

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN



“EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE SOBRE EMISIONES EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS”

TRABAJO MONOGRÁFICO PRESENTADO POR

ELENA EMIKO MIYASHIRO VIDAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

ECONOMISTA

Lima – Perú
2018

Título: Evaluación Económica de un Límite Máximo Permisible sobre emisiones en Centrales Termoeléctricas

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Problemática	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo General:.....	3
1.2.1.1 Evaluar Económicamente la implementación de un Límite Máximo Permisible (LMP) en centrales térmicas o termoeléctricas.	3
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	3
1.2.2.1 Calcular la proyección de producción de electricidad mediante su senda de crecimiento.....	3
1.2.2.2 Calcular la producción de generación eléctrica ante la implementación de una norma regulatoria ambiental.....	3
1.2.2.3 Calcular los costos asociados con la implementación de una norma regulatoria ambiental.....	3
1.3 Marco teórico	3
1.3.1 Fallas de Mercado.....	3
1.3.2 Estándares de Calidad Ambiental.....	6
1.4 Metodología.....	10

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN DE LA TEMÁTICA

2.1 Sector Energía y Agua	13
2.2 Generación de Energía Termoeléctrica en el Perú	14
2.3 Procesos de Generación de Energía Termoeléctrica	18
2.4 Emisiones de Gases	19
2.4.1 Emisiones De Dióxido De Carbono (CO ₂).....	19
2.4.2 Emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NO _x).....	19
2.4.3 Emisiones de Óxidos de Azufre (SO _x).....	20
2.4.4 Emisiones de Partículas	21
2.5 Límites máximos Permisibles	22

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Proyección de la producción de electricidad mediante su senda de crecimiento	23
3.2 Calculo de la producción de generación eléctrica ante la implementación una norma regulatoria ambiental (Límite Máximo Permisible - LMP).....	25
3.3 Calcular los costos asociados con la implementación de una norm regulatoria ambiental.	30
3.4 Evaluación económica de la Implementación de un límite máximo permisible en centrales térmicas o termoeléctricas	31
3.5 Análisis de Escenarios	33

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y LIMITACIONES

4.1. Conclusiones	35
4.2. Recomendaciones	36

CAPÍTULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Índice de Tablas

Tabla N° 1	Producción Eléctrica por tipo de Generación.....	14
Tabla N° 2	Potencia Efectiva por Tipo de Recurso Energético.....	15
Tabla N° 3	Consumo de Combustible en el COES	15
Tabla N° 4	Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para actividades de generación termoeléctrica a (en mg/m ³) c 1/	22
Tabla N° 5	PBI por Sectores (Var. % real anual)	23
Tabla N° 6	Producción y Emisiones de NOx (Gas Natural).....	26
Tabla N° 7	Comparativo de la Producción con Norma y Sin Norma.....	29
Tabla N° 8	Producción Total e Ingresos con Norma	29
Tabla N° 9	Plan Operativo institucional tarea de Fiscalización	30
Tabla N° 10	Composición de las Especificas de Gasto del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)	31
Tabla N° 11	Costos Generados por la Implementación de la Norma	32
Tabla N° 12	Costo de la Implementación de la Norma a un 20% de restricción	33
Tabla N° 13	Costo de la Implementación de la Norma a un 40% de restricción	33
Tabla N° 14	Costo de la Implementación de la Norma a un 60% de restricción	34

Índice de Gráficos

Gráfica N° 1 Efecto de una Externalidad Negativa	5
Gráfica N° 2 Costo Marginal de Abatimiento de un Contaminador.....	7
Gráfica N° 3 Descomposición del Costo Marginal Social de Abatimiento.....	7
Gráfica N° 4 Efecto de un Ahorro de Costos por Implementación	8
Gráfica N° 5 Eficiencia del Mercado de Abatimiento	8
Gráfica N° 6 Eficiencia de u Estándar de Calidad Ambiental	9
Gráfica N° 7 Efecto de Diferencias Regionales para Abatimiento.....	10
Gráfica N° 8 Producto Bruto Interno - Actividad Económica Electricidad, Gas y Agua (Millones de nuevos soles 2007).....	13
Gráfica N° 9 Número de Empresas por tipo de Fuente Primaria.....	16
Gráfica N°10 Participación de la Producción termoeléctrica en combustibles líquidos	17
Gráfica N°11 Participación de la Producción termoeléctrica en combustibles en Gas Natural	17
Gráfica N°12 Emisiones de CO2 generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio	19
Gráfica N°13 Emisiones de NOx generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio	20
Gráfica N°14 Emisiones de SOx generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio	21
Gráfica N°15 Emisiones de PM generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio	21
Gráfica N°16 Proyección del Sector Electricidad y Agua, según el MMM 2018-2021 (Millones de nuevos soles 2007).....	23
Gráfica N°17 Proyección del PBI del sector Electricidad	24
Gráfica N°18 Proyección del PBI de Electricidad y Agua, desagregado según.....	25
Gráfica N°19 Producción de Energía - Electricidad (Gw/h)	26
Gráfica N°20 Consumo de Gas Natural (m3).....	27
Gráfica N°21 Emisiones de NOx (ug/m3).....	27

Resumen

La implementación de cualquier normativa de comando control debe ser analizada desde un punto de vista económico, debido a las implicancias que su implementación genera en las actividades económicas del país. El presente documento intenta evaluar una normativa ambiental que busca reducir las emisiones de gases que son liberados en los procesos de transformación de una fuente primaria (gas natural) a energía (electricidad) a través de la restricción en la producción de energía para llegar a los parámetros establecidos. Bajo este escenario, dichas herramientas tienen un carácter restrictivo que podrían reflejarse en las actividades económicas relacionadas a la generación de energía. Por lo cual considerar instrumentos económicos en lugar de comando control podría generar mejores resultados sobre la economía logrando los objetivos ambientales trazados.

CAPÍTULO I

Consideraciones Genéricas

1.1 Problemática

En el año 2016, la actividad económica “manufactura” aportó 13% al producto bruto interno (PBI) del Perú, siendo esta la tercera actividad de mayor aporte al PBI. La actividad minera aportó al PBI 13,6% y otros servicios el 13.5%.

Se sabe que la actividad manufacturera depende de la energía eléctrica para el desarrollo de sus actividades, especialmente, aquellas que contemplan el uso de hornos como en la industria siderúrgica, cementera, cerámico y químico; aquellas industrias que realizan procesos de electrólisis (producción de cloro y aluminio) y aquellas que realizan actividades de desalinización.

Asimismo, las industrias insumen electricidad para suministrar de iluminación a la planta cuando no es posible hacerlo de manera natural. La cantidad demandada de energía depende del tamaño de la planta, así como el tipo de instalaciones que posean; mientras que la planta posea una buena instalación el uso de la energía será más eficiente.

La generación de energía eléctrica en centrales térmicas se desarrolla a partir de la combustión de fuentes fósiles como el carbón, fuel y el gas natural. La combustión asociada a la generación de energía emana una serie de contaminantes como lo hace cualquier proceso de combustión asociados a fuentes de carbono.

Como cualquier actividad económica esta impacta en el ambiente. La generación de energía (eléctrica) impacta en el ambiente de dos maneras. La primera, es a través de las emisiones provenientes de la combustión de fuentes fósiles; y la segunda, mediante la transferencia térmica al provocar calentamiento en río o mares al utilizar el agua a modo de refrigerante. (MINAM, 2014)

Con respecto a las emisiones por la combustión, los contaminantes emanados en forma de ceniza y humo dependen de la fuente de energía primaria, la tecnología usada y las

instalaciones de la planta. Entre los principales contaminantes se encuentran el CO₂, el SO_x y el NO₂

El CO₂ es uno de los gases que favorecen al efecto invernadero, incidiendo en la temperatura promedio de la tierra. Por otro lado, el SO₂ y NO₂ son los causantes de las lluvias ácidas, las cuales acidifican las fuentes de agua, matando a los seres vivos que habitan en ellas; así como, la deposición de protones que arrastran ciertos iones al suelo produciendo una disminución en los nutrientes de los ecosistemas (MINAM, 2014).

El Perú genera energía a través de centrales hidráulicas, centrales térmicas, solares y eólica, correspondiendo en porcentaje 49%, 49,5%, 0.5% y 1.2% respectivamente, según el Ministerio de Energía y Minas¹ en el año 2015, Actualmente las emisiones producidas por la combustión de origen fósil de las centrales térmicas no se encuentran reguladas por ningún límite máximo permisible.

Estas faltas fueron expuestas dentro en la Evaluación del Desempeño Ambiental del Perú (CEPAL/OCDE, 2016) desarrollado en el marco del Programa País, Esta evaluación tuvo como objetivo entregar una lista de recomendaciones al país centradas en mejorar el desempeño ambiental en cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales y especialmente de los estándares que la OCDE recomienda a sus miembros. Dicha evaluación contiene 96 conclusiones y 66 recomendaciones orientadas a mejorar el desempeño y la gestión ambiental dentro del país.

Una de estas recomendaciones es la ampliación de la información económica relacionada con la implementación de instrumentos de política ambiental (sistemas de cuentas económicas y ambientales integradas, gasto en medio ambiente, apoyo financiero público, regulación directa, impuestos ambientales, mecanismos de creación de mercados, cargos por servicios, sistemas voluntarios, sistemas de información), mediante el análisis costo-eficacia y siguiendo metodologías y estándares internacionales.

¹ MINEM, Anuario Estadístico de Electricidad 2015.

El cumplimiento de las recomendaciones volcadas en el documento, se ha vuelto de interés nacional para el proceso de vinculación del Perú con la organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Lo cual posicionaría al país como una economía desarrollada en la medida que acorten las brechas señaladas con el objetivo de fomentar el bienestar en la población y la reducción de la pobreza.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

1.2.1.1 Evaluar Económicamente la implementación de un Límite Máximo Permisible (LMP) en centrales térmicas o termoeléctricas.

1.2.2 Objetivos Específicos:

1.2.2.1 Calcular la proyección de producción de electricidad mediante su senda de crecimiento.

1.2.2.2 Calcular la producción de generación eléctrica ante la implementación de una norma regulatoria ambiental.

1.2.2.3 Calcular los costos asociados con la implementación de una norma regulatoria ambiental.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Fallas de Mercado

Una falla de mercado es la situación que se produce cuando el mercado no asigna eficientemente los bienes o servicios, por lo que el óptimo de mercado es diferente al óptimo social. Las principales razones por las que ocurren fallas de mercado son:

- a) Competencia imperfecta o poder de mercado
- b) Bienes públicos.
- c) Información imperfecta
- d) Las externalidades

1.3.1.1 Competencia Imperfecta

La competencia imperfecta se caracteriza por tener un número de empresas limitadas o por que una de las empresas tiene todo el poder del mercado. En este tipo de mercado la mayor concentración del poder se encuentra en los productores.

Entre los mercados de competencia imperfecta se encuentra los monopolios, oligopolios, competencia monopolística, monopsonios y oligopsonios.

1.3.1.2 Bienes Públicos

El mercado es el lugar donde los consumidores y los productores intercambian bienes y servicios de manera voluntaria. Los bienes públicos se caracterizan por no ser rivales ni excluyentes; es decir, que el consumo de los mismo no excluye a otros consumirlos, ya que podrían disponer de ellos incluso no pagando.

1.3.1.3 Información Imperfecta

En un mercado perfecto la disponibilidad de información sobre cantidad, precios y tecnología de un bien que se desea adquirir por los agentes económicos se encuentra a libre disposición; no obstante, si el mercado genera información incompleta o falsa, se dice que el mercado es ineficiente.

Ante esta asimetría de la información el consumidor se encuentra en una situación de desventaja a la hora de tomar una decisión sobre el bien a adquirir por lo que el Estado puede decidir intervenir.

1.3.1.4 Externalidades

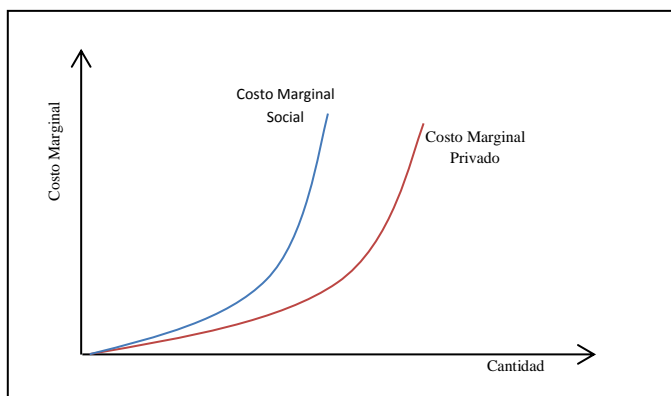
Las externalidades ocurren cuando las acciones de una persona o empresa afectan a otra entidad sin su autorización. En otras palabras, existe una externalidad cuando las elecciones de consumo o producción de una persona o empresa entran en la función de utilidad o producción de otra entidad, sin el permiso o la compensación de esa entidad. (Kolstad, 2011)

Como consecuencia de estas fallas de mercado es probable que los precios que se cobran por bienes como la energía eléctrica o el agua potable o por los servicios de transporte sean más bajos de lo que en verdad sean. El precio sería mucho mayor, si el valor de las externalidades fuese internalizado (reflejado en el precio al consumo).

Debido a esta falla del mercado (externalidad), se consume indiscriminadamente la energía eléctrica o el agua potable, trayendo como consecuencia una asignación ineficiente de recursos, así como una pérdida de bienestar de la sociedad.

El ejemplo típico de externalidad negativa es la contaminación. Cuando un contaminador toma decisiones basadas únicamente en sus costos y beneficios sin tener en cuenta los costos indirectos que recaen en las víctimas de la contaminación se genera una externalidad negativa. Los costos sociales de la producción son superiores a los costos privados. Los costos indirectos incluyen el deterioro de la calidad de vida, el encarecimiento de la atención de la salud y la pérdida de oportunidades de producción. En otras palabras, cuando las externalidades son negativas, los costos privados son inferiores a los costos sociales

Gráfica N° 1 Efecto de una Externalidad Negativa



Fuente: Elaboración Propia

1.3.2 Estándares de Calidad Ambiental

Los estándares de calidad ambiental (ECA)² son definidos por el Estado, los cuales establecen el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el aire, agua o suelo, como cuerpos receptores, no representa riesgo significativo para la salud ni para el ambiente.

Los Límites Máximo Permisible (LMP) son la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

1.3.2.1 Implicancia Económica de los Estándares de Calidad Ambiental

La aplicación de estándares de calidad ambiental tiene importantes consideraciones desde el punto de vista de la eficiencia económica. La implementación de los objetivos ambientales (ECA) debe ser costo eficiente; es decir, que el costo marginal social del abatimiento de la contaminación sea igual al beneficio marginal social;

1.3.2.2 Beneficio Marginal Social de Abatimiento

Si la contaminación es reducida, la sociedad será la mayor beneficiada por un ambiente más limpio, una mejora en la calidad de la salud, así como un buen funcionamiento de los ecosistemas. La medición del beneficio relativo por la disminución de la contaminación sería el Beneficio Marginal Social (BMS).

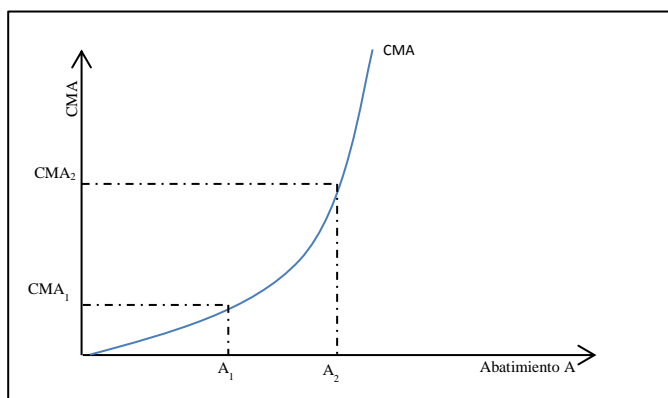
El BMS es la medida de reducción en la demanda o costos causados por la contaminación. Teóricamente si se sumara todas las reducciones marginales de los costos asociados a la reducción de la contaminación de todos los mercados se hallaría la curva de Beneficio Marginal Social. En resumen es la demanda que la sociedad por una reducción de la contaminación o la demanda de la sociedad por calidad ambiental.

² DS 044-98-PCM

1.3.2.3 Costo Marginal Social de Abatimiento

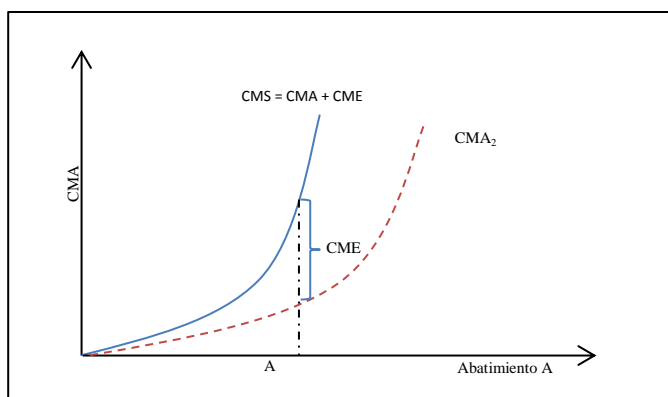
Por el otro lado, están los costos que la sociedad como contaminador debe reducir. Esta relación es llamada Costos Marginal Social (CMS) de abatimiento. La cual está compuesta por dos partes; la primera es asociada a la agregación de los costos marginales asociados a la reducción de la contaminación de los privados (CMA) y la segunda parte asociado a los costos marginales del gobierno (CME) en los cuales debe incurrir para monitorear las actividades de reducción de la contaminación.

Gráfica N° 2 Costo Marginal de Abatimiento de un Contaminador



Fuente: Callam & Thomas

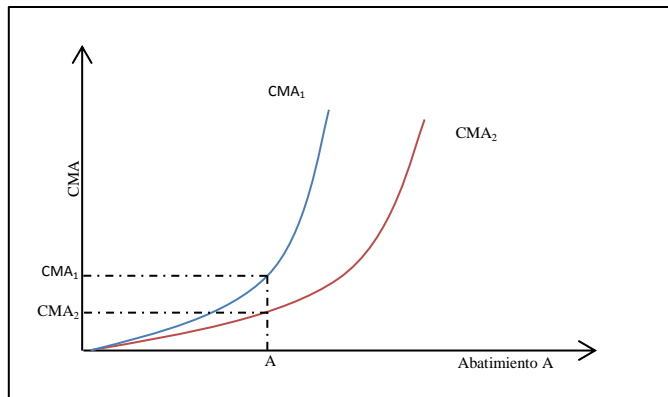
Gráfica N° 3 Descomposición del Costo Marginal Social de Abatimiento



Fuente: Callam & Thomas

Un contaminador tiene la opción de reducir su curva de costos marginales de abatimiento si introduce dentro de su producción tecnología de abatimiento, la cual moviliza su curva de costo hacia la derecha

Gráfica N° 4 Efecto de un Ahorro de Costos por Implementación de Tecnología

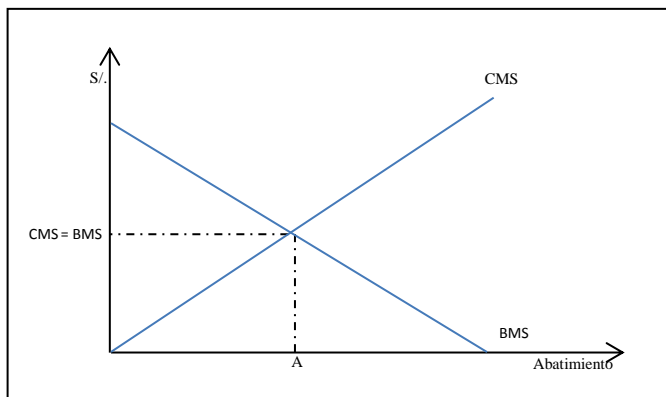


Fuente: Callam & Thomas

1.3.2.4 Eficiencia de los estándares de Calidad

Conociendo el BSM y CSM se puede determinar el nivel eficiente de abatimiento, en el punto de intersección de ambas curvas (A). Si el estado desea implementar estándares de calidad y llegar a ese punto de eficiencia, debe tener en cuenta algunas consideraciones como las restricciones legales, la información imperfecta, las diferencias regionales y la no uniformidad de la contaminación o polución.

Gráfica N° 5 Eficiencia del Mercado de Abatimiento



Fuente: Callam & Thomas

1.3.2.4.1 Restricciones Legales

Los estándares de calidad no se encuentran asociados necesariamente a costos o beneficios. Se encuentran asociados básicamente a las expectativas de los beneficios en la salud y en el bienestar de la población. Especialmente en el Perú los parámetros son extraídos de otros contextos y adaptados según la normativa legal.

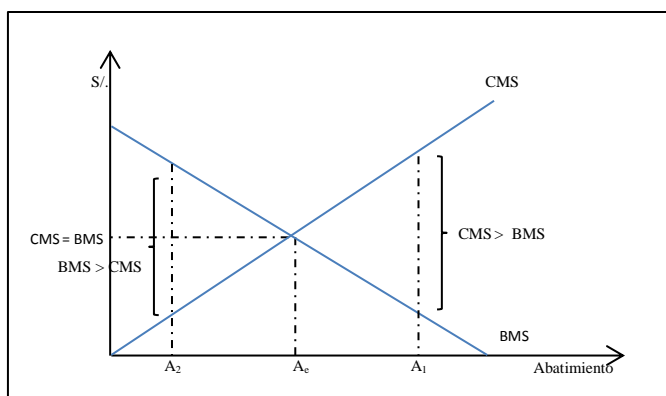
1.3.2.4.2 Información Imperfecta

Los ECA se establecen sobre la base un análisis costo beneficio; no obstante la disminución de la contaminación es considerada un bien público por lo cual la curva de BMS no es sencilla de estimar preferencias no reveladas. Es cierto que hay métodos que permiten estimar el valor que la sociedad imputa a la reducción de la contaminación (demanda), el éxito de una estimación monetaria de bienes intangibles como salud o esperanza de vida es muy baja.

Lo mismo ocurre con los costos de abatimiento, además de calcular los costos que incurrían en implementar los estándares, se deberá identificar los costos de cada uno de los contaminadores, lo cual es casi imposible de poder realizar, debido a diversidad de productores y la tecnología de abatimiento que posean cada empresa.

Debido a esta asimetría de información es probable que el Estado no llegue al equilibrio conforme a una eficiencia del mercado.

Gráfica N° 6 Eficiencia de un Estándar de Calidad Ambiental

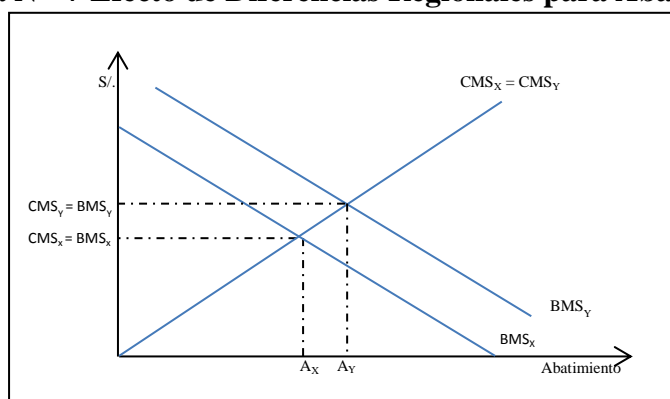


Fuente: Callam & Thomas

1.3.2.4.3 Diferencias Regionales

Si fuera el caso que se tuviera toda la información, determinar un solo estándar a nivel nacional, no es una tarea fácil debido a que los costos y los beneficios son determinados por todos los contaminadores y las personas que demanda la disminución de la contaminación en todas las regiones. Por lo cual los BMS y CMS será diferente para cada región, la única forma que fuera posible determinar un estándar único sería que en todas las regiones el óptimo de abatimiento fuera el mismo, cosa que no es probable.

Gráfica N° 7 Efecto de Diferencias Regionales para Abatimiento



Fuente: Callam & Thomas

1.3.2.4.4 No uniformidad de los contaminantes

Los impactos de la contaminación no son iguales en el ambiente, dependiendo del tipo de ecosistema los impactos son completamente diferentes. Los impactos asociados a ciertos contaminantes en un ecosistema no son los mismos que en otro ecosistema.

1.4 Metodología

Para la evaluación económica de la implementación de una norma que establece límites máximos permisibles (LMP) para centrales termoeléctricas asociado a emisiones (NOx), se calcularán los costos de implementación de la norma (estado) y la reducción de la producción de energía por la implementación de la misma.

El presente análisis se delimitará solo a centrales termoeléctricas que utilizan como fuente primaria al gas natural; debido a que representa dentro de este rubro aproximadamente el 70% de la potencia producida en el país.

Como primer paso para el presente análisis, se realizará la proyección del mercado eléctrico con lo cual se podrá establecer el horizonte de análisis. Este horizonte deberá ser tan largo como el periodo de implementación de la norma y supervisión de la implementación de la misma.

La proyección se realizará sobre las especificaciones del Marco Macroeconómico Multianual, el cual ha sido desarrollado por el Ministerio de Economía y Finanzas en el año 2017. Las proyecciones MMM se ubican dentro del periodo 2018-2021, el mismo periodo si la norma entrará en vigencia en el 2018.

Asimismo, se asume que el comportamiento adoptado por el sector (agua y energía) será similar al comportamiento de la industria relacionada a la generación de energía eléctrica, específicamente, de las centrales que utilizan gas natural como fuente primaria.

El segundo paso, será calcular la producción de energía que centrales termoeléctricas podrían producir al implementarse la norma. El productor ante una situación como esta tiene dos alternativas. La primera es adquirir nueva tecnología que permita alcanzar los estándares de la norma sin afectar la cantidad producida; la segunda es reducir la cantidad de producción evitando la adquisición de nueva tecnología alcanzando el estándar de la norma solo con la capacidad instalada. El presente análisis adopta la segunda alternativa debido a la complejidad sobre la determinación del tipo de tecnología que cada administrado debería implementar.

A continuación, se determinarán los costos de fiscalización y supervisión de la implementación de la normativa ambiental (LMP). Estos costos forman parte del proceso de adopción de cualquier norma y por ende de la evaluación de la misma. En el Perú el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), debido a sus funciones es la encargada del seguimiento al cumplimiento de una norma de esta naturaleza necesitando recursos monetarios para su ejecución.

Por último, la variación encontrada entre la proyección del sector energía (sin norma) con la proyección de la producción de energía con norma será el costo que la implementación de una norma de estas características tendría para el país según los parámetros establecidos en la normativa a implementar.

Los valores obtenidos durante el periodo de análisis serán traídos a valor presente, para determinar los costos asociados a la implementación de la norma en un periodo de tiempo determinado.

El VAN, es el valor monetario equivalente a la sumatoria descontada de los costos de una determinada regulación ambiental durante un horizonte determinado. Formalmente el VAN se calcula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Dónde:

VAN	=	Valor actual neto
C _t	=	Costos
r	=	Tasa de descuento
n	=	Horizonte
t	=	Tiempo

CAPÍTULO II

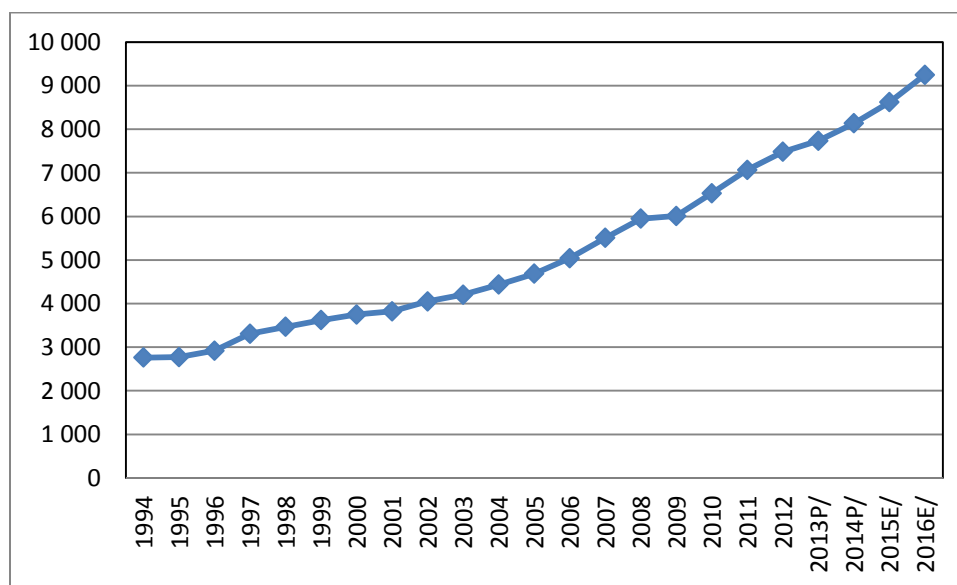
CARACTERIZACIÓN DE LA TEMÁTICA

2.1 Sector Energía y Agua

Dentro de la estructura del Producto Bruto Interno (PBI) del Perú, el sector electricidad se ubica dentro de la actividad Electricidad, Gas y Agua, la cual representa dentro de la estructura económica casi un 1,7%. En ella están comprendidas la generación, distribución y transmisión de energía, sector electricidad, así como infraestructuras de saneamiento y cobertura para agua.

La gráfica N° 8 muestra como el sector ha ido evolucionando a través del tiempo, observándose un crecimiento positivo sin mayor variación, esto sin duda a la relación directa que posee esta actividad económica con otros sectores como manufactura, minería entre otros. Así también,

Gráfica N° 8 Producto Bruto Interno - Actividad Económica Electricidad, Gas y Agua (Millones de nuevos soles 2007)



Fuente: INEI 2017

2.2 Generación de Energía Termoeléctrica en el Perú

El Sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN), es el sistema que conecta la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica regulada dentro del país. La generación eléctrica es la primera actividad dentro de la cadena productiva de la industria eléctrica. En ella se realiza la transformación de las fuentes de energía primaria a energía eléctrica, mediante métodos como la inducción electromagnética, ciclos combinados entre otros.

Entre las fuentes de energía primaria se encuentra el carbón, petróleo, gas natural, nuclear; así como, agua, eólica, solar, geotérmica, mareomotriz o biomasa que son transformados a energías secundaria como eléctrica, combustibles líquidos, combustibles sólidos o combustibles gaseosas. Las cuales son usadas para obtener calor, iluminación fuerza o movimiento.

Entre los tipos de tecnología de producción se encuentra las centrales hidroeléctricas, térmicas, solares, eólicas y nucleares, entre otras. En el Perú son cuatro las tecnologías que actualmente aportan al sistema regulado, entre ellas se encuentra la hidroeléctrica, termoeléctrica, eólica y solar, alcanzando una participación de 50,4%, 47,7% 0,5% y de 1,3% respectivamente; no obstante, la potencia efectiva correspondiente a centrales termoeléctricas alcanzó un 57.4% y centrales hidroeléctricas un 40.0% en el año 2015.

Tabla N° 1 Producción Eléctrica por tipo de Generación

Tipo	Energía (GW.h)	Participación (%)	Potencia Efectiva
Hidroeléctrica	22 456.2	50.4	40.0
Termoeléctrica	21 262,2	47.7	57.4
Solar	231,0	0.5	1.0
Eólico	590,7	1.3	1.5
Total	44 540,0	100,0	100,0

Fuente: COES 2015

La alta participación de las tecnologías basadas en recursos primarios se debe a la capacidad ya instalada (altos costos de inversión) y la poca infraestructura que actualmente se tiene para energías limpias, así como sus altos costos de oportunidad con respecto a las otras propuestas tecnológicas.

Entre las fuentes de energía usadas en el proceso de generación de electricidad en centrales termoeléctricas se utiliza gas natural, carbón, residual, diésel 2 y bagazo; entre estas, el gas natural (71,8%) y diésel 2 (21,8%) representan el grueso de la potencia efectiva de electricidad registrada en el año 2015. Esto debido a la presencia de fuentes como el gas de Camisea y Aguaytia.

Tabla N° 2 Potencia Efectiva por Tipo de Recurso Energético

Tipo de Generación	Potencia Efectiva (MW)	Porcentaje (%)
Gas Natural	3 967,2	71,8
Carbón	141,9	2,6
Residual	173,4	3,1
Diesel 2	1 203,4	21,8
Biogás	35,9	0,7
Total	5 521,8	100.0

Fuente: COES 2015

En consecuencia a la generación de energía, el consumo de la fuente primaria de gas natural ha aumentado, mientras que de otras fuentes ha disminuido, especialmente con las fuentes líquidas En consecuencia a la generación de energía, el consumo de la fuente primaria de gas natural ha aumentado, mientras que de otras fuentes ha disminuido, especialmente con las fuentes líquidas

Tabla N° 3: Consumo de Combustible en el COES

Tipos de Combustibles	Consumo de combustibles			Variación 2014/2015 (%)
	2013	2014	2015	
Diesel 2 (1)	11 130,0	5 088,1	14 070,9	176,55
Residual 6 (1)	222,9	111,6	62,9	-43,67
Residual 500 (1)	8 977,5	1 929,7	1 951,3	1,12
Gas Natural (2)	126 294,5	146 236,3	150 442,4	2,88
Biogás (2)	737,8	718,4	908,4	26,44
Carbón (3)	320,5	60,3	86,6	43,48
Bagaza (3)	721,2	536,3	375,7	-29,93

(1) Consumo de Diesel 2, residual 6 y residual 500, expresado en metros cúbicos

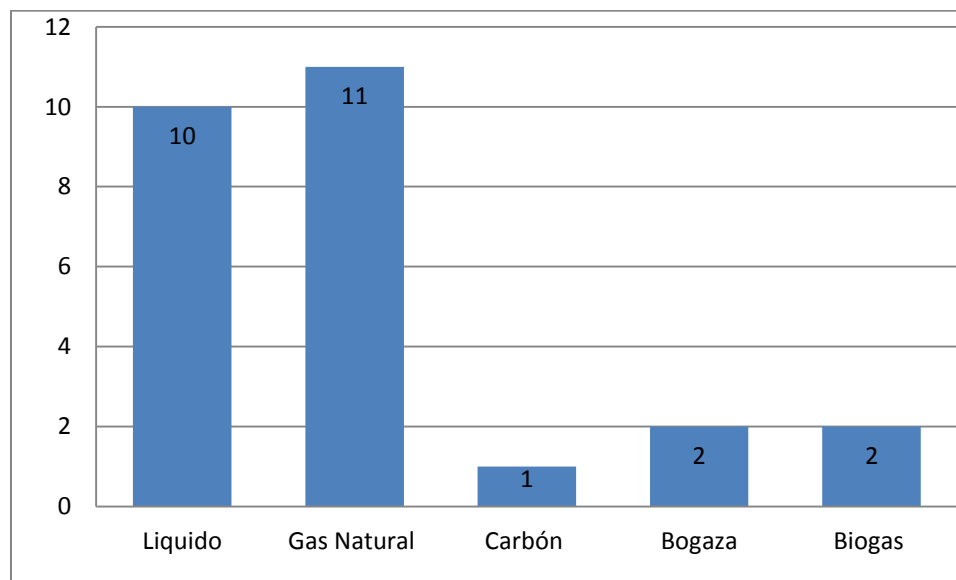
(2) Consumo de Gas natural y biogas, expresado en miles de metros cúbicos

(3) Consumo de carbón y babazo, expresadp en toneladas

Fuente: COES, 2014

Esta distribución del consumo se ve reflejada en las empresas generadoras. En el año 2015, se contabilizan a 11 empresas que utilizan como fuente primaria el gas natural, 10 empresas que utilizan fuentes líquidas; el resto de empresas utilizan el carbón, bogaza y biogás. Estos cambios se pueden deber a los costos de la materia prima y la accesibilidad a ellos.

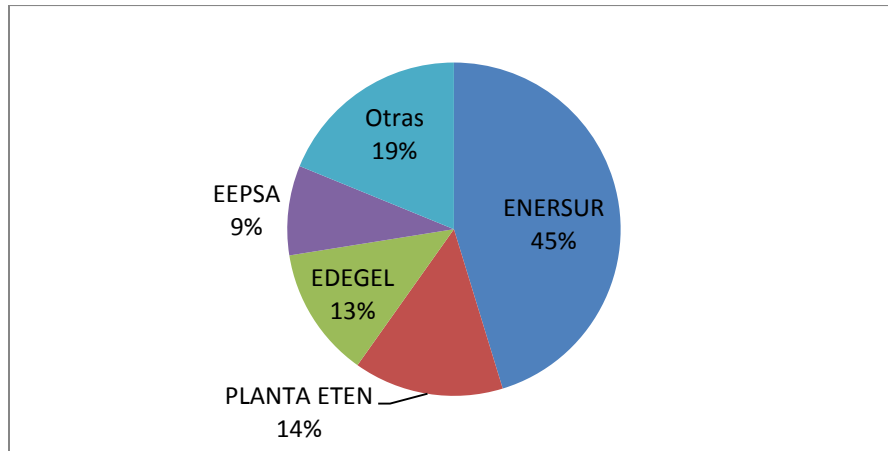
Gráfica N° 9: Número de Empresas por tipo de Fuente Primaria



Fuente: COES, 2015

Dentro de las empresas generadoras de energía eléctrica de fuente primaria líquida, cuatro empresas concentran el 81.18% del mercado de generación, dentro de estas la empresa ENERSUR representa un 45% de total de la empresas

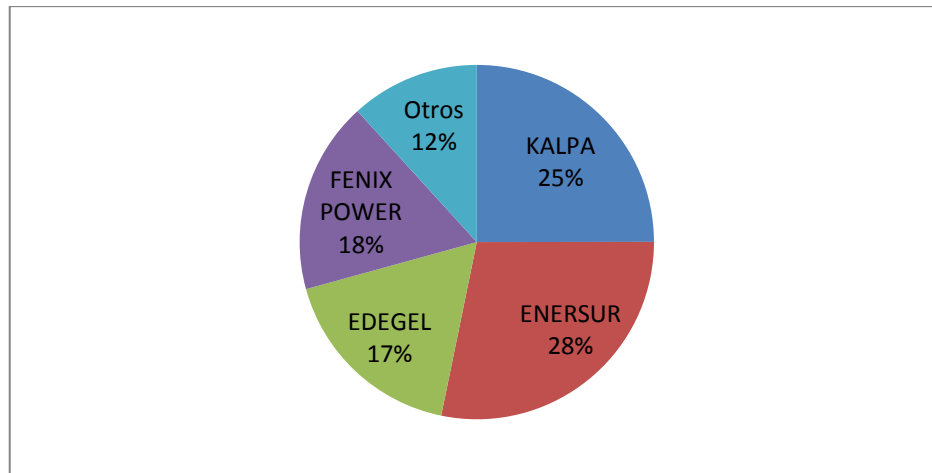
Gráfica N° 10 Participación de la Producción termoeléctrica en combustibles líquidos



Fuente: COES, 2015

Por otro lado, las empresas generadoras que utilizan fuentes de gas natural la empresa KALPA y ENERSUR representan cada una el 25% y el 28% del mercado de generación.

Gráfica N° 11 Participación de la Producción termoeléctrica en combustibles en Gas Natural



Fuente: COES, 2015

2.3 Procesos de Generación de Energía Termoelectrónica

La generación de energía eléctrica mediante el proceso de transformación de energía primaria (gas, carbón, petróleo, etc.) requiere de procesos de transformación a través de cuatro tipos de tecnología las cuales son: ciclo combinado, turbo gas, turbo vapor y diésel.

La central térmica es alimentada por combustibles fósiles, el proceso de combustión (reacción química de ciertos componentes con el oxígeno del aire) se realiza en la caldera, donde la energía interna de la fuente primaria es liberada a través del calor. La mayoría de centrales térmicas utilizan el calor para producir vapor de agua a alta temperatura y presión y éste a su vez hace girar una turbina de vapor que mueve el generador eléctrico (alternador).

Dependiendo de la tecnología y la fuente primaria el proceso de transformación impacta en menor o mayor medida en el ambiente. Por un lado, la transformación de la fuente primaria a través de los procesos de combustión genera emisiones como el dióxido de carbono, óxido de azufre, óxidos de nitrógeno y material particulado que son expulsados a través de las chimeneas que las centrales poseen. Por otro lado, los procesos de enfriamiento provocan cambios en la temperatura del agua, la cual es usada como refrigerante.

Entre los gases que son emanados a través de las chimeneas de las centrales, el CO₂ (dióxido de carbono) es uno de los gases que favorecen el efecto invernadero, una alta concentración de dicho gas provoca un aumento de la temperatura promedio de la tierra provocando este efecto.

Tanto el SO₂ (óxido de azufre) y el NO_x (óxido de nitrosos) son los causantes de la lluvia ácida. La asociación de los óxidos con el oxígeno y el agua forman ácidos nítricos (HNO₃) y ácidos sulfúricos (H₂SO₄). Estos ácidos cambian el PH de la lluvia, esta lluvia acidifica ríos y fuentes de agua, matando a los seres vivos que viven en ellos, otro

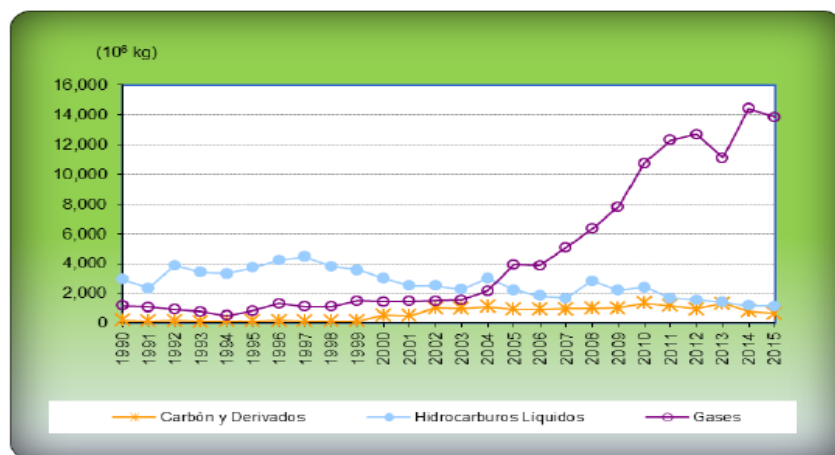
efecto de la lluvia acida es la deposición de protones H+, que arrastran ciertos iones del suelo empobreciendo los nutrientes de los ecosistemas.

2.4 Emisiones de Gases

2.4.1 Emisiones De Dióxido De Carbono (CO2)

Durante el periodo 1990 – 2015, las emisiones de dióxido de carbono, provenientes de la transformación de energía primaria en secundaria y consumo propio, se incrementaron hasta alcanzar 15,3 mil millones de kilogramos en el año 2015, notándose que a partir del 2004, se incrementa sostenidamente las emisiones en transformación y consumo propio debido al incremento de la generación eléctrica a partir del gas natural.

Gráfica N° 12: Emisiones de CO2 generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio

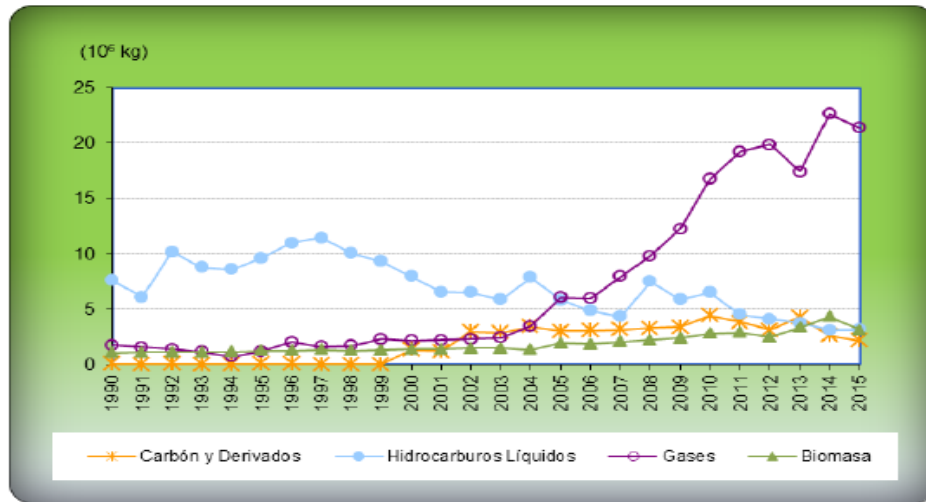


Fuente: Balance Nacional de Energía, 2015

2.4.2 Emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Para el periodo 1990 – 2015, las emisiones de NOx, provenientes de la transformación de energía primaria en secundaria y consumo propio, se incrementaron de 10,5 a 29,7 millones de kilogramos, explicándose este incremento por la formación de NOx a altas temperaturas en la combustión del gas para la generación de electricidad.

Gráfica N° 13 Emisiones de NOx generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio

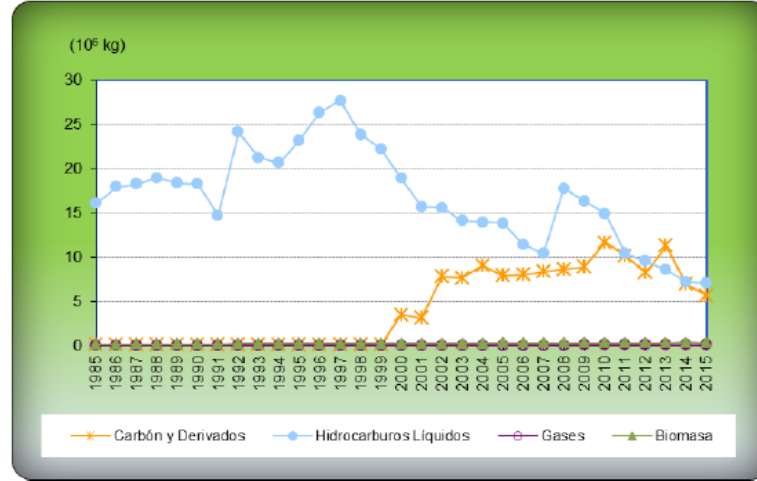


Fuente: Balance Nacional de Energía, 2015

2.4.3 Emisiones de Óxidos de Azufre (SOx)

En el periodo 1990 – 2015 en la transformación de energía primaria a secundaria y el consumo propio, las emisiones de óxidos de azufre que se generaron principalmente en la generación de electricidad, han disminuido de 18,5 a 13,27 millones de kilogramos. En el periodo 1996-2000 puede observarse una campana, esto debido a una mayor participación de petróleo residual en la generación eléctrica. También puede observarse que a partir del año 2000 se incrementan las emisiones de SOx, explicados por el inicio de operación de la Central Térmica a Carbón en Ilo.

Gráfica N° 14 Emisiones de SOx generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio

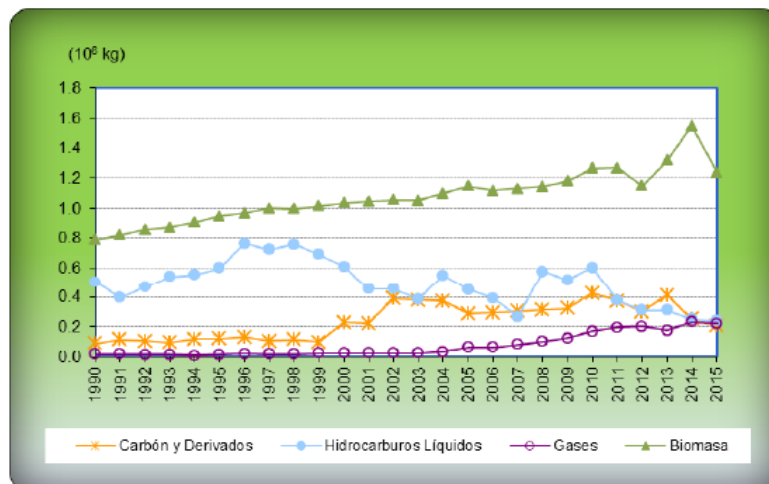


Fuente: Balance Nacional de Energía, 2015

2.4.4 EMISIONES DE PARTÍCULAS

Para el periodo 1990 – 2015, las emisiones de partículas, provenientes de la transformación de energía primaria en secundaria y consumo propio, se incrementaron de 1,4 a 1,9 millones de kilogramos explicado en gran parte por el uso del bagazo para la generación de electricidad.

Gráfica N° 15 Emisiones de PM generadas por la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio



Fuente: Balance Nacional de Energía, 2015

2.5 Límites máximos Permisibles

Se define como el Límite Máximo Permissible (LMP) como la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Los LMP's guardan coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los Estándares de Calidad Ambiental

Mediante la Resolución Ministerial N 162- 2014 – MINAM elaboró una proyecto de LMP para emisiones de actividades de generación termoeléctricas para fuentes fósiles y biomasa, con el objetivo de evitar la degradación ambiental conforme lo establece la Ley General del Ambiente. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generación se adoptan medidas de mitigación, restauración o eventual compensación según corresponda

Tabla N° 4 Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para actividades de generación termoeléctrica a (en mg/m³) c 1/

TIPO	MP	MP	SO ₂	SO ₂	NOx	NOx
COMBUSTIBLE	mg/m ³ mayor a 0,5 MW menor o igual a 20 MW	mg/m ³ mayor a 20 MW	mg/m ³ mayor a 0,5 MW menor o igual a 20 MW	mg/m ³ mayor a 20 MW	mg/m ³ mayor a 0,5 MW menor o igual a 20 MW	mg/m ³ mayor a 20 MW
SÓLIDO	50	30	400	800	510	510
LÍQUIDO^b	40	30	200	400 ^d 200 ^e	400	400
GAS NATURAL^b	N/A	N/A	N/A	N/A	150	150

Fuente: Resolución Ministerial N 162- 2014 – MINAM

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Proyección de la producción de electricidad mediante su senda de crecimiento

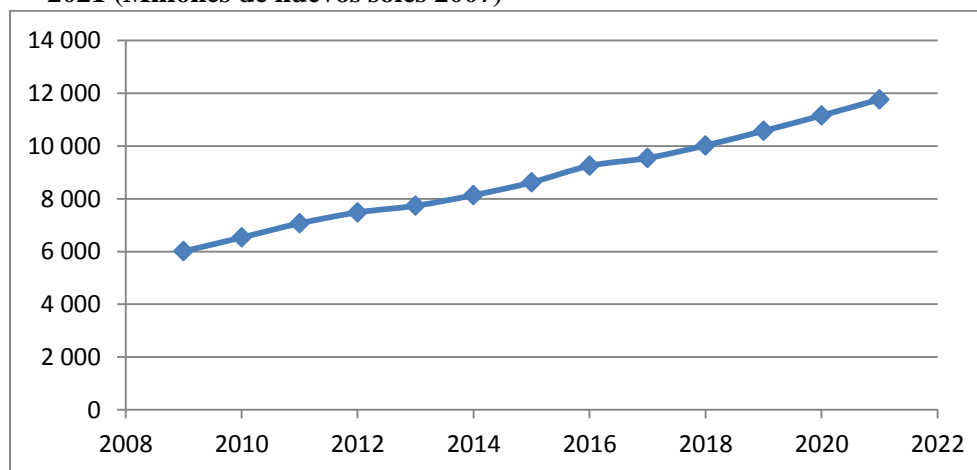
Según el marco macroeconómico multianual – MMM (MEF, 2017) se espera en promedio que el sector crezca un 5,5%, la tabla N° 5 muestra el crecimiento esperado en términos porcentuales reales. Este crecimiento se traduce en casi 12 000 millones de soles, como se observa en la Gráfica N° 16

Tabla N° 5 PBI por Sectores (Var. % real anual)

Sector	Peso Año Base 2007	2016	2017	2018	Prom 2019-2021
Electricidad y agua	1,7	7,3	3,2	5,0	5,5

Fuente: Marco Macroeconómico Multianual 2018 -2021

Gráfica N° 16 Proyección del Sector Electricidad y Agua, según el MMM 2018-2021 (Millones de nuevos soles 2007)



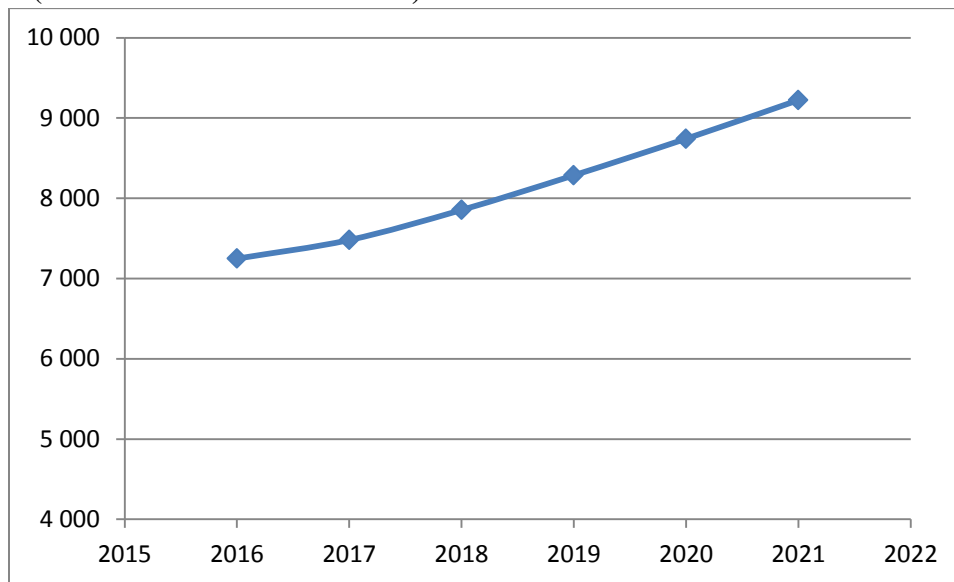
Fuente: Elaboración Propia en base al Marco Macroeconómico Multianual 2018-2021

Se considera que aproximadamente el 78,43% de esta actividad corresponde íntegramente a la actividad eléctrica y el resto a los temas relacionados con el agua, básicamente, a saneamiento y cobertura de agua potable. La gráfica N° 17 muestra que

³ COES, 2012

en promedio la actividad eléctrica alcanza un monto mayor a los 9 000 millones de soles.

**Gráfica N° 17 Proyección del PBI del sector Electricidad
(Millones de nuevos soles 2007)**

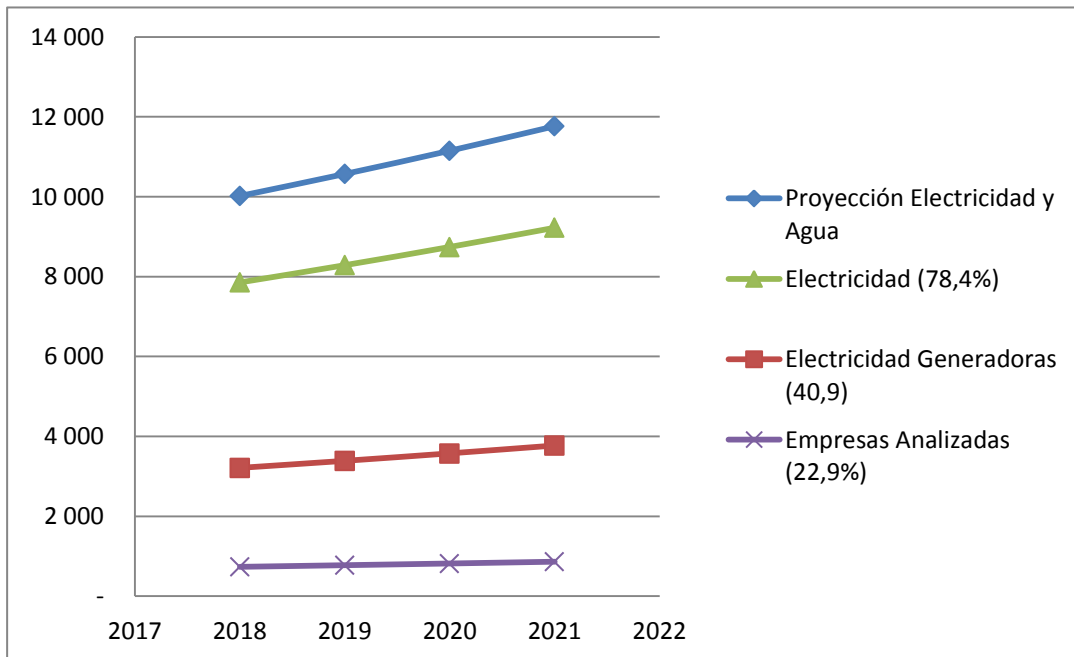


Fuente: Elaboración Propia en base al Marco Macroeconómico Multianual 2018-2021

Como se ha mencionado anteriormente, la generación eléctrica se produce mediante procesos térmicos, hidráulica y de energía renovable (solar y eólica). En el año 2015, las empresas generadoras por concepto de venta alcanzaron un 40.9% de las ventas totales del sector electricidad. Por tal motivo, tomando en cuenta que la norma es aplicable para aquellas empresas generadoras de energía; se ha considera solo este porcentaje en el análisis (40.9%).

Cabe señalar, que la información recogida en el presente estudio corresponde solo a un 22.9% de la participación de la generación de energía eléctrica, por lo cual se ha visto por conveniente acotar a este porcentaje la proyección de la actividad, evitando de esta manera una sobre estimación del sector de generación.

Gráfica N° 18 Proyección del PBI de Electricidad y Agua, desagregado según (Millones de nuevos soles 2007)



Fuente: Elaboración Propia en base al MMM 2018-2021

3.2 Cálculo de la producción de generación eléctrica ante la implementación una norma regulatoria ambiental (Límite Máximo Permissible - LMP)

El presente trabajo analiza la implementación de un LMP que busca reducir la cantidad de gases que las centrales termoeléctricas de fuentes gaseosas generan en el momento de producir energía eléctrica.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) como parte de su trabajo de fiscalización y monitoreo realiza mediciones de las emisiones que las centrales termoeléctricas de fuente gaseosa emiten al ambiente; asimismo las propias administradas reportan estas emisiones hacia a OEFA quien la consolida. La información obtenida tiene una temporalidad de 3 años y no de todas las empresas generadoras de energía eléctrica, solo de un 22.9%

**Tabla N° 6 Producción y Emisiones de NOx (Gas Natural)
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**

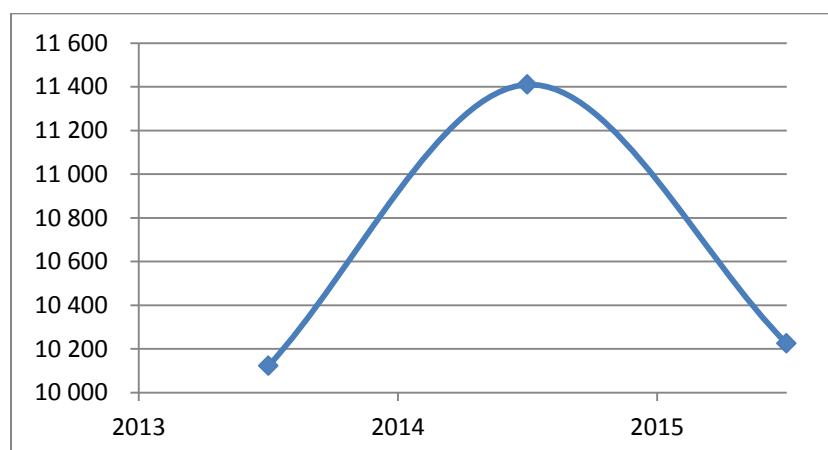
Año	Producción Total (Gw/h)	Consumo Total (m3)	Emisiones de Nox (ug/m3)
2013	10,122.39	2,156,164.45	181.522
2014	11,409.47	2,451,022.35	829.5429
2015	10,224.95	2,250,649.62	598.158

Fuente: Elaboración Propia en base a MINEM, OEFA

Se sabe que a mayor producción debe existir una mayor cantidad de emisiones de gases, la tabla N°6 demuestra dicha relación entre la cantidad de consumo, producción y emisiones de gases para los tres años analizados.

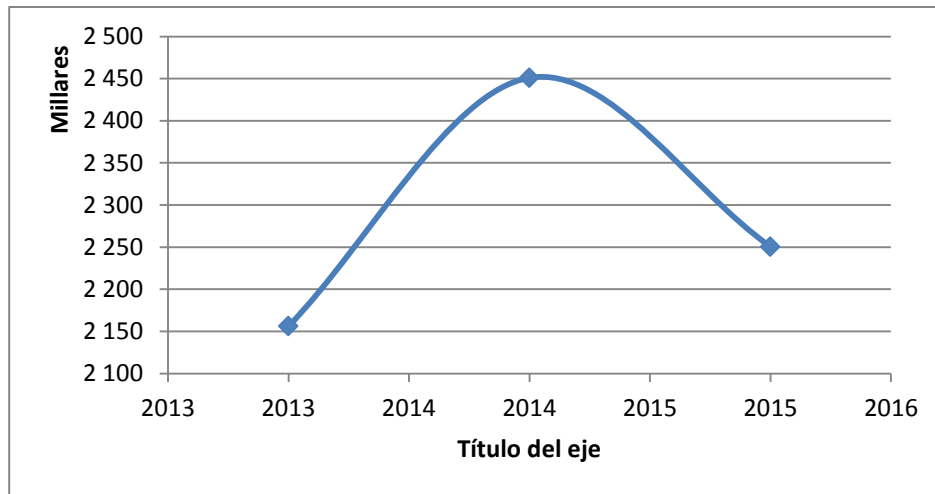
Debido a la poca disponibilidad de datos no se puede ser preciso que este comportamiento siempre se de en el tiempo; aunque se espera que ante una mayor producción, se consuma una mayor cantidad de insumos y por ende las emisiones aumenten. Las gráficas 19, 20 y 21 muestran el comportamiento que ha tenido la producción, el consumo y generación de emisiones.

**Gráfica N° 19 Producción de Energía - Electricidad (Gw/h)
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**



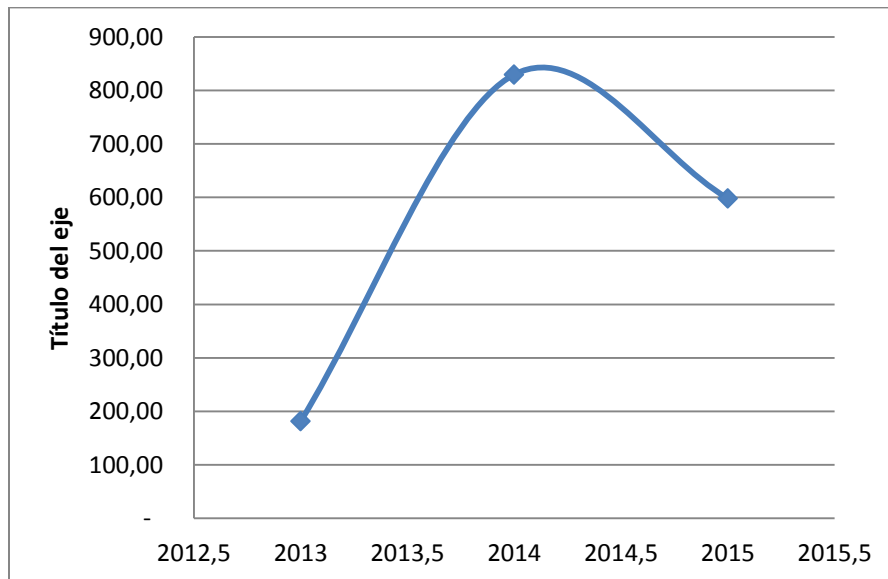
Fuente: Elaboración Propia en base a MINEM, OEFA

**Gráfica N° 20: consumo de Gas Natural (m3)
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**



Fuente: Elaboración Propia en base a MINEM, OEFA

**Gráfica N° 21 : Emisiones de NOx (ug/m3)
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**



Fuente: Elaboración Propia en base a MINEM, OEFA

Cabe resaltar, que en función de la información recabada (3 años) y el número de empresas fiscalizadas por la entidad encargada, se observa un comportamiento de campana, la cual podría variar si existiera mayor información temporal y trasversal.

Una vez aprobada la norma, las empresas deberán reducir la cantidad de emisiones de gases por los procesos de combustión que realizan. La Dirección de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente realizó, a modo de ejercicio, el cálculo de la cantidad de emisiones que podrían emitir las administradas ante la implementación de la norma, para el caso de NOx el límite máximo fijado será de 150 mg/m³.

Ante una restricción de esta naturaleza existen dos soluciones posibles. La primera es la adopción de nueva tecnología de planta, que permita al administrado seguir produciendo la misma cantidad de energía eléctrica emitiendo menos cantidad de gases contaminantes; no obstante, la determinación de la tecnología idónea que se debería adoptar no es tan sencilla de estimar, ya que cada central puede tener diferentes tipos de procesos y cantidad de emisiones.

La segunda es la reducción de generación de energía, lo que haría que la cantidad de emisiones se vea reducida por esta restricción en la producción. Con los datos de emisiones calculados por la Dirección de Calidad Ambiental (DGCA) que podrían emitir las centrales ante la implementación de la norma, se calculó la cantidad de producción que estas centrales generarían ante esta limitante.

La tabla N° 7 muestra la producción que las centrales térmicas analizadas han presentado durante los años 2013 - 2015 y lo que tendrían que generar si hubiera una restricción en la emisión de gases (NOx), así como la variación en la producción que representa. Conforme a lo esperado, ante una reducción en su producción se observa una variación negativa.

Para este cálculo se tomó como base la relación existente entre la cantidad de producción y la cantidad de emisiones actuales que producen estas empresas. A partir de esta relación se limitó la cantidad de emisiones a emitir forzando a la relación a modificar la cantidad de producción que permita satisfacer el límite de emisiones.

**Tabla N° 7 Comparativo de la Producción con Norma y Sin Norma
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**

Año	Sin Norma (Gw/h)	Con Norma (Gw/h)	Variación Gw/h	Variación (%)
2013	10 122,39	9 106,24	1 016,2	-10,03
2014	11 409,47	9 161,77	2 247,7	-19,70
2015	10 224,95	9 062,67	1 162,3	-11,36
Promedio	10 585,60	9 110,23		

Fuente: Elaboración Propia

La disminución de la producción de las centrales, se traduce en una merma de los beneficios percibidos por ellas (CT) y por ende de las empresas. Para el cálculo de los beneficios que las empresas mermarían por la norma, se tomó la ganancia neta del ejercicio 2015 de una empresa generadora de energía eléctrica (EDEGEL) la cual representa en la producción nacional de energía el 16.3% y con respecto a sus actividades de generación térmica en promedio sus ganancias bordearon los 120.02 soles por Gw/h.

**Tabla N° 8 Producción Total e Ingresos con Norma
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**

Año	Producción Total (Gw/h)	Ganancia (S/Gw/h)	Ganancia Total
2013	9 106,24	120,02	1 092 892,34
2014	9 161,77	120,02	1 099 556,62
2015	9 062,67	120,02	1 087 663,64
Promedio	9 110,23	120,02	1 093 370,86

Fuente: Elaboración Propia en base a BVL 2017

La tabla N° 8 muestra la ganancia total que las empresas generadoras de energía obtendrían en promedio debido a la restricción de producción a la que se someterían para poder cumplir con la norma, obteniéndose en promedio una ganancia de S/ 1 093 370,86.

3.3 Calcular los costos asociados con la implementación de una norma regulatoria ambiental.

La implementación de cualquier norma contiene dentro de su estructura un componente de seguimiento y control para el cumplimiento de la misma. La responsabilidad de la fiscalización y monitoreo en gestión ambiental recae en el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

El proceso de fiscalización por parte de la autoridad competente (gobierno) implica el desembolso de presupuesto por parte del estado (recursos ordinarios). En función de la información recopilada y que la norma no ha entrado en vigencia, no es posible saber el monto exacto que el gobierno deberá desembolsar para los procesos de fiscalización.

No obstante, es posible obtener una aproximación en función del monto actual que la institución tiene para actividades similares. La estimación de la inversión en actividades de fiscalización para la norma se ha realizado a partir del Plan Operativo Institucional (POI) 2017 de OEFA. Los planes operativos institucionales contienen la programación de actividades e inversiones de las instituciones públicas alineadas a sus planes estratégicos y funciones institucionales.

Tabla N° 9 Plan Operativo institucional tarea de Fiscalización

Actividad	meta	U.M.	Monto
Seguimiento y verificación del cumplimiento de las obligaciones ambientales	4 117	supervisión	107 731 475,00
Diseño e implementación de instrumentos técnicos legales para la fiscalización de emisiones atmosféricas	2	instrumentos	21 000,00
Supervisión y fiscalización de las emisiones atmosféricas	1	expedientes	500 040,00
		Total	108 252 515 ,00
		Promedio	26 294,03

Fuente: Elaboración Propia en base a OEFA

El POI de OEFA contempla el presupuesto tanto de la oficina central (Lima) como de las Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA) las cuales se encuentran distribuidas a nivel nacional. Las EFAs tienen a su cargo el proceso de fiscalización en sus regionales. En el año 2017, la OEFA contempló supervisar a 4 117 administrados; adicionalmente,

realizar instrumentos de supervisión, entre otros; en promedio por administrado la OEFA invierte en supervisión en la temática ambiental un monto de S/. 26 294,03

Cada una de las actividades comprende diferentes gastos por parte del estado, en donde el mayor porcentaje de gasto son las específicas de bienes y servicios en donde se ubican el personal de la institución (Contrato por Administración de Servicios), consultorías y servicios relacionados con el medio ambiente.

Tabla N° 10 Composición de las Especificas de Gasto del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

Actividad	Especifica de Gasto	Monto (S/)	Monto Total (S/)
Seguimiento y verificación del cumplimiento de las obligaciones ambientales	Adquisición de Activos no Financieros	1 056 030	107 731 475
	Bienes y Servicios	105 575 098	
	Personal y Obligaciones Sociales	1 100 347	
Diseño e implementación de instrumentos técnicos legales para la fiscalización de emisiones atmosféricas	Bienes y Servicios	21 000	21 000
Supervisión y fiscalización de las emisiones atmosféricas	Bienes y Servicios	500 040	500 040

Fuente: Elaboración Propia en base a OEFA

Este monto se tomará como el costo aproximado que el gobierno deberá de incurrir en el proceso de supervisión y fiscalización de la implementación de la norma.

3.4 Evaluación económica de la Implementación de un límite máximo permisible en centrales térmicas o termoeléctricas

Para evaluación de la norma se debe considerar el tiempo de implementación de ella. Las empresas administradas tendrán un año para realizar su plan de adecuación (primer año) y hasta tres años para implementar sus acciones de adecuación dependiendo de complejidad de la misma.

**Tabla N° 11 Costos Generados por la Implementación de la Norma
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**

Actividad	2018	2019	2020	2021
Proyección Electricidad y Agua	10 017 882 000	10 568 865 510	11 150 153 113	11 763 411 534
Electricidad	7 854 019 488	8 285 990 560	8 741 720 041	9 222 514 643
Electricidad (generación)	3 188 731 912	3 364 112 167	3 549 138 336	3 744 340 945
Empresas Analizadas (22,9%)	735 615 319	776 074 162	818 758 241	863 789 944
Ingreso Total con Norma		- 839 765	- 839 765	- 839 765
Supervisión de la norma				- 151 836
Diferencial	735 615 319	775 234 397	817 918 476	862 950 179
Valor actual Costos Totales (VACT)				2 104 080 563
VACT millones de soles				2 104,08

Fuente: Elaboración Propia

El presente análisis, considera que en el primer año de la implementación de la norma las empresas no están obligadas a reducir su producción, produciendo lo máximo posible (proyección del sector); sin embargo, los siguientes tres años ya deberían realizar su adecuación a los estándares normados.

Se asume que todas las empresas o administradas han adecuado su producción (disminución) a los estándares solicitados en la norma; así como, realizado las acciones de planificación para la adecuación de sus actividades en el periodo de un año (01). En el año 2 y 3 las empresas deberán producir una menor cantidad de energía eléctrica con la finalidad de alcanzar las especificaciones de la norma.

Al término del horizonte de implementación el estado deberá evaluar el cumplimiento de ella, la cual deberá realizarse en el año cuatro a partir de la vigencia de norma. Los costos generados por la implementación de la norma en base a los 22.9% de las empresas generadoras de energía bordeando los S/ 2 104 millones de soles.

Al implementarse la norma en función a los límites determinado se observa una variación promedio del 10% de la producción de energía, por lo que es necesario complementar estos resultados con un análisis de sensibilidad.

3.5 Análisis de Escenarios

La evaluación realizada muestra resultados restrictivos ante una normativa tipo comando control. Estos resultados dan pie a generar un análisis complementario (análisis de sensibilidad) de escenarios donde la norma sea menos restrictiva para conocer los alcances de esta.

Se ha desarrollado tres escenarios, donde la reducción de las emisiones responda a un orden de 20%, 40% y 60% de lo que actualmente emiten. Los resultados se muestran en las tablas N° 12, 13 y 14.

Tabla N° 12 Costo de la Implementación de la Norma a un 20% de restricción en base al 22.9% de empresas generadoras de energía

Actividad	2018	2019	2020	2021
Proyección Electricidad y Agua	10 017 882 000	10 568 865 510	11 150 153 113	11 763 411 534
Electricidad	7 854 019 488	8 285 990 560	8 741 720 041	9 222 514 643
Electricidad (generación)	3 188 731 912	3 364 112 167	3 549 138 336	3 744 340 945
Empresas Analizadas (22,9%)	735 615 319	776 074 162	818 758 241	863 789 944
Ingreso Total con Norma		- 948 947	- 948 947	- 948 947
Supervisión de la norma				- 151 836
Diferencial	735 615 319	775 125 214,41	817 809 293,31	862 840 996
Valor actual Costos Totales (VACT)				2 103 799 188
VACT millones de soles				2 103,80

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 13 Costo de la Implementación de la Norma a un 40% de restricción en base al 22.9% de empresas generadoras de energía

Actividad	2018	2019	2020	2021
Proyección Electricidad y Agua	10 017 882 000	10 568 865 510	11 150 153 113	11 763 411 534
Electricidad	7 854 019 488	8 285 990 560	8 741 720 041	9 222 514 643
Electricidad (generación)	3 188 731 912	3 364 112 167	3 549 138 336	3 744 340 945
Empresas Analizadas (22,9%)	735 615 319	776 074 162	818 758 241	863 789 944
Ingreso Total con Norma		- 923 822	- 923 822	- 923 822
Supervisión de la norma				- 151 836
Diferencial	735 615 319	775 150 339,28	817 834 418,18	862 866 121,42
Valor actual Costos Totales (VACT)				2 103 863 937,77
VACT millones de soles				2 103,86

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 14 Costo de la Implementación de la Norma a un 60% de restricción
en base al 22.9% de empresas generadoras de energía**

Actividad	2018	2019	2020	2021
Proyección Electricidad y Agua	10 017 882 000	10 568 865 510	11 150 153 113	11 763 411 534
Electricidad	7 854 019 488	8 285 990 560	8 741 720 041	9 222 514 643
Electricidad (generación)	3 188 731 912	3 364 112 167	3 549 138 336	3 744 340 945
Empresas Analizadas (22,9%)	735 615 319	776 074 162	818 758 241	863 789 944
Ingreso Total con Norma		- 892 965,48	- 892 965,48	- 892 965,48
Supervisión de la norma				- 151 836,38
Diferencial	735 615 319	775 181 196,34	817 865 275,24	862 896 978,48
Valor actual Costos Totales (VACT)				2 103 943 459,42
VACT millones de soles				2 103,94

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de escenarios ante la implementación de la norma, muestra una disminución en la producción impactando de manera negativa; no obstante, pone en alerta que existen otras variables que no han sido contempladas en el presente estudio debido a la restricción de la información.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- 4.1.1. Los instrumentos comando control tienden a restringir una actividad (LMP) con la finalidad de cumplir con lo exigido en la norma. Bajo este escenario, las empresas analizadas en promedio deberán reducir su producción en 10% afectando el total de ingresos que estas recaudan.
- 4.1.2. La implementación de cualquier norma debe ser acompañada por las acciones de seguimiento y control. La OEFA, institución encargada del seguimiento y control, realiza una inversión en promedio de 26 000 soles por empresa para cumplir dicha función. Considerando que el análisis solo abarca el 22.9% del total de las empresas generadoras de energía, permite deducir que para fiscalizar a la totalidad de las empresas el monto de inversión deberá ser considerable, sin contar que la institución ya realiza acciones control a otros instrumentos y no puede dejar de hacerlas.
- 4.1.3. La evaluación realizada muestra que la aplicación de normas de comando y control puede llevar a una restricción importante de la actividad económica, debido a la merma en la producción de energía para poder cumplir la normativa (LMP), considerando que solo existe esa posibilidad y no la de un cambio tecnológico.
- 4.1.4. Considerando que esta actividad (eléctrica) está estrechamente relacionada con otras actividades económicas como manufactura o minería, esta restricción podría tener consecuencias sobre otros sectores productivos de la economía. El presente trabajo es una buena alerta para dimensionar adecuadamente una norma de estas características, ya que trabaja sobre los costos que su implementación generaría.
- 4.1.5. Los instrumentos económicos que buscan el cambio del comportamiento de las personas podrían tener mejores resultados con respecto al control de emisiones, debido a que los costos asociados a la implementación de la norma, más o menos restrictivos, alcanzan un valor de 2 103 millones de soles, dejando indicios que por el tipo de industria analizada cualquier incidencia en su producción (alternativa de análisis) la modificaría significativamente.

4.2. Recomendaciones

- 4.2.1. La evaluación económica de la norma se ha centrado en la reducción de la producción; no obstante se podría complementar el análisis con la adopción de tecnología que las Empresas termoeléctricas implementarían para ser eficiente en la emisión de gases alcanzando los parámetros establecidos.
- 4.2.2. Si bien este documento evalúa económicamente la implementación de una norma ambiental; no explora los beneficios asociados a la implementación de la misma con respecto al bienestar de la población; ni tampoco, los beneficios Kw/hora que la generación de energía tiene. Es por ello, que para un mejor análisis se debería incorporar dichos beneficios lo que permitiría tener una mejor evaluación de la implementación de la norma.
- 4.2.3. Para complementar el análisis con respecto al impacto en las actividades económicas relacionadas al sector electricidad, se recomienda complementar dicho análisis con la matriz insumo producto para estimar los efectos directos e indirectos de esta reducción.
- 4.2.4. La poca disponibilidad de información con respecto a las emisiones de gases ha sido un limitante en la presente evaluación, una sistematización a través de otras fuentes como las mismas empresas generadoras podrían ampliarla y permitiría desarrollar una evaluación más detallada.

CAPÍTULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BVL. (s.f.). Bolsa de Valores de Lima . Obtenido de <http://www.bvl.com.pe/>
- Callan , S. J., & Thomas, J. M. (2010). Environmental Economics & Management.
- COES. (2016). Estadística de Operación 2015. Obtenido de COES SINAC:
<http://www.coes.org.pe/Portal/home/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). INEI. Obtenido de
<https://www.inei.gob.pe/>
- Kolstad, C. D. (2001). Economía Ambiental . México: Oxford University Press México .
- MEF. (28 de Agosto de 2017). Marco Macroeconómico Multianual 2018-2021. El Peruano
, pág. 148.
- MINAM. (2014). Resolución Ministerial 162-2014-MINAM.
- MINEM. (2016). Anuario Estadístico de Electricidad 2015. Lima .
- OEFA. (2017). Plan Operativo Institucional 2017. RN° 051-2017-OEFA/SG.
- OSINERGMIN. (2016). Anuario Estadístico 2015. Lima.
- Varian, H. R. (1999). Microeconomía Intermedia: Un enfoque Actual . Barcelona: Antoni
Bosh .