

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

SECCION DE POSGRADO Y SEGUNDA ESPECIALIZACION



**CONSUMO ENERGÉTICO Y LA GENERACIÓN DE RESIDUOS:
ANÁLISIS DE LA CARBONO NEUTRALIDAD Y NIVELES
SOCIOECONÓMICOS DE LAS AREAS METROPOLITANAS DE LIMA
NORTE Y LIMA CENTRO**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN:**

GESTION AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

EDUARDO BENJAMIN HERRERA VARGAS

LIMA, PERÚ

2013

DEDICATORIA

La concepción de este documento está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

También dedico este documento a mi esposa Beatriz, a mi hija Marietta, a mi hijo Rommel. Representaron gran tesón en momentos de decline y cansancio.

AGRADECIMIENTO

Este documento es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que forman parte de trabajo. Por esto agradezco a mis instructores, compañeros y mi persona, quienes a lo largo de este tiempo han puesto a prueba sus capacidades y conocimientos en el desarrollo de esta investigación la cual ha finalizado llenando de todas nuestras expectativas. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a la prestigiosa Universidad de Ingeniería, la cual abre sus puertas, preparándonos para un futuro competitivo y como personas de bien.

Los resultados de este documento, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación. Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos hacia quienes con su ayuda desinteresada, me brindaron información relevante, próxima cercana a la realidad de nuestras necesidades.

A toda la dirección de CARELEC, del Ministerio de Energía y Minas, a la comunidad de Ciencias en general, por su trabajo cotidiano y por su dedicación para darnos la oportunidad de seguir cursos de Post grado.

A todos los organismos públicos y privados, por su generosa ayuda y por valorar a la Facultad de Gestión Ambiental, en sus principios y fines.

En fin, a todos, autoridades universitarias, profesores, investigadores y personal, quienes con su colaboración a la resolución de los problemas planteados, me ayudaron no solo a cumplir con el juramento que hice cuando inicie mis cursos de Post Grado, sino a ir más allá de las metas propuestas.

RESUMEN

El presente estudio, realizado fue caracterizar el consumo energético y la generación de residuos de la población total agrupada en niveles socioeconómicos, de los distritos de las áreas metropolitanas de Lima Norte y Lima Centro; para el análisis de la carbono neutralidad y de los NSE, por las emisiones totales de t/año de CO₂ producidos en periodos anuales, siendo de utilidad para extrapolar los resultados a otras áreas metropolitanas costeras a nivel nacional; obteniéndose los siguientes resultados: La población total, desde 1972 a 2010, varió en: LC, de 793,022 a 1'104,817, con 39.3%, de crecimiento y promedio por año del 1.03%; en LN: 586,225 a 2'276,896, con 288.4%, y 7.6%. El mayor número de habitantes en LN y se encontró en los NSE: D, C y E, en LC, fue en: B, C y A. El consumo total y per cápita, de energía, desde 1993 al 2010, fue diferente, en 1993: LN, tuvo 1,373.017GWh/año, mayor a LC con 852.192GWh; el 2010: LN, continuó con mayor consumo de 3,837.295GWh, que LC, con 1,624.081GWh. Con el consumo per cápita de 889 a 1,470 kWh/hab/ año. *La generación total y per cápita de RSD*, desde 1994 al 2010, fue diferente, en 1994: LC, tuvo 380,160t/ año, con 0.98kg/hab/ día, mayor a LN, de 263,778, con 0.39; el 2010: LN, se convirtió en mayor con 1'189,968, y menor 0.91, respecto a LC, con 686,212, y 1.53. La generación total y per cápita de RSD, por NSE, varió, el 2010: LN, de más a menos: D(290,890)t/año y (0.77)kg/hab/día, C(290,071)(0.86), E(126,189), B(104,065)(0.96) y A(8,195)(1.05), en LC, fue: B(138,094)(1.08), C(109,928)(0.97), A(77,067)(1.20), D(51,639)(0.85) y E(14,866)(0.76). La generación per cápita siempre fue mayor en LC, comparado a LN, a pesar de pertenecer los habitantes a los mismos NSE. La emisión total y per cápita de CO₂, por el consumo de energía, de 1993 al 2010, varió, en 1993: LN, registró 308,929t/ año de CO₂, mayor a LC, con 191,743; el 2010, LN continuó emitiendo más con 863,391, respecto a LC, con 365,418. La emisión total y per cápita de CO₂, por la generación de RSD, desde 1994 al 2010, vario; en 1994: LN, tuvo 179,369t/ año de CO₂, con 0.139t/hab/ año, menor a LC, con 258,509; y 0.244; el 2010: LN, paso a ser mayor con 809,178 y 0.310, que LC, 466,624 y 0.423. La acumulación de las emisiones de tCO₂ por el consumo de energía GW/año y la generación de RSD Ton/año, desde 1993 al 2010: para que exista una carbono neutralidad: LN, requirió haber instalado 2,568'492,833 árboles en 6'421,232 de has, LC, requirió 1,766'010,000, en 4'415,025 has; el establecimiento del equilibrio de neutralidad por las emisiones, liberadas y absorbidas, existe un déficit de espacios ecológicos para ser considerados como sumideros, por la razón que LN, posee 8'704,100 has, y LC, 1'038,500 has; que están urbanizadas. Las relaciones del consumo de energía y generación de RSD con la población total, e ingreso per cápita, se concluye que fueron estadísticamente significativas. La estructura socioeconómica de las poblaciones de los distritos, en el consumo de energía y la generación de RSD, influyen significativamente en el volumen de CO₂, emitidas a la atmósfera. Los resultados del presente estudio, proporcionarán utilidad en la formulación de políticas de consumo eficiente de energía y minimización de RSD en las áreas urbanas de Lima Metropolitana.

Palabras claves: Emisión de GEI, carbono neutralidad, consumo energético, residuos domiciliarios, captura de carbono, sumideros ambientales.

ABSTRACT

The present study was conducted to characterize the energy consumption and waste generation total pooled population in socioeconomic levels, in the districts of the metropolitan areas of North Lima, Lima Center and the Total of Lima, for the analysis of carbon neutrality and the NSE total emissions Ton / year of CO₂ produced on an annual, being useful to extrapolate the results to other coastal metropolitan areas nationwide, with the following results: The total population from 1972 to 2010, ranged in: LC, from 793,022 to 1'104,817, with 39.3%, and average growth of 1.03% per year, in LN: 586,225 to 2'276,896, with 288.4%, and 7.6%. The largest population in LN and meeting in the NSE: D, C and E, LC, was : B, C and A. The total and per capita consumption of energy, from 1993 to 2010, was different in 1993: LN, took 1,373.017 GWh/year, higher than LC with 852.192GWh; 2010: LN, continued with increased consumption of 3,837.295 GWh, which LC, with 1,624.081 GWh, with per capita consumption of 889 to 1.470 kWh/hab/year. The total and per capita generation of RSD, from 1994 to 2010, was different in 1994: LC, was 380,160 tons / year, with 0.98kg/hab/day, increased to LN, of 263,778, with 0.39; 2010: LN, became larger with 1'189,968, and 0.91 minor, compared to LC, with 686,212, and 1.53. The total and per capita generation of RSD NSE, varied, by 2010: LN, from most to least: D (290,890) t/year (0.77) kg/hab/day, C (290,071) (0.86), E (126,189), B (104,065) (0.96) and A (8,195) (1.05) in LC, was: B (138,094) (1.08), C (109,928) (0.97), A (77,067) (1.20), D (51,639) (0.85) and E (14,866) (0.76). The per capita generation was always higher in LC, compared to LN, although the inhabitants belong to the same NSE. The total and per capita emissions of CO₂, energy consumption from 1993 to 2010, ranged in 1993: LN, recorded 308,929t/year of CO₂, more than LC, with 191,743, in 2010, continued to issue more with LN 863,391, regarding LC, with 365,418. The total and per capita emissions of CO₂, RSD generation, from 1994 to 2010, variously, in 1994: LN, was 179,369 t/year of CO₂, with 0.139t/hab/year, less than LC, with 258,509; and 0.244, by 2010: LN, happened to be higher with 809,178 and 0.310, LC, 466,624 and 0.423. The accumulation of emissions tCO₂ for energy consumption GWh/year and generating RSDt/year from 1993 to 2010: for there is a carbon neutral: LN, required to have installed 2,568'492,833 trees in 6'421,232 of you, LC, required 1,766'010,000, 4'415,025 ha, achieving a balance of neutrality by emissions released and absorbed, there is a shortage of spaces to be considered as ecological sinks, for the reason that LN, has 8'704,100ha, LC, 1'038,500ha, which are urbanized. The relationship of energy consumption and generation of RSD with the total population, and per capita income, it is concluded that were statistically significant. The socioeconomic structure of the populations of the districts, the energy consumption and the generation of RSD, significantly influence the volume of CO₂ emitted into the atmosphere. The results of this study will provide useful in policymaking energy efficiency and minimization of RSD in urban areas of Lima.

Keywords: greenhouse gas emissions, carbon neutrality, energy, household waste, carbon sequestration, environmental sinks.

INDICE DE CONTENIDOS

Nº/ O	Titulo	Pág.
CARATULA		i
DEDICATORIA		ii
AGRADECIMIENTO		iii
RESUMEN		vi
INDICE		ix
INDICE DE CUADROS		x
INDCE DE FIGURAS		xi
I. INTRODUCCION		1
A. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		4
PROBLEMA DE LA INVESTIGACION		6
B. JUSTIFICACION		7
II. MARCO TEORICO		10
A. ANTECEDENTES		
1. Las poblaciones urbanas.		10
2. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).		11
<i>a. Emisión de CO₂ en Navidad</i>		13
<i>b. Huella de Carbono en Argentina</i>		
<i>c. La huella de carbono etaria del Reino Unido</i>		14
<i>d. Huella de carbono de los EEUU.</i>		
<i>e. Eficacia de compensaciones árbol-que plantan</i>		15
<i>f. Huella relativa a la edad del carbón</i>		10
<i>g. Huella del carbón por el tipo de la energía</i>		16
<i>h. ¿Cuánto CO₂ secuestra un árbol?</i>		
B. MARCO CONCEPTUAL		19
1. Metabolismo social		
<i>a. Origen del concepto de metabolismo social.</i>		20
2. La contaminación ambiental		
<i>a. Gases de efecto invernadero</i>		
<i>b. Efecto Invernadero de varios gases de la atmósfera</i>		22
3. Carbono neutralidad		23
<i>a. Mitigación y carbono neutralidad</i>		
4. Electricidad sostenible		24
5. Economía de bajo carbono		25
6. Mecanismos de producción de energía limpia.		
7. Gestión sostenible de los residuos.		27
8. Determinantes de las emisiones de CO ₂		30
9. La relación de la huella ecológica y la huella de carbono		31
<i>a. Puntos críticos de la HC</i>		33
<i>b. Crítica del término</i>		34
10. Metodológica del cálculo de la HCC		35
11. Compensación del carbón		

12. Fuentes de las compensaciones del carbón	36
13. Reducción de la emisión de contaminantes	38
14. Captación y sumideros de CO ₂	39
C. MARCO LEGAL	45
1. Estándares de calidad ambiental - normas	
2. Límites máximos permisibles - sector energía y minas	
3. Límites máximos permisibles - sector producción	
4. Límites máximos permisibles - sector transporte y comunicaciones	46
5. Residuos sólidos	
6. Materiales peligrosos	
7. Insumos químicos y productos fiscalizados	
III. OBJETIVOS E HIPOTESIS	47
A. OBJETIVOS	
1. Objetivo General	
2. Objetivos Específicos	
B. HIPÓTESIS	48
1. Hipótesis general	
2. Hipótesis específicas	
D. VARIABLES DE INVESTIGACION	49
E. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	50
IV. METODOLOGIA	51
A. METODOLOGÍA	
1. Tipo de investigación.	
2. Pasos metodológicos	
3. Descripción de la metodología utilizada	
B. ÁREA DE ESTUDIO	53
1. Ubicación	
2. Población y muestra de estudio	54
a. Población	
b. Muestras de estudio	55
3. Fuentes de información	58
C. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INTERPRETACION DE DATOS	59
1. Diseño estadístico	
2. Tratamiento de los datos	
3. Determinación de emisión y absorción de CO ₂ .	60
a. Cálculo de biogás en RSD	61
b. Producción de carbono en rellenos sanitarios	
c. Producción de CO ₂ por generación directa	
d. Producción de CO ₂ por generación indirecta, (quema)	62

e. <i>Calculo del área de la captura de carbono</i>	63
f. <i>Cantidad de carbono en el aire y la madera</i>	
g. <i>Número de árboles</i>	64
V. RESULTADOS	66
B. CONSUMO TOTAL Y PER CAPITA, DE ENERGIA RESIDENCIAL.	66
1. Consumo total de energía GWh/año.	
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
2. Consumo per cápita MWh/hab/año de energía.	69
B. GENERACIÓN TOTAL Y PER CAPITA DE RESIDUOS SOLIDOS (RSD),	70
1. Generación total de RSD t/Año.	
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
2. Generación per cápita (PPC) de RSD kg/hab/día.	73
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
3. Producción total de RSD, por NSE.	75
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
4. <i>Generación per cápita de RSD kg/hab/año. Por NSE</i>	77
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
C. EMISION TOTAL Y PERCAPITA DE CO₂.	80
1. Emisión total de CO ₂ t/año por consumo de energía	
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
2. Emisión per cápita de CO ₂ t/año, por consumo de energía	81
3. Emisión total de CO ₂ t/año, por generación de RSD.	
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
4. Emisión per cápita de CO ₂ t/hab/año, por generación de RSD.	83
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
5. Generación total de CO ₂ t/año, por generación de RSD, según el NSE.	84
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
6. Emisión per cápita de CO ₂ t/ha/año, por generación de RSD, por el NSE	85
a. <i>Áreas Metropolitanas LN, LC</i>	
D. CALCULO DE LA CAPTURA DE CARBONO NEUTRALIDAD.	86
1. Total de árboles (Nº Abr/año), por la emisión total de CO ₂ (t/año).	
2. Promedio per cápita de Arb/hab/año, por emisión de CO ₂ (t/año).	87
VI.DISCUSION DE LOS RESULTADOS	93
VII.CONCLUSIONES	98
VIII.RECOMENDACIONES	102
APORTES DE LA INVESTIGACION	106
IX.FUENTES DE INFORMACION	107
X. ANEXOS	114
A.1 Relación de las variables de estudio	
B.1 Número total de árboles/año, por consumo de energía (carbono neutralidad)	126
B.2 Número total de árboles/año, por la generación de RSD (carbono neutralidad)	
B.3 Número PC de árboles/hab/año, por consumo de energía (carbono neutralidad)	127
B.4 Número PC de árboles/hab/año, por la generación de RSD (carbono neutralidad)	
B.7 Factores de emisión por la generación de energía y RSD	130

INDICE DE CUADROS

N° Cuadros	Título	Pág.
1.	División Política de Lima Norte y Lima Centro	47
2.	Población Total de LN, LC y distrital de 1972 al 2010	48
3.	Población distrital, según NSE, de LN y LC en el 2001	50
4.	Población de los distritos, según NSE de LN y LC en el 2010	51
5.	Entidades comprometidas en proporcionar información	52
6.	Procesamiento de la información obtenida	53
7.	Variables para el cálculo de carbono en arboles	55
8.	Consumo de energía GW/h, en los distritos de LN, de 1993 y 2010	58
10.	Generación total de RSD, (t/año), de LN y LC. Entre 1994 y 2010,	63
11.	Generación PC de RSD, kg/hab/año, de LN y LC. Entre 1994 y 2010	66
12.	Generación total de RSDt/año, en LN y LC, según NSE, durante el 2010.	69
13.	Generación PCkg/hab/día de RSD, en LN y LC, según NSE, en el 2010.	71
14.	Emisión Total de CO ₂ t/año, por el consumo de energía GW/h, en los distritos de las áreas de LN y LC, entre 1993 y 2010	74
16.	Emisión Total de CO ₂ t/año, por la generación de RSDt/año, en los distritos de las áreas de LN y LC, entre 1993 y 2010	82
17.	PPC de CO ₂ t/hab/año, en los distritos de LN y LC, entre 1994 y 2010.	83
18.	Emisión Total de CO ₂ t/año), por los RSD producidos, según NSE, en cada distrito de LN y LC, en el 2010.	84
19.	Emisión PC de CO ₂ t/hab/año, por la producción de RSD, según NSE, de LN y LC, durante el 2010.	79
20.	Número de árboles para la neutralidad de la Emisión Total de CO ₂ t/año), por el consumo de energía GW/h y producción de RSD, en LN y LC al 2010	87
21.	Promedio Per cápita de Arb/hab/año, por la per cápita de CO ₂ t/año, por consumo Per cápita de energía MW/h y producción de RSD, en LN y LC durante el 2010	88

INDICE DE FIGURAS

N° Fig.	Título	Pág.
1.	Distribución por áreas metropolitanas de Lima.	47
3.	Distribución de la Población distrital, según NSE, de LN y LC en el 2001	50
4.	Distribución de la Población distrital, según NSE, de LN y LC en el 2010	51
5.	Consumo total de energía GW/h, entre 1993 y 2010, de los distritos de LN.	59
6.	Consumo total de energía GW/h, entre 1993 y 2010, en los distritos de LC.	60
7.	Consumo total de energía GW/h, entre 1993 y 2010, en LN y LC.	
11.	Generación total de RSD en t/año, entre 1994 y 2010, en los distritos de LN.	64
12.	Generación total de RSD, t/año, entre 1994 y 2010, en los distritos de LC.	
13.	Generación total de RSD, entre 1994 y 2010, en LN y LC.	
14.	PPC, kg/hab/año de RSD, en LN y LC, durante 1994 y 2010.	65
15.	PPC de RSD, kg/hab/año, en LN, comprendido entre 1994 y 2010.	67
16.	PPC de RSD, kg/hab/año en LC, durante 1994 y 2010.	
17.	Producción PC de RSD, en LN y LC, durante 1994 y 2010.	68
18.	PPC de RSD, kg/ha/año, en LN y LC, durante 1994 y 2010.	
19.	Producción total de RSD, t/año, en LN, durante el 2010.	70
20.	Producción Total ton de RSD, en LC durante el 2010.	
21.	Producción Total ton de RSD, en LN y LC durante el 2010.	71
22.	Producción Per Cápita kg/hab/año de RSD, en LN el 2010.	72
23.	Producción Per Cápita kg/hab/año de RSD, en LC, durante el 2010.	
24.	PPC kg/hab/año de RSD, en LN y LC, durante el 2010.	73

LISTA DE ACRONIMOS

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.	PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
LCE: Economía baja en carbono	GEI: Gases de Efecto Invernadero.
CDCF: Fondo de Carbono de Desarrollo Comunitario.	SO₂: Óxido de Azufre
LFFE: Economía de bajo combustible fósil	GWh: Gigavatio-hora
CDM: Mecanismos de desarrollo Limpio.	REC: Cantidad de energía producida de fuente renovable
LULUCF: Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura.	GWP: Potencial de calentamiento global.
CE: Comercio de Emisiones.	REC_s: Créditos de la energía renovable
N₂O: Dióxido de Nitrógeno	GtCO₂ – eq: Giga toneladas de CO ₂ equivalente
CER25: Reducciones Certificadas de Emisiones.	HE: Huella Ecológica
NSE: Nivel Socio Económico	RSD: residuo sólido domestico
CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.	HCC: Huella de Carbono
MC₃: Método compuesto de las cuentas contables	SB: Órganos Subsidiarios de la CMNUCC.
CFC: Clorofluorocarbonos	IC: Implementación Conjunta.
MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio.	SBSTA: Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico.
CCS: Captura de almacenamiento de carbono	IETA: Asociación Internacional de Comercio de Emisiones.
MWh: Megavatio-hora	tCER: Reducciones Certificadas de Emisiones temporales.
CH₄: Metano	ICER: Reducciones Certificadas de Emisiones de larga duración.
O₂: : Ozono	tCO₂/ha: Tonelada de CO ₂ por habitante
C₆H₁₀O₅: Celulosa	IPCC: Grupo intergubernamental de expertos en Cambio Climático.
ONU: Organización de las Naciones Unidas	Ton: Tonelada
CO₂: Dióxido de carbono	kWh : Kilovatio-hora
OMM: Organización Meteorológica Mundial	UE: Unión Europea.
CO₂ – eq: CO ₂ equivalente	LN: Lima Norte
PK: Protocolo de Kioto.	LCE: Economía baja en carbono
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.	LC: Lima Centro
	LM: Lima Metropolitana

I. INTRODUCCION

La preocupación por la protección y conservación del medio ambiente surgió, a nivel internacional, hace cuatro décadas; esto debido a la preocupación por el gran incremento de la población a nivel local, nacional y mundial, adicionado al consecuente incremento de los niveles de contaminación.

En un intento por alcanzar mayor especificidad, podemos, asimismo, entender que el medio ambiente posee una triple dimensión; la primera, ligada al concepto del paisaje, donde se incluye tanto el entorno natural como el patrimonio histórico artístico; la segunda, relativa a la defensa del suelo, del aire y del agua y una tercera, que subyace en la normativa urbanística.

Hoy en día se intenta definir el concepto de medio ambiente desde distintos ángulos: uno de ellos considera el medio ambiente como la vida animal y vegetal y otros componentes de la naturaleza, así como las relaciones entre los mismos. Desde otra perspectiva se incluye junto a estos elementos bióticos y abióticos, a objetos de origen humano y aspectos característicos del paisaje.

Actualmente, la relación entre medio ambiente y economía es clara: el crecimiento económico provoca el aumento del consumo de energía y además residuos, emisiones, vertidos contaminantes; multiplicándose así, los problemas de infraestructura y contaminación.

El continuo crecimiento económico de manera ilimitada, así como, el consumo de los recursos de forma irrestricta y sin control adecuado para la regeneración y la posible absorción por parte del ecosistema, en un corto tiempo empezaremos a sufrir los estragos más drásticos de la contaminación: las lluvias ácidas, el efecto

invernadero, los residuos suspendidos que pululan en el ambiente, el calentamiento de la tierra, la multiplicación de las enfermedades producidas por aquellos efectos perversos; al tiempo que los impactos en las áreas urbanas se pueden manifestar de manera generalizada.⁽⁴³⁾

Por ello, para tratar de paliar las terribles consecuencias de la contaminación, a causa del consumo energético y generación de residuos, debemos tener presente la idea de desarrollo sustentable; es aquel desarrollo basado en tres dimensiones equivalentes e interactuantes: 1) crecimiento económico, 2) bienestar social, y 3) protección ambiental. Así, al tener presente la idea de desarrollo sustentable, nos convenceremos de que sí es posible que haya una relación armónica entre la conservación del medio ambiente y la población urbana. Todo ello para poder lograr vivir en un ambiente propicio para la salud, es decir, un ambiente que esté libre de peligros imperantes, un ambiente que cubra las necesidades básicas para una vida saludable, y que, por ende, facilite una interacción social equitativa.

La búsqueda de la carbono neutralidad, que significa remover de la atmósfera tanto dióxido de carbono emitido, como el que agregamos, siendo de una tendencia mundial, que se dirige a mitigar o neutralizar las emisiones de gas invernadero en la atmósfera terrestre, que se relaciona con el manejo de las fuentes importantes de emisión, como también de la capacidad de remoción y almacenamiento de carbono, asociado a los sumideros de absorción de CO₂.

La gestión ambiental (pública y privada), en el marco de la modernización, es necesario iniciar el proceso, de una gestión sanitaria ambiental adecuada de los residuos antropogénicos, por consumo de energía y la generación de residuos sólidos a fin de contribuir con el desarrollo y el bienestar de la comunidad de Lima metropolitana: mediante la generación del conocimiento, que permita el logro de la carbono neutralidad y valorar qué aspectos permitirían reducir o compensar los impactos antropogénicos del quehacer diario de las poblaciones sobre los bienes públicos, de los cuales todos dependemos; así mismo de tener un mejor entendimiento de cómo se interrelacionan los hábitos y las externalidades negativas que estos producen.

Las poblaciones de los distritos de Lima Norte (LN) y Lima Centro (LC), como cualquier otra, población o ciudad al poseer una dinámica de emisiones de gases de efecto invernadero, de acuerdo a los estilos de vida, niveles socioeconómicos y hábitos de consumo; conocer este campo de referencia, se conocería la presión que ejercen sobre las áreas urbanas, así como de la absorción y disposición de los desechos, que induce al cumplimiento de la responsabilidad social de los gobiernos locales e instituciones del estado, por estar ligados al acto ético y moral con respecto al manejo interno de las actividades de consumo, producción y de administración, que juegan un rol fundamental en la búsqueda del bien común para las poblaciones de estudio, además de involucrar la gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Tomando como base el estudio realizado del consumo de energía y la generación de residuos, la administración y control de estos servicios públicos urbanos mediante el suministro de electricidad y el servicio de limpieza pública (recolección, transporte y disposición final de Residuos Sólidos Domésticos (RSD)), las gestiones realizadas no son de la misma manera, por ser procesos diferentes, en el caso de la recolección de los RSD, se realiza sin medir la cantidad y peligrosidad para su tratamiento, así como de las comunidades con poblaciones estratificadas en niveles socioeconómicos (NSE) bien diferenciados, en los ingresos económicos, que influye en la cantidad que destinan para la limpieza pública; por otro lado el consumo per cápita de electricidad y de la producción de RSD, son influenciados por otros factores, como se puede mencionar: político, cultural, ubicación geográfica y estación del año, además de la asignación de recursos para actividades de limpieza pública y suministro de electricidad, por parte de los gobiernos locales y empresas encargadas para la gestión.

A. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Situación Problemática

Las condiciones de la calidad vida de la población en las grandes ciudades se han venido deteriorando, por la contaminación atmosférica producto del aumento de la quema de combustibles fósiles, para la producción de energía, el transporte e industrias contaminantes, la generación de desechos sólidos, contaminación e integración del suelo agrícola a la ciudad en el proceso incontrolado de la urbanización, de otro lado; la apropiación incontrolada del territorio en los procesos de asentamientos y cambios en los usos del suelo, el consumo irracional de la energía del modelo actual de la ciudad, donde la concentración, centralización de los servicios y la demanda de un mercado que consume y desecha.⁽⁴²⁾

Los asentamientos urbanos contribuyen a la destrucción de valiosos ecosistemas naturales, al mismo tiempo que propiciaron la continua actividad económica para mantener una calidad de vida permanentemente frente al medio ambiente urbano. Los esfuerzos actuales intentan contrarrestar el efecto negativo causado al medio ambiente mediante la promoción del uso de tecnologías limpias y respetuosas en los procesos de producción, alentando a consumir productos ecológicos, estimulando el ahorro de energía y agua, y promoviendo el reciclado de desechos, entre otros.

Las soluciones o respuestas al problema son muy diversas a nivel mundial, regional y local, dependiendo de las características económicas, geográficas, políticas, educativas, etc. Sin embargo, aún no puede decirse que el problema está controlado, o en vías de resolverse, en ningún lugar del planeta. A esta situación se suman los envases de materiales inertes que no pueden ser eliminados ni reciclados de forma natural, contrario a los residuos orgánicos. Esto ha motivado la búsqueda constante de nuevos procedimientos para la optimización, racionalización de materiales y energía, de recuperación y eliminación. Sin embargo, los resultados hasta ahora logrados determinan costosas inversiones tecnológicas que en el proceso requieren del consumo de nuevos materiales y recursos naturales o generan otro tipo de daños al

medio ambiente. El almacenamiento en los rellenos sanitarios ha dejado de ser la opción más viable o aceptable, siendo una las razones, la de las cantidades de residuos, que son cada día mayor y los espacios apropiados son cada vez menores.

La población total de los distritos de las áreas metropolitanas de Lima Norte (LN) y Lima Centro (LC), estratificada en niveles socioeconómicos, poseen un crecimiento demográfico continuo, producto de las migraciones de todas direcciones; durante las últimas cuatro décadas, está experimentando un mayor consumo de energía eléctrica y generación de residuos sólidos domésticos RSD y líquidos RLD, con la posterior emisión de gases de efecto invernadero GEI, por otro lado este incremento de la contaminación, por los cambios en el consumo de bienes y servicios públicos y la adición a la de los procesos productivos, están ocasionando problemas cada vez más complejos, en la gestión ambiental, que son de creciente interés por parte de los gobiernos locales y regionales; tomándose en cuenta el hecho fundamental, que las poblaciones de LN y LC, son áreas urbanas delimitadas, donde el consumo total y per cápita de energía y la generación de residuos, no se conocía, a niveles de contaminación ambiental, lo cual exige implementar planes de reducción y consumo eficiente de energía y la absorción de CO₂ mediante el análisis de la carbono neutralidad e instalación de potenciales sumideros.

En este sentido se puede proponer un paradigma de crecimiento y hacer que la ciudad de hoy se presente como sustentable; cambiar el papel funcional de insustentabilidad, con un crecimiento difuso y fragmentado por una planificada e integradora y no sólo se abastezca de recursos y de deshacerse de residuos, sino también tenga capacidad de controlar las pérdidas de calidad ambiental. Mediante la búsqueda de la carbono neutralidad, indicador que indicaría remover de la atmósfera tanto dióxido de carbono emitido, como el que agregamos, que se relaciona con la dinámica de las fuentes de emisión, como también de la capacidad de remoción y almacenamiento de carbono, asociado a los sumideros de absorción de CO₂. Para el presente estudio se tomó como base la captura del CO₂ que realizan los árboles, por unidad de biomasa producida y área de suelo requerido en el desarrollo.

2. Formulación del Problema

a. Problema Principal

¿Cuáles son las cantidades de árboles estimados, como sumideros potenciales, para la absorción de las emisiones de GEI, por el consumo total y per cápita de energía y la generación de RSD, de la población de los distritos de LN y LC, en el logro de carbono neutralidad, por periodos anuales?

b. Problemas Específicos

- 1) ¿Cuál es la población de los distritos de LN y LC, de 2001 al 2010?
- 2) ¿Cómo es el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita (GWh/año o MWh/hab/año) y (t/año o kg/hab/año) respectivamente?
- 3) ¿Cuáles son las emisiones de CO₂, por el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita (t/año o kg/hab/año) respectivamente?
- 4) ¿Cuál es la cantidad de árboles, para la absorción de las emisiones de CO₂, por el consumo de energía y generación de RSD, total/año y per cápita/hab/año) respectivamente?
- 5) ¿Los resultados de estas variables son satisfactorias, para concluir que las emisiones de CO₂, generara mayor impacto ambiental negativo?

B. JUSTIFICACION.

Entre los aspectos relacionados con el medio ambiente urbano que demandan una rápida atención está el problema del manejo y disposición de los residuos, que crece paralelamente al volumen de residuos urbanos que se producen y a las dificultades para eliminarlos. Esta situación preocupa a los diferentes sectores de la sociedad que tratan de alertar y sensibilizar a la población y a las autoridades sobre los efectos ambientales y repercusiones sanitarias que están provocando.

Las respuestas a estos impactos ambientales negativos, involucra un empoderamiento responsable sobre una gestión adecuada de las emisiones de GEI, como una acción intencional de fortalecer la salud ambiental. Las actitudes responsables también requieren discernir sobre nuestras acciones en un plano de normativas formales e informales. Si bien no existe una ley formal que exija la reducción de emisiones de GEI, existe un consenso sobre la necesidad de tomar acciones concretas para mitigarlos y reducirlos.

A nivel local o regional recién se han comenzado introducir el tema de gestión de emisiones, sin embargo aún quedan vacíos metodológicos para generar respuestas consistentes. Para la gestión ambiental sustentable se posee uno de los indicadores a nivel internacional para conocer la presión de las poblaciones sobre los ecosistemas, se encuentra la Huella Ecológica la cual permite estimar nuestros requerimientos en términos de recursos, como también, la capacidad de asimilación de desechos de una población a nivel local, región o país expresada en áreas productivas. Este tipo de indicadores que realizan un balance entre la consecuencia de nuestras acciones y los límites funcionales de los ecosistemas, abre la posibilidad de responder a través de un cuestionamiento de los hábitos de consumo y del manejo del capital natural para la asimilación de residuos.

El presente trabajo realizado, se suma al análisis sobre el consumo de energía y la generación de residuos, que pone atención en las formas de vida de la “

modernidad". Como podemos contextualizar en la "era del consumismo" debido a que se considera que el ser humano busca saciar sus necesidades y deseos y al verlos satisfechos busca otros nuevos, provocando una progresiva acumulación de productos inservibles.

Las poblaciones distritales de los distritos de LN y LC, en la actualidad se hacen cada día más insustentables dentro del espacio ambiental que poseen y cada vez adoptan más estrategias a fin de garantizar un nivel de calidad de vida adecuada.

Estas comunidades a través de las autoridades locales, regionales y nacionales, están adoptando medidas de optimización en la gestión ambiental, basadas en los nuevos enfoques ambientales, a fin de alcanzar el éxito a corto, mediano y largo plazo con el propósito de establecerse parámetros o metros que permitan el alcance de los indicadores de la sustentabilidad urbana., elementos que conjugados comprometen tanto a la población solidarizado con la naturaleza, a través un sentimiento de compromiso para alcanzar los objetivos de la misma. La investigación realizada está justificada por los siguientes motivos:

Relevancia Científico – Social: Las consideraciones que se abren al analizar la carbono neutralidad, conlleva a una posición de análisis bastante extenso. No obstante, la finalidad de esta investigación es fomentar el conocimiento para diseñar una senda que permita el logro de la carbono neutralidad y valorar qué aspectos de las posibles rutas de mitigación permitirían reducir o compensar el impacto del quehacer de las poblaciones sobre el medio ambiente, un bien del cual todos dependemos. Por esta razón el conocimiento obtenido, es imprescindible para formular políticas públicas efectivas y eficientes, con información consistente y reciente, de los principales factores que influyen en consumo de energía y de la generación de RSD de cada espacio urbano de estudio. La necesidad de determinar la los niveles de contaminación ambiental por el consumo de energía y la generación de residuos, mediante la determinación del indicador de la carbono neutralidad de las poblaciones totales de los distritos de LN y LC, incidirá en la optimización de la gestión ambiental y establecerse la planificación del crecimiento urbano, con medios eficientes frente a los espacios ecológicos de los cuales dependen los habitantes para la supervivencia en condiciones de calidad de vida adecuadas.

Relevancia Académica: Los resultados obtenidos de la investigación conducirá, a que puedan ser compartidos con aquellos profesionales dedicados a la investigación en ciencias ambientales, particularmente aquellos educadores, que a través de las propias investigaciones puedan incluso profundizar, mejorar o reorientar esta propuesta a temas relacionados, para la determinación del consumo total y per cápita de energía eléctrica y la generación de RSD, como fuentes de emisión de gases de efecto invernadero de las poblaciones distritales y metropolitanas de estudio LN y LC o de otras a nivel nacional de acuerdo a las condiciones sociales y geográficas, como es para las localidades de la costa del Perú.

Relevancia Teórica, esta investigación generará reflexión y discusión tanto sobre el conocimiento existente de las áreas investigadas, a nivel local, regional, nacional e internacional, con las Ciencias Ambientales, ya que de alguna manera u otra, se confrontan teorías (en nuestro caso se analizan la parte social y ambiental dentro de las ciencias naturales). Para el caso estudiado se hace imprescindible visualizar los servicios que prestan los ecosistemas en función de remover o almacenar los gases de efecto invernadero (bosques, como sumideros), expresados en dióxido de carbono equivalente CO₂e con el fin de establecer la dinámica del indicador de Carbono neutralidad.

Relevancia Práctico: la operativización y aplicación, del indicador de la carbono neutralidad, genera beneficios expresados en la optimización de la gestión ambiental, que involucra el seguimiento y evaluación de las actividades antropogénicas de consumo diario y desplegar la respuesta en forma oportuna y eficiente, en solidaridad con la naturaleza, basados en las nuevos enfoques ambientales, repercutiendo generalmente en el nivel de calidad de vida urbana adecuada y de la gestión en el consumo eficiente de energía y la generación de los residuos, .

Por último, profesionalmente pondrá en manifiesto los conocimientos adquiridos durante la carrera y permitirá sentar las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática aquí especificada.

II. MARCO TEORICO

A. ANTECEDENTES

1. Las Poblaciones Urbanas.

Las ciudades, hoy en día son las mayores áreas urbanas de los habitantes del planeta, tanto en los países desarrollados como en desarrollo. Según datos del año 2001, ésta alcanzaba al 47,1 % de la población total mundial. Para las regiones como América Latina y el Caribe, la población urbana llegó al 75,8 %. En los países desarrollados la media fue del 75,5 %. En ellas se generan fenómenos de desigualdad social sin precedentes. El 2002, en el mundo existió un 31,6% de la población urbana que habita en suburbios. En los países en desarrollo ésta llegó a un 43 % del total y en los países desarrollados alcanzó un 6%.⁽²⁸⁾

La población total urbana de los países en desarrollo casi un tercio de la misma sufría la falta de atención sanitaria y un 8,3 tenía problemas en el suministro de agua potable; en este aspecto los más afectados son los subsaharianos y la población de Oceanía (excluyendo Australia y Nueva Zelanda) cuya población sometida a las carencias hídricas, alcanzó a un 18%. No sólo son los países en desarrollo los que sufren niveles de pobreza importantes, en los Estados Unidos de América, el número de norteamericanos que se considera oficialmente pobre fue de 35,8 millones de personas, que representó un 12,5 % de la población para el año 2003.⁽³⁶⁾

La población urbana en este siglo puede alcanzar más del 60 al 70 % de la humanidad. En 1990 las 100 ciudades más grandes del mundo albergaban unos 540 millones de personas y 220 millones vivían en las 20 ciudades más grandes, de más de 10 millones de habitantes, una gran parte de ellas en países en desarrollo.⁽³⁶⁾ Los asentamientos precarios en las metrópolis latinoamericanas ocupan por lo menos: el 50% en Lima, el 35 % en Río de Janeiro, el 40% en Caracas y Santiago de Chile. En Sao Paulo, entre 1973 y 1987, la población creció un 60%, la población precaria lo hizo en un 100%. Por la parte, varios autores, manifiestan que existen dos

fuerzas que propician el cambio global; la explosión demográfica y el incremento incesante en la demanda de bienes y servicios ⁽³⁶⁾.

2. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Las actividades humanas generan emisiones importantes de cuatro gases de efecto invernadero (GEI), que son de larga permanencia en la atmósfera, estos se denominan: dióxido de carbono CO₂, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y halocarbonos (gases que contienen flúor, cloro o bromo). La influencia térmica (forzamiento radiactivo) es en forma indistinta sobre el sistema climático mundial por las diferentes propiedades radiactivas y períodos de permanencia en la atmósfera. Estas influencias se homogenizan en una dimensión métrica común tomando como base el forzamiento radiactivo por CO₂ (emisiones de CO₂-equivalente). La homogenización métrica de todos los valores de influencia térmica, el CO₂ es el gas invernadero antropógeno de larga permanencia, representando en el 2004 el 77% de las emisiones totales de GEI antropógenos. La situación presentada no solo radica en la magnitud, sino también en las tasas de crecimiento. Es tal que entre 1970 y 2004, las emisiones anuales de CO₂ aumentaron un 80%. Además en los últimos años el incremento anual se ha disparado: en el periodo 1995-2004, la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂, equivalente (CO₂-eq) fue de 0,92, anuales, más del doble del periodo anterior 1970-1994, 0,43 giga toneladas de CO₂, equivalente (Gt CO₂-eq) anuales. ⁽³⁾.

El impacto del cambio climático y el calentamiento global en la economía mundial, en 2006, la distribución total mundial de las emisiones de GEI por sectores fue: un 24% se debe a la generación de electricidad, un 14% a la industria, un 14% al transporte, un 8% a los edificios y un 5% más a actividades relacionadas con la energía. Todo ello supone unas 2/3 partes del total y corresponde a las emisiones motivadas por el uso de la energía. Aproximadamente el 1/3 restante se distribuye de la siguiente forma: un 18% por el uso del suelo (incluye la deforestación), un 14% por la agricultura y un 3% por los residuos. ⁽⁷⁷⁾

Entre 1970 y 2004, las mejoras tecnológicas han frenado las emisiones de CO₂ por unidad de energía suministrada. Sin embargo el crecimiento mundial

de los ingresos (77%) y el crecimiento mundial de la población (69%), han originado nuevas formas de consumo y un incremento de consumidores de energía. Esta es la causa del aumento de las emisiones de CO₂ en el sector de la energía, desde el año 1850, Estados Unidos y Europa han generado el 70% de las emisiones totales de CO₂.⁽⁹⁾

Emisiones de CO₂ en el mundo procedentes de combustibles fósiles (1990-2007)

Descripción	1990	1995	2000	2005	2007	%Cambio 90-07
CO ₂ en millones de toneladas	20.980	21.810	23.497	27.147	28.962	38,0%
Población mundial en millones	5.259	5.675	6.072	6.382	6.535	25,7%
CO ₂ por cápita en toneladas	3,99	3,84	3,87	4,20	4,38	9,8%

Fuente: Agencia Internacional de la Energía ⁽⁸⁶⁾

Los gases invernadero, permanecen activos en la atmósfera mucho tiempo, por eso se les denomina de larga permanencia. Eso significa que los gases que se emiten, permanecerán durante muchas generaciones produciendo el efecto invernadero. El CO₂ emitido a la atmósfera, el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años ⁽²⁴⁾. La concentración de CO₂ en la atmósfera ha pasado de un valor de 0.028% en la época preindustrial a 0.0379% en 2005. El CH₄ ha cambiado de los 0.0715% en 1750 (periodo preindustrial) hasta 0.1732% en 1990, alcanzando en 2005 el 0.1774%. La concentración mundial de N₂O pasó de 0.027% en 1750 a 0.0319% en 2005. Los halocarbonos prácticamente no existían en la época preindustrial y las concentraciones actuales aparecen por la actividad humana. ⁽⁸⁾.

Se ha estimado que 2/3 de las emisiones proceden de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) mientras un 1/3 procede del cambio en la utilización del suelo (Incluida la deforestación). Del total emitido solo el 45% permanece en la atmósfera, sobre el 30% es absorbido por los océanos y el restante 25% pasa a la biosfera terrestre. Por tanto no solo la atmósfera está aumentando la concentración de CO₂, también está ocurriendo en los océanos y en la biosfera. ⁽³⁷⁾.

a. Emisión de CO₂ en Navidad

La huella del carbón de Navidad en el Reino Unido, por el consumo de alimento, transporte, iluminación y regalos en Navidad, produce 650kg de emisiones de bióxido de carbono (CO₂) por persona, igual a 5.5% de la huella anual británica del carbón. Por lo mencionado una persona media podría producir tan solo en navidad:

26 kg de CO₂ de los alimentos

96 kg de CO₂ de recorrido del coche

218 kg de CO₂ de exhibiciones extravagantes de la iluminación

310 kg de CO₂ en compras

Actualmente estas emisiones del carbón de navidad se podrían reducir hasta el 60 por ciento, es decir cerca de 250kg. ⁽⁸⁾

b. Huella de Carbono en Argentina

La huella de carbono de un argentino por consumo promedio, es de 5,71t de CO₂ al año. El promedio es menor que de los habitantes que viven en otros países como los EEUU y el Reino Unido. Las diferencias en las huellas de carbono, pueden deberse, tanto al nivel de emisiones de los sectores productivos del país, así como, al estilo de vida de los ciudadanos. Con relación al primer aspecto, suponiendo que el consumo por habitante de energía eléctrica de los EEUU, fuera igual al de Argentina (que no es el caso), aun así la huella de carbono en este ítem particular sería superior en los EEUU, en tanto las actividades de producción de energía eléctrica, genera un nivel mayor de emisiones en este país. Con respecto a los estilos de vida, si hipotéticamente consideramos que el factor de emisión es el mismo en EEUU y Argentina, probablemente la huella de carbono del consumo eléctrico seguiría siendo mayor, dado que el estilo de vida del norteamericano típico implica el uso de un mayor número de aparatos eléctricos consumidores de energía. En resumen las diferencias que podamos encontrar entre la huella de carbono de Argentina y la de otros países se deben a una mezcla de estos dos aspectos. ⁽¹⁹⁾

c. La huella de carbono etaria del Reino Unido

El estudio realizado en el Reino Unido, dividió a los ciudadanos mayores de 50 años en tres grupos de edades: entre (50 - 64), (65 - 74) y mayores de 75 años, revelando que existe una diferencia entre los grupos etarios, en relación a la generación de la huella de carbono. Las personas del grupo entre 50 y 64 años, constituyen como la primera generación de consumo del país, con una huella de carbono de 13.52t de CO₂/hab/ año, en comparación con 11.81t que genera el promedio de los ciudadanos del Reino Unido. Por lo tanto el grupo de personas comprendido entre los 50 y 64 años emiten entre 1.5 y 2.5t, más de CO₂ al año. El grupo comprendido por personas de entre 65 y 74 años presentan una huella de carbono de 12.10 toneladas por persona por año. Las emisiones de CO₂ generadas a partir del consumo de alimentos y bebidas, viajes y servicios se encuentran por encima del promedio nacional. Otro aspecto importante a destacar es la generación de grandes cantidades de emisiones de CO₂ a causa del consumo de energía para la calefacción de las viviendas, teniendo en cuenta las bajas temperaturas del país y que pasan gran cantidad de tiempo en ellas. Finalmente, el grupo de mayores de 75 años presenta una huella de carbono de 11.10t por persona por año, siendo también de gran importancia en ese valor la generación de emisiones de CO₂, a causa del consumo de energía para la calefacción de los hogares, el cual es en este caso un 40% mayor que el promedio del país. ⁽²⁵⁾

d. Huella de carbono de los EEUU.

La huella de carbono de los ciudadanos de los EEUU, que incluye de aquellos, cuyos estilos de vida de los que no se espera generen cantidades significativas de emisiones de gases de efecto invernadero, también es responsable de dicha emisión debido al uso de servicios básicos como policía, justicia, transporte, etc. De acuerdo a los datos obtenidos, el promedio anual de emisiones de CO₂ por persona es de 20t, superando ampliamente el promedio mundial, que oscila las 4 toneladas. Los sectores de emisión más significativos de las personas encuestadas fueron los relacionados con el consumo de energía, transporte y alimento. Resulta interesante destacar la existencia de una base promedio de emisiones de todas las personas de este país que es de aproximadamente 8.5t, sin importar cual fuere el consumo de energía, alimentos, etc. ⁽⁶⁹⁾

e. Eficacia de compensaciones árbol-que plantan

Estudios han expresado que un bosque primario tiene la capacidad de almacenar cerca de 513tCO₂/ha, los bosques primarios tropicales pueden almacenar entre 612,8tCO₂/ha y 1038,6 tCO₂/ha. El bosque secundario, aunque menos estudiado, juega un papel importante en el almacenamiento y captación de carbono, se estima que un bosque secundario puede almacenar entre 557,8tCO₂/ha y 853,2tCO₂/ha. Una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aprox. de CO₂ atmosférico. Una tonelada de madera con 45% de carbono contiene 450kg de carbono y 1575kg de CO₂. Árboles maduros, plantados a distancia de 5 metros forman bosque de 400 árboles por hectárea. Si cada árbol contiene 300kg de carbono, y 42% de la madera del árbol es carbono, esto significaría que cada árbol pesa 714kg. En este caso, la captura de carbono sería de 120 toneladas por hectárea (400 x 714 x 42%)⁽⁶²⁾.

Estimaciones sobre captura de carbono durante 100 años oscilan entre 75 y 200 toneladas por hectárea, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Es posible entonces asumir 100 tones de carbono capturado por hectárea, equivalente a 350 tones de CO₂/ha en 100 años. Esto es una tonelada de carbono y 3.5 ton de CO₂ por año y por hectárea, sin tomar en cuenta la pérdida de árboles. Calculando la pérdida de árboles en 25%/ha. Entonces la captura de carbono es de 75ton/ha, equivalente a 2.6 ton de CO₂/año/ha.

El promedio mundial de emisiones de CO₂ en el 2001 fue 3.9tn/hab (Banco Mundial). Se necesitarían 1.5ha/hab, plantadas con árboles en desarrollo en regiones sin forestación para compensar las emisiones de CO₂ de esta sola persona y 9,000 millones de hectáreas para compensar temporalmente las emisiones de los 6,000 millones de habitantes en el mundo. Sin embargo, esto sería insuficiente, porque la población y las emisiones de CO₂ aumentan diariamente. Cada año se requerirían mucho más de 9,000 millones de hectáreas plantadas con árboles en desarrollo en regiones sin forestación para compensar las emisiones de CO₂ y reponer los árboles muertos. Sin embargo, 70% del planeta Tierra está cubierto por agua; las tierras sin forestación

generalmente no son adecuadas para la mayoría de las especies de árboles; y los suelos fértiles se requieren para producir alimentos. La plantación de árboles beneficia enormemente el medio ambiente, pero no resuelve el problema de calentamiento global que es causa de la deforestación. ^(51, 65)

f. Huella relativa a la edad del carbón

Un número de estudios han calculado la huella del carbón de organizaciones y de naciones. Estudios británicos examinaron las emisiones relativas a la edad del carbón basadas en gasto y la consumición. El estudio encontró que en la gente media envejecida 50-65 años tenga una huella más alta del carbón comparada a cualquier otra categoría de edad. Los individuos envejecidos 50-55 años tienen una huella del carbón de aproximadamente 13.5t/cápita/año comparado al promedio de Reino Unido de 12t. ^(20, 70).

g. Huella del carbón por el tipo de la energía

Un análisis del ciclo vital, se centró alrededor de las emisiones de planta sueca de energía atómica de Forsmark, emisiones estimadas del bióxido de carbono estuvo en 3.10g/kWh y 5.05g/kWh en 2002, para la Central nuclear de Tornes. Esto comparada a 11g/kWh para la energía hidroeléctrica, a 950g/kWh para el carbón utilizado, a 900g/kWh para aceite y a 600g/kWh para la generación con gas natural en los Estados Unidos en 1999. ⁽⁶⁸⁾ Un estudio Sueco, de las emisiones completas del ciclo vital nuclear, hidráulico, carbón, gas, célula solar, turba y viento, al producir electricidad. El beneficio neto del estudio fue que la energía atómica produjo 3.3 gramos de bióxido de carbono por Kilovatio-Hora de la energía producida. Esto comparado a 400 para gas natural y 700 para carbón. El estudio también concluyó que la energía atómica produjo la cantidad más pequeña de CO_2 de cualquiera de sus fuentes de la electricidad ⁽⁶¹⁾.

h. ¿Cuánto CO_2 secuestra un árbol?

Para los árboles es contabilizado el carbono almacenado en la madera, ya que sólo éste permanecerá secuestrado indefinidamente. Al consumir CO_2 , los árboles mitigan el efecto invernadero. Cada árbol maduro consume, en promedio 6kg de CO_2 /año. En general se calcula que 1kWh (1kW de potencia, durante una 1

hora) de electricidad produce unos 500 gramos de CO₂. Así tenemos que 1Kg de CO₂ ocupa 0.5 metros cúbicos en la atmosfera (a 20 °C). En composición media de la madera es de un 50% de carbono (C), un 42% de oxígeno (O), un 6% de hidrógeno (H) y el 2% de resto de nitrógeno (N) y otros elementos. Todo esto se compone formando la celulosa y la lignina.⁽⁷⁶⁾

La mitad de la biomasa que se almacena en el bosque restaurado, es carbono (C) y para traducir ese carbono a CO₂ debemos multiplicar por 44 y dividir por 12 (44 es la masa molecular del CO₂ y 12 la masa atómica del carbono). Cuando decimos que los árboles fijarán 300kg de CO₂, implica que afirmamos que la biomasa asociada a ese árbol superará en los 40 años, los 164 kg: $164\text{kg}/2 = 82 \text{ kg de carbono} \times 44/12 = 300 \text{ kg de CO}_2$.⁽³⁶⁾

Si un árbol crece 100 kilos por año, contando las hojas, flores y semillas que haya entregado, podemos pensar que eso equivale, a lo mejor, a 50 kilos de materia seca, en la mayor parte celulosa, con una proporción de 6 a 21 de carbono (C₆ H₁₀ O₅) n. En suma, $50 \times 6 / 21 = 14.286 \text{ kg de carbono}$. Pero como la molécula de dióxido de carbono tiene una masa de $14 + 16 + 16 = 46$, por cada 14.286 kilos de carbono se absorben 46 kilos de CO₂. Sin embargo, un árbol más pequeño quizá no suministre cien kilos de leña por año.⁽⁴⁹⁾

Un árbol pequeño y maduro, absorbe 6kg de CO₂/año. Por esta razón se obtiene el número de árboles para los resultados obtenidos en la determinación de la generación de CO₂ de cada localidad o área metropolitana. Se estima que un km² de bosque genera mil toneladas de oxígeno al año, una hectárea arbolada urbana produce al día el oxígeno que consumen seis personas o que un árbol de unos 20 años absorbe en un año el CO₂ emitido por un vehículo que recorre de 10.000 a 20.000km. En una calle de cien metros de longitud y con diez árboles plantados, la Meliá absorbería al día el CO₂ emitido por 10.373 vehículos (cada uno libera 200 gramos por km de recorrido); la acacia de tres espinas contrarrestaría las emisiones de 1.619 vehículos; la jacaranda, las de 1.405 y el olmo, las de 1.320.⁽⁵⁵⁾

La catalpa, el árbol del amor o el ciruelo japonés son las especies menos eficientes, por absorber el CO₂eq a las emisiones de 38, 33 y 26 vehículos,

respectivamente. Las especies forestales más ecoeficientes son el pino carrasco y el piñonero, que absorben 48.870 y 27.180kg de CO₂/año, y el alcornoque, con 4.537kg. En España más de 20 millones de hectáreas forestales existentes mantienen fijados unos 785 billones de toneladas de CO₂, capturadas por el proceso de fotosíntesis y absorben al año 48 millones de toneladas de este gas, gracias a la "respiración", un 13% de las emitidas en 2005.⁽¹⁶⁾

La importancia del bosque nativo y las plantaciones forestales radica en la capacidad de «mitigar» el efecto provocado por la liberación de gases a la atmósfera, al captar enormes cantidades de carbono, el que es almacenado en depósitos o «sumideros»: los bosques. El establecimiento de plantaciones forestales de rápido crecimiento es sin lugar a dudas la forma más efectiva de reducir el contenido de anhídrido carbónico de la atmósfera. Los árboles absorben CO₂ a través de los poros en las hojas, y particularmente por la noche, los árboles emiten más CO₂ del que absorben a través de las hojas.⁽⁵¹⁾

Una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aprox. de CO₂ atmosférico. Una tonelada de madera con 45% de carbono contiene 450kg de carbono y 1575kg de CO₂. Árboles maduros, plantados a distancia de 5 metros forman bosque de 400 árboles por hectárea. Si cada árbol contiene 300kg de carbono, y 42% de la madera del árbol es carbono, esto significaría que cada árbol pesa 714kg. En este caso, la captura de carbono sería de 120 toneladas por hectárea (400 x 714 x 42%).⁽⁸³⁾

Estimaciones sobre captura de carbono durante 100 años oscilan entre 75 y 200t/ha, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Es posible entonces asumir 100ton de carbono capturado por hectárea, equivalente a 350t de CO₂ por hectárea en 100 años. Esto es una tonelada de carbono y 3.5ton de CO₂ por año y por hectárea, sin tomar en cuenta la pérdida de árboles. Calculando la pérdida de árboles en 25% por hectárea. Entonces la captura de carbono es de 75ton/ha equivalente a 2.6t de CO₂/año/ha^(48, 83).

B. MARCO CONCEPTUAL

1. METABOLISMO SOCIAL

Los seres humanos, por un lado "socializan" fracciones o partes de la naturaleza, y por el otro "naturalizan" a la sociedad al producir y reproducir los vínculos con el universo natural. Asimismo, durante este proceso general de metabolismo, se genera una situación de determinación recíproca entre la sociedad y la naturaleza, donde la forma en que los seres humanos se organizan en sociedad determina la forma en que ellos afectan, transforman y se apropian a la naturaleza, la cual a la vez condiciona la manera como las sociedades se configuran ⁽³⁵⁾.

La historia de la humanidad no es más que la historia de la expansión del metabolismo social y de la suma de los metabolismos de todos los miembros. En otros términos, a través del tiempo las sociedades humanas han tendido a incrementar la energía exosomática sobre la energía endosomática, de tal suerte que el cociente exo/endo puede ser utilizado como un indicador de la complejidad material de las sociedades. Mientras que en los primeros estadios societarios, la energía endosomática fue casi la única clase de energía arrancada a la naturaleza, con una mínima cantidad de energía transformada en instrumentos de uso doméstico, en las actuales sociedades industriales la energía exosomática sobrepasa de treinta a cuarenta veces la suma de la energía utilizada por los individuos que las conforman. Lo anterior queda corroborado por el hecho de que hoy en día a nivel global, la extracción de recursos minerales (combustibles fósiles y minerales metálicos y no metálicos) medido en tonelaje, triplica la extracción de la biomasa (los productos de la fotosíntesis) obtenida a través de las prácticas agrícolas, pecuarias, forestales, pesqueras y de recolección y extracción ⁽⁶⁵⁾.

Origen del concepto de metabolismo social.

En analogía a la noción biológica de metabolismo, el concepto utilizado en el estudio de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, describe y cuantifica los flujos de materia y energía que se intercambian entre conglomerados sociales, particulares y concretos, y el medio natural (ecosistemas). Este concepto ha sido denominado "metabolismo social", "metabolismo socio-económico" o "metabolismo industrial". En la actualidad se dispone ya de metodologías que ofrecen métodos, índices y fuentes de información estadística para calcular con detalle los flujos de materia y energía a escala local, nacional y regional, que se ha logrado cuantificar el metabolismo energético y/o material de algunos países y los cambios a través del tiempo, logrando realizar un análisis histórico ⁽⁵⁸⁾.

2. La Contaminación Ambiental

a. Gases de efecto invernadero

El efecto invernadero se crea al aumentar la concentración de CO₂ y de otros gases en la atmósfera. La elevada concentración de estos gases funciona como el techo de cristal de un invernadero, que deja entrar los rayos del sol pero impide que se disipe el calor hacia la atmósfera. El resultado de un efecto invernadero acrecentado sería una planeta cada vez más cálido, con consecuencias climáticas difíciles de predecir pero casi con toda seguridad indeseables. A partir del protocolo de Kioto, numerosos gobiernos han aceptado tomar medidas para reducir las emisiones de estos gases ⁽⁵⁾.

Los gases de efecto invernadero o gases invernadero son: -Vapor de agua (H₂O) -Dióxido de carbono (CO₂) -Metano (CH₄) - Óxidos de nitrógeno (N₂O) - Ozono (O₃) - Clorofluorocarbonos (CFC). Si bien todos ellos (salvo los CFC) son naturales, por existir antes de la aparición del hombre, desde la revolución industrial y debido principalmente al uso intensivo de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido incrementos en las cantidades de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con el agravante

de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero ⁽²⁸⁾.

Dióxido de carbono (CO₂). No es propiamente un contaminante (se encuentra en las botellas de refrescos carbónicos). La cantidad de CO₂ emitido por una central está en relación con el tipo de combustible usado (a igualdad de poder calorífico, el gas natural reduce a la mitad la emisión de SO₂ en comparación con el uso de carbón o fuel). También es importante el rendimiento de la central, que reduce las emisiones de este gas por cada unidad de electricidad producida. Por esta razón, las centrales de gas de ciclo combinado pueden ser interesantes para reducir la emisión de este gas. ⁽⁹⁾

El combustible puesto en automóviles, el proceso de combustión generará aproximadamente 181 gramos de CO₂ por kilómetro para un vehículo de motor 1,4 litros a gasolina. Infortunadamente, hemos fijado nuestras miradas en las emisiones de GEI visibles; es decir, las que se emiten a través de los automóviles, pero no las emisiones producidas al elaborar los productos manufacturados para cubrir las “necesidades” diarias. Las industrias deben garantizar la disminución de emisiones, eficiencia energética y ampliación hacia las energías renovables. Sin embargo, es necesario ver el impacto que generan nuestras actividades diarias y el estilo de vida en términos de emisiones. Prácticamente toda actividad que realicemos estará ligada a un número en emisiones de CO₂. ⁽²¹⁾

Las partículas. El carbón es el principal causante de la emisión de partículas de cenizas. Los fragmentos de la combustión de mayor tamaño (más de 10 micras) se depositan durante un tiempo breve en el suelo por acción de la gravedad (partículas sedimentables). Los de tamaño inferior a 10 micras no sedimentan, por lo que se llaman partículas en suspensión y se comportan como gases. Tanto las partículas sedimentables, como las que se encuentran en suspensión, pueden causar efectos nocivos, al depositarse sobre plantas, casas, o al ser absorbidas en la respiración. La emisión de partículas se está reduciendo paulatinamente en los últimos años, por ser un tipo de contaminante

relativamente fácil de atrapar antes de que salga por la chimenea. Se debe tener en cuenta que los sistemas de retención de partículas cuentan con larga experiencia en las centrales térmicas, con procedimientos que garantizan porcentajes de eliminación próximos al 100% ⁽²⁸⁾.

Dióxido de azufre (SO₂). Procede de la combustión del azufre en el combustible. Una central de tamaño medio 500 MW, alimentada con carbón con un contenido en azufre del 1%, produce aproximadamente 5 toneladas por cada hora de funcionamiento. El SO₂ es el principal inductor de la lluvia ácida, cuando se combina con la humedad atmosférica para producir ácido sulfúrico. El ácido se deposita lentamente sobre los bosques y las masas de agua, llegando en casos extremos a afectar seriamente a grandes extensiones de bosques y acuáticos. Hasta mediados de los 80, la emisión de SO₂ aumentó en paralelo a la producción de electricidad en centrales térmicas. Desde entonces se está reduciendo paulatinamente, al uso de carbones de bajo contenido de azufre y a procedimientos mejorados de descontaminación ^(22, 84).

b. Efecto Invernadero de varios gases de la atmósfera

Es el proceso por el que ciertos gases de la atmósfera retienen gran parte de la radiación infrarroja emitida por la Tierra y la reemiten de nuevo a la superficie terrestre calentando la misma. Estos gases han estado presentes en la atmósfera en cantidades muy reducidas durante la mayor parte de la historia de la Tierra. Aunque la atmósfera seca está compuesta prácticamente por nitrógeno (78,1%), oxígeno (20,9%) y argón (0,93%), son gases muy minoritarios en la composición como el dióxido de carbono (0,035%), el ozono y otros los que desarrollan esta actividad radiactiva. Además, la atmósfera contiene vapor de agua (1%) que también es un gas radiactivamente activo, siendo con diferencia el gas natural invernadero más importante. ⁽¹¹⁾

El efecto invernadero es esencial para la vida del planeta: sin CO₂ ni vapor de agua (sin el efecto invernadero) la temperatura media de la Tierra sería unos 33°C menos, del orden de 18°C bajo cero, lo que haría inviable la vida. Actualmente el CO₂ presente en la atmósfera está

creciendo de modo no natural por las actividades humanas, principalmente por la combustión de carbón, petróleo y gas natural que está liberando el carbono almacenado en estos combustibles fósiles y la deforestación de la selva pluvial que libera el carbono almacenado en los árboles. Por tanto es preciso diferenciar entre el efecto invernadero natural del originado por las actividades de los hombres (o antropogénicas).⁽⁵⁷⁾

3. Carbono Neutralidad

La definición técnica de la carbono neutralidad es la capacidad que permite neutralizar un determinado nivel de emisiones, en relación a las capacidades de reducción de emisiones, remociones o bonos de carbono que demuestren integridad ambiental, obtenidos en los mercados nacionales o internacionales, con la finalidad es establecer una senda administrativa baja en carbono, la cual demuestre acciones intencionadas de reducir y compensar las emisiones para llegar a un balance neto cero, potencializando aspectos del desarrollo sostenible. La senda de la carbono neutralidad es un estado dinámico, que cada año se deben realizar las evaluaciones. Generando un clima de sensibilidad y vulnerabilidad hacia los ecosistemas terrestres que son críticos para el cambio en la dinámica de absorción para mantener el logro de carbono neutralidad en el tiempo, lo que realza la importancia de un instrumento de monitoreo⁽⁵⁹⁾.

El concepto de "Carbono Neutralidad", se refiere a la práctica de balancear los equivalentes de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), incluyendo no solamente a emisiones directas de CO₂, si no también emisiones de los otros gases de efecto invernadero (GEI). Tales como óxido nitroso, metano, fluoruros de carbono, medidos en términos de los equivalentes de dióxido de carbono. Se pretende compensar las emisiones de carbono que libera con dosis equivalentes de oxígeno para que, no se contribuya con el calentamiento global y el deterioro del aire^(31, 63).

Es imprescindible construir una robusta y certera huella de carbono, las emisiones deben haber sido cuantificadas a partir de estándares internacionales, por ejemplo, ISO 14064 y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero GEI. Ser "carbono neutral" significa remover de la atmósfera

tanto dióxido de carbono como el que agregamos, con una tendencia mundial que se dirige a mitigar o neutralizar las emisiones de gas invernadero en la atmósfera terrestre. Cuando una compañía tiene dificultades para reducir las emisiones de carbono, puede comprar créditos a otra empresa que haya desarrollado una forma eficiente de reducir las emisiones de CO₂ más allá de lo requerido. Actualmente el mercado de créditos de carbono alcanza los US\$120.000 millones al año, este tipo de transacciones ha aumentado ya que le permite a las empresas cumplir con los requisitos ambientales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.⁽²⁵⁾

La Mitigación y carbono neutralidad, el objetivo de la mitigación es de obtener un nivel neutro en emisiones de carbono, mediante la creación de una nueva ética de relación con el ambiente. La reducción de emisiones de gases por fuentes, captura y mercado de carbono; y en ocho sectores de intervención prioritaria que son: Energía, Transporte, Agropecuario, Industria, Residuos Sólidos, Turismo, Hídrico y Cambio del uso del suelo. La Estrategia que se busca es desarrollar una cultura de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) en donde los diferentes sectores generen acciones concretas de mitigación. En una primera etapa las organizaciones y entidades realizan un inventario y reporte que permita establecer prácticas periódicas de medición, para, que en una segunda etapa identificar oportunidades de mitigación en curso y futuras que aumenten el desempeño ambiental y la descarbonización de los procesos.⁽⁶⁷⁾

4. Electricidad Sostenible

En diciembre de 1997 se firmó el Protocolo de Kioto, el instrumento legislativo más importante disponible para la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero. En él los países industrializados se comprometen a reducir las emisiones de estos gases, aproximadamente un 5% en 2010 con respecto a 1990. La modestia del objetivo da buena idea de la magnitud del problema, que supone cambiar paulatinamente todo el modelo de producción y consumo de energía en nuestro planeta. Posteriormente han tenido lugar varias reuniones internacionales sobre el mismo tema, sin que se haya llegado a un consenso general sobre las

medidas concretas a tomar para cumplir la resolución de Kioto. Es evidente que la energía eléctrica constituye un elemento fundamental de nuestra calidad de vida, a la vez que un importante factor de impacto sobre el medio ambiente. Por ejemplo, la producción de energía eléctrica contribuye de manera significativa a la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero. Teniendo en cuenta que la lucha contra el calentamiento global es una prioridad mundial, la industria eléctrica tiene un papel muy importante que cumplir en las iniciativas de reducción de la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero.⁽⁶³⁾

5. Economía de Bajo Carbono

Una economía de bajo carbono (acrónimo en inglés LCE) o economía de bajo combustible fósil (LFFE) es un concepto referido a una economía que emite un mínimo de emisiones de gas de invernadero (GHG) hacia la biósfera, y específicamente se refiere al gas de invernadero dióxido de carbono. Las sobre concentraciones de estos gases están produciendo calentamiento global que afecta el clima de largo término, con impactos negativos sobre la humanidad en un futuro previsible. El objetivo de la LCE es integrar todos los aspectos en sí mismo desde la fabricación, agricultura, transporte y generación de energía, etc. en torno a tecnologías que producen energía y materiales con poca emisión de gases de efecto invernadero y por lo tanto alrededor de las poblaciones, edificios, máquinas y dispositivos que utilizan las energías y los materiales de manera eficiente, y eliminar o reciclar los residuos a fin de tener una producción mínima de gases de efecto invernadero. Además, se ha propuesto que para hacer la transición a un LCE económicamente viable habría que atribuir un costo (por unidad de producción) para gases de efecto invernadero a través de medios tales como el comercio de emisiones y/o impuesto sobre el carbono.⁽⁷⁴⁾

6. Mecanismos de Producción de Energía Limpia.

La producción más limpia de electricidad reúne un conjunto de técnicas con el objetivo final de reducir el impacto negativo de cada kWh producido al mínimo posible. Es factible aplicar técnicas de producción más limpia en todas las fases del proceso de fabricación de energía eléctrica como se indica.⁽³⁰⁾

- a. Mejoras en el rendimiento*, mediante esta técnica, se trata de producir más kWh por cada unidad de combustible consumido, o con la misma cantidad de agua o de viento disponible, para pasar por las turbinas o las hélices de las centrales hidráulicas o eólicas. Por ejemplo, podemos pulverizar el carbón y quemarlo mientras está en suspensión en una corriente de aire: se obtiene así una especie de fluido que proporciona más calor por cada unidad de carbón consumido. Es lo que se llama combustión en lecho fluido. Otra línea de investigación trata de mejorar el rendimiento de las turbinas, cambiando la forma de las palas y la manera en que reciben el chorro de agua (en las centrales hidráulicas) o de vapor (en las centrales térmicas). También se pueden mejorar las características aerodinámicas de las palas de las hélices en los aerogeneradores.
- b. Reducción de la emisión de contaminantes*, los combustibles utilizados en las centrales térmicas, como el azufre contenido en el carbón, es emitido en forma de dióxido de azufre (SO_2). Una solución es la llamada desulfuración, mediante la cual se elimina el azufre presente en el combustible o en los gases de combustión. Existen diversas técnicas, que suelen obtener buenos rendimientos. Otras iniciativas de descontaminación trabajan para reducir la cantidad de partículas emitidas, o de óxidos de nitrógeno. Recientemente se está prestando atención a contaminantes como los orgánicos volátiles. También se trabaja para eliminar el uso de determinados compuestos muy peligrosos usados en transformadores, condensadores y otros aparatos eléctricos, como los PCBs (policlorobifenilos) y compuestos similares.
- c. Cambio de combustibles*, otra solución para evitar la emisión de compuestos indeseados es utilizar combustibles con bajo contenido en los mismos. Los carbones importados de otros países, por ejemplo, tienen menor contenido en azufre que los nacionales. Un cambio radical es el empleo de gas natural. Los gases de salida son más limpios.
- d. "Reciclaje" de la energía*: cogeneración y centrales de ciclo combinado, se puede producir más energía disponible por cada unidad de combustible reciclando la energía. Por ejemplo, las centrales de ciclo combinado

producen electricidad de dos maneras: el combustible (generalmente gas natural) se quema en una turbina de gas conectada a un generador, proceso que produce electricidad. Además, los gases de escape de la turbina de gas se canalizan para mover otra turbina convencional de vapor, que también produce electricidad.

- e. Centrales de bajo impacto:* las energías renovables, una opción más radical: se trata de evitar el consumo de combustibles fósiles y utilizar energías renovables para la producción de energía eléctrica. Es la mejor opción para reducir la emisión de CO₂, el gas más importante de efecto invernadero. Aun en las mejores condiciones de rendimiento posibles, la emisión de CO₂ por cada kWh producido, es alrededor de los 500 gramos.
- f. Restauración y reducción de impactos sobre los ecosistemas,* agrupa una amplia batería de acciones, que va desde la restauración de minas de carbón a cielo abierto al enterramiento de líneas de alta tensión, así como el aislamiento de cables y la colocación de salva pájaros y plazas antiposadas; también se pueden incluir las medidas contra el ruido que producen las subestaciones y centros de transformación.^(20, 85)

7. Gestión Sostenible de los Residuos.

Los países que viven al límite de las posibilidades no pueden permitirse asignar recursos a la reducción de la contaminación ambiental. No se justifica sacrificar las perspectivas de crecimiento económico para contribuir a la solución de problemas de contaminación global, que en gran parte son consecuencia de los patrones de consumo en países más desarrollados. En los reportes del medio ambiente, se muestran los indicadores de contaminación y niveles de ingreso per cápita. La EKC es explícita para emisiones de CO₂, sin embargo, para la generación per cápita de residuos municipales, parece aumentar de manera indefinida conforme se incrementa el ingreso per cápita, sin llegar a estabilizarse como ocurre con los contaminantes atmosféricos⁽¹⁷⁾.

A pesar de las grandes cantidades de residuos que se generan en Perú, no es ni la pérdida de recursos naturales, ni incluso la peligrosidad para el

entorno lo que más suele preocupar a los gestores públicos o privados de los residuos, sino las dificultades de tipo económicas, geográficas, ecológicas, sociales para encontrar un destino final aceptable para los mismos. La situación más paradójica se da en relación a la mayor fracción de los residuos sólidos: la constituida por materia orgánica fermentable, de origen urbano (doméstico, mercados, hostelería), industrial, agropecuario o forestal. Por un lado nos encontramos con el enorme déficit de materia orgánica de nuestros suelos al duplicar el escaso 1% con que cuentan muchos de ellos, lo que facilita y aumenta el quizás mayor problema ecológico peruano: la erosión y desertización de nuestro territorio; por otro lado, el incorrecto tratamiento o simple abandono de estos residuos ocasiona gravísimos daños al medio, contribuyendo a agravar el otro gran problema ecológico: la contaminación de las aguas dulces el 75% es debida a los vertidos de materia orgánica, así como a incrementar los costos de tratamiento (vertederos controlados, incineración) y a fomentar la incultura ecológica, incluida la parte que afecta a los agricultores y el rechazo social de la gestión de los residuos ^(40, 56).

a. Minimización de residuos, con la cultura de usar y desechar y la invención de nuevos materiales, la capacidad de auto depuración propia de la naturaleza se ha visto amenazada. Nadie duda que los materiales plásticos, metales, vidrios, detergentes, fertilizantes, etc., sean útiles para el hombre. Sin embargo, la falta de mecanismos de control sobre el uso y la inexistencia de sistemas de recolección, reciclaje y disposición final adecuada, hacen que estos nuevos materiales se transformen en un problema para la sustentabilidad global del planeta. Producir más con menos, con el fin de evitar el sobre-consumo y agotamiento de recursos, debe ser una cualidad de los Sistemas de Gestión de los residuos. Se resalta, tres fases para la minimización de residuos: (i) reducción en la fuente, (ii) reciclaje o reuso y (iii) tratamiento. El concepto de la reducción en la fuente, que comprende actividades como la sustitución de insumos, control del proceso productivo, adaptación de nuevas tecnologías y cambio de hábitos de consumo de la población¹⁸.

b. Curva Ambiental de Kuznets EKC, recientemente, se han descrito diferentes formas de alteración o presión sobre el medio ambiente (EP), a través de curvas, relacionadas al ingreso per cápita. Inicialmente se

denominaron Curvas Ambientales de Kuznets. Este concepto, es una extensión de una relación económica que consiste en la curva de “U” invertida descrita para analizar la relación entre crecimiento y desigualdad económica. Posteriormente, se realizaron varios estudios que relacionaron el crecimiento económico y la calidad del ambiente, fundamentados, en que la contaminación se incrementa durante las primeras etapas de desarrollo de un país y luego comienza a disminuir a medida que los países obtienen recursos adecuados para abordar los problemas de contaminación. ⁽¹³⁾

La hipótesis ambiental de la EKC es que hay una relación invertida de la variable presión o degradación ambiental y el ingreso bruto per cápita. Algunos datos sugieren que la contaminación aumenta en las primeras fases de desarrollo, pero disminuye cuando se ha llegado a cierto nivel de ingresos, observación que los investigadores denominan Curva Ambiental de Kuznets. Sin embargo, existen visiones críticas de estudios más recientes que han descubierto que no todos los contaminantes siguen la forma de una “U” invertida. Al aumentar los ingresos per cápita, el punto de inflexión no ocurre. En realidad, los distintos contaminantes tienen puntos de inflexión a diversos niveles de ingreso per cápita o no se han verificado aún. ⁽¹⁶⁾

c. Indicadores ambientales de ingreso económicos, en aquellos casos donde se observa una relación en forma de “U” invertida entre ingreso per cápita y presión sobre el ambiente, deberá haber existido en algún momento una decisión de política explícita para invertir en la calidad ambiental (lo que se denomina gastos de mitigación, en el modelo). Es decir, no existe automatismo. Si fuera así querría decir que de forma automática, en algún punto, incrementos en el ingreso tenderían a reducir la contaminación ^(40, 47).

d. Relaciones entre la presión ambiental (EP) y el ingreso per cápita, la relación entre los ingresos económicos y la presión sobre el medio ambiente puede ser expresada de diferentes formas. Una primera forma se puede distinguir entre relaciones monótonas y no monótonas. Las curvas monótonas muestran incrementos en la contaminación según se

incrementan los ingresos económicos, como en el caso de la producción per cápita de residuos sólidos municipales o descienden. Sin embargo, en los patrones no monótonos se presentan dos tipos que son conocidos como curvas en forma de “U” invertida y “N” respectivamente.

El patrón descubierto en investigaciones empíricas depende del tipo de contaminante estudiado y el modelo que se usa para la estimación, se presentan cuatro argumentos teóricos para identificar las curvas en forma de “U” invertida para contaminantes (locales) del aire: (i) la elasticidad económica positiva va acompañada de mejoras en la calidad ambiental; (ii) cambios estructurales en la producción y consumo, se asocian con altos ingresos económicos; (iii) aumento en la información sobre consecuencias ambientales, cuando aumentan los ingresos económicos y (iv) aumento de comercio internacional y política exterior con los ingresos económicos. Las contribuciones a estas investigaciones, que particularmente han tenido influencia son las de del Reporte del Banco Mundial. Para valorar la relación entre la presión ambiental E y los ingresos económicos Y , los estudios citados aplican la siguiente forma básica del modelo ⁽⁴⁰⁾:

8. Determinantes de las emisiones de CO_2

La actividad económica determina el mayor o menor nivel de emisiones de CO_2 a la atmósfera, es más difícil concretar qué factores contribuyen a explicarlo. Existen dos perspectivas diferentes que abordan el impacto del crecimiento demográfico en la calidad ambiental: la maltusiana y la boserupiana. La primera sostiene que la degradación en el medio ambiente se produce por la presión que la población ejerce sobre los recursos. La segunda por contra, considera que el aumento de la población estimula la aparición de innovaciones tecnológicas que atenúan el impacto negativo sobre el medio ambiente. En particular considera que una elevada densidad de población es el requisito previo para que se produzca innovación tecnológica en la agricultura. Consecuentemente, los maltusianos predicen que el impacto en las emisiones de gases de la población es más que proporcional, mientras que los boserupianos entienden que no existe esa relación o si la hay tiene una elasticidad negativa. ⁽³³⁾

La primera corriente, sostiene además, que hay un doble mecanismo a través del cual el aumento de la población contribuye al efecto invernadero: una mayor población incrementa la demanda de energía para la industria y el transporte, aumentando la emisión de gases; por otra parte, en los países en vías de desarrollo, un rápido crecimiento de la población provoca mayor deforestación, cambios en los usos del suelo y gran consumo de madera como combustible con las consiguientes emisiones de CO₂ que contribuyen al efecto invernadero. En esa misma línea, se han puesto de manifiesto el impacto ambiental negativo de la presión demográfica. Otros autores abordan el problema de la degradación medioambiental desde una perspectiva más amplia. Por ejemplo, el proceso de globalización de la economía producido desde la II Guerra Mundial, se identifica cuatro mecanismos causantes del deterioro: el tecnológico, puesto que cada revolución tecnológica ha implicado un aumento de la presión sobre el medio ambiente; el económico, dado que una expansión económica supone un incremento de la actividad industrial; el demográfico, debido a la presión sobre la demanda de recursos y el cultural, debido al espíritu consumista de la sociedad actual.⁽⁷³⁾

9. La relación de la huella ecológica y la huella de carbono

La huella ecológica (HE), herramienta contable, nos permite estimar nuestros requerimientos en términos de recursos y asimilación de desechos, de una determinada localidad, región o país, expresada en áreas productivas globales. Otra herramienta es la Huella de Carbono (HC), que constituye casi el 50% de la huella ecológica; es un concepto originado de la raíz de la huella ecológica, sin embargo, no existe una definición única de huella de carbono como son: la HC expresa que para cada unidad de consumo de material o energético, se requiere una cantidad de cobertura vegetal, suelo y área oceánica, pertenecientes a una categoría de los ecosistemas, que proporcionan los flujos necesarios para la absorción de emisiones de GEI o dióxido de carbono equivalentes medidos en hectáreas bioproductivas globales⁽⁶³⁾.

La HC son las emisiones directas e indirectas de CO₂ causadas por actividades económicas. Es una medida del impacto de las actividades humanas en el medio ambiente en términos de la cantidad de emisiones de

gases de efecto invernadero medido en toneladas de CO₂. La HC es la cantidad total de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, emitidos a través del ciclo de vida de un producto o proceso. Esto expresado como gramos de CO₂equivalente por kWh (g CO₂e/kWh)⁽⁷⁵⁾.

La huella de carbono individual, se conforma por la suma de dos partes, la huella primaria y la secundaria, que da cuenta de los principales componentes de la huella de carbono de un habitante de países desarrollados. La Huella primaria es la medida de las emisiones directas de CO₂, a partir de la quema de combustibles fósiles, incluyendo el consumo doméstico de energía y transporte (ej. auto, avión, tren), sobre los cuales tenemos control directo. La Huella secundaria es la medida de las emisiones indirectas de CO₂ de todo el ciclo de vida de los productos que consumimos aquellos asociados con la manufactura y eventual descarte. Se refiere a las emisiones de CO₂ de los procesos productivos de los bienes y servicios que consumimos.

Una definición alternativa de la huella del carbón es la cantidad total de bióxido de carbono atribuible a las acciones de un individuo (principalmente con el uso de la energía) durante un año. Esta definición es la base de las calculadoras personales del carbón. El término debe los orígenes a la idea que una huella es qué se ha dejado detrás como resultado de las actividades del individuo. Las huellas del carbón pueden o considerar solamente emisiones directas (típicamente de la energía usada en el hogar y en transporte, incluyendo recorrido por los coches, los aviones, el carril y otro transporte público), o puede también incluir emisiones indirectas (emisiones incluyendo del CO₂ como resultado de mercancías y mantienen consumido)⁽²⁹⁾

La Huella de Carbono puede ser entendida como un concepto que permite determinar la cantidad total (balance) de GEI emitidos (directa e indirectamente) a la atmósfera medidos en CO₂ equivalente, producto de la realización de actividades cotidianas de nuestra sociedad, tales como el transporte, la minería, la generación eléctrica, la agricultura, la producción de bienes de consumo, etc. El cálculo considera el total de emisiones relacionadas a cada una de las etapas de un ciclo productivo, abarcando

desde la adquisición de materias primas, hasta la eliminación de los desechos, permitiendo establecer planes estratégicos para la eventual disminución, los que van desde la reingeniería de procesos y mejoras tecnológicas, hasta planes de eficiencia de consumo energético, entre otras.¹²

Algunos autores son partidarios de incluir los gases de efecto invernadero diferentes del CO₂ en un nuevo indicador, denominado climate footprint. No obstante, si en la HC se establecen claramente los gases que incluye, las unidades en que está expresada y, además, se permite separar las emisiones procedentes de cada gas, una climate footprint no añadiría información relevante, pudiendo generar cierta confusión, al tratarse de indicadores que coinciden en algunos aspectos. En nuestra opinión, es más útil fortalecer y estandarizar un indicador que ya ha alcanzado cierta difusión, que crear uno nuevo, lo que implicaría partir de cero. En referencia al alcance de la HC, los estudios existentes recogen diferentes visiones, desde aquellos que sólo consideran las emisiones directas de los combustibles fósiles (GFN, 2006) a los que incluyen la totalidad de las emisiones directas e indirectas causadas por las actividades de una empresa⁽¹⁸⁾.

a. Puntos críticos de la HC

La utilidad de este indicador de emisión de CO₂, en términos de sustentabilidad y por ende las implicancias sociales, económicas y ambientales, son innegables, existe una serie de observaciones disímiles relacionadas con las diversas metodologías existentes para el cálculo, alimentando aún más la discusión pública sobre el tema. Una de las principales objeciones técnicas relacionada a la estimación, ya sea sobre un proceso productivo, actividad o producto, hace referencia al criterio utilizado en la cuantificación de emisiones, específicamente en la consideración o exclusión de emisiones indirectas asociadas a la producción de materias primas. Otra de las diferencias tiene que ver con las fases de un proceso productivo determinado, ya que algunas metodologías consideran el ciclo llamado “de la cuna a la tumba”, es decir desde la extracción de un recurso hasta el manejo de los desechos, mientras otras sólo abarcan las etapas comprendidas a partir de la utilización de materias primas. Estas diferencias de criterio han

imposibilitado el establecimiento de una metodología estándar a nivel mundial, que permita, entre otras cosas, la comparación entre productos similares, comercializados en un mismo mercado, pero con origen distinto, estableciéndose así el principal argumento de debate en contra de la efectividad de este instrumento. Sin embargo es posible esperar que en el futuro, y dado que por ahora la Huella de Carbono es utilizada como un sello voluntario, se establezca un cierto “ranking” entre metodologías “más o menos exigentes y/o ecológicas”.

b. Crítica del término

La crítica del concepto de una huella del carbón se basa generalmente en el desacuerdo con una o más de las asunciones siguientes generalmente subyacentes el cálculo de una huella del carbón:

- Las emisiones de CO₂ son causa significativa del calentamiento global.
- La actividad humana es causa significativa de las emisiones de CO₂.
- Es posible atribuir todos o la mayoría de las emisiones a los individuos particularmente.
- La iniciativa individual es necesaria porque las legislaciones del mercado no serán de gran alcance y bastante oportuna.
- Cada individuo debe por lo tanto calcular y procurar reducir la parte de las emisiones de CO₂.

Las críticas derivadas del rechazo de estas asunciones pueden por lo tanto incluir:

- Otras causas, por ejemplo emisiones del metano, sean más importantes.
- La actividad humana no es tan significativa como causa, que los procesos naturales por ejemplo vulcanismo radiación solar.
- Esos poderes del mercado o acción política corregirá la actividad humana en suficiente tiempo.
- El crecimiento de la población invalida los cálculos,
- No se puede limitar a cada uno para igualar las emisiones, por ejemplo dentro de las sociedades urbanizadas no se puede evitar algunas emisiones, mientras que los países menos desarrollados pueden no tener la tecnología para atenuar otros.

- Particularmente, muchos críticos del cambio climático y de escépticos mantengan, que las contribuciones humanas al calentamiento global son insignificantes.

10. Metodológica del cálculo de la HC

La HC obtenida con la versión actual MC₃ incluye las emisiones de CO₂ directas e indirectas, entendidas éstas como aquellas generadas en la producción/ prestación de los bienes y servicios obtenidos. En la actualidad, se está finalizando una segunda versión del método, que incorporará las emisiones del resto de gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Kioto, empleando los coeficientes de potencial de calentamiento (GWP) en un horizonte de 100 años elaborados por el IPCC. Así, el indicador se expresaría en toneladas equivalentes de CO₂. Además, se incorporarán en la HCC las emisiones derivadas del uso de superficies (pastos, cultivos...) que, como los bosques, tienen capacidad para secuestrar CO₂.⁽³²⁾

11. Compensación del carbón

La compensación del carbón es un instrumento financiero que representa una reducción del gas de efecto invernadero. Aunque hay seis categorías primarias de los gases de invernadero, las compensaciones se miden en toneladas de carbón dióxido-equivalentes (CO₂e). Una compensación del carbón representa la reducción de una tonelada métrica de bióxido de carbono, o la equivalente en otros gases de invernadero. Hay dos mercados primarios para las compensaciones del carbón.⁽⁵⁹⁾

En el 2006, cerca de \$5.5 mil millones de compensaciones del carbón fueron comprados en el mercado de la conformidad, representando cerca de 1.6 mil millones toneladas métricas de CO₂ reducciones. En 2006, cerca de \$91 millones de compensaciones del carbón fueron comprados en el mercado voluntario, representando cerca de 24 millones de toneladas métricas de CO₂ reducciones. Las compensaciones se generan típicamente de proyectos emisión-reductores. El tipo más común del proyecto es energía renovable, tal como granjas de viento, energía de la biomasa, o presas

hidroeléctricas. Otros tipos comunes del proyecto incluyen proyectos del rendimiento energético, la destrucción de agentes contaminadores industriales o de subproductos agrícolas, la destrucción del metano del terraplén, y proyectos de la silvicultura.⁽⁴⁾

El mecanismo de desarrollo limpio (CDM), anima a los proyectos que implican, por ejemplo, la producción energética renovable, cambios en utilización del suelo, y la silvicultura, aunque no todos los países que negocian permiten que las compañías compren todos los tipos de crédito. El sistema comercial ha contribuido al renombre de aumento de voluntario de compensaciones entre individuos privados, compañías, y organizaciones así como la inversión en tecnologías limpias, energía limpia y proyectos de la repoblación forestal. Las compensaciones pueden ser alternativas más convenientes que reducir el consumo del combustible fósil.⁽⁷⁵⁾

12. Fuentes de las compensaciones del carbón

El CDM incluye sobre 200 tipos de proyectos para generar las compensaciones del carbón, que se agrupan en amplias categorías. Estos tipos del proyecto incluyen energía renovable, la disminución del metano, el rendimiento energético, la repoblación forestal y la sustitución de combustible.⁽⁴⁰⁾

a. Energía renovable, las compensaciones incluyen comúnmente energía del viento, energía solar, energía hidroeléctrica y biofuel. Algunas de estas compensaciones se utilizan para reducir el diferencial del coste entre la producción energética renovable y convencional, aumentando la viabilidad comercial de una opción para utilizar fuentes de energía renovable. Los Créditos de la energía renovable (RECs), mientras que una compensación del carbón representa una reducción en emisiones de gas del invernadero, un REC representa una cantidad de energía producida de fuentes renovables. Para convertir RECs en compensaciones, la energía limpia se debe traducir a reducciones del carbón, típicamente si se asume que la energía limpia está desplazando una cantidad equivalente de electricidad convencionalmente producida.⁽⁴⁹⁾

b. Colección y combustión del metano, algunos proyectos compensados consisten en la combustión o la contención de metano generado por los animales, relleno sanitarios o de basura industrial. El metano tiene un potencial de calentamiento global (GWP) 23 veces, que del CO₂; cuando es quemado, cada molécula del metano se convierte a una molécula de CO₂, reduciendo así el efecto de calentamiento global del 96%. El metano también puede ser usado en el proceso de un digestor anaerobio cuál genera electricidad o calor. Un ejemplo de un proyecto usando a digestor anaerobio puede ser encontrado en Chile en donde en diciembre de 2000, la compañía más grande de la producción del cerdos de Chile, inició un proceso voluntario para instalar sistemas avanzados de la gestión de desechos (digestión anaerobia y aerobia del abono del cerdo), para reducir emisiones del gas del invernadero (GHG) ⁽⁸⁾.

c. Rendimiento energético, las compensaciones del carbón en esta categoría financian proyectos de varios tipos: cogeneración, las plantas generan electricidad y calor de la misma fuente de energía, mejorando el rendimiento energético de la mayoría de las centrales eléctricas que pierden energía generada como calor. Los proyectos de la eficiencia de combustible substituyen un dispositivo de la combustión por uno que utilice menos combustible por la unidad de la energía proporcionada. La demanda energética asumida no cambia, esto reduce el bióxido de carbono emitido. La reducción de energía perdida en edificios, a través de sistemas eficientes de calefacción, refrigeración o de iluminación. Particularmente, el reemplazo de bombillas incandescente, por lámparas fluorescentes compactas puede tener un efecto drástico en el consumo de energía. ⁽⁷⁰⁾

d. Hacia una electricidad sostenible, la producción más limpia de electricidad reúne un conjunto de técnicas con el objetivo final de reducir el impacto negativo o huella ecológica de cada kWh producido al mínimo posible, es factible aplicar técnicas de producción más limpia en todas las fases del proceso de fabricación de energía eléctrica.

e. Mejoras en el rendimiento, a efectos prácticos, se trata de producir más kWh por cada unidad de combustible consumido, o con la misma cantidad de agua o de viento disponible, para pasar por las turbinas o las hélices de las centrales hidráulicas o eólicas. Por ejemplo, podemos pulverizar el carbón y quemarlo mientras está en suspensión en una corriente de aire: se obtiene así una especie de fluido que proporciona más calor por cada unidad de carbón consumido. Es lo que se llama combustión en lecho fluido. Otra línea de investigación trata de mejorar el rendimiento de las turbinas, cambiando la forma de las palas y la manera en que reciben el chorro de agua (en las centrales hidráulicas) o de vapor (en las centrales térmicas). También se pueden mejorar las características aerodinámicas de las palas de las hélices en los aerogeneradores.

13. Reducción de la emisión de contaminantes

Los combustibles utilizados en las centrales térmicas pueden contener sustancias indeseables, como el azufre. El azufre contenido en el carbón quemado sale por la chimenea en forma de dióxido de azufre (SO_2). Si se combina con el agua presente en la atmósfera, puede producir ácido sulfúrico, un peligroso contaminante que causa parte de la lluvia ácida. Una solución es la llamada desulfuración, mediante la cual se elimina el azufre presente en el combustible o en los gases de combustión. Existen diversas técnicas, que suelen obtener buenos rendimientos. Otras iniciativas de descontaminación trabajan para reducir la cantidad de partículas emitidas, o de óxidos de nitrógeno. Recientemente se está prestando atención a contaminantes como los orgánicos volátiles. También se trabaja para eliminar el uso de determinados compuestos muy peligrosos usados en transformadores, condensadores y otros aparatos eléctricos. Es el caso de los PCBs (policlorobifenilos) y compuestos similares.

a. Cambio de combustibles, otra solución para evitar la emisión de compuestos indeseados es utilizar combustibles con bajo contenido en los mismos. Los carbones importados de otros países, por ejemplo, tienen menor contenido en azufre que los nacionales. Un cambio más

radical es el empleo de gas natural. Los gases de salida son prácticamente limpios.

- b. *“Reciclaje” de la energía: cogeneración y centrales de ciclo combinado*, se puede sacar más energía disponible por cada unidad de combustible reciclando la energía. Por ejemplo, las centrales de ciclo combinado producen electricidad de dos maneras: el combustible (generalmente gas natural) se quema en una turbina de gas conectada a un generador, proceso que produce electricidad. Además, los gases de escape de la turbina de gas se canalizan para mover otra turbina convencional de vapor, que también produce electricidad.
- c. *Centrales de bajo impacto: las energías renovables*, es la opción más radical: se trata de evitar el consumo de combustibles fósiles y utilizar energías renovables para la producción de energía eléctrica. Es la mejor opción para reducir la emisión de CO₂, el importante gas de efecto invernadero. Aun en las mejores condiciones de rendimiento posibles, la emisión de CO₂ por cada kWh producido, ronda los 500 gramos.
- d. *Restauración y reducción de impactos sobre los ecosistemas*, una amplia batería de acciones, que va desde la restauración de minas de carbón a cielo abierto al enterramiento de líneas de alta tensión, así como el aislamiento de cables y la colocación de salva pájaros y plazas antiposadas. Aquí se pueden incluir también las medidas contra el ruido que producen las subestaciones y centros de transformación.

14. Captación y Sumideros de CO₂

El sumidero es un depósito de carbón de volumen creciente, todo lo contrario a una mina de carbón. Los más importantes son los océanos y la vegetación. El secuestro del carbón abarca los procesos para retirar el CO₂ de la biosfera. Son medios artificiales para capturar y almacenar el CO₂ e incrementar los procesos naturales de secuestro.

a. *Sumideros naturales:*

Los bosques: Los árboles almacenan enormes cantidades de carbono. Debido a la fotosíntesis los árboles absorben CO₂ de la atmósfera, y lo almacenan como carbono. Simultáneamente emiten oxígeno a la atmósfera. Las plantas de crecimiento rápido absorben mayor cantidad de CO₂. Los árboles viejos absorben poco CO₂. Los árboles muertos, y en general los residuos forestales, experimentan una descomposición anaerobia y fijan el carbono lentamente. La combustión de bosques fosilizados (carbón, petróleo y gas natural) emiten más CO₂ a la atmósfera que el que puede absorber los bosques actuales. La replantación forestal de bosques no puede solucionar el problema del alto porcentaje de CO₂ en la atmósfera.

Los suelos agrícolas: Los niveles de carbono orgánico están disminuyendo en los campos agrícolas, porque disminuye la actividad agrícola. El compost y los prados retiran CO₂ de la atmósfera. La rotación de cultivos aumentará el secuestro de CO₂ de la atmósfera.

Los océanos: Son un sumidero natural de CO₂ con la ventaja de que al aumentar el porcentaje de CO₂ en la atmósfera el nivel de CO₂ en los océanos también aumenta, pero el agua se vuelve ácida, lo cual es perjudicial. La cantidad de CO₂ disuelto en el océano depende de la temperatura y la presión.

El fitoplancton en el océano usa la fotosíntesis como los árboles: obtiene carbono base de CO₂. El fitoplancton es el comienzo de la cadena alimentaria marina. El plancton y otros organismos marinos extraen CO₂ del agua marina para construir los esqueletos y conchas de carbonato cálcico. Este proceso retira CO₂ del agua, y permite que el océano absorba más CO₂ de la atmósfera. Los esqueletos y conchas de carbonato cálcico caen al fondo del océano, en donde los organismos mueren. De hecho, el zooplancton y el krill antártico fomentan la formación de fondo marino de carbono. Es un proceso llamado "bomba biológica", y según algunas teorías, explica la

acumulación de carbono orgánico en los fondos marinos y los yacimientos de combustibles fósiles.

Se puede aumentar la producción de plancton con nanopartículas de hierro, llamadas hematites o sulfato de hierro. En el océano el hierro estimula la producción de plancton, por ser un nutriente. Esa biomasa retiraría grandes cantidades de CO₂ de la atmósfera vía fotosíntesis.

Otro método consiste en bombear directamente CO₂ al fondo marino, para formar lagos de CO₂ líquido. Los experimentos llevados a cabo en aguas de 350-3.600 m muestran que el CO₂ líquido se convierte en sólido, más denso que el agua, donde la flotabilidad negativa lo hunde en el fondo marino sin causar daños ecológicos, para luego reaccionar y forma hidratos de metano (methane clathrate), que poco a poco se disuelve en las aguas de alrededor.

Sumidero geológico: Es una solución que permite inyectar directamente CO₂ en formaciones geológicas subterráneas: cavernas de roca porosa o acuíferos. La cavidad puede ser artificial, como minas abandonadas o bolsas de petróleo vaciadas. O inyectar CO₂ en bolsas de petróleo para forzar el que éste surja a la superficie. En el yacimiento de petróleo de Weyburn, Canadá, ya se utiliza la inyección directa de CO₂. Statoil, de Noruega, en la plataforma marina Sleipner, atrapa el CO₂ con aminas y los inyecta en el yacimiento submarino. Sleipner reduce las emisiones de CO₂ al año en un millón de toneladas. Los costes de la secuestro son económicamente tolerables.

Normalmente la captura de CO₂ se realiza con amina (disolvente) que lo absorben. En Europa, el Proyecto Castor, ya en marcha, utiliza compuesto de aminas, que muestran más afinidad por el CO₂ que por otros componentes de los gases de combustión, sobre todo el nitrógeno. Este disolvente amina se enriquece con CO₂. Casi el 90% del CO₂ es retenido por la amina. El disolvente rico en CO₂ es calentado a unos 120 grados centígrados para romper los enlaces entre el CO₂ y el disolvente. El CO₂ aislado es almacenado. Y el

disolvente con poco CO_2 (solo 10%) es reinyectado a los gases de combustión para reiniciar la absorción de CO_2 .

Los costes de capturar CO_2 se han reducido a la mitad. En Dinamarca se están probando diversos compuestos de amina en referencia al solvente usado en el Proyecto Castor: monoetanolamina. Otras técnicas que se investigan son las membranas de separación de gases y la criogenia. En las térmicas se experimenta con la gasificación del carbón en ciclo combinado y la combustión oxifuel (usar oxígeno en vez de aire). La gasificación produce gas sintético, formado por hidrógeno y CO. Éste es quemado obteniendo CO_2 que es filtrado fácilmente a partir de los gases de la chimenea. La combustión oxifuel produce solo CO_2 y vapor de agua, relativamente fáciles de separar.

Por otro lado todos estos sistemas de captación y almacenamiento del CO_2 tienen muchos detractores, los cuales añaden que la solución es la prevención en la fuente, es decir, la reducción de emisiones limitando los combustibles fósiles, el ahorro y la eficiencia energética, cumpliendo el Protocolo de Kioto. El camino del almacenamiento constituiría una huida hacia delante de efectos incontrolados. Los partidarios se remiten a la posible reutilización económica del gas, consiguiendo un desarrollo más sostenible sin tener que desmontar el tejido social, industrial o de infraestructuras ⁽⁴⁴⁾.

b. Importancia de la vegetación

El estudio, que utiliza analizadores de gas por infrarrojos, ha determinado que las especies urbanas que más CO_2 absorben son la melia, la acacia de tres espinas, la jacaranda y el olmo. Las plantas absorben CO_2 gracias a la fotosíntesis, proceso por el que este gas queda fijado en las raíces, tronco y hojas en forma de carbono y además, también captan CO_2 durante la respiración, que convierten en oxígeno, que es liberado en la atmósfera. Aunque la mayor cantidad de CO_2 atmosférico permanece fijado en la naturaleza en las rocas, en forma de carbonatos, otro volumen importante es retenido por las plantas.

Muy interesante comentar que los bosques captan CO_2 sobre todo durante el crecimiento. Una vez el bosque ha llegado a un estado “maduro” se considera que el intercambio de CO_2 y oxígeno con la atmósfera está en equilibrio. En ese estado, en principio ya no fijaría más CO_2 , pero sí habría almacenado ya enormes cantidades de carbono en la biomasa.

c. El intercambio de gases

Tanto en la fotosíntesis como en la respiración celular, las plantas intercambian gases con la atmósfera:

- Durante la fotosíntesis, la planta toma CO_2 y desprende oxígeno.
- Durante la respiración celular, toma oxígeno y desprende CO_2 .

Durante el día, la planta realiza tanto la respiración celular como la fotosíntesis, pero predomina esta última. Por tanto, la planta en el conjunto, toma dióxido de carbono y desprende oxígeno. Durante la noche, solo realiza la respiración celular, por lo que toma oxígeno y desprende dióxido de carbono. La plantación de árboles beneficia enormemente el medio ambiente, pero no resuelve el problema de calentamiento global que es causa de la deforestación. Se requiere modificar nuestros patrones de vida y de consumo relacionados con la energía y las emisiones de CO_2 (gas de efecto invernadero) para estar en posibilidad de mitigar los efectos del calentamiento global.

La captura de carbono neta, únicamente se realiza mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite la misma cantidad de carbono que capturó. Un bosque en plena madurez aporta finalmente la misma cantidad de carbono que captura. Lo primordial es cuanto carbono CO_2 captura el árbol durante toda la vida. Los árboles, al convertir el CO_2 en madera, almacenan muy lentamente sólo una pequeña parte del CO_2 que producimos en grandes cantidades por el uso de combustibles fósiles (petróleo, gasolina, gas, etc.) para el transporte y la generación de energía eléctrica en las actividades humanas que diariamente contaminan el medio ambiente. Después de

varios años, cuando los árboles han llegado a la madurez total, absorben (capturan) únicamente pequeñas cantidades de CO₂ necesarias para la respiración y la de los suelos.

La cantidad de CO₂ que un árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual de la biomasa en el árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite hacia la atmósfera la misma cantidad de carbono que capturó. En estado estable, un bosque en plena madurez aporta la misma cantidad de carbono que captura. Por tanto, no es importante cuanto carbono el árbol captura inmediatamente, sino cuanto carbono captura durante toda la vida.

Se requiere modificar nuestros patrones de vida y de consumo relacionados con la energía y las emisiones de CO₂ (gas de efecto invernadero) para estar en posibilidad de mitigar los efectos del calentamiento global. Hay que insistir en que la captura de carbono en bosques y suelos es reversible. El carbono que toma muchos años décadas para ser capturado y almacenado en troncos y ramas de árboles en los bosques podría quedar liberado en la atmósfera, debido a incendios forestales; manejo inadecuado de los bosques; cambios en los usos de suelo; plagas y enfermedades vegetales; y por efectos del calentamiento global. De tal manera, el CO₂ regresaría a la atmósfera empeorando la situación actual que afecta negativamente las condiciones climáticas, la salud humana y la vida en el planeta ⁽⁷⁷⁾.

C. MARCO LEGAL

1. Estándares De Calidad Ambiental - Normas

- Decreto Supremo N° 074-2001-PCM - Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire - Publicado el 24 de junio de 2001.
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM - Aprueban el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido - Publicado el 30 de octubre de 2003
- Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM - Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire - Publicado el 22 de agosto de 2008

2. Límites Máximos Permisibles - Sector Energía y Minas

- Resolución Directoral N° 008-97-EM/DGAA - aprueban Niveles Máximos Permisibles para efluentes líquidos producto de las Actividades de Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica - Publicada el 17 de marzo de 1997
- Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM - Aprueban Niveles Máximos Permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las Unidades Minero-Metalúrgicas - Publicada el 16 de julio de 1996

3. Límites Máximos Permisibles - Sector Producción

- Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE - aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para Actividades Industriales de Cemento, Cerveza, Curtiembre y Papel - Publicado el 04 de octubre de 2002
- Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE - aprueban Límites Máximos Permisibles (LMP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y normas complementarias - Publicado el 30 de abril de 2008.

4. Límites Máximos Permisibles - Sector Transporte y Comunicaciones

- Decreto Supremo N° 047-2001-MTC - establecen Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial - Publicado el 31 de octubre de 2001
- Decreto Supremo N° 038-2003-MTC - establecen Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones - Publicado el 06 de julio de 2003

5. Residuos Sólidos

- Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos - Publicada el 21 de julio de 2000
- Decreto Legislativo N° 1065 - Decreto que modifica la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos - Publicada el 28 de junio de 2008
- Decreto Supremo N° 057-2004-PCM - Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos - Publicada el 13 de agosto de 2004

6. Materiales Peligrosos

- Ley N° 28256 - Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos - Publicada el 19 de junio de 2004
- Decreto Supremo N° 021-2008-MTC - aprueban el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos - Publicada el 10 de junio de 2008

7. Insumos Químicos y Productos Fiscalizados

- Ley N° 28305 - Ley de control de Insumos Químicos y Productos Fiscalizados - Publicada el 29 de julio de 2004.
- Decreto Supremo N° 053-2005-PCM - Aprueban Reglamento a la Ley N° 28305 que regula el control de Insumos Químicos y Productos Fiscalizados - Publicada el 28 de julio de 2005.

III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

A. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Determinar el indicador de carbono neutralidad, por la cantidad de los árboles estimados, como sumideros potenciales, para la absorción de las emisiones de GEI, por el consumo total y per cápita de energía y la generación de RSD, de la población urbana de los distritos de LN y LC en un periodo anual

2. Objetivos Específicos:

- a. Determinar la población total, estratificada en niveles socioeconómicos NSE, de los distritos comprendidos en las áreas de LN y LC, desde el 2001 y 2010.
- b. Calcular el consumo de energía y generación de RSD, total y per cápita (GWh/año o MWh/hab/año) y (t/año o kg/hab/año) respectivamente, de las poblaciones de los distritos de LN y LC, desde 1993 al 2010.
- c. Determinar las emisiones de CO₂, por el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita (t/año o kg/hab/año) respectivamente, de las poblaciones de los distritos de LN y LC.
- d. Estimar la cantidad de árboles, para la absorción de la emisión de CO₂t/año, por el consumo de energía y generación de RSD, total/año y per cápita/ha/año, respectivamente, de los distritos comprendidos en las áreas de LN y LC.
- e. Establecer por los resultados obtenidos de estas variables, si son satisfactorias, para concluir que las emisiones de CO₂, generan impactos ambientales negativos, en las áreas de LN y LC.

B. HIPÓTESIS

1. Hipótesis General

La carbono neutralidad, como indicador varía por la cantidad de los árboles estimados, como sumideros potenciales, para la absorción de las emisiones de GEI, por el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita, de la población de los distritos de LN y LC en un periodo anual

2. Hipótesis Específicas

a. La población total, estratificada en niveles socioeconómicos NSE, es diferente entre los distritos comprendidos en las áreas de LN y LC, desde el 2001 al 2010.

b. El consumo de energía y la generación de RSD, total y per cápita (GWh/año o MWh/hab/año) y (t/año o kg/hab/año) respectivamente, es variable, entre los distritos comprendidos en las áreas de LN y LC, desde 1993 al 2010.

c. La emisión de CO₂, por el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita (t/año o kg/hab/año) respectivamente, es variable, entre los distritos comprendidos en las áreas de LN y LC.

d. La cantidad de árboles estimados, es suficiente, para la absorción de la emisión de CO₂ (t/año), por el consumo de energía y generación de RSD, total/año y per cápita/hab/año, respectivamente, en los distritos comprendidos en las áreas de LN y LC.

e. Establecer por los resultados obtenidos de estas variables, si las emisiones de CO₂, han generado un impacto ambiental negativo, en los distritos comprendidos en las áreas de LN y LC.

C. VARIABLES DE INVESTIGACION

En el Cuadro 01, se presentan a las variables establecidas en la investigación realizada.

Cuadro 01. Definición de variables del estudio

Variable	Símbolo	Tipo de variable	Unidad de Medida
Población Total/NSE/distrito/Área metropolitana	X_1	Independiente	Nº habitantes/año
Consumo total y Per Cápita de energía eléctrica (CEE)	Y_2	Dependiente – continua	GWh/año MWh/año
Generación Total y Per Cápita de RSD (PPC)	Y_1	Dependiente - continua	Ton/año Kg/hab/día
Emisión total y Per Cápita de CO ₂	Y_3	Dependiente - continua	Ton/año
Número de Árboles total y Per Cápita	X_4	Independiente – continua	Arb/hab/año

Las correlaciones para probar las hipótesis formuladas, fueron realizadas entre las variables dependientes: $Y_1, Y_2...Y_n$ ” con las variables independientes: X_1, X_2 y $X_3...X_n$; asimismo, se calculó regresiones polinomiales y múltiples, para estimar el consumo de energía y la cantidad de residuos (Y) que generan los habitantes en función de las variables X_1 y X_3 .

D. ALCANCES Y LIMITACIONES.

La investigación realizada pretendió determinar las interrelaciones de las poblaciones urbanas de los distritos y el medio ambiente, por una valoración y análisis a mayor profundidad a la brindada por el monitoreo y supervisión, sobre todo en la forma como se viene comportando la población con el consumo de energía y la generación de residuos, causantes de las emisiones de GEI.

La magnitud de los consumos energéticos y la generación de los RED, está en relación a los niveles socioeconómicos y un nivel de calidad de vida, lo cual es un aspecto fundamental, propio de la naturaleza y de la población quienes intervienen en el escenario urbano delimitado políticamente en áreas urbanas, que presentan ciertas falencias en el quehacer diario y en conjunto contribuyen a la búsqueda de alternativas de solución, que más adelante puedan compartir con otras poblaciones a través de interrelaciones.

La investigación cuyos resultados sin duda orientaran el conocimiento y la toma de decisiones para convertirse en políticas públicas del medio ambiente en el espacio geográfico y el entorno en que se llevó el estudio, en vista que este plan responde a la metodología de la investigación científica.

IV. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

A. METODOLOGÍA

1. Tipo De Investigación.

El estudio realizado fue descriptivo, de las variables ambientales: consumo total y per cápita de energía y de la generación de RSD, por parte de la población urbana de los distritos objetivo, con las correspondientes emisiones que se producen para la determinación de la cantidad de árboles como sumideros, en la absorción de las emisiones de CO₂, y realizar un análisis de carbono neutralidad, de las áreas de LN y LC, durante un periodo anual.

2. Pasos Metodológicos

La presente investigación, se diseñó para analizar la carbono neutralidad de los distritos como espacios urbanos, comprendidos en las áreas metropolitanas, ocupados por las poblaciones estratificadas en niveles socioeconómicos; el estudio básicamente comprendió las siguientes etapas:

- a. Primera etapa*, comprendió la recolección de la información general, referente al tema de estudio, siendo las principales fuentes a: textos, publicaciones oficiales, informes estadísticos, publicaciones electrónicas, bibliotecas especializadas de instituciones. Durante esta etapa se formuló y evaluó el plan de tesis de acuerdo a requisitos reglamentados, contando además con el apoyo de los asesores y autoridades administrativas de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- b. Segunda etapa*, consistió en la preparación de los materiales para la recopilación de datos de campo. Entre éstos se tuvo el diseño, elaboración y aplicación del formato en el estudio, que serviría, para el análisis y desarrollo de los objetivos establecidos.

c. *Tercera etapa*, en esta fase se procesó e interpretó la data recopilada, del consumo de energía, la generación de RSD, las emisiones de CO₂ estimación del número de árboles para la absorción de las emisiones, que están generando impactos ambientales, económicos y sociales negativos. Con la finalidad de conocer y actuar sobre esta dinámica para mitigar el agravamiento del problema, así mismo de establecer las estrategias e implementación en el futuro de planes de una gestión ambiental eficiente, tendiente al equilibrio ecológico.

3. Descripción de la metodología utilizada

a. *Revisión de información bibliográfica secundaria*, se revisó la información de las publicaciones relativas a la situación socioeconómica de LN y L C. Esta información permitió establecer comparaciones entre las áreas distritales y metropolitanas del área de estudio.

b. *Grupos focales*, se seleccionó como espacio de estudio a los distritos comprendidos en las áreas metropolitanas de LN y LC, con las poblaciones urbanas estratificadas por NSE, que están ocupando dichas superficies urbanas.

c. *Recolección de datos*, se recopiló la información, sobre: la población urbana total, de cada distrito y de cada NSE, consumo de energía, generación de residuos con sus respectivas emisiones de CO₂.

d. *Análisis de los datos*, los datos almacenados, se analizaron con los Estadísticos Descriptivos: distribución de frecuencias (gráficamente), medidas de tendencia central y desviación estándar para medir el grado de dispersión de los datos. Los análisis estadísticos paramétricos para probar las hipótesis, se realizó con el empleo de programas SPSS Inc., STATGRAPHICS, MINITAB, EXCEL.

B. ÁREA DE ESTUDIO

1. Ubicación

El área de investigación, se ubica políticamente en el departamento de Lima, a las provincias de Lima y Provincia Constitucional del Callao; comprendiendo específicamente al área metropolitana de LN, como lo indica la Figura 01 y el Cuadro 01, los distritos de Ancón, Carabayllo, Comas, Los Olivos, Independencia, Puente Piedra, San Martín de Porras (Lima), Ventanilla (P.C. Callao), los cuales se localizan en la parte baja y media de la cuenca del río Chillón y costa central, aproximadamente a 10 Km. del centro Lima, con una área de 846 Km²; siendo LC, conformada por los distritos de: Jesús María, Miraflores, Rímac, San Borja, San Isidro, Santiago de Surco, con una área de 177.37 km².

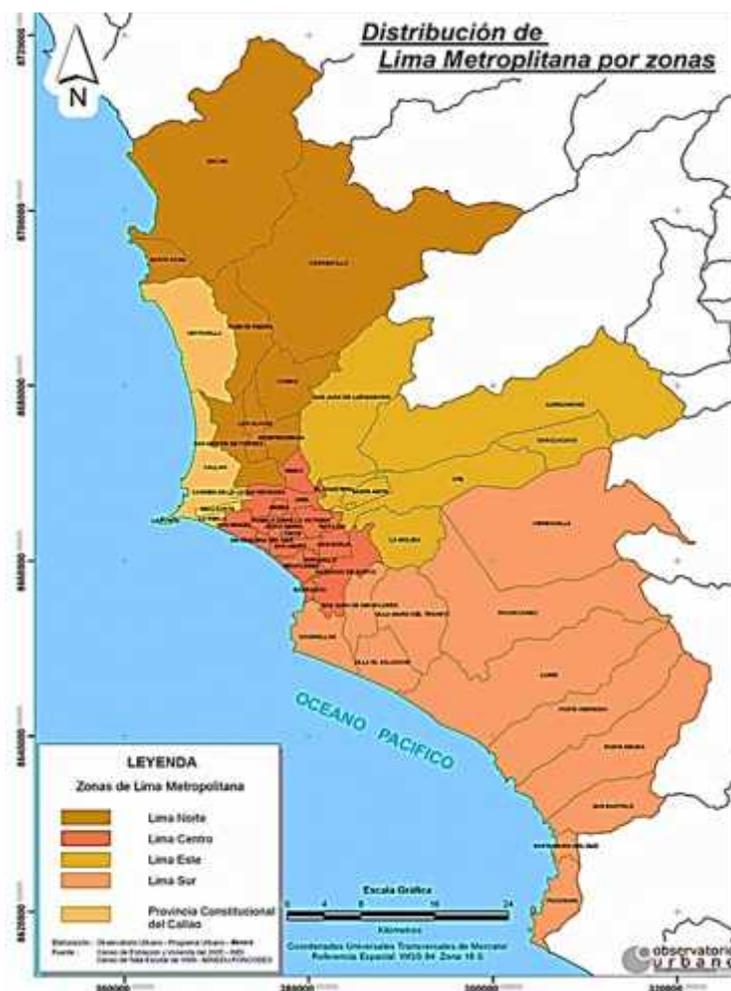


Figura 1. Distribución por áreas metropolitanas de Lima.

Cuadro 02. División política de las áreas de Lima norte y Lima centro

ÁREA	DISTRITOS
LIMA NORTE	Ancón, Carabaylo, Comas, Independencia, Los Olivos, Puente Piedra, San Martín de Porres, Santa Rosa
LIMA CENTRO	Lima Cercado, Jesús María, Miraflores, Rímac, San Borja, San Isidro, Santiago de Surco
Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima	

2. Población y Muestra de Estudio

a. Población.

La población se consideró a la población total de LN y de LC, divididas en distritos; como se muestra en el Cuadro 02. Durante el periodo de 1972 al 2010.

Cuadro 03. Población Total de LN, LC y distrital, de 1972 al 2010

Lugar	1972	1995	2000	2005	2010
Lima Metropolitana	3418452	6913682	7767800	8474342	9160384
Ancón	5,777 ⁷	19,964	25,150	28,852	33,580 ⁷
Carabaylo	28,827 ⁵	125,416	155,133	188,764	246,979 ⁵
Comas	183,358 ¹	434,690	434,257	451,537	512,558 ²
Independencia	115,788 ³	191,151	184,986	179,711	216,129 ⁶
Los Olivos	53,061 ⁴	281,115	335,017	286,549	344,287 ³
Puente Piedra	19,525 ⁶	133,517	178,609	203,473	276,891 ⁴
S. M. de Porres	179,664 ²	413,674	487,030	559,367	632,970 ¹
Santa Rosa	225 ⁸	10,600	17,003	9,946	13,502 ⁸
Total	630,584	1,705,452	1,890,334	2,132,623	2,610,405
Lima Cercado	316,322 ¹	390,447	336,003	308,314	308,314 ²
Jesús María	63,321 ⁵	87,511	65,167	61,220	71,215 ⁶
Rímac	64,330 ⁴	191,847	189,647	181,335	181,335 ³
Santiago Surco	70,953 ³	224,866	245,065	272,690	315,461 ¹
Miraflores	86,827 ²	108,841	86,544	81,143	86,090 ⁵
San Borja	36,776 ⁷	109,233	118,910	102,762	111,333 ⁴
San Isidro	61,979 ⁶	72,704	62,463	58,171	58,171 ⁷
Total	793,022	1,059,209	1,056,507	1,042,127	1,104,817

Fuente: Elaboración Propia, a partir de los censos INEI. Censos Nacionales desde 1940.

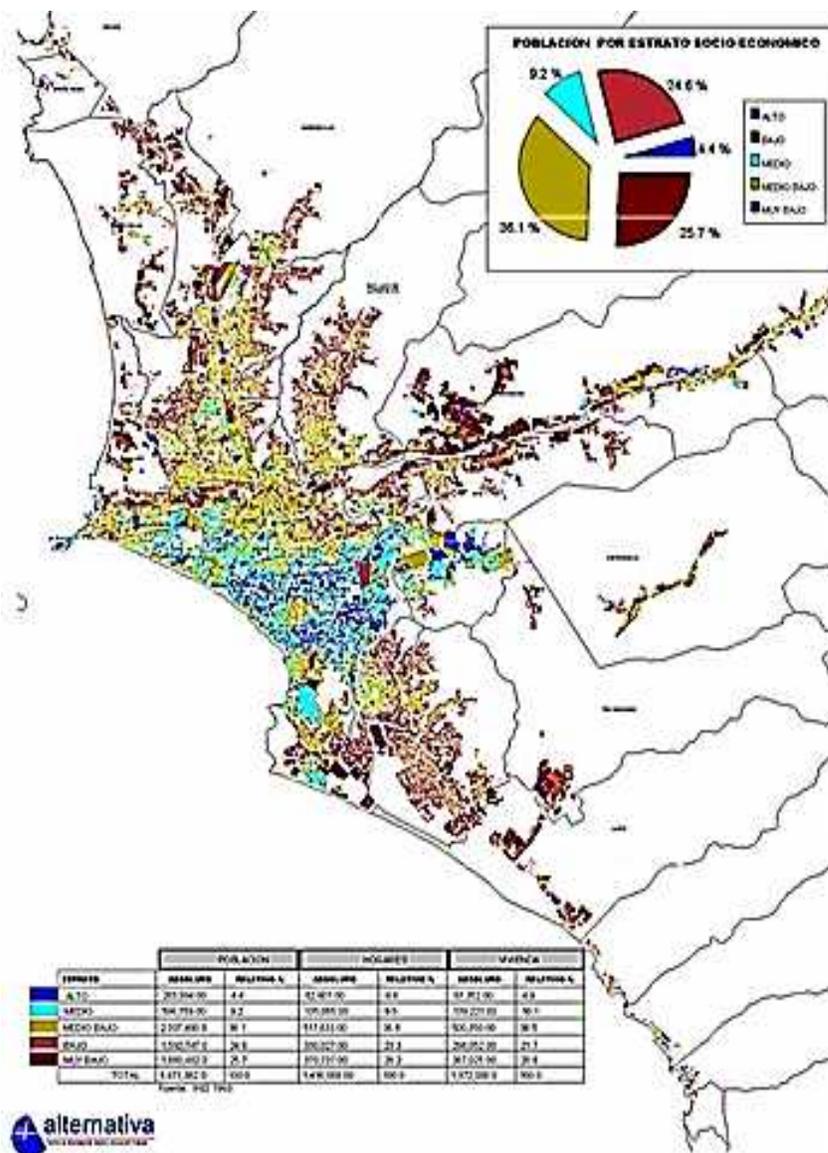


Fig. 01. Distribución de los NSE de Lima Metropolitana año 1993

b. Muestras de Estudio

Las muestras de estudio se tomó en cuenta a la población total urbana estratificada en niveles socioeconómicos (NSE), de los distritos, de las áreas metropolitanas de la investigación, que en orden descendente se clasificaron en: A, B, C, D y E; cada uno de estos niveles con la población total correspondiente, son presentados en el Cuadro 03 y 04, y la figura 03 y 04, por distrito de LN y LC, durante el 2001 y el 2010:

Cuadro 04. Población distrital, según NSE, de LN y LC en el 2001

Zona/ Distrito	A	B	C	D	E
Lima Metropolitana	253,239	1'147,485	2'136,697	2'714,396	1'646,048
S. M. Porres	0	36,108	277,681	153,96	83,751
Ventanilla	0	6,809	35,987	75,669	76,252
Puente Piedra	0	4,772	36,126	71,058	58,448
Carabaylo	0	4,533	34,315	67,496	55,518
Comas	0	20,573	210,103	174,21	32,829
Los Olivos	0	52,024	92,782	108,067	15,285
Santa Rosa	0	279	1,471	3,093	3,117
Independencia	0	9,165	79,253	88,418	2,876
Ancón	0	5,023	8,959	10,435	1,476
Total Lima Norte	0	147,767	618,286	777,718	398,581
Lima Cercado	0	78,004	119,01	69,063	42,240
Rímac	0	13,782	86,679	71,265	9,793
S. de Surco	76,893	105,353	47,434	17,226	2,747
Jesús María	2,694	51,425	6,122	919	62
Miraflores	24,700	52,662	6,573	0	0
San Borja	37,952	56,160	7,263	921	0
San Isidro	33,274	23,209	989	0	0
Total Lima Centro	392,713	476,253	196,962	82,329	30,222

Fuente: Elaboración Propia, a partir de los censos INEI.

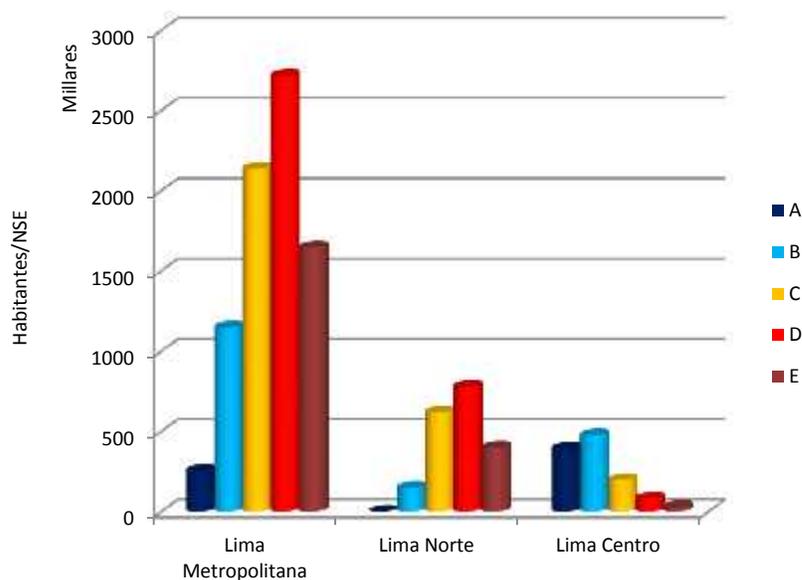


Figura 3 Distribución de la Población distrital, según NSE, de LN y LC en el 2001

Cuadro 05. Población de los distritos, según NSE de LN y LC en el 2010

Zona/ Distrito	A	B	C	D	E
Lima Metropolitana	476,340	1'621,388	3'032,088	2'766,436	1'264,133
Comas	6082	57266	149498	197641	96287
SM de Porres	3809	92043	271685	198051	69826
Ventanilla	4003	37687	98386	130069	63367
Puente piedra	3349	31528	82307	108812	53011
Carabaylo	2903	27330	71347	94323	45952
Los olivos	2050	49538	146221	106591	37589
Independencia	1279	30902	91214	66492	23443
Ancón	225	5417	15990	11656	4110
Santa Rosa	168	1581	4128	5457	2659
Total Lima Norte	26,105	331,522	924,084	926,694	402,003
Lima cercado	7439	59505	11587	80961	22315
Rímac	4590	36716	71491	49955	13769
Santiago de Surco	89276	131232	66563	20505	7887
San Borja	31508	46315	23492	7237	2784
Miraflores	24364	35814	18165	5596	2153
San Isidro	16448	24178	12264	3778	1453
Jesús María	13745	27988	22148	6837	499
Total Lima Centro	217,649	390,001	310,454	145,836	41,984

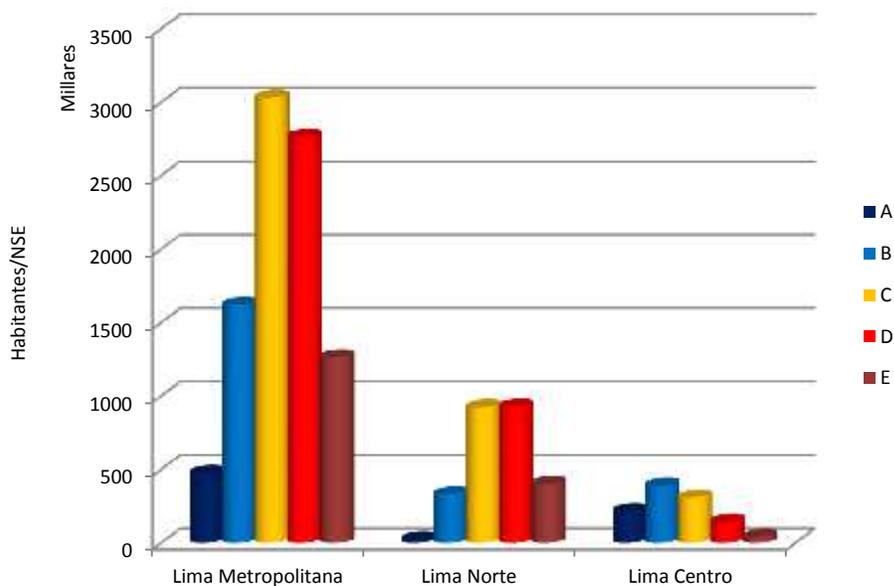


Figura 4. Distribución de la Población distrital, según NSE, de LN y LC en el 2010

3. Fuentes de Información

La información, obtenida para la elaboración del presente trabajo, fue obtenida de las bases de datos de los censos de población y vivienda desde 1940 al 2007 y de otras fuentes facilitadas por las entidades que se detallan en el Cuadro 05.

Cuadro 06. Entidades comprometidas en proporcionar información

VARIABLES	Entidades que suministran información				
	INEI	GL	MA,MVC,MAA	GR,GL	MEM, FAO
Población	x				X
Consumo de energía			x	x	
Niveles socioeconómicos	x		x	x	
Superficie forestal	x		x		
Residuos Sólidos Generados		x			
Composición de RS		x			
INEI: Instituto Nacional de Estadística. MA: Ministerio de Ambiente, MVC: Ministerio de vivienda y construcción, MAA: Ministerio de Agricultura y Alimentación MEM: Ministerio de Energía y Minas. GR, : Gobierno Regional GL: Local (municipalidades). FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.					

La data que posee las entidades, es con diferentes niveles de agregación y de información, posterior a los censos de población, para publicación, como lo es por distritos, provinciales, metropolitanos y departamentales; también se obtuvo una información adicional de las publicaciones realizadas en los informes mensuales y anuales de los gobiernos locales y regionales, así como de entidades responsables del suministro y control del consumo de energía y la generación de residuos sólidos.

C. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INTERPRETACION DE DATOS

Se utilizaron técnicas de investigación social, para acceder a información base sobre la estructura de la población total objetivo, consumo total y per cápita de bienes y servicios públicos, para el caso de consumo de energía y generación de residuos y determinar la emisión total y per cápita de GEI, por niveles socioeconómicos, de acuerdo al siguiente detalle:

1. Diseño Estadístico

El estudio realizado fue diseñado con el objetivo de aplicar los criterios detallados y sistematizados, en el procesamiento e interpretación, de la data obtenida, considerando los factores del nivel de medición de las variables y de las Hipótesis formuladas.

2. Tratamiento de Los Datos

Las datas obtenidas, se validaron para el procesamiento e interpretación, considerándose dos factores: El tamaño de la población sectorizada y con un nivel de confianza del 95%. La data necesaria y de utilidad en la presente investigación se muestra en el Cuadro 06.

Cuadro 07. Procesamiento de la información obtenida

Información necesaria	Tratamiento dado
Población Total a nivel distrital y metropolitana	Determinar la dinámica demográfica de las áreas de estudio.
Identificación de la población, por niveles socioeconómicos. (NSE)	Análisis de la información en grupos de población bajo condiciones "homogéneas".
Consumo de energía total y per cápita, GWh/año, MWh/hab/año.	Correlacionar con la población objetivo.
Generación total y per cápita de RSD, t/año, Kg/hab/día.	Correlacionar con la población objetivo.
Emisión de CO ₂ por consumo de energía y generación de RSD. t/año, Kg/hab/día.	Evaluación de las tendencias de los volúmenes de los CO ₂
Determinación de la absorción de CO ₂ , mediante la estimación de arboles	Relación de la carbono neutralidad de los distritos de las áreas metropolitanas
Dinámica del consumo de energía y generación de RSD, con la población total y agrupada en NSE.	Relación de la curva de consumo de energía y producción de residuos.

3. Determinación de Emisión y Absorción de CO₂.

a. Calculo de las emisiones por la producción de electricidad,

La emisión de carbono anhídrido gramos de CO₂ por kWh de electricidad producida, varía mucho entre los países y depende de la combinación de fuentes de energía utilizada para producir energía. Las emisiones de CO₂ por kWh de electricidad y calor generación, tenga en cuenta las emisiones de CO₂ de los combustibles fósiles consumidos para la electricidad, calor y electricidad y las principales centrales térmicas actividad dividida por la producción de electricidad y calor generados a partir de combustibles fósiles, nuclear, hidráulica (sin almacenamiento por bombeo), geotérmica, solar y biomasa . Tanto los productores como actividad principal y los autoprodutores se han incluido en el cálculo de las emisiones de.

Si consideramos sólo la producción de electricidad (sin calor) los valores será mayor. CO₂ g/kWhel

El cálculo de las emisiones de CO₂ asociadas al parque de generación de Lima metropolitana. Para ello, Red Eléctrica utiliza un factor de emisión para cada una de las fuentes de energía de la curva de la demanda y, de esta manera, obtener la tasa de emisión total.

El factor de emisión utilizado para cada fuente de energía viene expresado en toneladas de CO₂ por kilovatio hora (tCO₂/kWh) y representa las toneladas de dióxido de carbono emitidas a la atmósfera al generar una cantidad de energía eléctrica igual a un kWh.

La tasa de emisión de CO₂ asociada a cada fuente de energía se calcula multiplicando el factor de emisión de la fuente por su potencia correspondiente, expresada en kW y de acuerdo con la información recibida de la Red Eléctrica en tiempo real. El valor resultante de la tasa de emisión viene expresado en tCO₂/hora (toneladas de CO₂ por hora).

La tasa de emisión total asociada al parque generador de Lima Metropolitana corresponde a la suma de las tasas de emisión de cada una de las fuentes de energía. El cálculo de los factores de emisión se realiza de acuerdo con los valores presentados por La Agencia Internacional de Energía, cuyas cifras están en el anexo: F. <http://www.iea.org/>

b. Calculo de Biogás en RSD

Las estimaciones en los estudios a nivel mundial, conociendo que la producción de Biogás, depende de varios factores (situación geográfica, RS Domiciliarios o Municipales, tipo de alimentación, clima, etc.), para los efectos prácticos y de cálculo, se considera la siguiente composición:

- Metano (CH₄) 55%
- Dióxido de Carbono (CO₂) 40%
- Vapor de agua 5% Otros Trazas

c. Producción de Carbono en Rellenos Sanitarios

Los estudios realizados tanto por la OMS como por la OPS, en distintos países, y de acuerdo a los valores establecidos para países en desarrollo por BINGERNER y CRUTZEN, serían los siguientes:

- Materia orgánica en los RSD 57%
- Contenido de Carbono de la materia orgánica 30%
- Fracción de la materia orgánica que se degrada 77% Factor de Emisión (F.E) o Producción de CH₄ y CO₂, como CARBONO básico por tonelada (t) de RSD:

$$F.E = 0,57 * 0,3 * 0,77$$

$$F.E = 0,132 \text{ (t de Carbono por t de RSD)}$$

d. Producción de CO₂ por Generación Directa

El 40%, como se señaló en el párrafo 1 precedente, corresponde a la generación directa de CO₂, por lo que la generación de CO₂ por (t) de RSD será:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= (\text{t de C} * 0,4 * \text{PM CO}_2 / \text{PM C}) \\ \text{CO}_2 &= 0,132 * 0,4 * 44 / 12 \\ \text{CO}_2 &= 0,194 \text{ (t de CO}_2 \text{ directo por t de RSD)} \end{aligned}$$

e. Producción de CO₂ por Generación Indirecta, (Quema)

Tal como se señaló en el párrafo 1 precedente, el 55% corresponde a generación directa de CH₄. Si se considera que sólo el 90% del CH₄ se quema, y se tendrá la producción de CO₂:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= (\text{ton de C} * 0,55 * 0,9 * \text{PM CO}_2 / \text{PM C}) \\ \text{CO}_2 &= 0,132 * 0,55 * 0,9 * 44 / 12 \\ \text{CO}_2 &= 0,240 \text{ (t de CO}_2 \text{ por quema del 60\% del CH}_4\text{)} \end{aligned}$$

El 10% restante de CH₄ se va directo a la atmósfera.

Dado que la acción del CH₄ es 21 veces el efecto del CO₂, el equivalente (Equate) en CO₂ será:

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 &= (\text{t de C} * 0,55 * 0,1 * \text{PM CH}_4 / \text{PM C}) \\ \text{CH}_4 &= 0,132 * 0,55 * 0,1 * 16 / 12 \\ \text{CH}_4 &= 0,0266 \text{ t de CH}_4 \text{ Equate de CH}_4 \text{ a CO}_2 = 21 \\ \text{CO}_2 \text{ Equate} &= 0,0266 * 21 \\ \text{CO}_2 \text{ Equate} &= 0,560 \text{ (t de CO}_2 \text{ Equate por CH}_4\text{)} \end{aligned}$$

La producción total de CO₂ por tonelada de RSD = 0,992t de CO₂, por t de RSD es decir, por cada (t) de RSD depositada en Relleno Sanitario, se producirá, una emisión de 1t de CO₂. aproximadamente

Antecedentes para el cálculo de emisión de CO₂ como ejemplo:

- Población 9'160,380 habitantes.
- Generación de RSD

Por habitante 1.09 kg/día

Total 9'984,819 kg/día

- Porcentaje total de RSD que se depositan en Rellenos Sanitarios 85 % en promedio en LM

- Total de RSD en Rellenos Sanitarios 8'487,096kg/día
8,487t/día

- Total generación Toneladas equivalentes de CO₂:

Factor de emisión 1.09 * 8,487t/día
3'097,790t/año

Factor de emisión 0,8 * 6,790t/día
2'478,204t/año

La ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA-USA), señala que el beneficio Neto en t de CO₂ (Equivate) es, como mínimo, de: 0,8t de CO₂ por t de RSD. ^(2, 13)

f. Calculo de la emisión de CO₂ por el consumo de energía.

g. Calculo del Área de la Captura de Carbono

El cuadro 08, incluye las variables que permiten calcular el contenido de carbono de algunas especies de árboles.

Cuadro 08. Variables para el cálculo de carbono en árboles.

Especie	Peso en estado Verde (Kg/m ³)	Densidad (Kg/m ³)	Contenido de carbono (Kg/m ³)
Coligüe	1.100	540	270
Eucalipto	1.180	650	325
Pino insigne	0.810	430	215
Roble	1.240	520	260

h. Cantidad de Carbono en el Aire y la Madera

Se conoce que un m³ de madera de pino insigne o radiata contiene 215 kilos de carbono, es decir, 215.000 gramos. Para calcular cuántos m³ de aire es capaz de limpiar cada uno de estos árboles, se divide la cantidad de carbono contenida en él por 0,177, que equivale al peso del carbono en un m³ de aire.

$$215.000/0,177 = 1.214.689$$

El resultado obtenido nos muestra que cada m³ de pino insigne o radiata puede fijar el carbono contenido en 1,2 millones de m³ de aire. Consideremos, además, que a cada tipo de árbol le corresponde una tasa de crecimiento (producción) anual por hectárea. Por ejemplo:

Bosque nativo : 3 m³ /año/ha
Pino insigne : 24 m³ /año/ha
Eucalipto : 30 m³ /año/ha

Un árbol sano de mediano tamaño almacena del orden de 13 "libras" de carbono al año, que son 0,006 toneladas de carbono (aunque depende de las especies y condiciones ambientales).

Teniendo en cuenta que la relación entre CO₂ y C es de 44/12, la cantidad de CO₂ que fijaría sería 0,022 toneladas.

Si un árbol crece 100 kilos por año, contando las hojas, flores y semillas, podemos pensar que eso equivale, a 50 kilos de materia seca, con la mayor parte celulosa, que tiene una proporción de 6 a 21 de carbono (C₆ H₁₀ O₅) n. En suma, 50 x 6 /21 = 14,3 kg de carbono. Pero como la molécula de dióxido de carbono tiene una masa de 14 + 16 + 16 = 46, por cada 14 kilos de carbono se absorben 46 kilos de CO₂. Sin embargo, un árbol más pequeño quizá no suministre cien kilos de leña por año. Hoy se acepta que un árbol maduro pequeño absorbe 6 kg de CO₂ por año.

i. Número de Árboles

Un árbol «modelo» puede absorber 0,67t de CO₂ (Fuente Greenfleet).
GEI, desplazados (toneladas de CO₂)/0,67 = Número de árboles.

$$19,000/0,67 = 28,358 \text{ árboles.}$$

Es decir, que diecinueve mil toneladas de CO₂ por año es la cantidad equivalente de CO₂, debiéndose contar con 28,000 árboles, para tener la capacidad de absorber, por lo que se evidencia la necesidad de disminuir

la emisión de CO₂, sobre todo en el actual escenario mundial en el que cada vez se talan más árboles, en lugar de aumentar la superficie boscosa de la Tierra. Dicho de otro modo, si se talan 28,000 árboles, las casi veinte mil toneladas de CO₂ se irían a la atmósfera, lo que repercutiría en la aceleración de los daños ambientales.

Una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aprox. de CO₂ atmosférico. Una tonelada de madera con 45% de carbono contiene 450 Kg. de carbono y 1575 Kg. de CO₂. Se debe tener en cuenta que si consideramos a los arboles maduros, plantados a una distancia de 5m entre los mismos, forman un bosque de 400 árboles por hectárea. Si cada árbol contiene 300 Kg. de carbono, y 42% de la madera del árbol es carbono, esto significaría que cada árbol pesa 714 Kg. En este caso, la captura de carbono sería de 120 toneladas por hectárea (400 x 714 x 42%)⁽³⁵⁾

Estimaciones sobre la captura de carbono durante 100 años oscilan entre 75 y 200t/ha, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Es posible entonces asumir 100t de carbono capturado por hectárea, equivalente a 350t de CO₂ /ha/100 años. Esto es una tonelada de carbono y 3.5 ton de CO₂/año/ha, sin tomar en cuenta la pérdida de árboles. Calculando la pérdida de árboles en 25% por hectárea. Entonces la captura de carbono es de 75t/ha equivalente a 2.6t de CO₂ /año/ha⁽⁶⁸⁾.

V. RESULTADOS

Los resultados obtenidos, en la investigación realizada, en base a los objetivos establecidos, en cuanto al consumo total y per cápita de energía eléctrica residencial GW/año, MW/hab/año, generación total y per cápita de residuos t/año, kg/hab/año, emisión total y per cápita de CO₂t/año, kg/hab/año/, por el consumo de energía y generación de Residuos Sólidos, y la determinación del total del número de árboles para la absorción de CO₂, por parte de las poblaciones totales de los distritos agrupadas en NSE, de las áreas de estudio, se expresan a continuación:

B. Consumo de energía y generación de RSD, total y per cápita (GWh/año o MWh/hab/año) y (t/año o kg/hab/año) respectivamente, de la población total de los distritos, de las áreas de LN y LC, durante el periodo de 1993 al 2010.

1. Consumo Total de Energía (GWh/año).

Los resultados obtenidos, del consumo total, de energía eléctrica GW/año, de la población total de los distritos, de las áreas de estudio, se presentan en el Cuadro 09: durante el periodo de 1993 a 2010

Cuadro 09. Consumo total de energía GWh/año, entre 1993 y 2010.

DISTRITO	Consumo 1993	Consumo 2010	Variación del Consumo de energía		
			Acumulado (18)	Incremento μ /año	Incremento %/año
Lima Metropolitana	5720.113	13465.764	169185.148	3679.062	64.318
S.M. Porres	342.940	930.466	10831.934	258.834	70.475
Comas	364.549	743.460	9395.809	157.440	43.188
Los Olivos	205.685	506.102	6007.962	128.091	62.275
Independencia	165.822	317.710	3985.347	55.586	33.522
Carabaylo	96.056	363.051	3683.323	33.854	108.57
Puente Piedra	92.688	407.030	4044.481	132.005	142.419
Ventanilla	84.009	490.258	4522.131	167.221	199.051
Ancón	17.748	49.363	578.971	14.417	81.232
Santa Rosa	3.522	19.848	209.545	8.119	230.533
Total Lima Norte	1373.017	3837.295	42922.085	1011.543	73.673
Lima Cercado	306.912	420.536	6164.265	35.547	11.582
Satgo. Surco	180.973	463.728	5522.800	125.849	69.540
Rímac	79.756	259.483	3599.959	120.242	150.762
San Borja	90.108	167.660	2196.063	31.896	35.397
Miraflores	78.538	126.552	1699.231	15.864	20.201
Jesús María	59.103	104.686	1291.860	12.667	21.432
San Isidro	56.802	85.437	1205.934	10.194	17.947
Total Lima Centro	852.192	1624.081	21773.861	357.467	41.947

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

A nivel de LN, los valores hallados, en los distritos de menos a más que consumió para el 1993 fue: con 3.522 (Sta. Rosa) y 364.544 (Comas), en el 2010, estos resultados oscilaron entre: 19.848 (Sta. Rosa) y 930.466 (SM Porres). Destacando el distrito de SM Porres con (10831.934), el que mayor consumo total acumulo, comparado al resto de los distritos. Como se aprecia en la Fig.05, el comportamiento del consumo total de energía residencial GWh/año en los distritos, desde el inicio del periodo mencionado.

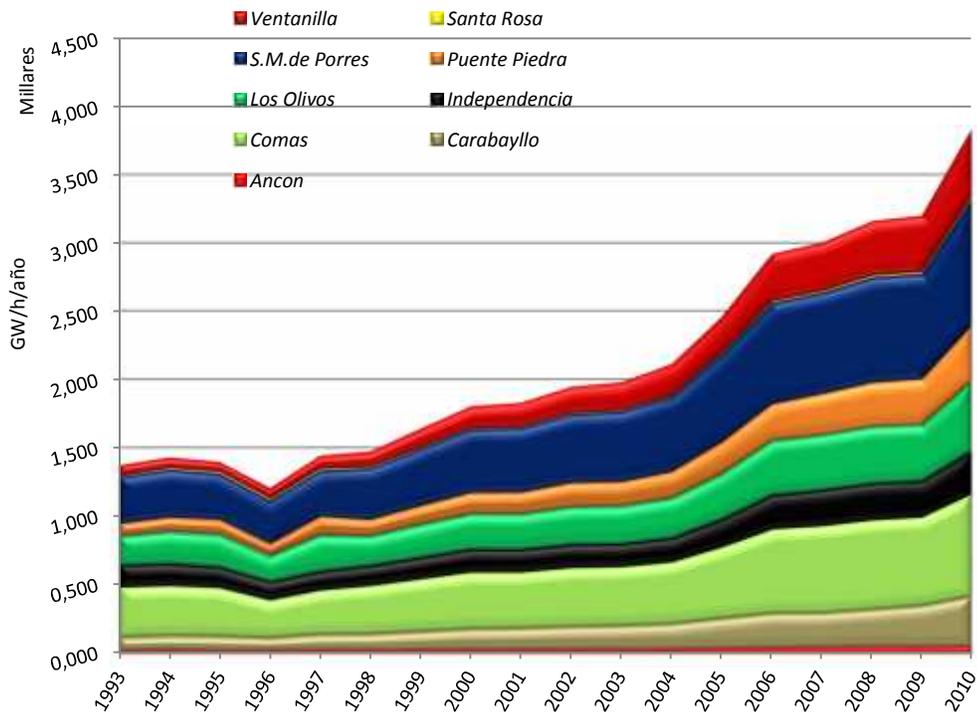


Figura 05. Consumo total de energía GW/h, entre 1993 y 2010, de los distritos de LN.

A nivel de LC, los valores hallados, en los distritos de menos a más que consumió para el 1993 fue: de 56.802 (Jesús María) y 306.912 (L. Cercado), en el 2010, estos resultados estuvieron entre: 85.437 (Jesús María) y 463.728 (Santiago de Surco). Sobresaliendo el distrito de Lima Cercado (6164.265), el que mayor acumuló en el consumo total, referente al resto de los distritos. Como se aprecia en la Fig.06, el comportamiento del consumo total de energía residencial GWh/año en los distritos, desde el inicio del periodo mencionado.

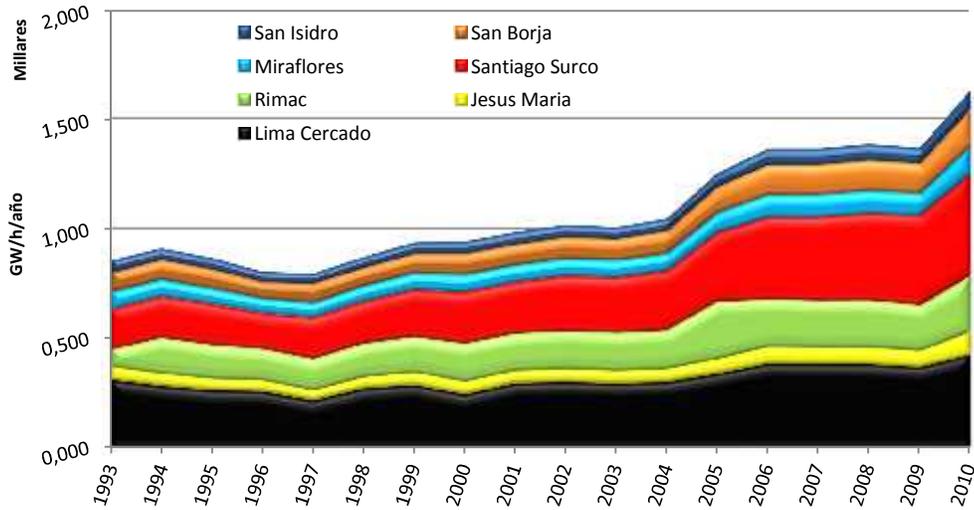


Figura 06. Consumo total de energía GW/h, entre 1993 y 2010, en los distritos de LC.

A nivel de LN, LC, los resultados encontrados, para 1993 estuvieron entre: 1373.017(LN) y 852.192(LC), en cambio en el 2010, estos datos oscilaron entre: 3837.295(LN) a 1624.081(LC), persistiendo en LN, la población total que mayor consumió en referencia a LC, en cuanto al incremento promedio por año del consumo de las dos áreas metropolitanas, fue de: 1011.543(LN) y 357.467(LC). Siendo presentado este comportamiento la Fig.07, del consumo total de energía residencial GWh/año de la población total de cada una de las áreas metropolitanas de LN y LC en el periodo mencionado.

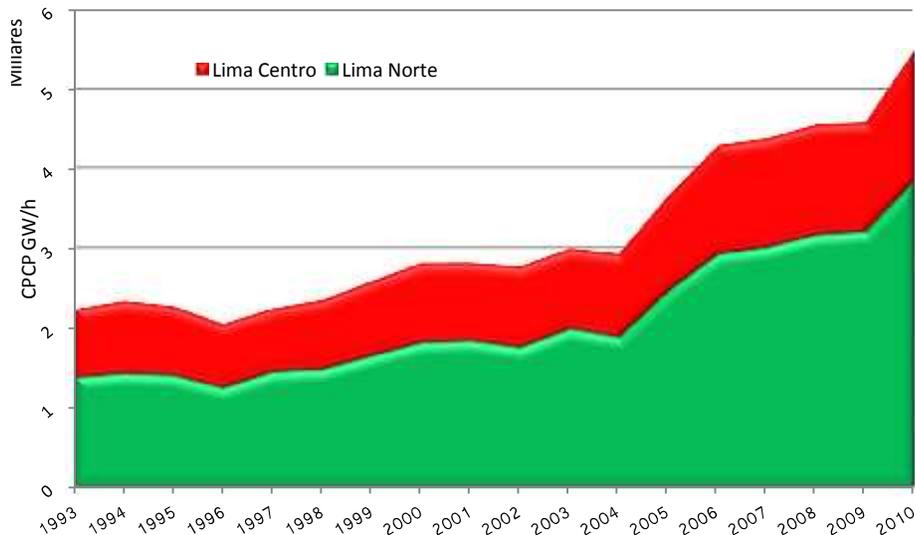


Figura 07. Consumo total de energía GW/h, entre 1993 y 2010, en LN y LC.

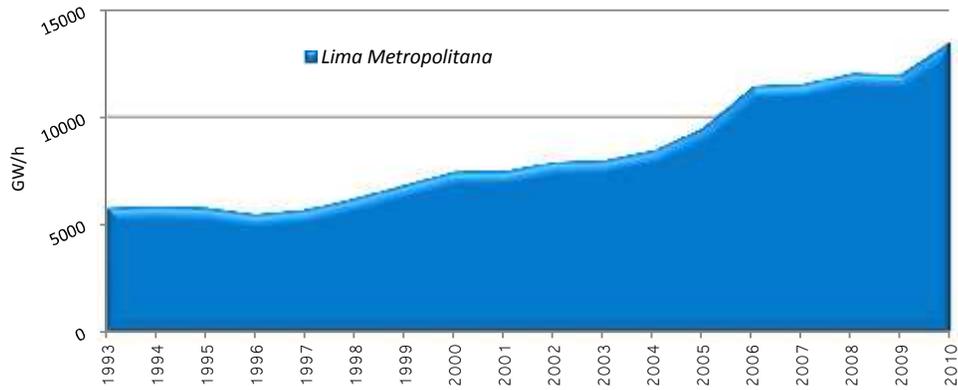


Figura 08. Consumo total de energía GW/h, entre 1993 y 2010, en LM.

2. Consumo Per Cápita (MWh/hab/año).

El Consumo PC MWh/hab/año, para el periodo investigación, son presentados en el Cuadro 10, determinándose que los valores variaron entre 0.889 y 1.470 MW/h; con un incremento acumulado total de 0.581 MWh/hab.

Cuadro 10. Consumo PC/hab/año de energía eléctrica MWh, entre 1993 y 2010,

AREA	Consumo 1993	Consumo 2010	Variación del Consumo total de energía		
			Acumulado (18)	Incremento /año	Incremento %
LN - LC	0.889	1.470	0.581	0.03	3.631

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

El incremento promedio por año, del consumo fue de 0.03 MWh/ha/año, como se aprecia en la Fig.09, el comportamiento del consumo total por año, representando el 3.631% de incremento promedio por año, desde el inicio del periodo de investigación.

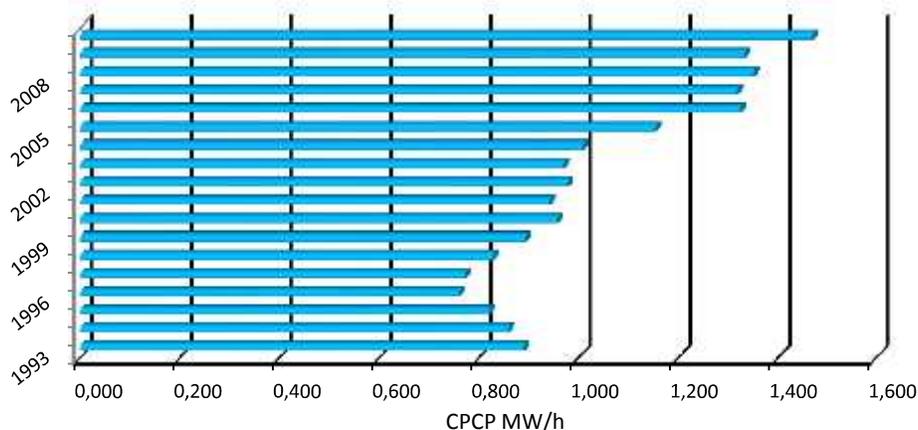


Figura 09. Consumo PC de energía MWh/hab/año, entre 1993 y 2010.

3. Generación total y per cápita de residuos sólidos (RSD),

Los resultados de la generación total y per cápita de RSD Ton/año, Kg/ha/año respectivamente, de la población total de los distritos y de cada área metropolitana, durante 1994 al 2010, se expresan a continuación.

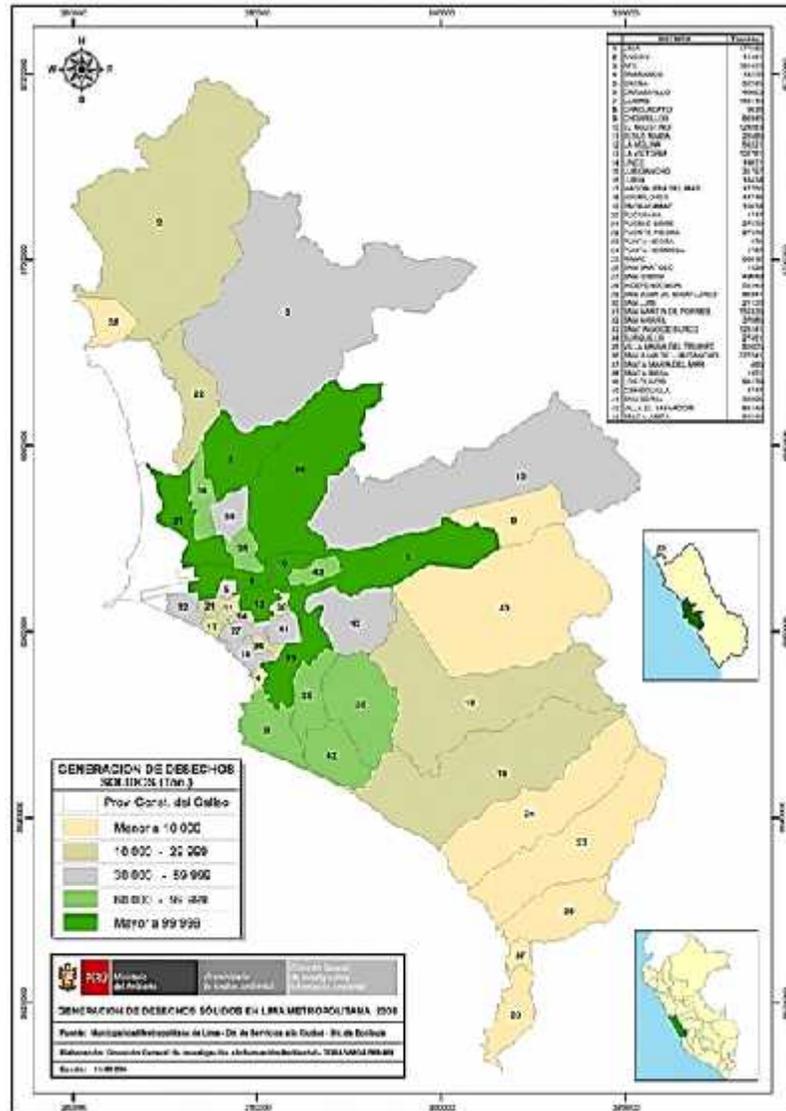


Fig. 10. La generación de residuos sólidos (t), EN Lima Metropolitana.

a. Generación Total de RSD, (Ton/Año).

A nivel de LN, los valores obtenidos, de la generación total de RSD, Ton/año, de las poblaciones de los distritos de esta área metropolitana, se presentan en el Cuadro 11. los distritos que menos y más generó fue para el año 1994: 1,338(Ventanilla) y 92,160(SM Porrás), para el 2010, estos resultados variaron entre: 2,301(Sta. Rosa) y 313,088(SM Porrás).

Destacándose el distrito de SM Porres (2149522), el que tuvo mayor acumulación en la generación total, en referencia a los otros distritos. También se aprecia en la Fig.11, el comportamiento de esta actividad en los distritos, desde el inicio del periodo mencionado.

Cuadro 11. Generación total de RSD, (t/año), entre 1994 y 2010,

DISTRITO	Total RS/t 1994	Total RS/t 2010	Variación de la Generación de RSD		
			Acumulado (17)	Incremento μ /año	Incremento (%)
Lima Metropolitana	1248156	3630746	32513926	664428	53.23
S.M. Porres	92160	313088	2149522	34283	37.20
Comas	55440	166635	1891933	55850	100.74
Los Olivos	55080	149781	1285865	20559	37.33
Independencia	25200	99274	778663	20604	81.76
Carabaylo	14760	159050	661922	24177	163.80
Puente Piedra	14040	183483	830426	34809	247.93
Ancón	3240	17403	150549	5616	173.33
Santa Rosa	2520	2301	26409	-32	-1.25
Ventanilla	1338	98953	685723	38999	2914.72
Total Lima Norte	263778	1189968	8461012	233929	88.68
Lima Cercado	121680	191624	2712914	37903	31.15
Satgo. Surco	73440	180276	1701851	26669	36.31
Rímac	46080	73656	880456	5712	12.40
La Molina	28440	73656	803599	18831	66.21
Miraflores	31680	53750	695698	9243	29.18
San Borja	36360	37834	621071	174	0.48
San Isidro	23040	39080	556483	9694	42.08
Jesús María	19440	36336	405782	4430	22.79
Total Lima Centro	380160	686212	8377854	112655	29.63

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

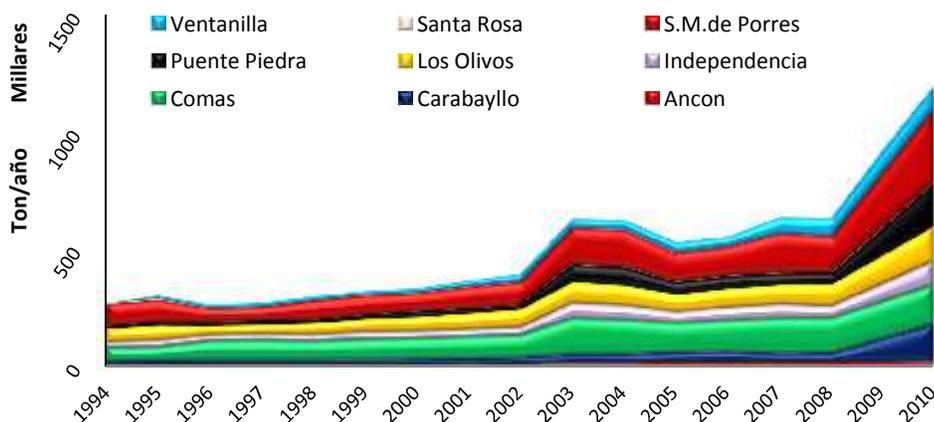


Figura 11. Generación total de RSD en t/año, entre 1994 y 2010, en los distritos de LN.

A nivel de los distritos de LC, los resultados obtenidos, en 1993, para los distritos que menos y más generó RSD fue: 19,440(J. María) y 121,680(Lima Cercado), en el 2010, estos resultados estuvieron entre: 36,336(Jesús María) y 191,624(Lima Cercado).

Sobresaliendo el distrito de Lima Cercado (2'712,914), el que tuvo mayor acumulación total de RSD, en referencia al resto de los distritos. Podemos apreciar en la Fig.12, el comportamiento de la generación total de RSD Ton/año en los distritos, desde el inicio del periodo mencionado.

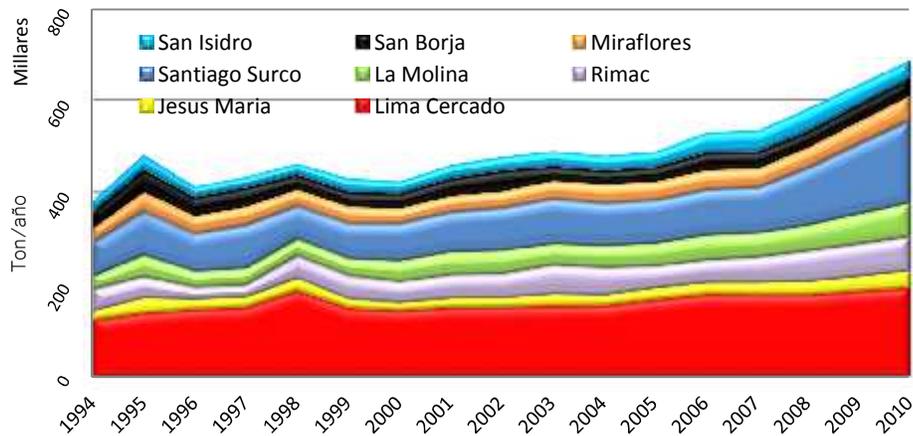


Figura 12. Generación total de RSD, t/año, entre 1994 y 2010, en los distritos de LC.

A nivel de LN, LC, los valores obtenidos variaron entre 263,778(LN) y 380,160(LC) en 1994, y de 1'189,968 (LN) a 686,212(LC) durante el 2010; con un valor acumulado de generación de 8'461,012, en (LN) y 8'377,854 para (LC); siendo el incremento promedio por año de: 233,929 para LN y de 112,655 en LC.

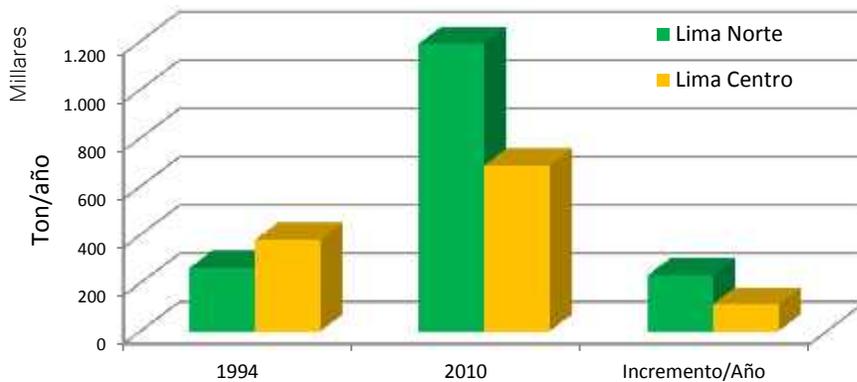


Figura 13. Generación total de RSD, entre 1994 y 2010, en LN y LC.

La Fig.13, describe el incremento promedio por año, entre: 88.68% (LN) y 29.63%(LC) promedio por año, para las áreas mencionadas, en la generación de RSD t/año, durante el periodo de investigación.

b. Generación Per Cápita de RSD (kg/hab/día).

A nivel de LN, los resultados obtenidos, de la generación Per Cápita de RSD kg/hab/día, de la población total de los distritos, de esta área metropolitana, se presentan en el Cuadro 12: variaron, de menor a mayor entre: 0.47 (Ancón) y 0.74 (Sta. Rosa), en 1994 y de 0.88 (Los Olivos), a 2.22 (Sta. Rosa) para el 2010.

Cuadro 12. Generación PC de RSD, kg/hab/día, entre 1994 y 2010

DISTRITO	PPC 1994	PPC 2010	Variación PPC		
			Diferencia (17)	Incremento μ /año	Incremento %
Lima Metropolitana	0,47	0,95	0,48	0,03	6.007
Puente Piedra	0,28	1,26	0,98	0,06	20.59
Carabaylo	0,27	1,26	0,99	0,06	21.57
S.M. Porres	0,34	0,95	0,61	0,04	10.55
Independencia	0,33	1,00	0,67	0,04	11.94
Comas	0,33	0,96	0,63	0,04	11.23
Los Olivos	0,33	0,88	0,55	0,03	9.80
Ventanilla	0,31	0,75	0,44	0,03	8.35
Ancón	0,47	1,54	1,03	0,06	12.89
Santa Rosa	0,74	2,22	1,48	0,09	11.76
Lima Norte	0,39	0,91	0,52	0,03	7,69
San Isidro	0,87	2,26	1,39	0,08	9.398
Lima Cercado	0,73	1,70	0,97	0,06	7.816
Jesús María	0,66	1,38	0,72	0,04	6.417
Miraflores	0,88	1,54	0,66	0,04	4.412
San Borja	0,68	1,33	0,65	0,04	5.623
Santiago Surco	0,71	1,31	0,60	0,04	4.971
Rímac	0,38	0,96	0,58	0,03	8.978
Lima Centro	0,98	1,53	0,55	0,03	3.30

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

Se determinó que existió un incremento de la generación PPC de RSD kg/hab/día, en promedio por año, que oscilo de menor a mayor de: Ventanilla (0.03) y Sta. Rosa (0.09), en el periodo de mencionado.

La Fig.15, describe el comportamiento de esta actividad, de la población total, de cada distrito, apreciándose el incremento del Carabaylo (21.57%) y Ventanilla (8.35%) promedio por año, durante el período de estudio. A nivel de LC, los datos obtenidos de la PPC kg/hab/día de RSD, que variaron

entre: (0,88) en Miraflores y (0,38) para Rímac, durante 1994 y de (0,96) en el Rímac a (2,26) para San Isidro, durante el 2010.

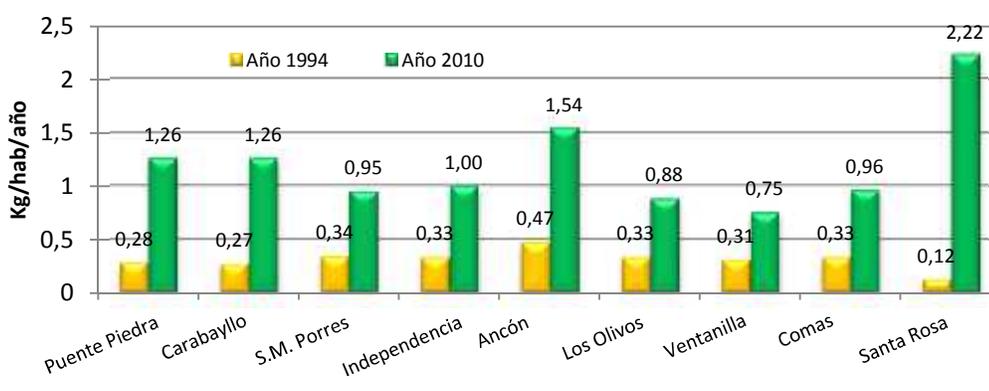


Figura 15. PPC de RSD, kg/hab/día, en LN, comprendido entre 1994 y 2010.

El incremento de la generación PPC de RSD kg/hab/día de la población total, de cada distrito, varió entre: (0,03) en el Rímac y de (0,08) para san Isidro, durante el periodo de estudio. La Fig.16, describe el comportamiento, de esta actividad en cada distrito, con un incremento de menor a mayor en Miraflores del 4.412% y San Isidro del 9.398%, promedio por año, durante el periodo de estudio.

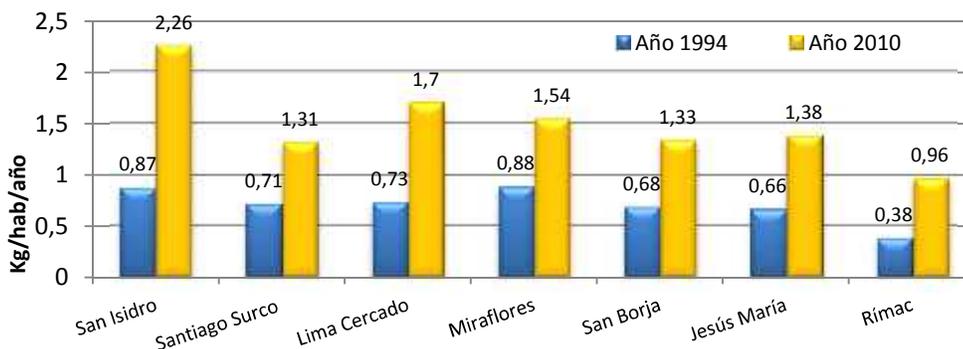


Figura 16. PPC de RSD, kg/hab/día en LC, durante 1994 y 2010.

A nivel de LN, LC, donde los valores de la PPC de RSD, kg/hab/día que variaron entre: 0.39 (LN) y 0.98 (LC), durante 1994, siendo en el 2010, de 0.91 (LN) y 1.53 (LC); con el incremento promedio por año de: 0,03(LN) y en (LC), desde el inicio del periodo.

La Fig.17, describe el incremento de la generación, siendo los valores que representan entre 7,69% y 3.30% promedio por año, para las áreas mencionadas durante el periodo de investigación.

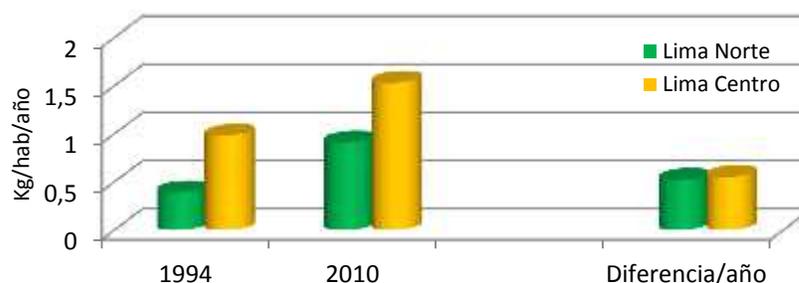


Figura 17. Producción PC de RSD, en LN y LC, durante 1994 y 2010.

c. Producción Total y Per Cápita De RSD, por Nivel Socio Económico NSE.

1) Generación Total de RSD t/año/NSE

A nivel de LN, los valores obtenidos de La generación total de RSD en t/año, de la población total de cada distrito de esta área metropolitana, agrupada en niveles socioeconómicos (NSE), durante el año 2010, se presentan en el Cuadro 12. Que varió en los de mayor generación por NSE en: Puente Piedra 2,202(A), SM. Porres 45,398(B), 134,002(C), y 97,684(D) y Puente Piedra 34,862(E); y de menores valores: Sta. Rosa 28(A), 261(B), 679(C), 898(D) y 438(E).

Cuadro 13. Generación total de RSD t/año, según NSE, durante el 2010.

DISTRITO	NIVELES SOCIOECONOMICOS				
	A	B	C	D	E
Lima Metropolitana	188759	642643	1201777	1096486	501042
Puente Piedra	2202	20734	54128	71559	34862
S.M. Porres	1879	45398	134002	97684	34439
Comas	1200	18830	49158	64988	31661
Carabaylo	1909	17973	46920	62030	3022
Los Olivos	899	21719	64107	46732	16476
Ventanilla	951	8950	23364	30888	15048
Independencia	596	14395	42490	30974	10921
Ancón	105	2131	7449	5430	1915
Santa rosa	28	261	679	898	438
Lima Norte	8195	104065	290071	290890	126189
Lima cercado	4985	39874	77608	54252	14953
San Borja	1917	15330	29849	20858	5749
Jesús María	51025	75005	38044	11720	4508
Rímac	15226	22381	11352	3497	1345
Satgo. Surco	11066	16266	8251	2542	978
San isidro	10726	15767	7997	2464	948
Miraflores	7026	14306	11321	3495	255
Lima Centro	77067	138094	109928	51639	14866

Fuente: Elaboracion propia enero 2011

La Fig.19, describe, la generación total de esta actividad, t/año, de la población total de los distritos de LN agrupado por NSE, donde se aprecia el orden de mayor a menor generación: C, D, B, E y A, durante el año 2010.

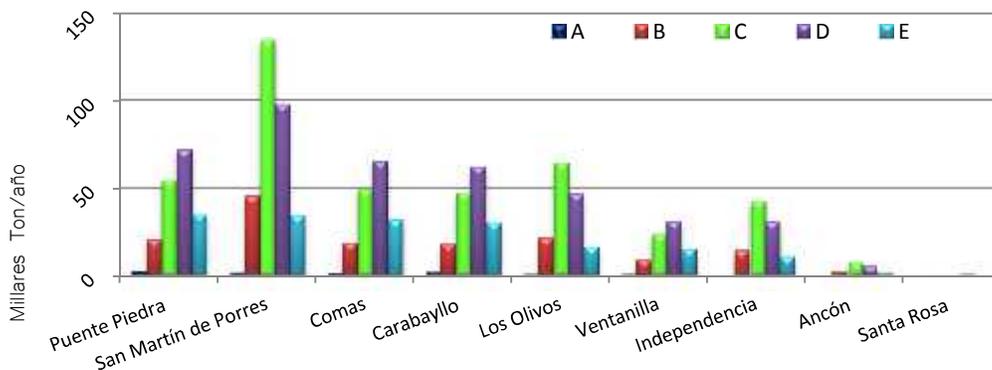


Figura 19. Producción total de RSD, (t/año), en LN, durante el 2010.

A nivel de LC. Los valores obtenidos, de la generación total de RSD, t/año, variaron, en los de mayor generación están: Jesús María 51,025(A), 75,005(B), Lima Cercado 77,608(C), 54,252(D) y 14,953(E); y en los de menor valor: San Borja 1,917(A), Miraflores 14,306(B), San Isidro 7,997(C), 2,464(D) y Miraflores (E).

La Fig. 20, describe, el comportamiento de esta actividad, de la población total de los distritos de agrupados por NSE, con un orden de mayor a menor generación: C, B, D, A y E, durante el año 2010.

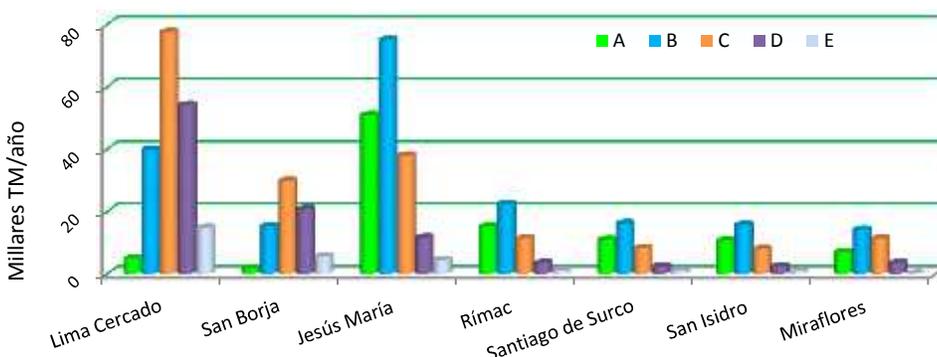


Figura 20. Producción Total ton de RSD, en LC durante el 2010.

A de LN, LC, los valores, de la generación total de RSD t/año variaron entre los grupos de NSE de mayor a menor: para LN (290,890) (D) y (8,195) (A), en LC fue de (138,094) (B) y (14,866) (E).

La fig.21, muestra el comportamiento de esta actividad de las población total de las áreas en estudio, apreciándose el orden mayor a menor generación a los NSE: D, C, E, B y E para LN, en LC los NSE: B, C, A, D y E, durante el año 2010.

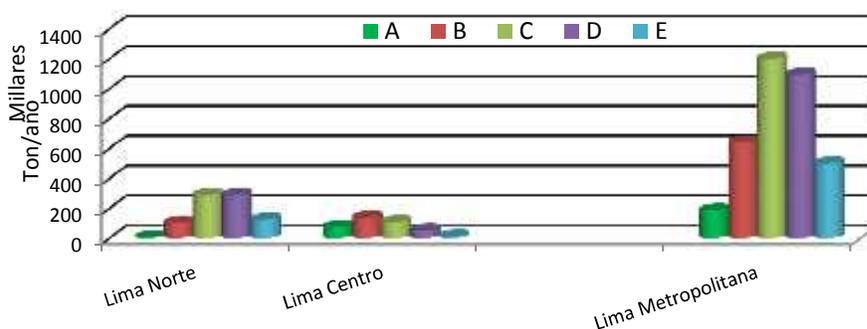


Figura 21. Producción Total Ton de RSD, en LN y LC durante el 2010.

2) Generación Per Cápita de RSD, (kg/hab/día)/NSE.

A nivel de LN, los valores obtenidos de la PPC de RSD, kg/hab/año, de la población total de los distritos, de esta área metropolitana, agrupadas en NSE, son presentados en el Cuadro 13: esta actividad de generación de RSD, varió en los de mayor generación por NSE entre: Puente Piedra y Carabaylo 1.54(A), 1.40 (B), 1.26(C), 1.12 (D) y 0.98 (E) y de en menor generación: Santa Rosa 0.55(A), 0.50 (B), 0.45(C), 0.40 (D) y 0.36 (E), durante el año 2010.

La Fig. 22, describe este comportamiento de generación per cápita de RSD, por NSE, de la población total de cada distrito de LC, apreciándose una característica bien definida en el orden de mayor a menor valor entre: A, B, C, D y E, durante el año 2010.

Cuadro 14. Generación PC kg/hab/día de RSD, según NSE, en el 2010.

DISTRITO	NIVELES SOCIOECONOMICOS				
	A	B	C	D	E
Lima Metropolitana	1.03	0.93	0.84	0.75	0.66
Puente Piedra	1.54	1.40	1.26	1.12	0.98
S.M. Porres	1.16	1.06	0.95	0.85	0.74
Comas	0.77	0.70	0.63	0.57	0.49
Carabayllo	1.54	1.40	1.26	1.12	0.98
Los Olivos	1.03	0.93	0.84	0.75	0.66
Ventanilla	0.79	0.73	0.65	0.58	0.51
Independencia	1.09	0.99	0.89	0.79	0.69
Ancón	1.09	0.99	0.89	0.79	0.69
Santa Rosa	0.55	0.50	0.45	0.40	0.36
Lima Norte	1.05	0.96	0.86	0.77	0.67
Lima Cercado	1.54	1.40	1.26	1.12	0.98
San Borja	1.03	0.93	0.84	0.75	0.66
Jesús María	1.59	1.46	1.05	1.17	1.03
Rímac	1.48	1.34	0.84	1.08	0.94
Satgo. Surco	2.05	1.87	1.69	1.50	1.33
San Isidro	1.34	1.22	1.68	0.98	0.86
Miraflores	1.28	1.17	1.21	0.94	0.82
Lima Centro	1.20	1.08	0.97	0.85	0.76

Fuente: Elaboración propia enero 2011

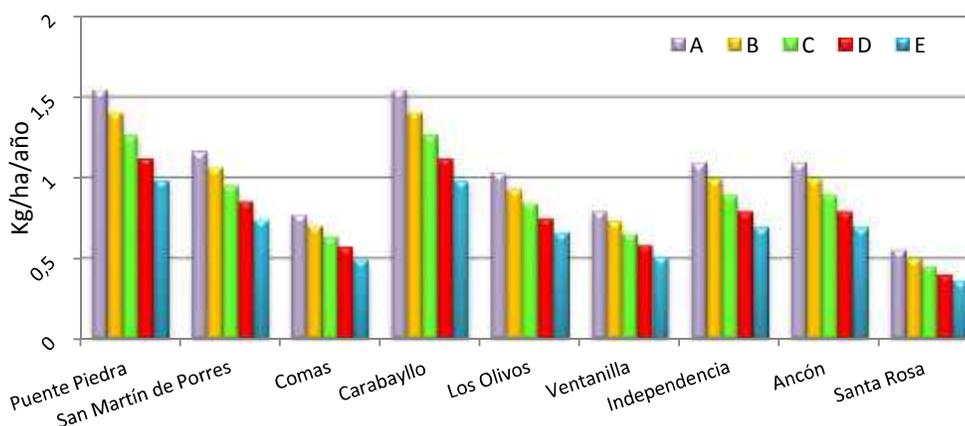


Figura 22. Producción Per Cápita kg/hab/día de RSD, en LN el 2010.

A nivel de LC, los resultados obtenidos de esta actividad de generación de RSD, varió en los de mayor generación por NSE entre: Satgo. Surco 2.05 (A), 1.87 (B), 1.69 (C), 1.50 (D) y 1.33 (E) y en menor generación: San Borja 1.03 (A), 0.93 (B), 0.84 (C), 0.75 (D) y 0.66 (E).

La Fig.23, describe el comportamiento de la generación PPC de RSD, apreciándose una característica bien definida en la generación de los NSE en el orden de: A, B, C, D y E.

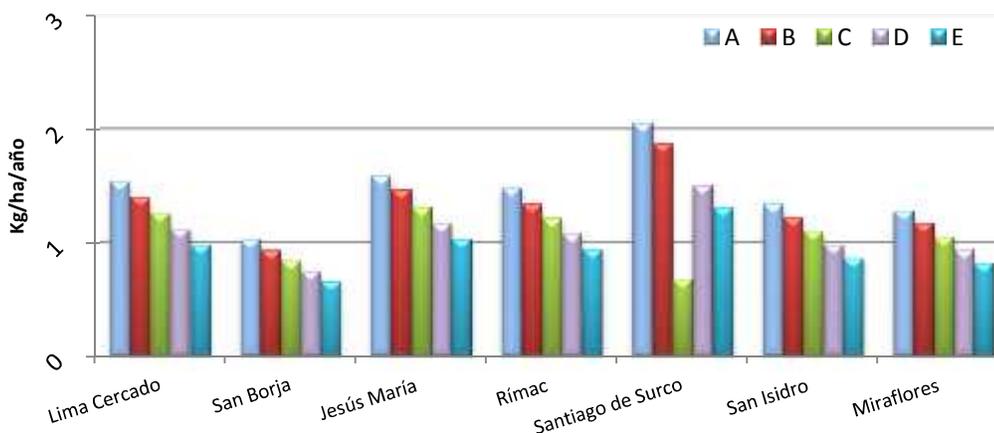


Figura 23. Producción Per Cápita kg/hab/día de RSD, en LC, durante el 2010.

A nivel de LN, LC, los valores para esta actividad oscilaron entre los NSE: 1.05 (B) y 0.67 (E), en LN, siendo de 1.20(A) y 0.76 (E), en LC.

La Fig.24, describe el comportamiento de PPC de RSD, kg/hab/día, de la población total de las áreas metropolitanas, agrupado en NSE, apreciándose una característica bien definida, en la generación de los NSE en el orden de mayor a menor valor: A, B, C, D y E, durante el 2010.

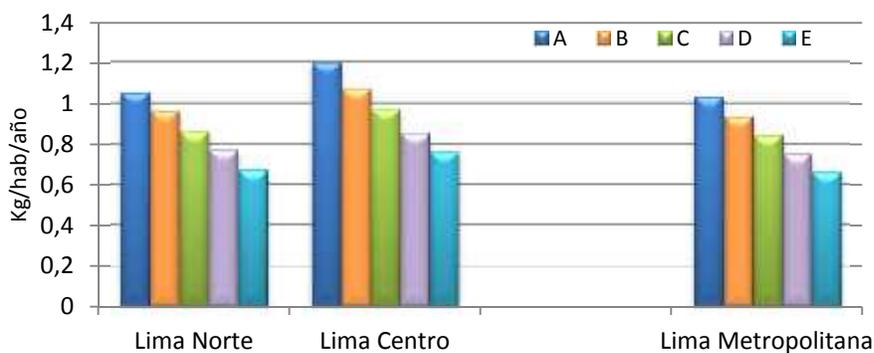


Figura 24. PPC kg/hab/día de RSD, en LM, LN y LC, durante el 2010.

C. La emisión de CO₂, por el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita (t/año o kg/hab/día) respectivamente, de la población total de los distritos, de las áreas de LN y LC, durante el periodo de 1993 al 2010.

Los resultados obtenidos, en la emisión total y per cápita de CO₂t/año, kg/hab/año respectivamente, por el consumo de energía y la generación de RSD, de la población total de los distritos, de las áreas metropolitanas de la investigación.

1. Emisión Total de CO₂t/año por el Consumo de Energía

La emisión total de CO₂t/año, por el consumo total de energía GWh, de la población total de los distritos de las áreas metropolitanas correspondientes, es mostrada en el Cuadro 14.

Cuadro 15. Emisión Total de CO₂t/año), por el consumo de energía GWh, entre 1993 y 2010

DISTRITO	TOTAL 1993	TOTAL 2010	Variación de la Generación de CO ₂		
			Acumulado (18)	Incremento μ/año	Incremento %
Lima Metropolitana	1287026	3029797	38066658	827789	64.318
S.M. Porres	88636	209355	2404689	58238	70.475
Comas	82024	167279	2114057	35424	43.188
Los Olivos	46279	113873	1351792	28821	62.275
Independencia	37310	71485	896703	12069	33.522
Carabayllo	21613	81687	828748	7617	108.57
Puente Piedra	20855	91582	910008	29701	142.419
Ventanilla	18902	110308	1017479	37625	199.051
Ancón	3993	11107	130269	3244	81.232
Santa Rosa	793	4466	47147	1827	230.533
Lima Norte	308929	863391	9657469	227597	73.673
Lima Cercado	69055	94621	1386960	7998	11.582
Satgo. Surco	40719	104339	1242630	28316	69.54
Rímac	17945	58384	809991	27055	150.762
San Borja	20274	37724	494114	7177	35.397
Miraflores	17671	28474	382327	3570	20.201
Jesús María	13298	23554	290667	2850	21.432
San Isidro	12781	19223	271335	2294	17.947
Lima Centro	191743	365418	4899119	80430	41.947

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

A nivel de LN, los valores obtenidos, variaron entre: 88,636 (SM Porres) y 793 (Sta. Rosa), en 1993, para el 2010, estos fueron de: 209,355 (SM Porres) a 4,466 (Sta. Rosa). El incremento promedio por año, estuvo comprendido entre: 58,238 (SM Porres) y 1,827 (Sta. Rosa), siendo el distrito de San Martín de Porras el que más generó, comparado a Santa Rosa, por la menor cantidad; siendo esta misma característica en cuanto a la acumulación de CO₂ Ton/año, para el periodo de investigación. A nivel de LC,

los datos obtenidos, variaron entre: 69,055(Lima Cercado) y 12,781(San Isidro), durante 1993, siendo en el 2010, de: 104,339(Santiago de Surco) y 19,223(San Isidro). El incremento promedio por año, estuvo comprendido de mayor a menor entre: 28,316(Santiago de Surco) y 2,294(San Isidro). Observándose que el distrito de Lima Cercado, está decreciendo la emisión promedio de CO₂ por año, ya que fue el que más genero al inicio del periodo objetivo.

A nivel de LN, LC, los valores, variaron entre: 308,929(LN) y 191,743(LC), en 1993, para el 2010, fue: 863,391(LN) a 365,418(LN). El incremento promedio de emisión de CO₂t/año, por el consumo de energía GWh, estos datos estuvieron comprendidos entre: 227,597(LN) y 80,430(LC), siendo LN, la que acumuló las mayores cantidades de CO₂ Ton/año, en referencia a LC.

2. Emisión Per Cápita de CO₂ Ton/año. Por Consumo de Energía.

La emisión per cápita de CO₂t/año, por el consumo total de energía GWh, de la población total de LN y LC, es mostrado en el Cuadro 15, los resultados fueron de: 0.200 en 1993 y de 0.331 para el 2010, con un incremento promedio por año del 3.631%

Cuadro 16. Generación PC de CO₂t/año, entre 1993 y 2010.

AREA	1993	2010	Variación del Consumo total de energía	
			diferencia	Incremento %
LN - LC	0.200	0.331	0.131	3.631

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

3. Emisión Total de CO₂t/año, Por la Generación de RSD.

A nivel de LN, los valores encontrados, de la emisión total de CO₂t/año, por la generación total de RSDt/año, de la población total de esta área metropolitana, es mostrado en el Cuadro 16. Que variaron entre: (62,669) en San Martin de Porres y (910) en Ventanilla, durante 1993 y el 2010, fueron de: (212,900) SM Porres a (1,565) en Santa Rosa. El incremento promedio por año los datos estuvieron comprendidos entre: (37,978) en Comas y (-22) para Santa Rosa, donde, el distrito de Santa Rosa, el que disminuyo cada año las emisiones; en cuanto a la acumulación de las emisiones fue mayor en el Distrito de San Martin de Porres para el periodo objetivo.

Cuadro 17. Emisión Total de CO₂, (t/año), por la generación de RSD t/año, entre 1993 y 2010

DISTRITO	Total 1994	Total 2010	Variación de la Generación de CO ₂		
			Acumulado. (17)	Incremento μ/año	Incremento (%)
Lima Metropolitana	848746	2468907	22109470	451811	53.23
S.M. Porres	62669	212900	1461675	23313	37.2
Comas	37699	113312	1286515	37978	100.74
Los Olivos	37454	101851	874388	13980	37.33
Independencia	17136	67506	529491	14011	81.76
Carabaylo	10037	108181	450107	16440	163.8
Puente Piedra	9547	124769	564690	23760	247.93
Ancón	2203	11834	102373	3819	173.33
Santa Rosa	1714	1565	17958	-22	-1.25
Ventanilla	910	67288	466292	26519	2914.72
Lima Norte	179369	809178	5753488	159072	88.68
Lima Cercado	82743	130305	1844782	25774	31.15
Satgo. Surco	49939	122588	1157259	18135	36.31
Rímac	31335	50086	598710	3884	12.4
La Molina	19339	50085	546447	12805	66.21
Miraflores	21543	36550	473075	6285	29.18
San Borja	24725	25834	422328	118	0.48
San Isidro	15667	26575	378409	6592	42.08
Jesús María	13219	24709	275932	3013	22.79
Lima Centro	258509	466624	5696941	76606	29.63

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

A nivel de LC, los valores obtenidos, variaron entre: (82,743) Lima Cercado y (13,219) para Jesús María, durante 1993, en el 2010, estos fueron comprendidos entre: (130,305) Lima Cercado y (24,709) Jesús María. El incremento promedio por año de la emisión de CO₂t/año, los valores estuvieron comprendidos entre: (25,774) Lima Cercado y (118) San Borja, siendo Lima Cercado, el que más generó, acumuló e incrementó las emisiones, comparado a Jesús María, por ser al contrario, la característica sobresaliente es de San Borja que el incremento promedio por año de las emisiones fue menor que todos los distritos en el periodo objetivo.

A nivel de LN, LC, los valores obtenidos, fueron: 179,369(LN) y 258,509(LC), en 1993, para el 2010, fue de 466,624(LN) a 809,178(LN). El incremento promedio por año, los valores estuvieron comprendidos entre: 76,606(LC), 159,072(LN), la característica saltantes es que LN, fue la que generó, acumuló e incremento las emisiones, en referencia a LC, la cual al inicio del periodo objetivo esta última emitía mayores emisiones.

4. Emisión Per Cápita De CO₂t/hab/año, por la Generación de RSD.

La emisión PPC de CO₂ t/ha/año, por la generación total de RSD Ton/año, de la población total de los distritos de las áreas metropolitanas objetivo, es mostrado en el Cuadro 17:

Cuadro 18. Emisión PPC de CO₂t/hab/año, entre 1994 y 2010.

DISTRITO	PPC 1994	PPC 2010	Variación PPC	
			Diferencia (17)	Incremento %
Lima Metropolitana	0.126	0.270	0.144	6.007
Puente Piedra	0.078	0.451	0.373	20.59
Carabaylo	0.084	0.438	0.354	21.57
S.M. Porres	0.154	0.337	0.183	10.55
Independencia	0.091	0.313	0.222	11.94
Comas	0.088	0.222	0.132	11.23
Los Olivos	0.141	0.296	0.155	9.80
Ventanilla	0.010	0.202	0.192	8.35
Ancón	0.118	0.353	0.235	12.89
Santa Rosa	0.182	0.116	-0.066	11.76
Lima Norte	0.139	0.310	0.171	7.69
San Isidro	0.242	0.457	0.215	9.398
Lima Cercado	0.254	0.456	0.202	7.816
Jesús María	0.204	0.347	0.143	6.417
Miraflores	0.245	0.425	0.180	4.412
San Borja	0.232	0.232	0.000	5.623
Santiago Surco	0.228	0.389	0.161	4.971
Rímac	0.164	0.284	0.120	8.978
Lima Centro	0.244	0.423	0.179	3.30

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

A nivel de LN, los valores: fue mayor en Sta. Rosa (0.182) y menor en Ventanilla (0.010) en 1994; durante el 2010, estas emisiones oscilaron entre 0.451 (Puente Piedra) y de 0.116 (Sta. Rosa).

A nivel de LC, los valores obtenidos fueron: Lima Cercado (0.254) y en el Rímac (0.164) en 1994; para el 2010, estas oscilaron entre: (0.457) en san Isidro y de 0.232 para San Borja.

A nivel de LN, LC, los resultados obtenidos, estuvieron entre: 0.139(LN) y 0.244(LC), en 1994, para el 2010, estuvieron de: 0.310(LN) y 0.423(LC). El incremento promedio por año, los valores estuvieron comprendidos entre: 3.30 (LC) y 7.69%(LN), siendo la población de LC, la que tuvo mayor PPC, comparado a LN.

5. Emisión Total de CO₂/año, por la Generación de RSD, por Nivel Socio Económico NSE.

Los valores obtenidos, de la emisión total de CO₂/año, por la generación total de RSD, de la población total de los distritos, de las áreas metropolitanas objetivo, por NSE, son presentados en el Cuadro 18:

Cuadro 19. Emisión Total de CO₂ (t/año), por los RSD producidos, según NSE, en el 2010.

DISTRITO	NIVELES SOCIOECONOMICOS				
	A	B	C	D	E
Lima Metropolitana	128356	436998	817209	745611	340709
Puente piedra	1498	14099	36807	48660	28706
S.M. Porres	1278	30871	91121	66425	23419
Comas	816	12805	33428	44192	21530
Carabayllo	1298	12222	31906	42181	20550
Los olivos	612	14769	43593	31778	11204
Ventanilla	647	6086	15888	21004	10233
Independencia	405	9789	28893	21062	7426
Ancón	72	1449	5066	3693	1302
Santa Rosa	19	178	462	611	298
Lima Norte	5573	70764	197248	197805	85809
Lima Cercado	3390	27115	52774	36892	10168
San Borja	1304	10425	20298	14184	3909
Jesús María	34697	51004	25870	7970	3066
Rímac	10354	15219	7720	2378	915
Satgo. Surco	7525	11061	5611	1729	665
San Isidro	7294	10722	5438	1676	645
Miraflores	4778	9728	7699	2377	174
Lima Centro	52406	93904	74751	35115	10109

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

A nivel de LN, los datos obtenidos, de mayor valor fueron: Puente Piedra 1,498(A), SM Porres 30,871(B), 91,121(C), 66,425(D) y Puente Piedra 28,706(E); y en menor cantidad: Sta. Rosa 19(A), 178(B), 462(C), 611(D) y 298(E), durante el año 2010.

A nivel de LC, los valores obtenidos, en los NSE, de mayor valor fueron: Jesús María 34,697(A), 51,004(B), Lima Cercado 52,774(C), 36,892(D) y 10.168(E); y de menor en: San Borja 1,304(A), 9,728(B), San Isidro, 5,438(C), 1,676(D) y Miraflores 174(E), durante el año 2010.

A nivel de LN, LC, los datos obtenidos, de mayor valor fueron: LC 52,406(A), 93,904(B), LN 197,805(D), 197,248(C) y 85,809(E); en de menor valor fueron: LN 5,573(A), 70,764(B), LC 74,751(C), 35,115(D) y 10,109(E).

6. Emisión Per Cápita de CO₂t/ha/año, por la Producción de RSD, por Nivel Socio Económico NSE.

La emisión PPC de CO₂t/ha/año, por la generación total de RSD t/año, de la población total, agrupada en NSE, de los distritos de las áreas metropolitanas objetivo, son mostrados en el Cuadro 19:

Cuadro 20. Emisión PC de CO₂, t/hab/año, por la producción de RSD, según NSE, en el 2010.

DISTRITO	NIVELES SOCIOECONOMICOS				
	A	B	C	D	E
Lima Metropolitana	0.256	0.231	0.209	0.186	0.164
Puente Piedra	0.382	0.348	0.313	0.278	0.243
S.M. Porres	0.288	0.263	0.236	0.211	0.184
Comas	0.191	0.174	0.156	0.142	0.122
Carabayllo	0.393	0.348	0.313	0.278	0.243
Los Olivos	0.256	0.231	0.208	0.186	0.164
Ventanilla	0.196	0.181	0.161	0.144	0.127
Independencia	0.271	0.246	0.221	0.196	0.172
Ancón	0.271	0.246	0.221	0.196	0.172
Santa Rosa	0.136	0.124	0.112	0.100	0.090
Lima Norte	0.261	0.239	0.214	0.191	0.166
Lima Cercado	0.382	0.348	0.313	0.278	0.244
San Borja	0.256	0.231	0.209	0.186	0.164
Jesús María	0.395	0.363	0.261	0.290	0.256
Rímac	0.368	0.333	0.209	0.268	0.233
Satgo. Surco	0.509	0.464	0.420	0.372	0.330
San Isidro	0.333	0.303	0.417	0.244	0.214
Miraflores	0.318	0.290	0.301	0.233	0.204
Lima Centro	0.299	0.268	0.241	0.211	0.189

Fuente: Elaboración propia enero 2011

A nivel de LN, los valores obtenidos, de mayor generación fueron: Carabayllo 0.393(A), 0.348(B), 0.313(C), 0.278(D) y 0.243(E), y en menor generación: Santa Rosa 0.136(A), 0.124(B), 0.112(C), 0.100(D) y 0.090(E).

A nivel de LC, los valores encontrados, de mayor generación fueron: Santiago de Surco 0.509(A), 0.464(B), 0.420(C), 0.372(D) y 0.330(E), y en menor generación: San Borja 0.256 (A), 0.231(B), 0.209(C), 0.186(D) y 0.164(E).

A nivel de LN, LC, los valores hallados, fueron de menor generación: LN 0.261 (A), 0.239(B), 0.214(C), 0.191(D) y 0.166(E) y el orden de mayor generación, fue: en LC para todos los grupos de NSE.

D. Cuál es la cantidad de árboles, para la absorción de la emisión de CO₂t/año, por el consumo de energía y generación de RSD, total/año y per cápita/hab/año) respectivamente, de la población total de los distritos, de las áreas de LN y LC.

1. Total de Arboles (Nº Abr/año), por la Emisión Total de CO₂t/año.

El Cuadro 20, muestra la emisión total de CO₂t/año, por la población total de los distritos, de las áreas metropolitanas de LN, LC, en el 2010, por el consumo de energía GWh/año y la generación de residuos sólidos domiciliarios t/año; y los requerimientos de un sumidero de captación de CO₂, para una carbono neutralidad, siendo para: para LN, el número de árboles (millones) necesarios, oscilo entre 70,376 (SM Porres) y 1,006 (Sta. Rosa), debiendo incrementar en promedio por año de: 13,592 y 301 árboles; a nivel de toda esta área metropolitana es necesario de la existencia de 278'762,500 (millones de árboles), para la captación de 1'672,569t de CO₂ emitidas el 2010, debiéndose incrementarse 37,959 árboles por año. (Cada árbol absorbe 6kg de CO₂ por año).

Cuadro 21. Número de árboles para absorción de la emisión Total de CO₂ (t/año), para el 2010

AREA O DISTRITO	Generación de CO ₂ Ton/año Por el consumo y Producción 2010		Nº Arboles Instalados (millones)	Incremento Ton CO ₂ t/año Por el consumo y Producción /año		Nº Arboles/ Instalarse/ Año (millones)
	GWh	RSD		GWh	RSD	
Lima Metropolitana	3029797	2468907	916,451	827789	451811	229,933
S.M. Porres	209355	212900	70,376	58238	23313	13,592
Comas	167279	113312	46,765	35424	37978	12,234
Los Olivos	113873	101851	35,954	28821	13980	7,134
Independencia	71485	67506	23,165	12069	14011	4,347
Carabayllo	81687	108181	31,645	7617	16440	4,010
Puente Piedra	91582	124769	36,059	29701	23760	8,911
Ventanilla	110308	67288	29,599	37625	26519	10,691
Ancón	11107	11834	3,824	3244	3819	1,177
Santa Rosa	4466	1565	1,006	1827	-22	301
Lima Norte	863391	809178	278,762	227597	159072	37,959
Lima Cercado	94621	130305	37,488	7998	25774	5,629
Satgo. Surco	104339	122588	37,822	28316	18135	7,742
Rímac	58384	50086	18,078	27055	3884	5,157
San Borja	37724	25834	10,593	7177	118	1,216
Miraflores	28474	36550	10,837	3570	6285	1,643
Jesús María	23554	24709	8,044	2850	3013	1,097
San Isidro	19223	26575	7,633	2294	6592	1,481
Lima Centro	365418	466624	138,674	80430	76606	26,173

Fuente: Elaboración propia Enero 2011

Para LC, los valores, a nivel de sus distritos estuvo comprendido de mayor a menor número entre: 37,488 Lima Cercado y 7,633 San Isidro, debiéndose instalar por año entre 7,742 Santiago de Surco y 1,097 Jesús María; a nivel de toda esta área metropolitana es necesario de la existencia de un sumidero conformado por 138,674 árboles, debiéndose incrementar en promedio por año de 26,173 árboles.

2. Promedio Per Cápita de Arb/hab/año, Por la Emisión Per Cápita de CO₂t/año.

El número per cápita de árboles/hab/año, para la neutralidad o absorber la emisión total de CO₂t/año, por el consumo per cápita de energía GWh y la producción de RSD, de los habitantes de LM, LN y LC en el 2010, son mostrados en el Cuadro 22,

Cuadro 22. Promedio Per cápita de Arb/hab/año, para la absorción per cápita de CO₂, (t/año), durante el 2010

AREA DISTRITO	PPC de CO ₂ t/año, 2010		Nº Árboles Requeridos/hab/año
	RSD	Energía	
Lima Metropolitana	0.270	0.331	100
Puente Piedra	0.451	0.331	130
Carabaylo	0.438	0.331	128
S.M. Porres	0.337	0.331	111
Independencia	0.313	0.331	107
Comas	0.222	0.331	92
Los Olivos	0.296	0.331	105
Ventanilla	0.202	0.331	89
Ancón	0.353	0.331	114
Santa Rosa	0.116	0.331	75
Lima Norte	0.310	0.331	107
San Isidro	0.457	0.331	131
Lima Cercado	0.456	0.331	131
Jesús María	0.347	0.331	113
Miraflores	0.425	0.331	126
San Borja	0.232	0.331	94
Santiago Surco	0.389	0.331	120
Rímac	0.284	0.331	103
Lima Centro	0.423	0.331	126

Fuente: Elaboracion Propia enero 2011.

Para LN cada habitante necesita 107 árboles/hab/año, a nivel de los distritos estas cantidades oscilaron entre: (130) en Puente Piedra a (75) para Santa Rosa; en LC, estos valores fueron de: (126), árboles/hab/año, para cada habitante en promedio; a nivel de los distritos estos valores estuvieron comprendidos entre: (131) San Isidro y (94) San Borja; Refiriéndonos al total de LM los requerimientos son de 100 árboles/hab/año.

- E. Establecer por los resultados obtenidos de estas variables, si son satisfactorias, para concluir que las emisiones de CO₂, generara mayor impacto ambiental negativo, en los distritos, de las áreas de LN y LC.

El consumo de energía y generación de RSD, total y per cápita, de las poblaciones por NSE de las poblaciones de las áreas de estudio, mediante el análisis de regresiones y se ha podido determinar los siguientes resultados:

1. Nivel de Lima Norte

a. Consumo total de electricidad GW/h, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en LN

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LN

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/) mensual, en LN.

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 1

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	4.33021E12	1	4.33021E12	7.78	0.0121
Residual	1.00146E13	18	5.56364E11		
Total (Corr.)	1.43448E13	19			

R-cuadrada = 30.1867 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 26.3081 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.746067

El valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en Lima Norte, con un nivel de confianza del 95%.

b. Consumo total de electricidad GW/h vs. Población total/año de LN

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LN (CTAELN)

Variable independiente:

P= Población total/año de LN (PTLN)

Variable Ponderante: Año

Orden del polinomio = 2

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2.77227E16	2	1.38613E16	248.47	0.0000
Residual	9.4838E14	17	5.57871E13		
Total (Corr.)	2.86711E16	19			

R-cuadrada = 96.6922 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96.3031 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.251929

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, vs. Población total/año de Lima Norte, con un nivel de confianza del 95%.

c. Generación total, de RS, TM/año, vs. Ingreso PC(S/) mensual, en LN

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LN. (GTRSLN)

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/) mensual, en LN. (IPCPLN)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 2

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	4.09406E11	2	2.04703E11	3.53	0.0521
Residual	9.84861E11	17	5.7933E10		
Total (Corr.)	1.39427E12	19			

R-cuadrada = 29.3635 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 21.0533 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.637893

El valor-P en la tabla ANOVA es mayor o igual que 0.05, no existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RS, TM/año, vs. Ingreso PC(S/) mensual, en Lima Norte, con un nivel de confianza del 95% o mayor.

d. Generación total, de RS, TM/año, vs. Población total/año de LN

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LN. (GTRSLN)

Variable independiente:

P= Población total/año de LN (PTLN)

Variable Ponderante: Año

Orden del polinomio = 3

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2.5018E15	3	8.33935E14	46.21	0.0000
Residual	2.88718E14	16	1.80449E13		
Total (Corr.)	2.79052E15	19			

R-cuadrada = 89.6536 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 87.7137 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.37359

El valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RS, TM/año, vs. Población total/año de Lima Norte, con un nivel de confianza del 95%.

2. Nivel de Lima Centro

a. Consumo total de electricidad GW/h, versus Población total/año de LC

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LC (CTAELC)

Variable independiente:

P= Población total/año de LC (PTLC)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 3

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1.192E12	3	3.97335E11	108.78	0.0000
Residual	5.8445E10	16	3.65281E9		
Total (Corr.)	1.25045E12	19			

R-cuadrada = 95.3261 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 94.4497 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.275397

El valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, versus Población total/año de Lima Centro con un nivel de confianza del 95%.

b. Consumo total de electricidad GW/h, versus Ingreso PC(S/)/m, en LC.

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LC (CTAELC)

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/)/m, en LC. (IPCPLC)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 3

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3.35098E11	3	1.11699E11	1.95	0.1619
Residual	9.15351E11	16	5.72094E10		
Total (Corr.)	1.25045E12	19			

R-cuadrada = 26.7982 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 13.0729 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.721498

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es mayor o igual que 0.05, no existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, versus Ingreso PC(S/)/m, en Lima Norte con un nivel de confianza del 95% o mayor.

c. Generación total, de RS, TM/año, Vs Ingreso PC(S/)/ m, en LC.

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LC.

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/) mensual, en LC. (IPCPLC)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 3

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	6.36989E10	3	2.1233E10	3.70	0.0338
Residual	9.17121E10	16	5.732E9		
Total (Corr.)	1.55411E11	19			

R-cuadrada = 40.9874 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 29.9225 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.650485

El valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RS, M/año, Vs Ingreso PC(S/)/ m, en Lima Centro con un nivel de confianza del 95%.

d. Generación total, de RSD, TM/año, versus Población total/año de LC

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LC. (GTRSLC)

Variable independiente:

P= Población total/año de LC (PTLC)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 3

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1.43585E11	3	4.78618E10	64.76	0.0000
Residual	1.18255E10	16	7.39097E8		
Total (Corr.)	1.55411E11	19			

R-cuadrada = 92.3908 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 90.9641 por ciento

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.00860104

El valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RSD, TM/año, versus Población total/año de Lima Centro con un nivel de confianza del 95%.

VI. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

A. Las poblaciones urbanas, estratificadas en NSE, de los distritos, localizadas en las áreas de LN y LC, se diferencian, durante el periodo del 2001 al 2010.

La población total de los distritos de Lima Norte y Lima Centro, desde 1972 a 2010, en cuanto al tamaño fueron diferentes: donde el área metropolitana de LC, experimento un crecimiento de la población del 39.3%, para el periodo de estudio, con el 1.03% promedio por año; mientras que en LN, esta variación fue del 288.4% y con 7.6%, promedio por año; apreciándose que al inicio del periodo de estudio, la población total en esta área metropolitana incrementó el volumen en casi cuatro veces su valor inicial, para el periodo mencionado, en comparación a LC. Este fenómeno surgido en los distritos de LN, de un crecimiento acelerado en las cuatro las últimas décadas, como producto de las migraciones en todas direcciones posibilitadas por conflictos sociales a nivel nacional, además que no han llegado a consolidarse a comparación de la población de los distritos LC, que algunas han conseguido consolidarse por tener mayor antigüedad de formación.

El crecimiento acelerado de la población que viene presentando estas áreas, sobre todo la presión que ejerce sobre el territorio urbano, principalmente en los distritos de LN, se viene incrementando, por la concentración de la mayoría de la población de Lima Metropolitana, con el consecuente mayor consumo de energía y generación de residuos que terminan en emisiones de CO₂ t/año, situación que difícilmente cambiará a no ser que se adopten medidas en primer instancia de carácter socioeconómico que permitan hacer de esta dinámica negativa, en la disminución de la calidad ambiental urbana, en la de un fenómeno de carácter controlado.

En cuanto a la distribución de la población total de las áreas metropolitanas por NSE: LN en el año 2001, el número de habitantes, estuvo estratificado en el siguiente orden de mayor a menor número: D, C, E, B y (0); comparado al año 2010, que fue: D, C, E, B y A, la diferencia entre ambos periodos surge parte de la población en el nivel A. Para LC la secuencia manifiesta para el 2001 fue: B, A, C, D y E; comparado al 2010: B, C, A, D y E; con la diferencia que al nivel C se incrementa el valor total. La apreciación de la estratificación socioeconómica de la población, es que el mayor número de habitantes se encuentra en LN en los NSE: D, C y E, comparado a LC que fue: B, C y A.

B. El consumo de energía y generación de RSD, total y per cápita (GWh/año o MWh/hab/año) y (t/año o kg/hab/año) respectivamente, de la población de los distritos, de las áreas de LN y LC, es diferente, durante el periodo de 1993 al 2010.

El consumo total de energía GWh/año, de la población de los distritos de las áreas metropolitanas objetivo, desde 1993 al 2010, LN, se convirtió al final del periodo en el mayor consumidor, comparado a LC, con un incremento promedio por año del 73.673 % y 41.947%; con 1.947%, y de 3.331% en el consumo per cápita promedio por año, para cada área respectivamente. Debiéndose esta diferencia de consumo, a la dinámica de crecimiento de la población y expansión de las áreas urbanas, acompañado de cambios en la segregación de los habitantes en niveles socioeconómicos y la ampliación de la cobertura en el abastecimiento de energía.

Refiriéndonos a la generación de RSD t/año, de la población de los distritos de las áreas metropolitanas: LN, llega al final del periodo de estudio como el mayor generador, comparado a LC, con un incremento del 88.68 % y 29.63%; con el per cápita kg/hab/día, el aumento fue del 7.69%, 3.30% para cada área respectivamente; también se puede mencionar que la producción per cápita, fue siempre menor en todo el periodo objetivo para LN, comparado a LC, con una diferencia del 50%. En cuanto a la generación total y per cápita de RSD, (t/año), de la población estratificada en NSE, pertenecientes a las áreas metropolitanas objetivo, en el 2010: LN, la generación total se caracterizó por presentar una secuencia, descendente de: D, C, E, B y A, y la de per cápita (kg/hab/día): A, B, C, D y E, siendo para LC este orden de: B, C, A, D y E y de la de per cápita similar a LN; cabe destacar que la generación per cápita de RSD, la diferencia encontrada por el nivel NSE, es por los valores que son mayores en todos los niveles para LC, comparado a LN, a pesar que pertenecen a un mismo estrato.

Por otro lado la diferencia mencionada, en cuanto a la generación de RSD, de las poblaciones objetivo, que habitan en los espacios urbanos, de las áreas metropolitanas estudiadas, se están presentando por los efectos del crecimiento urbano, con poblaciones numerosas y segregadas; trayendo consecuencias en el

sistema urbano, específicamente en las dificultades de reducción de la generación de RSD, al continuar ubicándose nuevas poblaciones en las periferias, mediante la apropiación e invasión de los territorios de propiedad del estado. Esta actividad generadora de RSD, también puede estar dando dificultades de tipo económica, en los gestores públicos o privados responsables de la erradicación y disposición de los residuos, en condiciones aceptable para los mismos.

C. La emisión de CO₂, por el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita (t/año o kg/hab/año) respectivamente, de la población total de los distritos, de las áreas de LN y LC, es variable, durante el periodo de 1993 al 2010.

La emisión total y per cápita de CO₂t/año, por el consumo de energía GWh/año, de la población de las áreas metropolitanas objetivo: en LN las emisiones emitidas t/año, comparado a LC, es similar al mencionado en el consumo de energía, para cada área respectivamente; así mismo en cuanto a la emisión per cápita de CO₂t/año, por el consumo de energía MWh/año, con las mismas características que para el consumo energético.

La emisión total y per cápita de CO₂t/año, por la generación de RSDt/año, de la población total de las áreas metropolitanas de LN y LC, desde 1994 al 2010: LN las emisiones emitidas, comparado a LC, así como el incremento fueron con las mismas características que la generación de RSD, mencionadas anteriormente, para cada área respectivamente; así mismo en cuanto a la emisión per cápita de CO₂t/año, son similares a la generación per cápita de RSDt/hab/año, para las áreas metropolitanas objetivo.

La emisión total y per cápita de RSDt/año, de la población, estratificada en NSE, de las áreas metropolitanas, en el 2010: LN, las emisiones emitidas, comparado a LC, presentan las mismas variaciones que la generación de RSD.

D. La cantidad de árboles, para la absorción de la emisión de CO₂t/año), por el consumo de energía y generación de RSD, total/año y per cápita/hab/año) respectivamente, de la población de los distritos, de las áreas de LN y LC, es suficiente, durante el periodo de 1993 al 2010.

El número total y per cápita de árboles estimado, como requerimiento para la absorción de las emisiones total de CO₂t/año, producto del consumo de energía

y la generación de RSD, durante el 2010, para LC fue mayor (126) comparado a LN (107); con un incremento de: 37,959, 26,173 por año, de árboles necesarios, por el incremento de las emisiones totales de las áreas metropolitanas de LC, LN respectivamente, para evitar la acumulación de estas emisiones. Concluyéndose que la cantidad de árboles no es suficiente, y se debe generalmente a que los distritos no disponen de las áreas adecuadas para el cultivo o forestación y utilizados como sumidero, para la reducción de las emisiones, por otro lado que están ocupadas por los suelos urbanizados que ocupan casi la totalidad del territorio de cada distrito, como prioridad de la necesidad de vivienda, antes que la reducción de las emisiones.

E. Los resultados obtenidos de estas variables, se puede concluir que las emisiones de CO₂, están han generado un impacto ambiental negativo, en los distritos, de las áreas de LN y LC, durante el periodo de 1993 al 2010.

El consumo de energía y generación de RSD, total y per cápita, de las poblaciones por NSE de las poblaciones de las áreas de estudio, mediante el análisis de regresiones, se ha podido determinar que en LN, la relación del *consumo total de energía GW/hab/año, Vs. Ingreso PC(S/) mensual*, al análisis de varianza, existe una relación estadísticamente significativa; debido a que la relación de las dos variables, que al aumentar el consumo total de energía, también se incrementan los ingresos, es decir estamos frente a una **proporcionalidad directa**, ya que, al aumentar una variable, aumenta también la otra; la misma situación se presenta con las variables: *consumo total de energía GW/hab/año, Vs. Población total/año*, y podemos decir que guarda relación con el volumen de la población en forma directa por ser una necesidad de consumo de cada habitante, de la energía eléctrica para el alumbrado público y por la característica de la población en cuanto a la distribución de la población urbana en los sectores D, C, B, E y A

La relación en cuanto a la *generación total, de RSt/año, vs. Ingreso PC(S/) mensual*, al análisis de varianza, no existe una relación estadísticamente significativa, debido a que no cumplen estos valores, que a medida que se incrementa la generación de residuos la producción per cápita/hab/día de residuos disminuye los valores de los ingresos por la distribución de la población en sectores de niveles socioeconómicos con diferentes ingresos, caracterizándose esta relación donde los ingresos son distribuidos para la satisfacción de

necesidades de mayor prioridad y consumo eficiente, como es en el caso de los sectores bajos y que no podemos establecer una relación entre las variables generación y cantidad ingresos. Estamos frente a variables que varían en forma **no proporcional**, también podemos decir que la relación entre las variables de la generación de residuos no representa una necesidad que debe ser satisfecha por el incremento de los ingresos; lo que no sucede en la relación con las variables de la *generación total, de RSDt/año vs. Población total/año*, que si es una de forma directa y proporcional, que al incrementar un habitante al volumen total se incrementa la generación de residuos, debido a que todos los habitantes generan residuos, en mayor o menor cantidad.

El consumo de energía y generación de RSD, total y per cápita, de las poblaciones por NSE de la población urbana de LC, la relación del *consumo total de energía GW/hab/año Vs Ingreso PC(S/) mensual*, no existe una significancia estadística, por la distribución del consumo de la población urbana distribuida en los sectores altos B, C, A, D y E, a diferencia a LN, donde la distribución es a la inversa, siendo el consumo de energía que guarda relación a los ingresos, que son destinados a la satisfacción de los deseos y no de las necesidades vitales; situación que es al contrario en cuanto a la relación del *consumo total de electricidad GWh/año Vs Población total/año*, que es proporcional y significativa estadísticamente, por el incremento de un habitante en el volumen de la población.

En cuanto a la relación de la *generación total, de RSDt/año, Vs Ingreso PC(S//m)*, la existencia de la significancia significativa, se debe a que los ingresos per cápita son directamente proporcionales a la generación de residuos, por la producción de residuos en la satisfacción de los deseos, que representa un excedente de los ingresos en la satisfacción de las necesidades vitales, razón que no se puede mencionar en el caso de la relación de la *generación total, de RSDt/año, versus Población total/año*, a pesar de ser significativa al análisis de varianza estimada, se considera una relación proporcional por el incremento de la población.

VII. CONCLUSIONES

En concordancia con el título y los objetivos de investigación, a continuación se concluye:

La población total urbana, de los distritos, de las áreas de LN y LC, estratificada por niveles socioeconómicos NSE, ha variado, durante el periodo del 2001 al 2010; siendo para LC, los valores que oscilaron entre 793,022 a 1'104,817, con un crecimiento del 39.3% para el periodo y de 1.03% promedio por año; LN, presento estos valores entre 586,225 a 2'276,896, con un crecimiento del 288.4%, y de 7.6%, promedio por año; apreciándose que el volumen de la población inicial, creció en cuatro veces, comparado a la del final del periodo mencionado, en referencia a LC; debido principalmente que la población de los distritos de LN se han ido formando aceleradamente en las 4 últimas décadas, por el surgimiento de los movimientos migratorios de todas direcciones a nivel nacional e internacional, provocadas por los conflictos sociales, obligando a las poblaciones invadir el suelo vacante metropolitano de propiedad pública, que todavía no llegan a consolidarse, a comparación de las poblaciones de los distritos LC, que algunos ya han alcanzado la consolidación, por ser de mayor antigüedad de formación.

La población urbana estratificada en NSE, en el 2001: LN, presento esta característica en cuanto al de mayor y menor volumen de habitantes fue: en el D(777,718), C(618,286), E(398,581), B(147,767) y A(0); siendo notorio que en el nivel A carece de habitantes, a diferencia a LC, que fue para: B(476,253), A(392,713), C(196,962), D(82,329) y E(30,222). En el 2010: LN, fue en el orden descendente el: D(926,694), C(924,084), E(402,003), B(331,522) y A(26,105); para LC, esta área marcó diferencias significativa que LN, por ser la distribución de la población a la inversa, por la ubicación de mayor concentración en los NSE altos, como es en el: B(390,001), C(310,454), A(217,649), D(145,836) y E(41,984). Concluyéndose que la población de LN y LC continúan en una transformación, por el tránsito de la población entre los NSE, como es la aparición de habitantes en los niveles altos en la población de LN.

El consumo de energía y generación de RSD, total y per cápita en (GWh/año o MWh/hab/año) y (t/año o kg/hab/año) respectivamente, de la población de los distritos, de las áreas de LN y LC, varió significativamente, durante el periodo de 1993 al 2010, correspondiendo para 1993: en LN, fue la tuvo mayor consumo de energía con 1,373.017GWh, comparado a LC, con 852.192GWh; por otro lado en el 2010: LN, se mantuvo con el mayor consumo de energía con 3,837.295GWh, respecto a LC, con 1,624.081GWh, y de un consumo per cápita que oscilo entre 889 a 1,470 kWh/hab/año, durante el periodo del estudio.

La generación total t/año y per cápita kg/hab/día de RSD, durante el periodo de 1994 al 2010, fue de una diferencia significativa, siendo en 1994, para LC, la que mayor generación presento con 380,160t, con el per cápita de 0.98kg/hab/día; referente a LN, esta fue de 263,778t, con 0.39kg/hab/día; mientras que para el año 2010, LN, paso a ser la que más genero con 1'189,968t, pero con menor per cápita de 0.91 kg/hab/día, con respecto a LC, que fue de 686,212t, y un per cápita de 1.53kg/hab/día.

La generación total t/año y per cápita kg/hab/día de RSD, de la población urbana estratificada por NSE, de las áreas metropolitanas de LN y LC, durante el 2010 existió una diferencia significativa, siendo para LN, esta actividad, en el orden descendente de: D(290,890) (0.77), C(290,071) (0.86), E(126,189), B(104,065)(0.96) y A(8,195)(1.05); y en LC, este orden fue: B(138,094)(1.08), C(109,928)(0.97), A(77,067)(1.20), D(51,639) (0.85) y E(14,866)(0.76); siendo la producción per cápita mayor en LC, comparado a la LN, a pesar de pertenecer los habitantes a los mismos NSE.

La emisión de CO₂t/año y per cápita kg/hab/año, por el consumo de energía y la generación de RSD total y per cápita respectivamente, de la población de los distritos, de las áreas de LN y LC, las emisiones por el consumo de energía, fue con diferencia significativa entre ambas áreas, durante el periodo de 1993 al 2010, siendo en 1993: LN la que registró mayor emisiones con 308,929tCO₂/año, comparado a LC, con 191,743t; mientras que para el año 2010, LN, continuó emitiendo más con 863,391t, respecto a LC, que fue de 365,418t.; con un per cápita que oscilo entre 0.200 a 0.331 t/hab/año, para el periodo del estudio mencionado.

La emisión total t/año y per cápita t/hab/año de CO₂, por la generación de RSD t/año, de la población de las áreas metropolitanas de LN y LC, fue estadísticamente diferente, durante el periodo de 1994 al 2010; siendo para 1994: LN, las emisiones fueron menores con 179,369tCO₂/año, y de 0.139t/hab/año, comparado a LC con la emisión de 258,509t; y de 0.244t/hab/año; estas emisiones en el 2010: LN, se convirtió en la que más emitió con 809,178t, y de 0.310t/hab/año, en referencia a LC, que fue de 466,624t, y mayor en 0.423t/hab/año.

La emisión total t/año y per cápita t/año de CO₂, por la producción de RSD, de los pobladores de los distritos, estratificadas en NSE, localizadas en las áreas metropolitanas de LN y LC, durante el 2010, existió una diferencia significativa, siendo en: LN en el orden descendente de emisión: D(197,805)(0.191), C(197,248)(0.214), E(85,809) (0.166), B(70,764)(0.239) y A(5,573)(0.261), y en LC este orden fue: B(93,904)(0.268), C(74,751)(0.241), A(52,406)(0.299), D(35,115) (0.211) y E(10,109)(0.189), determinándose que el NSE A, es el que menos aportó en las emisiones comparado al grupo C que más emitió, debido al volumen de habitantes estratificado en los NSE y a la ubicación geográfica, en lo que se refiere en el caso de las emisiones per cápita, por no ser igual en ambas áreas.

La cantidad de árboles, para la absorción de la emisión de CO₂ t/año, por el consumo de energía y generación de RSD, total/año y per cápita/hab/año respectivamente, de la población de los distritos, de las áreas de LN y LC, se ha determinado que no es suficiente, para establecer un equilibrio en cuanto a la emisión y la remoción, y obtener una carbono neutralidad, para el periodo de 1993 al 2010, correspondiendo solo para el 2010, a LN, un total estimado de 278,762 millones con 107 árboles/hab/año, en promedio y debiéndose adicionar a lo estimado 37,959 por año; y en LC, este valor total estimado fue de 138,674 millones, con 126 arb/hab/año, y con un incremento/año de 26,173; para evitar la acumulación de estas emisiones, concluyéndose que LC requiere más árboles/hab/año, por la mayor generación de emisiones de CO₂ t/año.

Los resultados obtenidos de las variables, se puede concluir que las emisiones de CO₂, han generado un impacto ambiental negativo, en los distritos, de las áreas de LN y LC, en el periodo de 1993 al 2010, por la acumulación de las emisiones en tCO₂ por el consumo de energía GW/año y la generación de RSD t/año, por parte de las poblaciones locales de cada área, para que exista una carbono neutralidad LN, requirió haber instalado 2,568'492,833 árboles en 6'421,232ha, y en LC esta situación ha requerido instalar 1,766'010,000

árboles, en 4'415,025ha; por lo tanto para establecer un equilibrio de neutralidad de las emisiones liberadas y absorbidas, existe un déficit de espacios ecológicos (bosques) para ser considerados como sumideros, concluyéndose que LN, solo posee 8'704,100ha, y LC, 1'038,500ha; las cuales están ocupadas por las áreas urbanizadas.

Las relaciones del consumo de energía y generación de RSD con la población total urbana e ingreso per cápita (NSE) en las áreas metropolitanas de LN y LC, se concluye que fueron estadísticamente significativas entre las situaciones de relación de las variables:

- Consumo total de energía GWh, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en LN.
- Consumo total de energía GWh Vs. Población total/año de LN.
- Generación total, de RS, t/año, Vs. Población total/año de LN.
- Consumo total de energía GWh, Vs Población total/año de LC.
- Generación total, de RS, t/año, Vs Ingreso PC(S//)m, en LC.
- Generación total, de RSD, t/año, Vs Población total/año de LC.

La significancia positiva, se debe por el incremento proporcional directo de una variable, es decir al incrementarse una variable también le corresponde incrementarse a la otra variable. La única relación que no fue significativa es de las variables: Generación total, de RSD t/año, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en LN y al del Consumo total de energía GWh, Vs Ingreso PC(S//)m, en LC. Por no existir unja frecuencia mutua entre ellas, esto indica que el consumo de energía es menos eficiente que la generación de RSD, sobre todo en elegir la diferencia en el consumo de una de las variables en un deseo o una necesidad.

VIII. RECOMENDACIONES.

La gestión ambiental en cuanto a la evaluación ambiental de las emisiones y generación de RSD, así como en el control del suministro de los servicios públicos, deben estar orientados a un desarrollo urbano eficiente, que incluyen variables ambientales y económicas, con métodos de valoración sustentable y de utilidad para la gestión ambiental urbana, en concordancia con los cambios medioambientales, que actualmente se requiere, como lo son los métodos disponibles de la investigación, con nuevos procesos y de la voluntad de concientización de los entes de gobierno local (urbano). Solo de esta manera será posible la planificación de la gestión urbana, asegurando la inclusión del componente ambiental, económico y social, en las áreas urbanas.

La reducción de las emisiones de carbono, es importante tener presente la definición e inclusión de las fuentes de emisión directas o indirectas, de importancia al adquirir bienes y servicios, precisando el tipo de energía utilizado en la producción, así mismo considerando las emisiones generadas en la cadena de suministro para obtención de los artículos e insumos; para la mitigación y reducción de las emisiones de carbono, demandando un estudio de afectar monetariamente las emisiones de CO₂e, por medio de impuestos, establecidos con los lineamientos de políticas públicas y de regulación, respecto de las implicancias sociales, económicas y ambientales asociadas al impacto ambiental.

La realización de estudios en esta línea de investigación, para un mejor conocimiento de esta área de vital importancia, con el apoyo de los órganos de gobierno local, regional y nacional, así como de las empresas responsables de la administración de los servicios públicos esenciales, donde se incluyan los costos de la implementación de sumideros o sistemas que signifique reducir el consumo de energía y reducción de los residuos sólidos domiciliarios, e instalación de asignaturas de Educación Ambiental en los centros educativos, de nivel primario, secundario y universitario; así mismo como se podría indicar las siguientes medidas habituales de comportamiento en el quehacer diario

La Sensibilización de los habitantes de los distritos mediante:

- Elaboración y publicación de mensajes, artículos, en la web de acceso libre sobre la promoción de prácticas adecuadas, en el consumo de energía y disposición de residuos.

- Distribución gratuita de revistas, folletos, que contengan sugerencias específicas sobre cómo los pobladores pueden contribuir a crear armonía con el medio ambiente.

Lograr la eficiencia en el consumo de energía, mediante:

- Instalación o formación de dependencias o entes privados o estatales de registros de consumo de energía y la generación de RSD, etc., que se utilizará como base de evaluación para los distintos sectores públicos.
- Sustitución de bombillas incandescentes tradicionales por bombillas fluorescentes de alta eficiencia.

La prestación de servicios teniendo en cuenta:

- Utilización de productos de limpieza con etiquetas ecológicas y de desechos reciclables.
- Adquisición de electricidad, con certificación de energía renovable (un nivel de hasta el 25% de toda la energía consumida).

La Recolección y reciclado de desechos, considerando:

- Utilización de recolectores diferenciados para los RSD (papel; vidrio y plástico, y otros).
- Utilización de impresoras con funciones múltiples aptas para la impresión por ambos lados, las cuales pueden sustituir a más de un dispositivo (impresoras en red o individuales, fotocopiadoras). De este modo, se prevé reducir el consumo de energía y papel.

El establecimiento de puntos de Control de las emisiones:

- Creación de un banco de datos para ser utilizados en las investigaciones, de utilidad para los balances de las emisiones ambientales y del seguimiento de la evolución y la comparación entre entidades locales y externas.

Las Construcción civiles, deberán ejecutarse bajo las normas establecidas como:

- Revestimiento de las instalaciones con materiales de alto rendimiento, a fin de reducir el uso de energía, aumentar la calidad y comodidad del ambiente interno y reducir las emisiones.

- Aplicación de las normas de eficiencia energética, para los sistemas de ventilación/calefacción y de aire acondicionado; calderas, ascensores; iluminación, transformadores, bombas, aislamiento de los conductos del aire; sensores de movimiento y de luz, además de los sistemas de gestión ambientales de las edificaciones.

En el Hogar

- Apague las luces, menos electricidad utilizada significa menos CO₂ emitido hacia la atmósfera.
- Desconecte los artículos electrónicos que no use.
- Use menos papel, la industria papelera y de la celulosa es el tercer emisor más grande de gases de efecto invernadero. Use menos papel en el trabajo y en su casa, use más productos de papel reciclado, y recicle todo el cartón y los periódicos.
- Compre electrodomésticos y equipos del hogar, con calificación, que consumen un promedio del 35 por ciento menos de energía.
- No desperdicie, los vertederos de basura producen metano, que es considerado más dañino para el medioambiente que el CO₂. Mientras menos desechos orgánicos se envíen a los vertederos de basura, menos GEI serán emitidos a la atmósfera.

En la Cocina y el Lavadero

- Cuando saque un alimento del congelador para consumirlo al día siguiente, descongélelo en el compartimiento de refrigerados, en lugar de hacerlo en el exterior. De este modo, tendrá ganancias gratuitas de frío.
- Ajuste el termostato para mantener una temperatura de 6°C en el compartimiento de refrigeración y de (-1°C) de (-18°C) de congelación. Cada grado que reduzca la temperatura, aumentará, innecesariamente, un 5% el consumo de energía
- Abra la puerta lo menos posible y ciérrela rápidamente: unos segundos bastan para perder buena parte del frío acumulado.
- Procure que el fondo de los recipientes sea ligeramente distante al fuego o zona de cocción: aprovechará al máximo el calor de la cocina. Tape las cacerolas durante la cocción: consumirá menos energía.
- Aproveche el calor residual del horno apagándolo unos cinco minutos antes de terminar de cocinar los alimentos.

Residuos Domésticos

- Los residuos son una fuente potencial de energía y materias primas que puede aprovecharse en los ciclos productivos. De hecho, gran parte de la basura que se genera es recuperable o reciclable.
- Hay que tener en cuenta que algunos tipos de papel, como los plastificados, los adhesivos, los de fax, etc. no pueden reciclarse.
- El vidrio es reciclable al 100%. Por cada botella que se recicla se ahorra la energía necesaria para mantener un televisor encendido durante 3 horas o la energía que necesitan 5 lámparas de bajo consumo de 20 W durante 4 horas.
- La fabricación del aluminio es uno de los procesos industriales de mayor consumo energético y de mayor impacto ambiental. Modere la utilización de papel de aluminio.
- La bolsa de plástico que traemos de la compra se puede reutilizar como bolsa de la basura.

En el baño

- El ahorro de agua, aunque no se trate de agua caliente, conlleva un ahorro energético, ya que el agua es impulsada hacia nuestras viviendas mediante bombas eléctricas consumiendo energía.

Iluminación

- Siempre que sea posible, aproveche la iluminación del sol, que es natural y además, gratuita.
- Utilice colores claros en las paredes y techos: aprovechará mejor la iluminación natural y podrá reducir la iluminación artificial.
- Es necesario analizar las necesidades de luz en cada una de las partes de la vivienda, ya que no todos los espacios requieren la misma cantidad, ni durante el mismo tiempo, ni con la misma intensidad.
- Mantenga limpias las lámparas y las pantallas, aumentará la luminosidad sin aumentar la potencia.
- El reemplazo de las lamparitas incandescentes por fluorescentes permite reducir 43.8 kilos de CO₂ anuales por lámpara.
- Use tubos fluorescentes donde necesite más luz y esté encendida muchas horas; por ejemplo, en la cocina.

APORTES DE LA INVESTIGACION

La dinámica del consumo de energía y la generación de RSD de las poblaciones de los distritos de Lima Norte, Lima Centro, está relacionado con el crecimiento demográfico estratificado en niveles socioeconómicos, con el resultado de una mayor presión sobre el medio ambiente por las emisiones de GEI, que difícilmente cambiaría, a no ser que se adopten medidas en primer instancia de carácter socioeconómico que permitan hacer de esta dinámica negativa a un fenómeno de carácter controlado.

El consumo de energía y la generación de RSD, de las poblaciones de los distritos ubicados en las áreas objetivo; especialmente en LN, se están desarrollando más allá de los límites de las áreas urbanas locales, con poblaciones numerosas, de crecimiento disperso, difuso y segregado; lo que trae como consecuencia un sistema urbano, con los mayores consumo de energía y dificultades en la reducción y generación de RSD, que de continuar con este proceso, irreversiblemente disminuirá la calidad ambiental, con la simultánea ubicación de nuevas poblaciones en las periferias, a través de la apropiación e invasión de los suelos de propiedad del estado no aptos para la habitación.

La emisión de CO₂, por el consumo total y per cápita de energía y generación de RSD, estaría permitiendo conocer el comportamiento de manera individualizada por distritos o en conjunto, de las emisiones de forma permanente, favoreciendo el establecimiento de medidas de gestión ambiental de las emisiones y reducción de CO₂, que es uno de los objetivos prioritarios de la política ambiental local, regional y nacional, para la toma de decisiones, (carbono neutralidad) sobre todo en las actividades de descontaminación o mitigación, para cada área en estudio, teniéndose en cuenta a diversos factores tales como la dinámica demográfica, el nivel de ingresos, el consumo y formas de vida ya que todas estas variables influyen significativamente en el volumen de CO₂ que se emiten.

La gestión de la generación de los RSD, se está complicando debido a que atraviesa por una serie de dificultades como son del tipo económica, geográfica, ecológica, social, principalmente para lograr adecuadamente un destino final aceptable para los mismos; siendo esta situación la preocupación constante de los gestores públicos o privados responsables de la erradicación y disposición de los residuos.

IX. FUENTES DE INFORMACION

1. Acebillo, Josep (1998): "*Barcelona, Servidor central de la xarxa metropolitana de ciutats*"; en Debat de Barcelona (III): Ciutat real, ciutat ideal. Pep Subirós (ED). Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona.
2. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <http://www.epa.gov/español/>
3. Amaya, A. José M. (1998): "*El ordenamiento territorial: política y plan*". Del Proyecto Fortalecimiento de la Participación Ciudadana en los Espacios de Gestión Ambiental Regional y Nacional". Departamento Nacional de Planeación (DNP), Fundación Friedrich Ebert, FESCOL; Santa Fe de Bogotá. Ed. CEREC.
4. Álvarez Díaz, P.D., Doménech Quesada, J.L., Perales Vargas-Machuca, J. A., 2008. *Huella ecológica energética corporativa: Un indicador de la sostenibilidad empresarial*. Revista OIDLES 1, 1-25.
5. Ávila, G et al. 2001. *Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica*. Agroforestería de las Américas. Costa Rica. (en línea).
6. Bermejo, Roberto (1994): "*Manual para una economía ecológica*"; cap. V "*intentos de armonizar equilibrio ecológico y crecimiento ilimitado: el concepto de desarrollo sostenible*". Ed. Los libros de la catarata. Madrid, Pp. 181-1221.
7. Bailly, Antoine Cáp. 1 (1996): "*Las políticas urbanas y regionales: los retos de la planificación territorial*" en "*Modelos de análisis y de planificación urbana. Estudios sobre la evolución y tendencias de la ciudad de Puebla*". Salvador Pérez-Mario Polèse (compiladores). Ed. Plaza y Valdés y Universidad Autónoma de Puebla. México.
8. Beck-Friis, B., M. Pell, U. Sonesson, H. Jonsson, and H. Kirchmann, (2000). *Formation and emission of N₂O and CH₄ from compost heaps of organic household waste*. Environmental Monitoring and Assessment 62, (3): 317-31.
9. Barros et al. Sf. 2006. *El significado de una meta dinámica de reducción de Gases de Efecto Invernadero: El caso Argentino*. Universidad del CEMA. PDF
10. Bengochea, A.; Higón F.; Martínez I. (2001): *Economic growth and CO₂ emissions in the European Union*. Environmental and Resource Economics 19, 165-172.
11. Birdsall, N. (1992): Another look at population and global warming. Population, health, and nutrition policy research working paper, WPS 1020, World Bank, Washington, DC.
12. Blok, K.; G.J.M. Phylipsen; J.W. Bode (1997): *The Triptych Approach; Burden sharing differentiation of CO₂ emissions reduction among EU member states*. Discussion

- paper for the workshop for the European Union Ad Hoc Group on Climate, Zeist, the Netherlands.
13. Bonos de carbono. *Dióxido de carbono liberado a la atmosfera por descomposición de materia orgánica en rellenos sanitarios*. <http://www.trygerltda.cl/bonos.htm>.
 14. Cabrera, Becerra Virginia (1994): *"Políticas regionales y configuración espacial de la región centro de Puebla, 1970-1990"*. Ed. Facultad de Arquitectura. Unidad de Investigación y Estudios de Posgrado. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
 15. Carballo Penela, A., García-Negro, M. C., Doménech Quesada, J. L., Villasante, C. S., Rodríguez, G., García Arenales, M., 2008. *A pegada ecológica corporativa: concepto e aplicación a dúas empresas pesqueiras de Galicia*. Revista Galega de Economía 17.
 16. Chambers, N., Lewis, K., 2001. *Ecological Footprint Analysis: Towards a Sustainability Indicator for Business*. ACCA Research Report No. 65, Oxford, UK.
 17. Coto Millán, P., Mateo Mantecón, I., Doménech, J.L., Quesada; González- Arenales, M., 2008. *La Huella Ecológica de las Autoridades Portuarias y los Servicios*. Revista OI DLES 1, 1-27.
 18. Damen, Kay, Martijn Van Troost, Andre Faaij, and Wim Turkenburg, (2006). *A comparison of electricity and hydrogen production systems with CO₂ capture and storage. Part A: Review and selection of promising conversion and capture technologies*. Progress in Energy and Combustion Science 32, (2): 215-46.
 19. Davidson A, La Cour Jensen J, Appelqvist B, Gruvberger C and Hallmer M, (2007). *Anaerobic digestion potential of urban organic waste: A case study in Malmo*. Waste Management and Research, 25 (2), 162-169.
 20. Dietz, T.; Rosa, E.A. (1997): *Effects of population and affluence on CO₂ emissions*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 94, 175-179.
 21. Doménech, J. Sf. (2008). *Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa*. Centro argentino de estudios internacionales. Gijón. Argentina.
 22. DSMWG. (2009), *Community Energy Systems: Consultation Document*. s.l.: Demand-Side Management Working Group Joint Early Action Initiative.
 23. Energetics. 2007. *The Reality of Carbon Neutrality*. Londres. Inglaterra.
 24. Environment Canada, (2008). *National Inventory Report: GHG Sources and Sinks in Canada, 1990 - 2006*.
 25. Ewing, R, Rong, F. (2008), *The Impact of Urban Form on US Residential Energy Use*. Housing Policy Debate. 2008, Vol. 19, 1.

26. Finnveden, G, Johansson, J, Lind, P & Moberg, A, (2005). Life cycle assessment of energy from solid waste – Part 1: General methodology and results. *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 213–229.
27. Fonseca, W et al. 2005. *Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales en la zona Caribe de Costa Rica*. Costa Rica. CATIE.
28. Gary Haq, Jan Minx, John Whitelegg and Anne Owen, “*Greeting the Greys: Climate Change and the over 50s*”, (February 2007), York, Stockholm Environment Institute, University of York..
29. Getter, KL, Rowe, DB, Robertson, GP, Cregg, BM & Andresen, JA, (2009). *Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs*. *Environmental Science and Technology*, 43 (19), 7564–7570.
30. Gilmour, B. and Warren, J. (2007). *Advancing District Energy Development in Canada: A Process for Site Selection, Review and Community Participation*. Toronto: Canadian District Energy Association.
31. Girardet, H. *Creando ciudades sostenibles*. Ed. Tilde, Valencia, 2001.
32. Gunter, W.D., Wong, S., Cheel, D.B. & Sjoström, G. (1998), Large CO₂ sinks: Their role in the mitigation of greenhouse gases from an international, national (Canadian) and provincial (Alberta) perspective, *Applied Energy*, vol. 61, no. 4, pp. 209–227.
33. GV, (2009b). Greenhouse Gas Emissions from Global Cities, *Environmental Science and Technology*. 43, 7297–7302.
34. Harvey, D. (2006) Chapter 15: Community Integrated Energy Systems. *A Handbook on Low-Energy Buildings and District-Energy Systems Fundamentals, Techniques and Examples*. Sterling, VA: Earthscan.
35. Healthy forests that recapture carbon from the atmosphere.<http://www.greenfleet.org.nz/>
36. Hern, W.M. (1990) “*Why are so many of us? Description and diagnosis of a planetary ecopatological process*”, *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 12, nº1.
37. Hobson, AM, Frederickson, J and DISE NB, (2005). CH₄ and N₂O from mechanically turned windrow and vermicomposting systems following in-vessel pre-treatment. *Waste Management*, 25 (4), 345–352.
38. ICF, 2007. Greenhouse Gases and Air Pollutants in the City of Toronto (2004). Available HTTP: <http://www.toronto.ca/teo/pdf/ghg-aq-inventory-june2007.pdf>

39. IPCC, (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 - Waste.
40. IPCC, (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.
41. Iracheta A. Gobernabilidad en la zona metropolitana del Valle de México-ZMVM. *En el desafío de las áreas metropolitanas en un mundo globalizado*. Institut d'Estudis Territorials. Barcelona 2002.
42. Jiménez, D. 2003. *Aplicación de Silvía en el ordenamiento de las plantaciones forestales del CATIE*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
43. Marañón, E., Iregui, G., Doménech, J.L., Fernández-Nava, Y., González- Arenales, M., 2008. *Propuesta de índices de conversión para la obtención de la huella de los residuos y los vertidos*. Revista OIDLES 1, 1-22.
44. Margalef, Ramón, (1991): *"Teoría de los sistemas ecológicos"*. Entidad Editorial Universidad de Barcelona.
45. Median, Manuel (1997): "¿Sostenido? ¿Sostenible? ¡Compatible! Base para un desarrollo compatible de ciencia, tecnología y cultura", en *¿Sostenible? Tecnología, desarrollo sostenible y desequilibrios*. Ed. Icaria & Antrazyt; 104. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
46. Mohareb AK, Warith MA, & Diaz R, (2008). *Modeling greenhouse gas emissions for municipal solid waste management strategies in Ottawa, Ontario, Canada*. Resources, Conservation and Recycling, 52, 1241-1251.
47. Morales, David Quinn, Megan Roberts, Robert Scaringe, Tim Studley, Sittha Sukkasi, Mika Tomczak, Jessica Vechakul and Malima Wolf, Environmental Life Style Analysis (ELSA),(April 2008) Massachusetts , Massachusetts Institute of Technology.
48. Mumford L. 1966. *La ciudad en la historia*. Ediciones Infinito. Buenos Aires.
49. Mumford L. 1971. *Técnica y civilización*. Col. Historia y Geografía. Alianza Editorial. Barcelona.
50. Naredo, José Manuel y Rueda Salvador (1998 b): *"La 'ciudad sostenible': resumen y conclusiones"*. En ciudades más sostenibles, página WWW. 24-IV-98.
51. Naredo J.M. 2003. *Hacia una utilización más responsable del Territorio*. Ponencia del Foro Urbanismo para un Desarrollo más Sostenible. Equilibrio Territorial. Congreso de Urbanismo Sostenible. Collegi Oficial Arquitectes Balears. Palma de Mallorca.

52. Naredo.J.M. 1996. Sobre la insostenibilidad de las actuales conurbaciones y el modo de paliarla. Ciudades para un futuro más sostenible. Habitat II. Primer catálogo español de buenas prácticas. Vol I. Ministerio de Fomento. Pag. 49.
53. Natural Resources Canada, (2008). Canada's Fossil Energy Future: The Way Forward on Carbon Capture and Storage – Report from the Eco ENERGY Carbon Capture and Storage Task Force. <http://www.nrcanrncan.gc.ca/com/resoress/publications/fosfos/fosfos-eng.pdf>. Accessed May 24, 2009.
54. Norby, R. 2005. *Forest response to elevated CO₂ is conserved across a broad range of productivity*. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America.
55. North, D. 1990. *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. Cambridge University. 190 p.
56. Nosela, P. (28 de febrero de 2008). *Naturaleza a raudales* . Recuperado el 22 de Abril de 2012, de pepenosela.blogspot.mx: <http://pepenosela.blogspot.mx/2008/02/retencin-de-co2-por-las-plantas.html>
57. La Cour Jansen J, Gruvberger C, Hanner N, Aspegren H & Avard A, (2004). *Digestion of sludge and organic waste in the sustainability concept for Malmo, Sweden*. Water Science and Technology, 49 (10), 163-169.
58. LIVE EARTH. 2007. *Carbon Assessment and Footprint Report*. Estados Unidos.
59. Lopera, G et al. 2001. *Flujo de carbono y respuesta a diferentes estrategias de manejo en plantaciones tropicales de Pinus patula*. Universidad Nacional de Colombia.
60. Oficina parlamentaria del POSTE de la ciencia y de la tecnología (2006). *Huella del carbón de la producción eléctrica*. Octubre de 2006, número 268
61. OSORIO L, O. I. 2004. *Interceptación de la radiación, acumulación y distribución de biomasa y contenido de carbono en las especies Eucalyptus grandis Hill ex Maiden y Alnus acuminata H.B.K.* Trabajo de Grado de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 41 p.
62. POST, 2006. *Carbon footprint of electricity generation*. POST note 268. Parliamentary Office of Science and Technology, London, UK.
63. Psomopoulos, CS, Bourka A & Themelis, NJ, (2009). *Waste-to-energy: A review of the status and benefits in USA*. Waste Management, 29 (5), 1718-1724.
64. Proyecto Silvopastoril GEF – Banco Mundial. 2005. *Enfoques Silvopastoriles Integrados para el manejo de Ecosistemas*. Costa Rica.

65. Ramirez, O et al. 2002. *Economics Value of the Carbon Sink Service of Tropical Secondary Forest and Its Management Implications*. Holanda. PDF.
66. Ruth, Lawrence A., (1998). *Energy from municipal solid waste: A comparison with coal combustion technology*. Progress in Energy and Combustion Science 24 (6), 545-64.
67. Roca, J.; Padilla, E.; Farré, M.; Galletto, V. (2001): *Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hypothesis*. Ecological Economics 39, 85-99.
68. Rueda, Salvador (1993): "*Ecología urbana y planificación de la ciudad*". En Medio Ambiente. Tecnología i Cultura, núm. 5. Abril. Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya.
69. Ruiz, A. 2004. Fijación y Almacenamiento de carbono y Competitividad económica. CATIE. Costa Rica.
70. Shafeen, A., Croiset, E., Douglas, P.L. & Chatzis, I., (2004a), *CO₂ sequestration in Ontario, Canada*. Part I: Storage evaluation of potential reservoirs, Energy Conversion and Management, 45 (17), 2645-2659.
71. Shafeen, A., Croiset, E., Douglas, P.L. & Chatzis, I., (2004b), *CO₂ sequestration in Ontario, Canada*. Part II: Cost estimation, Energy Conversion and Management, 45 (20), 3207-3217.
72. Schlegel B et al. 2001. *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile.
73. Smith K. 2008. *The carbon neutral myth: offset indulgences for your climate sins*. Amsterdam: Carbon Trade Watch. 80 page. www.carbontradewatch.org.
74. Slater, S. (2009) *Resources from Waste: A Guide to Integrated Resource Recovery*. British Columbia: Ministry of Community Development.
75. TANGARIFE, P. G. 2003. *Actividad fotosintética de 10 especies forestales*. Cenicafé: Chinchiná, Colombia. Informe anual de labores de la disciplina de Fisiología Vegetal. 180p
76. Tchobanoglous, G, Theisen H, & Vigil S, (1993). *Integrated Solid Waste Management - Engineering Principles and Management Issues*. Irwin McGraw-Hill, Boston.
77. TCNC (The Carbon Neutral Protocol). 2006. *A framework for effective action on climate change*.
78. Thompson, A et al. 2007. *Don't Bet on Offsets: Erasing your carbon footprint is*

a tricky business. The nation. Inglaterra.

79. Timothy Gutowski, Amanda Taplett, Anna Allen, Amy Banzaert, Rob Cirinciore, Christopher Cleaver, Stacy Figueredo, Susan Fredholm, Betar Gallant, Alissa Jones, Jonathan Krones, Barry Kudrowitz, Cynthia Lin, Alfredo Morales, David Quinn, Megan Roberts, Robert Scaringe, Tim Studley, Sittha Sukkasi, Mika Tomczak, Jessica Vechakul and Malima Wolf, *Environmental Life Style Analysis (ELSA)*, (April 2008) Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology. 15 de Mayo de 2008.
80. Toboso, F. 1997. *¿En qué se diferencian los enfoques de análisis de la vieja y la nueva economía institucional?* Universidad de Valencia. España.
81. United States Environmental Protection Agency, (2006). *Solid Waste Management and Greenhouse Gases – A Life-Cycle*
82. Vallejo, A et al, Sf. *Generic growth models: a tool for modeling management and productivity of tropical forest species*. CATIE. Costa Rica.
83. Villamil, Serrano Armando y Maties, García Joan (1998): *Política Económica del Medio Ambiente. Aplicaciones Empresariales*. Colección Ceura Economía. Editorial Centro De Estudios Ramón Areces, S.A. Madrid, 1998.
84. Wiedmann, T et al. 2007. *A Definition of Carbon Footprint*. Centre for Integrated Sustainability Analysis. Reino Unido. (en línea).
85. Wiedmann, T. y J. Minx (2008). *Una definición de la "huella del carbón". Tendencias ecológicas de la investigación de la economía*. C. C. Pertsova: Capítulo 1, pp. 1-11. Editores de la ciencia de la Nova, inc., Hauppauge NY, los E.E.U.U.
86. Zamora, S. 2006. *Efecto de los pagos por servicios ambientales en composición, conectividad y el stock de carbono en paisajes ganaderos*. Costa Rica. CATIE.
87. http://cdea.ca/resources/CDEA_finalnationalsurveyreport.pdf/view
88. http://www.vidasostenible.org/observatorio/f2_final.asp?idinforme=1014
89. http://www.consumer.es/web/es/medio_ambi...
90. <http://www.papelnet.cl/documentos/papeln...>
91. <http://foroarchivo.infojardin.com/botani...>
92. <http://www.geocities.ws/alepeces/biografias/vanhelmont.htm>
93. <https://sites.google.com/site/huertocampoamor/apartados-del-proyecto/captacion-y-sumideros-de-co2>
94. <http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/huellaemision.htm>
95. <http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/produccionmaslimpia.htm>
96. "<http://www.patagonianatural.org/huella-de-carbono-en-argentina.html>" />
97. http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero#cite_note-EIA1-17
98. http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero#cite_note-carpinf1-13

X. ANEXOS

Anexo A.1. Relación del total y per cápita del: consumo de energía, generación de RSD, de las poblaciones totales y por NSE de las poblaciones de las áreas de estudio.

a. A NIVEL DE LIMA NORTE

Consumo total de electricidad GW/h, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en LN

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LN

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/) mensual, en LN.

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 1

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-34347.0	733537.	-0.0468238	0.9632
I	1485.58	532.501	2.78981	0.0121

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	4.33021E12	1	4.33021E12	7.78	0.0121
Residual	1.00146E13	18	5.56364E11		
Total (Corr.)	1.43448E13	19			

R-cuadrada = 30.1867 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 26.3081 por ciento

Error estándar del est. = 745898.

Error absoluto medio = 592111.

Estadístico Durbin-Watson = 0.266968 (P=0.0000)

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.746067

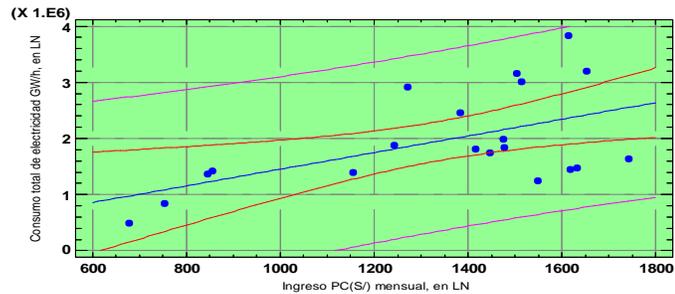
Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de primer orden para describir la relación entre Consumo total de electricidad GW/h, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en Lima Norte. La ecuación del modelo ajustado es

$$C = -34347.0 + 1485.58 * (I)$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en Lima Norte, con un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 30.1867% de la variabilidad en Consumo total de electricidad GW/h, en Lima Norte.

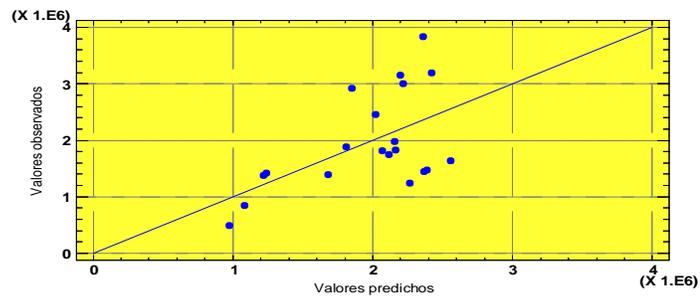
Figura Consumo total de electricidad GW/h, en LN, Vs. Ingreso PC(S/) mensual, en LN.



El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 26.3081%.

El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 745898.

Figura Consumo total de electricidad GW/h, en LN



El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay una indicación de posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.

Consumo total de electricidad GW/h vs. Población total/año de LN

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LN (CTAELN)

Variable independiente:

P= Población total/año de LN (PTLN)

Variable Ponderante: Año

Orden del polinomio = 2

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	1.17279E6	332440.	3.52784	0.0026
P	-1.53513	0.403144	-3.80789	0.0014
P ^2	9.95504E-7	1.20645E-7	8.25153	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2.77227E16	2	1.38613E16	248.47	0.0000
Residual	9.4838E14	17	5.57871E13		
Total (Corr.)	2.86711E16	19			

R-cuadrada = 96.6922 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96.3031 por ciento

Error estándar del est. = 7.46907E6

Error absoluto medio = 5.81076E6

Estadístico Durbin-Watson = 1.43949 (P=0.0277)

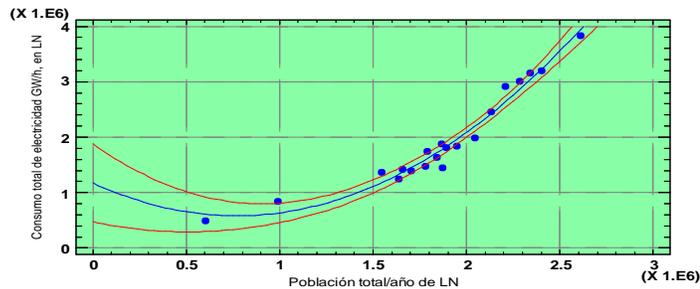
Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.251929

Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de segundo orden para describir la relación entre Consumo total de electricidad GW/h, vs. Población total/año de Lima Norte. La ecuación del modelo ajustado es

$$C = 1.17279E6 - 1.53513*(P) + 9.95504E-7*(P^2)$$

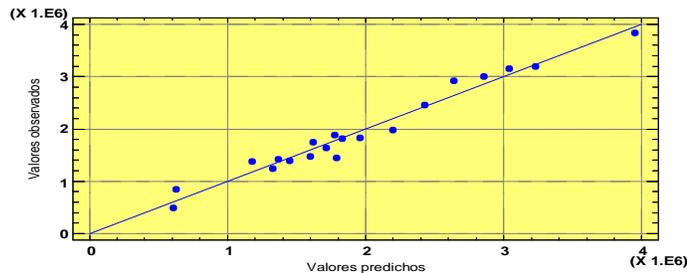
Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, vs. Población total/año de Lima Norte, con un nivel de confianza del 95%.

Figura Consumo total de electricidad GW/h, en LN vs. Población total/año de LN



El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 96.6922% de la variabilidad en Consumo total de electricidad GW/h, de Lima Norte. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 96.3031%.

Figura Consumo total de electricidad GW/h, en LN



El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 7.46907E6.

El error absoluto medio (MAE) de 5.81076E6 es el valor promedio de los residuos.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay una indicación de posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.

Relación de la Generación total, de RS, TM/año, vs. Ingreso PC(S/) mensual, en LN

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LN. (GTRSLN)

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/) mensual, en LN. (IPCPLN)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 2

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-801484.	885692.	-0.904924	0.3782
I	1633.83	1557.76	1.04884	0.3089
I ²	-0.498363	0.644724	-0.772986	0.4501

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	4.09406E11	2	2.04703E11	3.53	0.0521
Residual	9.84861E11	17	5.7933E10		
Total (Corr.)	1.39427E12	19			

R-cuadrada = 29.3635 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 21.0533 por ciento

Error estándar del est. = 240693.

Error absoluto medio = 164182.

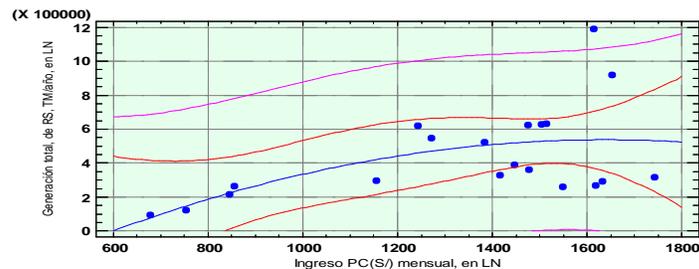
Estadístico Durbin-Watson = 0.291424 (P=0.0000)

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.637893

Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de segundo orden para describir la relación entre Generación total, de RS, TM/año, vs. Ingreso PC(S/) mensual, en Lima Norte. La ecuación del modelo ajustado es:

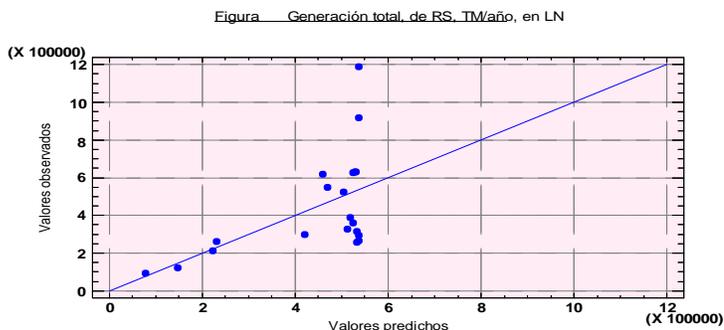
$$B = -801484. + 1633.83 * (I) - 0.498363 * (I^2)$$

Figura Generación total, de RS, TM/año, en LN vs. Ingreso PC(S) mensual, en LN.



Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es mayor o igual que 0.05, no existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RS, TM/año, vs. Ingreso PC(S/) mensual, en Lima Norte, con un nivel de confianza del 95% o mayor.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 29.3635% de la variabilidad en Generación total, de RS, TM/año, en Lima Norte. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 21.0533%.



El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 240693. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una indicación de posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.

Generación total, de RS, TM/año, vs. Población total/año de LN

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LN. (GTRSLN)

Variable independiente:

P= Población total/año de LN (PTLN)

Variable Ponderante: Año

Orden del polinomio = 3

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-290788.	508391.	-0.571976	0.5753
PTLN	0.998795	1.1407	0.875597	0.3942
PTLN ^2	-7.89032E-7	7.53971E-7	-1.0465	0.3109
PTLN ^3	2.36616E-13	1.52959E-13	1.54693	0.1414

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2.5018E15	3	8.33935E14	46.21	0.0000
Residual	2.88718E14	16	1.80449E13		
Total (Corr.)	2.79052E15	19			

R-cuadrada = 89.6536 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 87.7137 por ciento

Error estándar del est. = 4.24792E6

Error absoluto medio = 2.75244E6

Estadístico Durbin-Watson = 1.23927 (P=0.0019)

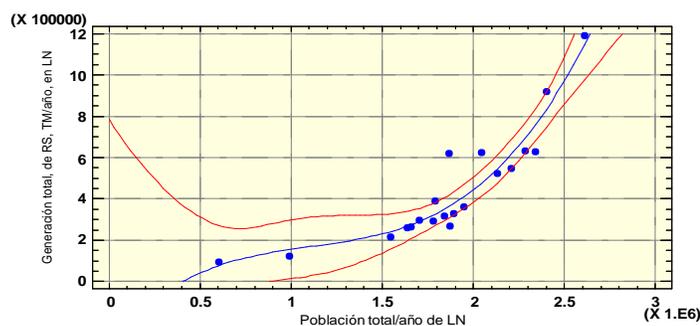
Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.37359

Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de tercer orden para describir la relación entre Generación total, de RS, TM/año, vs. Población total/año de Lima Norte. La ecuación del modelo ajustado es:

$$B = -290788. + 0.998795*(P) - 7.89032E-7*(P^2) + 2.36616E-13*(P^3)$$

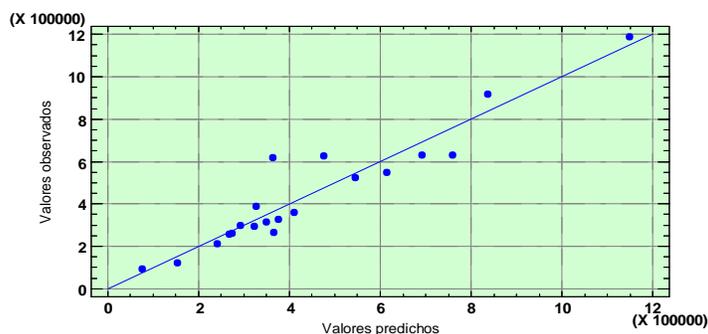
Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RS, TM/año, vs. Población total/año de Lima Norte, con un nivel de confianza del 95%. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 89.6536% de la variabilidad en Generación total, de RS, TM/año, de Lima Norte.

Figura Generación total, de RS, TM/año, en LN vs. Población total/año de LN



El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 87.7137%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 4.24792E6. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay una indicación de posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.

Figura Generación total, de RS, TM/año, en LN.



b. A NIVEL DE LIMA CENTRO

1) Consumo total de electricidad GW/h, versus Población total/año de LC

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LC (CTAELC)

Variable independiente:

P= Población total/año de LC (PTLC)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 3

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-3.27043E6	933547.	-3.50323	0.0029
P	2.2058	0.482349	4.57304	0.0003
P ²	-3.87748E-7	7.77476E-8	-4.98727	0.0001
P ³	2.23531E-14	3.98763E-15	5.6056	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1.192E12	3	3.97335E11	108.78	0.0000
Residual	5.8445E10	16	3.65281E9		
Total (Corr.)	1.25045E12	19			

R-cuadrada = 95.3261 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 94.4497 por ciento

Error estándar del est. = 60438.5

Error absoluto medio = 44325.5

Estadístico Durbin-Watson = 1.41521 (P=0.0231)

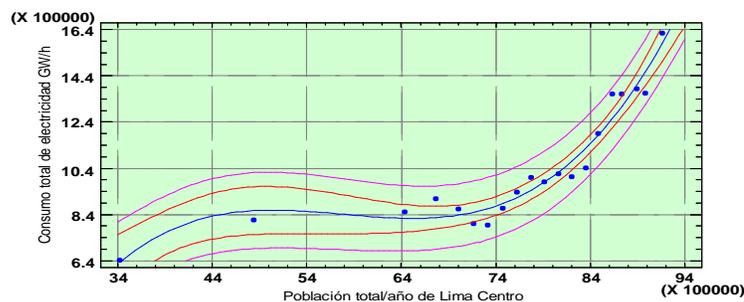
Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.275397

Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de tercer orden para describir la relación entre Consumo total de electricidad GW/h, versus Población total/año de Lima Centro. La ecuación del modelo ajustado es:

$$C = -3.27043E6 + 2.2058*(P) - 3.87748E-7*(P^2) + 2.23531E-14*(P^3)$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, versus Población total/año de Lima Centro con un nivel de confianza del 95%.

Figura Consumo total de electricidad GW/h. Vs. Población total/año de Lima Centro

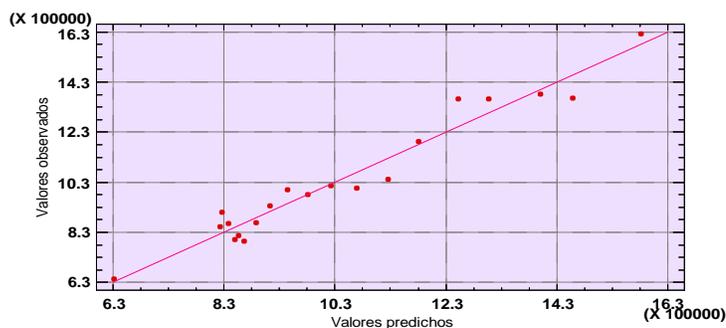


El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 95.3261% de la variabilidad en Consumo total de electricidad GW/h, de Lima Centro. El estadístico R-

Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 94.4497%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 60438.5.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay una indicación de posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.

Figura Consumo total de electricidad GW/h, de Lima Centro.



2) Consumo total de electricidad GW/h, versus Ingreso PC(S/)/m, en LC.

Variable dependiente:

C= Consumo total de electricidad GW/h, en LC (CTAELC)

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/)/m, en LC. (IPCPLC)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 3

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	72603.7	3.98957E6	0.0181984	0.9857
I	800.397	10570.1	0.075723	0.9406
I ²	0.393607	8.85662	0.0444421	0.9651
I ³	-0.000306483	0.00238292	-0.128616	0.8993

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3.35098E11	3	1.11699E11	1.95	0.1619
Residual	9.15351E11	16	5.72094E10		
Total (Corr.)	1.25045E12	19			

R-cuadrada = 26.7982 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 13.0729 por ciento

Error estándar del est. = 239185.

Error absoluto medio = 174517.

Estadístico Durbin-Watson = 0.254841 (P=0.0000)

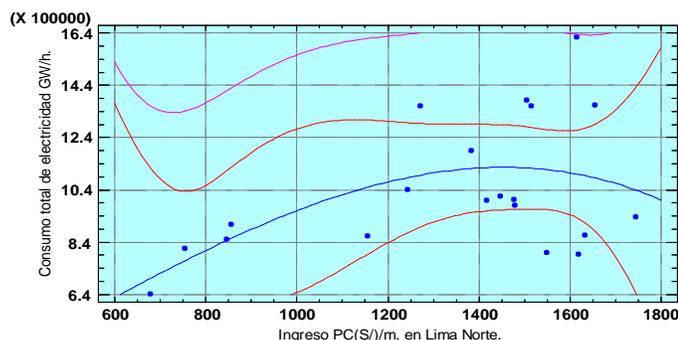
Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.721498

Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de tercer orden para describir la relación entre Consumo total de electricidad GW/h, versus Ingreso PC(S/)/m, en Lima Norte. La ecuación del modelo ajustado es

$$C = 72603.7 + 800.397*(I) + 0.393607*(I^2) - 0.000306483*(I^3)$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es mayor o igual que 0.05, no existe una relación estadísticamente significativa entre Consumo total de electricidad GW/h, versus Ingreso PC(S/)/m, en Lima Norte con un nivel de confianza del 95% o mayor.

Figura ____ Consumo total de electricidad GW/h, versus Ingreso PC(S/)/m, en Lima Norte.

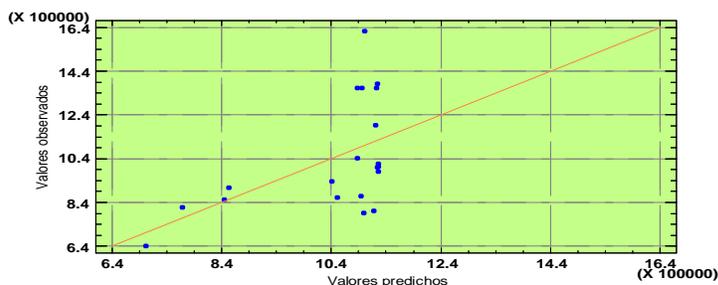


El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 26.7982% de la variabilidad en Consumo total de electricidad GW/h, en Lima Norte.

El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 13.0729%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 239185.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay una indicación de posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.

Figura ____ Consumo total de electricidad GW/h, con Valores Predichos, de Lima Norte



3) Generación total, de RS, TM/año, Vs Ingreso PC(S/)/ m, en LC.

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LC.

Variable independiente:

I= Ingreso PC(S/) mensual, en LC. (IPCPLC)

Selección de la Variable: Año
 Orden del polinomio = 3

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-391656.	1.26283E6	-0.310141	0.7605
I	1622.03	3345.77	0.484801	0.6344
I ²	-0.994723	2.80342	-0.354825	0.7274
I ³	0.00020732	0.000754275	0.274861	0.7869

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	6.36989E10	3	2.1233E10	3.70	0.0338
Residual	9.17121E10	16	5.732E9		
Total (Corr.)	1.55411E11	19			

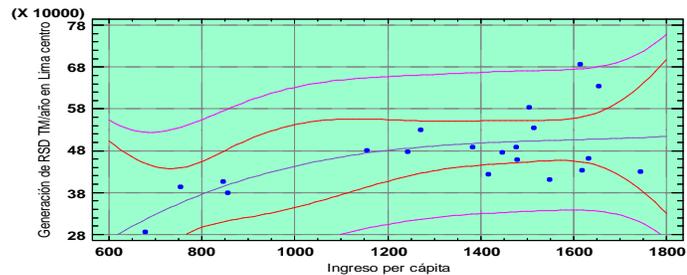
R-cuadrada = 40.9874 por ciento
 R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 29.9225 por ciento
 Error estándar del est. = 75710.0
 Error absoluto medio = 51570.5
 Estadístico Durbin-Watson = 0.338204 (P=0.0000)
 Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.650485

Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de tercer orden para describir la relación entre Generación total, de RS, M/año, Vs Ingreso PC(S)/ m, en Lima Centro. La ecuación del modelo ajustado es

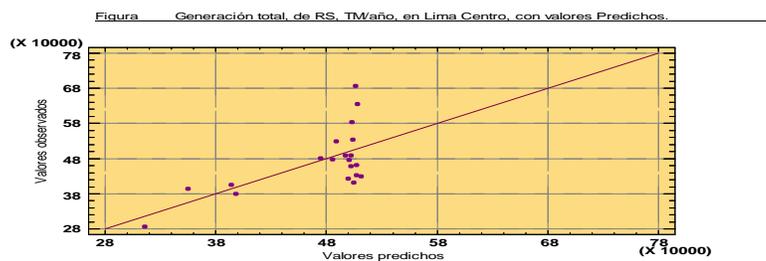
$$B = -391656. + 1622.03*(I) - 0.994723*(I^2) + 0.00020732*(I^3)$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RS, M/año, Vs Ingreso PC(S)/ m, en Lima Centro con un nivel de confianza del 95%.

Figura Generación total, de RS, TM/año, en Lima Centro.



El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 40.9874% de la variabilidad en Generación total, de RS, M/año, en Lima Centro. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 29.9225%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 75710.0.



El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, hay una indicación de posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.

4) *Generación total, de RSD, TM/año, versus Población total/año de LC*

Variable dependiente:

B= Generación total, de RS, TM/año, en LC. (GTRSLC)

Variable independiente:

P= Población total/año de LC (PTLC)

Selección de la Variable: Año

Orden del polinomio = 3

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-1.48829E6	419926.	-3.54418	0.0027
P	0.963979	0.216969	4.44292	0.0004
P ²	-1.61001E-7	3.49723E-8	-4.60366	0.0003
P ³	8.87376E-15	1.79371E-15	4.94715	0.0001

Análisis de Varianza

Fuente	Suma Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1.43585E11	3	4.78618E10	64.76	0.0000
Residual	1.18255E10	16	7.39097E8		
Total (Corr.)	1.55411E11	19			

R-cuadrada = 92.3908 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 90.9641 por ciento

Error estándar del est. = 27186.3

Error absoluto medio = 19134.3

Estadístico Durbin-Watson = 1.88682 (P=0.1895)

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0.00860104

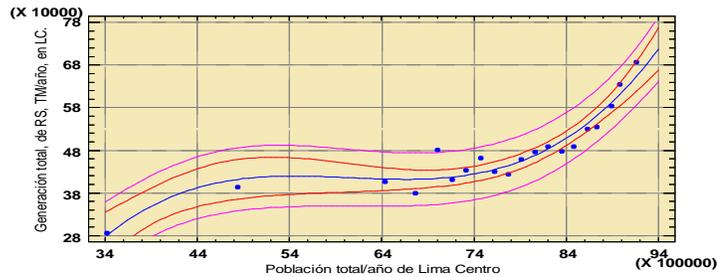
Los resultados obtenidos de ajustar un modelo polinomial de tercer orden para describir la relación entre Lima Centro R y Lima Centro P. La ecuación del modelo ajustado es

$$B = -1.48829E6 + 0.963979*(P) - 1.61001E-7*(P^2) + 8.87376E-15*(P^3)$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre Generación total, de RSD, TM/año, versus Población total/año de Lima Centro con un nivel de confianza del 95%.

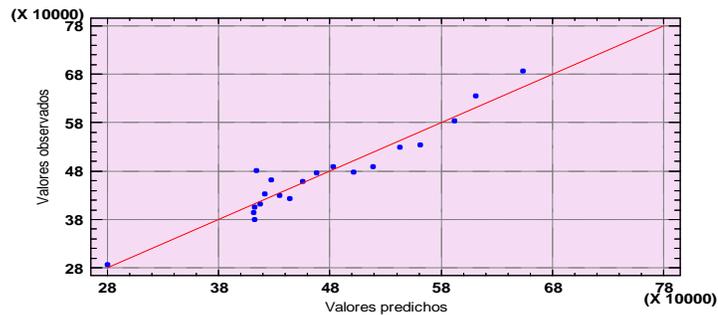
El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 92.3908% de la variabilidad en Generación total, de RSD, TM/año, de Lima Centro. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 90.9641%.

Figura Generación total, de RS, TM/año, en Lima Centro.



El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 27186.3. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P mayor que 0.05, no hay indicación de correlación serial en los residuos, con un nivel de confianza del 95%.

Figura Generación total, de RS, TM/año, en Lima Centro



Anexo B.1. Número total de árboles/año, por el consumo de energía, de 1993 a 2010.

DISTRITO	TOTAL 1993	TOTAL 2010	Variación de la Generación de CO ₂		
			Acumulado. 18	Incremento μ/año	Incremento (%)
Lima Metropolitana	214504,333	504966,167	6,344'443,000	137964,833	64.318
S.M. Porres	14772,667	34892,500	400781,500	9706,333	70.475
Comas	13670,667	27879,833	352342,833	5904,000	43.188
Los Olivos	7713,167	18978,833	225298,667	4803,500	62.275
Independencia	6218,333	11914,167	149450,500	2011,500	33.522
Carabayllo	3602,167	13614,500	138124,667	1269,500	108.57
Puente Piedra	3475,833	15263,667	151668,000	4950,167	142.419
Ventanilla	3150,333	18384,667	169579,833	6270,833	199.051
Ancón	665,500	1851,167	21711,500	540,667	81.232
Santa Rosa	132,167	744,333	7857,833	304,500	230.533
Lima Norte	51488,167	143898,500	1,609'578,167	37932,833	73.673
Lima Cercado	11509,167	15770,167	231160,000	1333,000	11.582
Satgo. Surco	6786,500	17389,833	207105,000	4719,333	69.54
Rímac	2990,833	9730,667	134998,500	4509,167	150.762
San Borja	3379,000	6287,333	82352,333	1196,167	35.397
Miraflores	2945,167	4745,667	63721,167	595,000	20.201
Jesús María	2216,333	3925,667	48444,500	475,000	21.432
San Isidro	2130,167	3203,833	45222,500	382,333	17.947
Lima Centro	31957,167	60903,000	816'519,833	13405,000	41.947

Anexo B.2. Número total de árboles/año, por la generación de RSD. de 1994 a 2010.

DISTRITO	Total 1994	Total 2010	Variación de la Generación de CO ₂		
			Acumulado. 17	Incremento μ/año	Incremento (%)
Lima Metropolitana	141457,667	411484,500	3684911,667	75301,833	53.23
S.M. Porres	10444,833	35483,333	243612,500	3885,500	37.20
Comas	6283,167	18885,333	214419,167	6329,667	100.74
Los Olivos	6242,333	16975,167	145731,333	2330,000	37.33
Independencia	2856,000	11251,000	88248,500	2335,167	81.76
Carabayllo	1672,833	18030,167	75017,833	2740,000	163.80
Puente Piedra	1591,167	20794,833	94115,000	3960,000	247.93
Ancón	367,167	1972,333	17062,167	636,500	173.33
Santa Rosa	285,667	260,833	2993,000	-3,667	-1.25
Ventanilla	151,667	11214,667	77715,333	4419,833	2914.72
Lima Norte	29894,833	134863,000	958914,667	26512,000	88.68
Lima Cercado	13790,500	21717,500	307463,667	4295,667	31.15
Satgo. Surco	8323,167	20431,333	192876,500	3022,500	36.31
Rímac	5222,500	8347,667	99785,000	647,333	12.40
La Molina	3223,167	8347,500	91074,500	2134,167	66.21
Miraflores	3590,500	6091,667	78845,833	1047,500	29.18
San Borja	4120,833	4305,667	70388,000	19,667	0.48
San Isidro	2611,167	4429,167	63068,167	1098,667	42.08
Jesús María	2203,167	4118,167	45988,667	502,167	22.79
Lima Centro	43084,833	77770,667	949490,167	12767,667	29.63

Anexo B.3. Número per cápita de árboles /ha/año, por la generación de RSD.

DISTRITO	PPC 1994	PPC 2010	Variación PPC	
			Diferencia (17)	Incremento %
Lima Metropolitana	21	45	24	6.007
Puente Piedra	13	75	62	20.590
Carabaylo	14	73	59	21.570
S.M. Porres	26	56	31	10.550
Independencia	15	52	37	11.940
Comas	15	37	22	11.230
Los Olivos	24	49	26	9.800
Ventanilla	2	34	32	8.350
Ancón	20	59	39	12.890
Santa Rosa	30	19	-11	11.760
Lima Norte	23	52	29	7.690
San Isidro	40	76	36	9.398
Lima Cercado	42	76	34	7.816
Jesús María	34	58	24	6.417
Miraflores	41	71	30	4.412
San Borja	39	39	0	5.623
Santiago Surco	38	65	27	4.971
Rímac	27	47	20	8.978
Lima Centro	41	71	30	3.30

Anexo B.4. Numero per cápita de árboles /ha/año, por la generación de RSD, según NSE, en el 2010.

DISTRITO	NIVELES SOCIOECONOMICOS				
	A	B	C	D	E
Lima Metropolitana	43	39	35	31	27
Puente Piedra	64	58	52	46	41
S.M. Porres	48	44	39	35	31
Comas	32	29	26	24	20
Carabaylo	66	58	52	46	41
Los Olivos	43	39	35	31	27
Ventanilla	33	30	27	24	21
Independencia	45	41	37	33	29
Ancón	45	41	37	33	29
Santa Rosa	23	21	19	17	15
Lima Norte	44	40	36	32	28
Lima Cercado	64	58	52	46	41
San Borja	43	39	35	31	27
Jesús María	66	61	44	48	43
Rímac	61	56	35	45	39
Satgo. Surco	85	77	70	62	55
San Isidro	56	51	70	41	36
Miraflores	53	48	50	39	34
Lima Centro	50	45	40	35	32

Anexo B.5. Número de árboles y has, por el consumo de energía y generación de RSD

Área o zona	Acumulado Árboles GW	Acumulado Árboles RSD	Total Acumulado Árboles E+RSD	Total Acumulado Has E+RSD	
Lima Metropolitana	6344443000	3684911667	10029354667	25073387	28'116,500
S.M. Porres	400781500	243612500	644394000	1610985	
Comas	352342833	214419167	566762000	1416905	
Los Olivos	225298667	145731333	371030000	927575	
Independencia	149450500	88248500	237699000	594248	
Carabaylo	138124667	75017833	213142500	532856	
Puente Piedra	151668000	94115000	245783000	614458	
Ventanilla	169579833	17062167	186642000	466605	
Ancón	21711500	2993000	24704500	61761	
Santa Rosa	7857833	77715333	85573167	213933	
Lima Norte	1609578167	958914667	2568492833	6421232	8'704,100
Lima Cercado	231160000	307463667	538623667	1346559	
Stgo. Surco	207105000	192876500	399981500	999954	
Rímac	134998500	99785000	234783500	586959	
San Borja	82352333	78845833	161198167	402995	
Miraflores	63721167	70388000	134109167	335273	
Jesús María	48444500	63068167	111512667	278782	
San Isidro	45222500	45988667	91211167	228028	
Lima Centro	816519833	949490167	1766010000	4415025	1'038,500

Anexo B.6. Número de has/año, por el consumo de energía.

DISTRITO	TOTAL 1993 Has	TOTAL 2010 Has	Variación de la Generación de CO ₂		
			Acumulado Has (18)	Incremento Has	Incremento %
Lima Metropolitana	536	1262	15861	345	64.318
S.M. Porres	37	87	1002	24	70.475
Comas	34	70	881	15	43.188
Los Olivos	19	47	563	12	62.275
Independencia	16	30	374	5	33.522
Carabaylo	9	34	345	3	108.57
Puente Piedra	9	38	379	12	142.419
Ventanilla	8	46	424	16	199.051
Ancón	2	5	54	1	81.232
Santa Rosa	0	2	20	1	230.533
Lima Norte	129	360	4024	95	73.673
Lima Cercado	29	39	578	3	11.582
Stgo. Surco	17	43	518	12	69.54
Rímac	7	24	337	11	150.762
San Borja	8	16	206	3	35.397
Miraflores	7	12	159	1	20.201
Jesús María	6	10	121	1	21.432
San Isidro	5	8	113	1	17.947
Lima Centro	80	152	2041	34	41.947

Anexo B.7. Número de has/año, por la generación de RSD.

DISTRITO	Total 1994 has	Total 2010 has	Variación de la Generación de CO ₂		
			Acumulado. Has (17)	Incremento has	Incremento (%)
Lima Metropolitana	354	1029	9212	188	53.23
S.M. Porres	26	89	609	10	37.2
Comas	16	47	536	16	100.74
Los Olivos	16	42	364	6	37.33
Independencia	7	28	221	6	81.76
Carabaylo	4	45	188	7	163.8
Puente Piedra	4	52	235	10	247.93
Ancón	1	5	43	2	173.33
Santa Rosa	1	1	7	0	-1.25
Ventanilla	0	28	194	11	2914.72
Lima Norte	75	337	2397	66	88.68
Lima Cercado	34	54	769	11	31.15
Stgo. Surco	21	51	482	8	36.31
Rímac	13	21	249	2	12.4
La Molina	8	21	228	5	66.21
Miraflores	9	15	197	3	29.18
San Borja	10	11	176	0	0.48
San Isidro	7	11	158	3	42.08
Jesús María	6	10	115	1	22.79
Lima Centro	108	194	2374	32	29.63

ANEXO E:

DIOXIDO DE CARBONO LIBERADO A LA ATMOSFERA POR DESCOMPOSICION DE MATERIA ORGANICA EN RELLENOS SANITARIOS DE RSD.

A.-ANALISIS DE LA GENERACION DE DIOXIDO DE CARBONO

1. EL BIOGAS De acuerdo a todas las estimaciones en los estudios a nivel mundial, y sabiendo que la producción de Biogás depende de un sinnúmero de factores (situación geográfica de cada lugar de generación de Residuos Sólidos Domiciliarios o Municipales - RSD -, tipo de alimentación, clima, etc.), para todos los efectos prácticos y de cálculo se considera la siguiente composición: Metano (CH₄)55% Dióxido de Carbono (CO₂)40% Vapor de agua 5% Otros Trazas

2. EFECTO DEL METANO EN EL EFECTO INVERNADERO

Se ha establecido que el Metano equivale a 21 veces el efecto del Dióxido de Carbono al efecto Invernadero en la atmósfera

3. PRODUCCION DE CARBONO EN RELLENOS SANITARIOS

De acuerdo a una serie de estudios realizados tanto por la OMS como por la OPS y en distintos países, y de acuerdo a los valores establecidos para países en desarrollo por BINGERNER y CRUTZEN, los resultados serían los siguientes para Chile:

- a. Materia orgánica en los RSD57%
- b. Contenido de Carbono de la materia orgánica30%
- c. Fracción de la materia orgánica que se degrada77% Factor de Emisión (F.E) o Producción de Metano y Dióxido de Carbono, como CARBONO básico por tonelada de RSD: $F.E = 0,57 * 0,3 * 0,77$ F.E = 0,132 (toneladas de Carbono por tonelada de RSD)

4.-PRODUCCION DE DIOXIDO DE CARBONO POR GENERACION DIRECTA

Tal como se señaló en el párrafo 1.- precedente, el 40% corresponde a la generación directa de Dióxido de Carbono, por lo que la generación de Dióxido de Carbono por tonelada de RSD será: $Prod. CO_2 = (ton\ de\ C * 0,4 * peso\ molecular\ CO_2 / peso\ molecular\ C)$ $Prod. CO_2 = 0,132 * 0,4 * 44 / 12$ $Prod. CO_2 = 0,194$ (toneladas de CO₂ directo por tonelada de RSD)

5.-PRODUCCION DE DIOXIDO DE CARBONO POR GENERACION INDIRECTA, A TRAVES DE QUEMAR EL METANO

Tal como se señaló en el párrafo 1.- precedente, el 55% corresponde a generación directa de Metano. Si se considera que sólo el 90% del Metano se quemará y producirá Dióxido de Carbono, se tendrá: $Prod. CO_2 = (t\ de\ C * 0,55 * 0,9 * peso\ molecular\ CO_2 / peso\ molecular\ C)$ $Prod. CO_2 = 0,132 * 0,55 * 0,9 * 44 / 12$ $Prod. CO_2 = 0,240$ (toneladas de CO₂ por quema del 60% del Metano) El 10% restante de Metano se va directo a la atmósfera. Dado que la acción del Metano es 21 veces el efecto del Dióxido de carbono, el equivalente en Dióxido de Carbono será: $Prod. CH_4 = (ton.\ de\ C * 0,55 * 0,1 * peso\ molecular\ CH_4 / peso\ molecular\ C)$ $Prod. CH_4 = 0,132 * 0,55 * 0,1 * 16 / 12$ $Prod. CH_4 = 0,0266$ toneladas de Metano Equivalente de Metano a Dióxido

de Carbono = 21 Prod. CO₂ Equivalente = 0,0266 * 21 Prod. CO₂Equivalente = 0,560
(toneladas de CO₂equivalente por Metano)

6.-PRODUCCION TOTAL DE DIOXIDO DE CARBONO POR TONELADA DE RSD 0,992 Toneladas de DIOXIDO DE CARBONO

Por Toneladas de RSD es decir, por cada tonelada de RSD depositada en Relleno Sanitario, se producirá, prácticamente, una emisión de 1 tonelada de DIOXIDO DE CARBON.

NOTA: La ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA - USA), señala que el beneficio Neto en Toneladas de Dióxido de Carbono equivalente es, como mínimo, de: 0,8 Toneladas de DIOXIDO DE CARBONO por Toneladas de RSD

B.-LA GENERACION DE DIOXIDO DE CARBONO EN CHILE. Los antecedentes globales de Chile son : 1.-Población15.000.000 habitantes 2.-Generación de RSD a.- Por habitante 1 kilogramo /día b.-Total15.000.000 kilogramos/día 3.-Porcentaje total de RSD que se depositan en Rellenos Sanitarios 85% 4.-Total de RSD en Rellenos Sanitarios12.750.000 kilogramos/día 12.750 toneladas / día 5.-Total generación Toneladas equivalentes de Dióxido de carbono por el país : a.- Factor de emisión 1 12.750 toneladas / día 4.653.750 toneladas / año a.- Factor de emisión 0,8 10.200 toneladas / día 3.723.000 toneladas / año 6.-La Capital, Santiago, con 1/3 de la población del país, produce la siguiente cantidad de Dióxido de Carbono equivalente : a.- Factor de emisión 1 1.551.250 toneladas / año a.- Factor de emisión 0,8 1.241.000 toneladas / año

<http://www.trygerltda.cl/bonos.htm>

ANEXO: F

LAS EMISIONES DE CO₂

La producción de un kWh de electricidad se pueden hacer usando diferentes fuentes de energía, cada fuente puede ser caracterizado por un factor que indica cuántos kilogramos de CO₂ a la atmósfera para producir 1 kWh de electricidad (estos factores son los cambios que dependen de la eficiencia de la misma estación y la red de distribución). Algunas de las fuentes de energía son el petróleo, el gas natural, carbón, residuos municipales (térmica), el uranio enriquecido (nucleares, gradientes de agua (hidroeléctrica), el calor de la tierra (geotérmica), eólica (viento), solar (fotovoltaica, solar térmica), biomasa, etc. Cada nación tiene una mezcla de plantas de energía que utilizan diferentes fuentes de energía, entonces el valor de kg de CO₂ / kWh será diferente para cada país, este factor puede ser usada para calcular los kg de emisiones de CO₂ evitadas en el medio ambiente en el país donde el equipo esté instalado PV. CO₂ de gas en la atmósfera es la causa principal del calentamiento global, que afecta directamente a la temperatura de la tierra "incremento y el cambio climático relacionado con.

Las emisiones de CO₂ de los vehículos de transporte

Para calcular la cantidad de CO₂ producidas por sus coches en un año, simplemente multiplique la distancia recorrida en kilómetros por el valor de las emisiones de g / km de CO₂ de su vehículo. En el coche documento de registro de los datos suministrados por el fabricante, puede encontrar los datos sobre las emisiones de dióxido de carbono anhídrido CO₂ en gramos por kilómetro producidas, expresada en (g / km), éstos se refieren a la de ciclo combinado, el valor real depende del tipo de uso y su estilo de conducción. Por ejemplo, si viajamos con nuestro coche utilitario 15.000 kilómetros este año y produce 110 g / km en un año emitimos a la atmósfera 1.650 kg de CO₂, mientras que un SUV con 230 g / km se han entregado 3.450 kg de CO₂. En este momento en las cuentas de Europa el transporte por carretera el 25% de las emisiones de CO₂ para reducir la contaminación del aire, los factores más importantes son el consumo medio de combustible y el tipo de combustible.

Tabla 1: Valores indicativos de los coches de emisiones de CO₂ g/km

Car type	Petroleum	Diésel	LPG GPL
Compact	138	120	95
Sedam small	171	135	120
Sedam médium	195	162	135
Sedam large	265	216	184
SUV	218	202	152
4x4 small	285	242	200
4x4 large	345	295	240

Tabla 2: Fórmula química del principal combustible para la combustión.

Fuel	Combustión formula	Density kg/l (lb/US gal)	CO ₂ kg/l (lb/US gal) emisiones
Petrol gasoline	2 C ₈ H ₁₈ + 25 O ₂ --> 16 CO ₂ + 18 H ₂ O + 2636 kcal	0.7197 kg/l (6.073 lb/gal)	2.3035 kg/l (19.24 lb/US gal)
Diésel	4 C ₁₂ H ₂₃ + 71 O ₂ --> 48 CO ₂ + 46 H ₂ O + energy	0.832 kg/l (6.943 lb/gal)	2.6256 kg/l (21.91 lb/US gal)
LPG GPL	C ₃ H ₈ + 5 O ₂ --> 3 CO ₂ + 4 H ₂ O + 531 kcal	0.52 kg/l (4.34 lb/gal)	3.0 kg/l (25.04 lb/US gal)
Methane CH ₄	CH ₄ + O ₂ --> CO ₂ + 2 H ₂ O + 891 kJ/mol	0.416 kg/l (3.47 lb/gal)	2.750 kg/l (22.95 lb/US gal)
Methanol CH ₃ OH	CH ₃ OH + 3/2 O ₂ --> CO ₂ + 2 H ₂ O + energy	0.7918 kg/l (4.63 lb/gal)	1.375 kg/l (11.47 lb/US gal)

Ethanol C ₂ H ₅ OH	C ₂ H ₅ OH + 3 O ₂ --> 2 CO ₂ + 3 H ₂ O + energy	0.789 kg/l (6.58 lb/gal)	1.506 kg/l (12.57 lb/US gal)
Biodiesel C ₁₉ H ₃₄ O ₂	C ₁₉ H ₃₄ O ₂ + (53/2) O ₂ --> 19 CO ₂ + 17 H ₂ O + energy	0.889 kg/l (7.42 lb/gal)	2.839 kg/l (23.69 lb/US gal)
Biodiesel C ₂₀ H ₄₀ O ₂	C ₂₀ H ₄₀ O ₂ + 29 O ₂ --> 20 CO ₂ + 20 H ₂ O + energy	0.884 kg/l (7.38 lb/gal)	2.816 kg/l (23.5 lb/US gal)

¿Cuántos kilos de CO₂ se emiten durante la combustión?

Si usted no sabe el valor de g / km, otra manera de conocer las emisiones de su vehículo es medir los litros de combustible consumido. Con una buena aproximación podemos decir que la quema de un litro de la gasolina produce 2,3035 kg de CO₂ (más detalles en el cuadro 2), el valor depende de la mezcla de hidrocarburos y el motor, pero no varía mucho. El aumento de peso debido al hecho de que sólo hemos considerado el fuel, pero tenemos que añadir oxígeno en el O₂ de combustión.

Petrol gasoline, or benzin is composed of a mixture of 2, 2, 4-trimethylpentane (an isomer of octane C₈H₁₈ [octane rating 100]) and n-heptane (C₇H₁₆ [octane rating 0]). Example of octane rating, petrol with the same knocking characteristics as a mixture of 95% iso-octane and 5% heptane would have an octane rating of 95.

Diesel is composed of about 75% saturated hydrocarbons (primarily paraffins including n, iso, and cycloparaffins), and 25% aromatic hydrocarbons (including naphthalenes and alkylbenzenes). The average chemical formula for common diesel fuel is C₁₂H₂₃, ranging approximately from C₁₀H₂₀ to C₁₅H₂₈.

Petrol (Gasoline): 2 C₈H₁₈ + 25 O₂ --> 16 CO₂ + 18 H₂O + energy
 2 mol C₈H₁₈(114 g/mol) --> 16 mol CO₂ (44 g/mol) => 2*114=228g --> 16*44=704g => 1000/228*704=3087.72g

1 kg of Petrol produce 3.088 kg of CO₂.

1 litre of Petrol produce 2.22 kg of CO₂. (3087.72*0.7197=2224.64)

Diésel C₁₂H₂₃: 4 C₁₂H₂₃ + 71 O₂ --> 48 CO₂ + 46 H₂O + energy
 4 mol C₁₂H₂₃ (167.3121 g/mol) --> 48 mol CO₂ (44 g/mol) => 4*167.3=669.25g --> 48*44=2112g => 1000/669.25*2112=3155.77g

1 kg of Diesel produce 3.16 kg of CO₂.

1 litre of Diesel produce 2.63 kg of CO₂. (3155.8*0.832=2625.6)

Diésel C₅₀H₉₃: C₅₀H₉₃ + 193/4 O₂ --> 50 CO₂ + 93/2 H₂O + energy
 1 mol C₅₀H₉₃ (694.27342 g/mol) --> 50 mol CO₂ (44 g/mol) => 694.27g --> 50*44=2200g => 1000/694.27*2200=3168.8g

1 kg of Diesel produce 3.17 kg of CO₂.

1 litre of Diesel produce 2.64 kg of CO₂. (3168.8*0.832=2636.44)

LPG GPL: C₃H₈ + 5 O₂ --> 3 CO₂ + 4 H₂O + energy
 1 mol C₃H₈(44 g/mol) --> 3 mol CO₂ (44 g/mol) => 44g --> 3*44=132g => 1000/44*132=3000g
1 kg of LPG GPL produce 3 kg of CO₂.

Methane: CH₄ + O₂ --> CO₂ + 2 H₂O + energy
 1 mol CH₄ (16 g/mol) --> 1 mol CO₂ (44 g/mol) => 16g --> 44g => 1000/16*44=2750g
1 kg of Methane produce 2.75 kg of CO₂.

Methanol: CH₃OH + 3/2 O₂ --> CO₂ + 2 H₂O + energy

1 mol CH₃OH (32 g/mol) --> 1 mol CO₂ (44 g/mol) => 32g --> 44g => 1000/32*44=1375g
1 kg of Methanol produce 1.38 kg of CO₂.

Ethanol: C₂H₅OH + 3 O₂ --> 2 CO₂ + 3 H₂O + energy
1 mol C₂H₅OH (46 g/mol) --> 2 mol CO₂ (44 g/mol) => 46g --> 88g => 1000/46*88=1913.04g
1 kg of Ethanol produce 1.91 kg of CO₂.
1 litre of Ethanol produce 1.51 kg of CO₂. (1913.04*0.789=1509.4)

Biodiesel Methyl Linoleate: C₁₉H₃₄O₂ + (53/2) O₂ --> 19 CO₂ + 17 H₂O + energy
1 mol C₁₉H₃₄O₂ (294.4739 g/mol) --> 19 mol CO₂ (44 g/mol) => 294.4739g --> 836g => 1000/294.4739*836=2839g
1 kg of Biodiesel C₁₉H₃₄O₂ produce 2.84 kg of CO₂.
1 litre of Biodiesel C₁₉H₃₄O₂ produce 2.524 kg of CO₂. (2839*0.889=2524)

Biodiesel Ethyl Stearate: C₂₀H₄₀O₂ + 29 O₂ --> 20 CO₂ + 20 H₂O + energy
1 mol C₂₀H₄₀O₂ (312.5323 g/mol) --> 20 mol CO₂ (44 g/mol) => 312.5323g --> 880g => 1000/312.5323*880=2816g
1 kg of Biodiesel C₂₀H₄₀O₂ produce 2.82 kg of CO₂.
1 litre of Biodiesel C₂₀H₄₀O₂ produce 2.489 kg of CO₂. (2816*0.884=2489)

Cálculo de las emisiones reales en g/km en su coche

Las emisiones de los vehículos de transporte (automóviles, motocicletas, camiones, autobuses, etc.) dependen del tipo de combustible y sobre el consumidor medio. Quema de combustible produce dióxido de carbono y agua, y no existen una olla que pueden reducir su valor, por lo que es importante elegir los vehículos con menor consumo de combustible. Los datos de emisiones establecidos por los fabricantes de automóviles se refieren a la reproducibilidad de las pruebas estándar, pero para obtener los datos exactos y reales que puedes usar el convertidor en él.

Las emisiones de CO₂, la comparación entre diferentes fuentes de energía

Estos datos representan la media de CO₂ emitido kg para producir un kWh de electricidad y calor utilizando diversas fuentes de energía, los datos varían en función del rendimiento de las centrales.

	Fuel	CO ₂ g/kWh
1	Other bituminous coal	840
2	Sub bituminous coal	930
3	Lignite brown coal	950
4	Patent fuel	860
5	Natural gas	380

Gramos de CO₂ por kWh de electricidad

Los gramos de CO₂ por kWh de electricidad producida, dependiendo de la mezcla de fuentes de energía utilizadas para producir electricidad.

	Country	CO ₂ g/kWhel
1	USA	535
2	Germany	565
3	Italy	531

Las emisiones de CO₂ por kWh de electricidad y calor

La emisión de carbono anhídrido gramos de CO₂ por kWh de electricidad producida, varía mucho entre los países y depende de la combinación de fuentes de energía utilizada para producir energía. Las emisiones de CO₂ por kWh de electricidad y calor generación, tenga en cuenta las emisiones de CO₂ de los combustibles fósiles consumidos para la electricidad, calor y electricidad y las principales centrales térmicas actividad dividida por la producción de electricidad y calor generados a partir de combustibles fósiles, nuclear, hidráulica (sin almacenamiento por bombeo), geotérmica, solar y biomasa . Tanto los productores como actividad principal y los autoprodutores se han incluido en el cálculo de las emisiones de.

Si consideramos sólo la producción de electricidad (sin calor) los valores será mayor.

CO₂ g/kWhel

<http://www.iea.org/>

Fuente: International Energy Agency (IEA)

	Country (2009)	CO ₂ g/kWh		Country (2009)	CO ₂ g/kWh
1	World	500.0114	53	Gabón	322.1375
2	North América	465.8127	54	Ghana	186.5319
3	Europe	288.7415	55	Kenya	394.9455
4	Asia Oceanía	491.1965	56	Libyan Arab Jamahiriya	871.7842
5	Canadá	167.2320	57	Morocco	638.4446
6	Chile	372.8200	58	Mozambique	0.5033
7	México	454.9830	59	Namibia	236.9013
8	United States	508.1700	60	Nigeria	415.7342
9	OECD Américas	464.1970	61	Senegal	614.4503
10	Australia	852.9310	62	South África	925.9049
11	Israel	694.8830	63	Sudan	355.5958
12	Japan	414.7090	64	United Rep. of Tanzania	281.2221
13	Korea	497.6990	65	Togo	201.5714
14	New Zealand	166.5030	66	Tunisia	538.0795
15	OECD Asia Oceanía	498.7730	67	Zambia	3.2466
16	Austria	163.2320	68	Zimbabwe	618.9509
17	Belgium	217.8930	69	Other África	494.4978
18	Czech Republic	514.2530	70	África	643.2581
19	Denmark	302.7490	71	Bahrain	664.8702
20	Estonia	703.8530	72	Islamic Rep. of Irán	629.9627
21	Finland	205.4050	73	Iraq	684.0861
22	France	89.8510	74	Jordan	580.5480
23	Germany	430.4960	75	Kuwait	869.6052
24	Greece	722.3990	76	Lebanon	716.6724
25	Hungary	302.0600	77	Oman	842.4879
26	Iceland	0.4240	78	Qatar	494.0089
27	Ireland	465.2390	79	Saudi Arabia	757.2325
28	Italy	386.4110	80	Syrian Arab Republic	640.8914
29	Luxembourg	384.2860	81	United Arab Emirates	631.2455
30	Netherlands	374.4850	82	Yemen	630.4537
31	Norway	17.2880	83	Middle East	690.2583
32	Poland	640.1980	84	Albania	11.1746
33	Portugal	368.2380	85	Armenia	108.0010
34	Slovak Republic	221.7160	86	Azerbaijan	443.4248
35	Slovenia	316.0250	87	Belarus	302.3302
36	Spain	298.7840	88	Bosnia and Herzegovina	775.9654
37	Sweden	43.1350	89	Bulgaria	463.4469

38	Switzerland	39.9340	90	Croatia	283.3877
39	Turkey	479.9290	91	Cyprus	744.2724
40	United Kingdom	449.5010	92	Georgia	128.6420
41	OECD Europe	326.4360	93	Gibraltar	739.5172
42	Algeria	575.9669	94	Kazakhstan	480.0584
43	Angola	237.4497	95	Kyrgyzstan	80.9661
44	Benín	725.0079	96	Latvia	153.0742
45	Botswana	2063.2523	97	Lithuania	111.1529
46	Cameroon	242.6807	98	FYR of Macedonia	709.9036
47	Congo	206.8295	99	Malta	850.4153
48	Dem. Rep. of Congo	2.9338	100	Republic of Moldova	400.0984
49	Côte d Ivoire	426.3982	101	Romania	414.3538
50	Egypt	465.5347	102	Russian Federation	317.4040
51	Eritrea	671.5864	103	Serbia	680.3266
52	Ethiopia	118.3091	104	Tajikistan	29.2264
105	Turkmenistan	789.4524	129	Other Latin América	248.9089
106	Ukraine	373.9550	130	Latin América	174.7996
107	Uzbekistan	461.4759	131	Bangladesh	585.2873
108	Non-OECD Europe and Eurasia	344.1203	132	Brunei Darussalam	755.2254
109	Argentina	355.3111	133	Cambodia	1150.9245
110	Bolivia	393.3051	134	Chinese Taipei	634.7819
111	Brazil	64.1278	135	India	951.4059
112	Colombia	175.2714	136	Indonesia	745.6904
113	Costa Rica	39.8111	137	DPR of Korea	498.8643
114	Cuba	751.5392	138	Malaysia	648.6477
115	Dominican Republic	590.5356	139	Mongolia	535.3523
116	Ecuador	289.6443	140	Myanmar	195.8467
117	El Salvador	318.7825	141	Nepal	4.3431
118	Guatemala	349.1080	142	Pakistan	457.7247
119	Haití	547.1248	143	Philippines	478.1595
120	Honduras	344.3230	144	Singapore	518.8568
121	Jamaica	544.4594	145	Sri Lanka	460.1088
122	Netherlands Antilles	706.8983	146	Thailand	513.3809
123	Nicaragua	505.8123	147	Vietnam	384.1034
124	Panamá	302.1739	148	Other Asia	268.0725
125	Perú	236.3066	149	Asia	745.3499
126	Trinidad and Tobago	718.8074	150	People Rep. of China	742.5689
127	Uruguay	253.1788	151	Hong Kong, China	762.9724
128	Venezuela	198.5978	152	China	742.7455
			153	European Unión - 27	338.9088

http://www.sunearthtools.com/tools/CO2-emissions-calculator.php#txtCO2_16

<http://www.iea.org/co2highlights/CO2highlights.pdf>

Address

International Energy Agency
 9, rue de la Fédération
 75739 Paris Cedex 15
 France