	856.465	3.469.344
Resto	4.943.278	2.082.472	670.401	1.346.960	843.446	4.943.279
Total	20.671.128	9.370.161	2.623.349	3.937.047	4.740.574	20.671.131
Porcentaje en el consumo total de energía eléctrica		45%	13%	19%	23%	100%

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Tabla 71: Consumo de electricidad mensual por iluminación (*)

Ramos de gobierno	Consumo mensual por ramo [kWh/mes]	Tipo de Luminaria [kWh/mes]					TOTAL [kWh/mes]	Porcentaje en el consumo total del ramo
		Alta Intensidad de Descarga [kWh/mes]	Fluorescente Compacta [kWh/mes]	Fluorescente Lineal [kWh/mes]	Incandescente [kWh/mes]	Otras [kWh/mes]		
Educación	3.515.616	89.427	9.533	675.659	41.528	0	816.147	23%
Defensa Nacional	1.970.170	25.499	1.585	331.180	17.395	0	375.659	19%
Salud	3.673.160	21.452	5.665	518.527	14.360	11.791	571.795	16%
Trabajo y Previsión Social	3.099.562	31.290	519	322.190	2.960	1.998	358.957	12%
Autónomas	3.469.344	44.247	9.183	390.774	23.327	0	467.531	13%
Resto	4.943.279	167.795	324.889	810.928	10.275	239	1.314.126	27%
Total	20.671.131	379.710	351.374	3.049.258	109.845	14.028	3.904.215	19%
Porcentaje en el consumo total de energía eléctrica		10%	9%	78%	3%	0%	100%	

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Tabla 72: Consumo de electricidad mensual por climatización (*)

Consumo mensual - Climatización	Consumo [kWh/mes]	Porcentaje consumo climatización	Porcentaje consumo total
Tipo de unidad			
Central	2.425.974	26%	12%
Chiller	2.331.739	25%	11%
Manejadoras	74.345	1%	0%
Mini-Split	3.039.840	32%	15%
Split	517.551	6%	3%
Ventana	980.713	10%	5%
TOTAL	9.370.162	100%	45%

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

Tabla 73: Consumo de electricidad mensual por resto de equipamiento (*)

Consumo mensual - Resto de equipamiento	Porcentaje del uso final	Consumo [kWh/mes]
Principales equipos dentro del resto de equipamiento		
Equipo médico	37%	1.754.012
Motores	27%	1.279.955
Refrigeración	13%	616.275
Esterilizadores	3%	142.217

Compresores	2%	94.811
Generación de calor	1%	47.406
Resto	17%	805.898
TOTAL		4.740.574

Fuente: MULTICONSULT Y CIA. LTDA., 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

(*) Basado a los datos más actuales de consumo de electricidad obtenido del estudio existente

Tabla 74: Caracterización energética del sector EP en TEP (Tonelada Equivalente de Petr6leo)

Usos finales	Consumo de combustibles por usos finales y por a1o							Total [TEP/a1o]
	Carb6n [TEP/a1o]	Le1a [TEP/a1o]	GLP [TEP/a1o]	Fuel Oil [TEP/a1o]	Diesel Oil [TEP/a1o]	Gasolina [TEP/a1o]	Energ1a El6ctrica** [TEP/a1o]	
Cocc13n	0,2	214,0	4.398,0	-	-	-	-	4.612,2
Iluminaci3n	-	-	-	-	-	-	3.603,0	3.603,0
Climatizaci3n	-	-	-	-	-	-	8.568,0	8.568,0
Equipamiento de oficina	-	-	-	-	-	-	2.484,0	2.484,0
Transporte	-	-	101,4	-	1.149,0	583,0	-	1.833,4
Otros usos	-	-	15,5	-	47,0	44,0	4.287,0	4.393,5
Generaci3n el6ctrica	-	-	-	-	49,0	-	-	49,0
Generaci3n vapor	-	-	85,2	57,0	2.095,0	-	-	2.237,2
Total	0,2	214,0	4.600,1	57,0	3.340,0	627,0	18.942,0	27.780,3

Ramos de gobierno	Consumo de combustibles por ramos y por a1o							Total [TEP/a1o]
	Carb6n [TEP/a1o]	Le1a [TEP/a1o]	GLP [TEP/a1o]	Fuel Oil [TEP/a1o]	Diesel Oil [TEP/a1o]	Gasolina [TEP/a1o]	Energ1a El6ctrica** [TEP/a1o]	
Educaci3n	0,2	156,0	826,0	-	131,0	29,0	4.564,0	5.706,2
Defensa Nacional	-	58,0	1.969,0	-	164,0	99,0	1.994,0	4.284,0
Salud	-	-	1.217,0	57,0	1.083,0	60,0	3.312,0	5.729,0
Trabajo y Previsi3n Social	-	-	577,0	-	1.447,0	25,0	2.911,0	4.960,0
Aut3nomas - sin ANDA bombeo	-	-	-	-	66,0	13,0	1.686,0	1.765,0
Resto	-	-	10,6	-	451,1	403,0	4.476,0	5.340,7
Total	0,2	214,0	4.599,6	57,0	3.342,1	629,0	18.943,0	27.784,9

Fuente: CNE, 2013 (adaptado por Perspectives GmbH)

** Datos anticuados obtenidos del estudio existente.

• Conversiones Utilizadas:

TEP = Tonelada equivalente de petr6leo ²⁷		
1 MWh=	0,086	TEP
1 TEP=	11,628	MWh

²⁷ Fuente: http://www.inega.es/informacion/diccionario_de_termos/unidades_de_conversion.html?idioma=es

11.3 Detalles de cálculos de la línea de base de TN

Tabla 75: Detalles de cálculos de la metodología seguida por las emisiones de GEI por consumo de diésel en el sector transporte

Año	Consumo Diésel	Consumo Diésel	Consumo Diésel	Emisiones de GEI por consumo Diésel
	[Barriles/a]	[TEP/a]	[TJ/a]	[tCO ₂ /a]
1990	18.458,9	18.486,6	107,4	7.958,9
1991	19.006,5	19.035,0	110,5	8.195,0
1992	18.814,8	18.843,0	109,5	8.112,3
1993	23.142,8	23.177,5	134,7	9.978,4
1994	35.526,2	35.579,5	206,7	15.317,7
1995	41.603,1	41.665,5	242,1	17.937,9
1996	48.103,6	48.175,8	279,9	20.740,7
1997	54.626,3	54.708,2	317,9	23.553,0
1998	70.509,8	70.615,6	410,3	30.401,5
1999	99.746,6	99.896,2	580,4	43.007,4
2000	111.000,4	111.166,9	645,8	47.859,7
2001	119.535,7	119.715,0	695,5	51.539,8
2002	133.606,8	133.807,2	777,4	57.606,8
2003	140.535,3	140.746,1	817,7	60.594,2
2004	146.094,9	146.314,0	850,1	62.991,3
2005	150.050,8	150.275,9	873,1	64.696,9
2006	158.315,8	158.553,3	921,2	68.260,5
2007	164.902,3	165.149,7	959,5	71.100,4
2008	162.654,9	162.898,9	946,4	70.131,4
2009	170.233,3	170.488,6	990,5	73.398,9
2010	183.388,8	183.663,9	1067,1	79.071,2
2011	193.013,9	193.303,4	1123,1	83.221,2
2012	205.053,8	205.361,4	1193,1	88.412,4

Tabla 76: Detalles de cálculos de la metodología seguida por las emisiones de GEI por consumo de gasolina en el sector transporte

Año	Consumo Gasolina	Consumo Gasolina	Consumo Gasolina	Emisiones GEI de por consumo Gasolina
	[Barriles/a]	[TEP/a]	[TJ/a]	[tCO ₂ /a]
1990	5.038,9	4.501,8	26,2	1.812,6
1991	6.757,5	6.037,2	35,1	2.430,8
1992	7.425,4	6.633,9	38,5	2.671,0
1993	9.369,7	8.370,9	48,6	3.370,4
1994	12.350,9	11.034,3	64,1	4.442,8
1995	15.033,8	13.431,2	78,0	5.407,8
1996	19.720,3	17.618,1	102,4	7.093,6
1997	21.945,7	19.606,3	113,9	7.894,1
1998	28.075,8	25.082,9	145,7	10.099,2
1999	28.577,5	25.531,1	148,3	10.279,7
2000	28.947,1	25.861,3	150,3	10.412,6
2001	29.607,4	26.451,3	153,7	10.650,1
2002	30.506,3	27.254,3	158,3	10.973,5
2003	30.548,9	27.292,4	158,6	10.988,8

2004	29.839,0	26.658,2	154,9	10.733,5
2005	30.113,0	26.903,0	156,3	10.832,0
2006	29.942,3	26.750,5	155,4	10.770,6
2007	30.030,1	26.828,9	155,9	10.802,2
2008	28.648,1	25.594,2	148,7	10.305,1
2009	29.492,8	26.348,9	153,1	10.608,9
2010	31.783,2	28.395,1	165,0	11.432,8
2011	31.999,7	28.588,5	166,1	11.510,7
2012	32.452,2	28.992,8	168,4	11.673,5

- **Conversiones Utilizadas:**

BEP = Barril equivalente de petróleo			
1 TJ=	172,21914	BEP ²⁸	
1 Bbl (diésel)=	1,0015	BEP	
1 Bbl (gasolina)=	0,8934	BEP	

²⁸<http://www.olade.org/Doc-sien/Metodologias/Gu%C3%ADa%20SIEN%20M-5%20Factores%20de%20conversi%C3%B3n%20de%20unidades.pdf>

11.4 Posibles tecnologías de reemplazo para vehículos

Automóviles							
	Eléctrico	Híbrido	Gas Natural	GLP	Biocombustibles	Hidrógeno	Fuente
Consumo	16 kW/h en 160 km (100% carga de las baterías durante 8 horas)	-	Rendimiento: 12km/m ³	Rendimiento: 8km/l	-	-	PNUD, MINAE 2013
Mejoramiento de eficiencia	-	Urbano: 40-100% Interurbano: 3-40%	-	-	-	-	Vanderschuren et al., 2008
Promedio de emisiones	0 kgCO ₂ eq/km	Gasolina - Eléctrico: 0.14 kgCO ₂ eq/km Gasolina - Gas Natural: 0.22 kgCO ₂ eq/km	0.16 kgCO ₂ eq/km	0.20 kgCO ₂ eq/km	-	-	PNUD, MINAE 2013
Reducción de emisiones de GEI (a lo largo de ciclo vital, comparación con vehículos gasolina)	-46,8%	Plug-in hybrid vehicles: 51-63%/km Hybrid vehicles: 30-47%/km (depende de la mezcla de producción de energía; incluso: tecnologías bajo en carbono)	15-25%	15-20%	Etanol: 30-100% (depende de la materia prima)	50-60% (depende de fuente primaria - combustibles fósiles o electrólisis); 0 emisiones electrólisis usando EERR	TRANSfer, 2012a; TRANSfer, 2012b; US-EPA, 2007
Reducción de otras emisiones	-	-	emisiones de hidrocarburos: 80% óxido de nitrógeno: 20% partículas: 99%	emisiones de hidrocarburos: 60% óxido de nitrógeno: 80% partículas: 100%	Reducción de monóxido de carbono y azufre; más emisiones de gas de nitrógeno	Cero emisiones	TRANSfer, 2012b
Co-beneficios	-	-	-	Costos de mantenimiento más bajos	-	-	PNUD, MINAE 2013
	-	Reducción ruido, contaminación aire, menos dependencia de combustibles fósiles	50% menos ruido	-	Menos dependencia de combustibles fósiles; pero posibles conflictos del uso de la tierra (producción de alimentos, silvicultura, etc)	-	TRANSfer, 2012a

Camiones pesados					
	Eléctrico	Híbrido	Gas Natural	GLP	Fuente
Consumo	120 km por carga al 100%	Diésel - LPG: 1,22 km/l	Rendimiento: 1,2 km/m ³	Rendimiento: 8 km/l	PNUD, MINAE 2013
Promedio de emisiones	0 kgCO ₂ eq/km	Diésel - LPG: Urbana: 5,81 – 5,84 kgCO ₂ /km Interurbana: 1,15 – 1,64 kgCO ₂ /km Diésel - GN: Urbana: 5,95 – 5,99 kgCO ₂ /km Interurbana: 1,29 – 1,79 kgCO ₂ /km	1,66 kgCO ₂ /km (urbana e interurbana)	ND	-

Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA) en el uso final de la energía del sector gubernamental

Proyecto PNUD/CNE/00075672

Estudio sobre los sub-sectores de Alumbrado Público, Edificios Públicos y Transporte Nacional