

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Comparación del Desempeño Ambiental de la Cocción utilizando
Gas Licuado de Petróleo con el de la Cocción utilizando
Electricidad”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Tesis de Grado

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Edgar Fernando Pérez Castro

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A mi Madre, mi Padre y mis hermanos, quienes me alentaron en todo momento para conseguir este objetivo.

A mi Esposa e Hijo quienes me brindan su amor y son la inspiración para el cumplimiento de mis metas.

Y en especial al Dr. Ángel Ramírez, Director del TFG, por su ayuda en la realización de la Tesis de Grado.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI AMADA ESPOSA

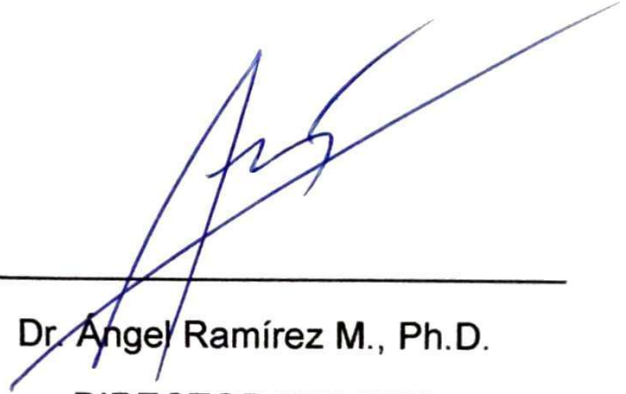
A MI QUERIDO HIJO

A MIS AMIGOS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Dr. Ángel Ramírez M., Ph.D.
DIRECTOR DEL TFG



Ing. Jorge Duque R.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Edgar Fernando Pérez Castro

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una comparación acerca del desempeño ambiental de la cocción utilizando Gas Licuado de Petróleo con el desempeño ambiental de la cocción utilizando electricidad en cocinas de inducción, con la finalidad de proveer información ambiental relevante para analizar el cambio de vector y recurso energético en el Ecuador.

Para lograr esta comparación se utilizó la metodología de Análisis Comparativo de Ciclo de Vida, que es una herramienta que sirve para comparar el desempeño ambiental de dos o más alternativas de productos o servicios funcionalmente equivalentes.

Dentro de la metodología usada, se plantearon los objetivos del estudio, se establecieron los límites de los sistemas y la unidad funcional entre ellos, se definieron distintos escenarios a analizar, luego se procedió a la recolección de datos para el análisis de inventario de cada sistema, se seleccionó el modelo de caracterización y se cuantificó el impacto ambiental de las categorías de impacto seleccionadas, y por último se presentaron y se interpretaron los resultados obtenidos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ABREVIATURAS.....	viii
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. COCCIÓN UTILIZANDO GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) EN EL ECUADOR.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Descripción del Sistema del GLP.....	6
1.3. Demanda de GLP.....	17

1.4. Oferta de GLP.....	25
1.5. Precio y Subsidio del GLP.....	30

CAPÍTULO 2

2. CAMBIO DE VECTOR Y RECURSO ENERGÉTICO EN LA COCCIÓN EN EL ECUADOR.....	39
2.1. Plan de Cambio de Matriz Energética.....	39
2.2. Implementación de Cocinas de Inducción.....	49
2.3. Eficiencia y Costo de Cocción con Cocinas a GLP y Cocinas Eléctricas de Inducción.....	53

CAPÍTULO 3

3. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	58
3.1. Objetivo y Alcance.....	60
3.2. Análisis de Inventario del Ciclo de Vida.....	65
3.3. Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida.....	70
3.4. Interpretación del Ciclo de Vida.....	73

CAPÍTULO 4

4. OBJETIVO Y ALCANCE.....	75
4.1. Objetivo.....	76
4.2. Alcance.....	76
4.2.1. La Unidad Funcional.....	76
4.2.2. Descripción y Límites de los Sistemas.....	77
4.2.3. Requerimientos de Calidad de los Datos.....	85

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA DE COCCIÓN UTILIZANDO GAS LICUADO DE PETRÓLEO.....	90
5.1. Descripción de los Datos de Inventario.....	90
5.2. Cálculo de Flujos.....	95
5.3. Fuentes de Datos Utilizadas.....	98

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA DE COCCIÓN UTILIZANDO ELECTRICIDAD.....	101
6.1. Descripción de los Datos de Inventario.....	101
6.2. Cálculo de Flujos.....	105
6.3. Fuentes de Datos Utilizadas.....	107

CAPÍTULO 7

7. EVALUACIÓN DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA.....	109
7.1. Metodología e Indicadores seleccionados.....	109
7.2. Resultados de Caracterización para Cocción utilizando GLP.....	115
7.3. Resultados de Caracterización para Cocción utilizando Electricidad en Cocinas de Inducción.....	118

CAPÍTULO 8

8. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	121
8.1. Análisis y Comparación de los Resultados de Caracterización...	121
8.2. Análisis de Sensibilidad.....	129

CAPÍTULO 9

9. CONCLUSIONES..... 131

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ACV	Análisis del Ciclo de Vida
AICV	Análisis de Inventario del Ciclo de Vida
ARCH	Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero
ASTM	American Society for Testing and Materials
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
ECV	Encuestas de Condiciones de Vida
EICV	Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida
ERNC	Energía Renovable No Convencional
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GLP	Gas Licuado de Petróleo
IEPI	Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
MIPRO	Ministerio de Industrias y Productividad
MRNNR	Ministerio de Recursos Naturales No Renovables
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
PCI	Poder Calorífico Inferior
PGE	Presupuesto General del Estado
PME	Plan Maestro de Electrificación
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
SOTE	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano
USD	Dólares Estadounidenses

SIMBOLOGÍA

Tm	Tonelada métrica
Kg	Kilogramo
g	gramo
MJ	Mega Joule
Kwh	kilo watt-hora
Gwh	Giga watt-hora
Mw	Mega watt
p	pieza
C ₃ H ₈	Propano
C ₄ H ₁₀	Butano
SO ₂	Dióxido de Azufre
NO _x	Óxidos Nitrosos
HCl	Ácido Clorhídrico
MP	Material Particulado
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CH ₄	Metano
NM _{VOC}	Compuestos Orgánicos Volátiles No Metano
H ⁺	Ión de Hidrógeno

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Cadena de Suministro del GLP	7
Figura 1.2. Mapa de Infraestructura Petrolera	10
Figura 1.3. Evolución de la Oferta de GLP	29
Figura 2.1. Expansión de la Generación 2013-2022	47
Figura 4.1. Límites del Sistema de Cocción con GLP	78
Figura 4.2. Límites del Sistema de Cocción con Electricidad (Inducción)	82
Figura 8.1. Agotamiento Abiótico	122
Figura 8.2. Calentamiento Global	123
Figura 8.3. Agotamiento Capa de Ozono	124
Figura 8.4. Oxidación Fotoquímica	125
Figura 8.5. Acidificación	126
Figura 8.6. Eutrofización	128
Figura 8.7. Análisis de Sensibilidad	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de Tiempo de la Cocción en Ecuador	4
Tabla 2. Plantas de Abastecimiento de GLP	13
Tabla 3. Actores de la Cadena de Comercialización de GLP	14
Tabla 4. Comercializadoras y sus Plantas Envasadoras	16
Tabla 5. Demanda de GLP por Sector de Consumo	21
Tabla 6. Evolución de la Demanda de GLP	22
Tabla 7. Demanda de GLP por Provincia en Toneladas Métricas	23
Tabla 8. Demanda de GLP por Provincia en Porcentajes	24
Tabla 9. Producción Nacional de GLP	26
Tabla 10. Importación de GLP	27
Tabla 11. Distribución del Subsidio de GLP	34
Tabla 12. Variaciones del Precio de GLP	35
Tabla 13. Valor Real del GLP	36
Tabla 14. Magnitud del Subsidio al GLP con respecto al PGE	38
Tabla 15. Porcentaje de la Generación por Tipo de Tecnología	48
Tabla 16. Eficiencias de Cocinas	55
Tabla 17. Relación de Energía Usada en Cocción por Inducción	56
Tabla 18. Escenarios de Cocción con GLP	80
Tabla 19. Participación promedio de Tecnologías de Generación	83
Tabla 20. Escenarios de Cocción por Inducción	84
Tabla 21. Datos de la Distribución por 1MJ de GLP	92
Tabla 22. Materiales de una Cocina a GLP	93
Tabla 23. Emisiones de la Cocción con GLP	94

Tabla 24. Emisiones de la Cocción con GLP de Alta y Baja Eficiencia	95
Tabla 25. Entradas y Salidas asociadas a una cocina a GLP	96
Tabla 26. Entradas y Salidas asociadas a un cilindro de GLP	97
Tabla 27. Entradas y Salidas asociadas a 1MJ Efectivo de GLP	98
Tabla 28. Fuentes de Datos de la Fabricación de Cocinas a GLP	99
Tabla 29. Fuentes de Datos de la Distribución de GLP	99
Tabla 30. Fuentes de Datos de la Cocción con GLP	100
Tabla 31. Materiales de una Cocina de Inducción	104
Tabla 32. Entradas y Salidas asociadas a una cocina de inducción	105
Tabla 33. Entradas y Salidas asociadas a 1MJ Efectivo de Electricidad	106
Tabla 34. Fuentes de Datos de la Fabricación de Cocinas de Inducción	107
Tabla 35. Fuentes de Datos de la Cocción con Electricidad (Inducción)	108
Tabla 36. Resultados de Caracterización para Cocción con GLP	115
Tabla 37. Análisis de Contribución (GLP)	117
Tabla 38. Resultados de Caracterización para Cocción (Inducción)	118
Tabla 39. Análisis de Contribución (Electricidad)	120

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo del presente trabajo se aplica un método científico para la obtención de información relevante sobre el desempeño ambiental de la cocción utilizando Gas Licuado de Petróleo (GLP) comparada con el desempeño ambiental de la cocción utilizando electricidad en cocinas de inducción.

En el capítulo 1 se presentan los antecedentes de la cocción con Gas Licuado de Petróleo en el Ecuador, se describe el sistema de producción, comercialización y uso del GLP, y se presentan los valores históricos de la demanda, la oferta, el precio y el subsidio del GLP en el Ecuador.

En el capítulo 2 se presenta la propuesta de cambio de vector y recurso energético para la cocción en el Ecuador, el plan de cambio de la matriz energética, el plan de implementación de cocinas de inducción, y las eficiencias de las cocinas a GLP y cocinas eléctricas de inducción.

En el capítulo 3 se presenta la metodología a aplicar para el presente estudio, la misma que es “Análisis Comparativo de Ciclo de Vida”, en este

capítulo también se presentan las fases de la metodología, estas son Objetivo y Alcance, Análisis de Inventario, Evaluación de Impacto e Interpretación del Ciclo de Vida.

Desde el capítulo 4 hasta el capítulo 7 se desarrolla el estudio a través de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida. En cada capítulo se ejecuta una fase del método hasta obtener los resultados que se muestran en el capítulo 8. Posteriormente se realizan las conclusiones en el capítulo 9.

CAPÍTULO 1

1. COCCIÓN UTILIZANDO GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) EN EL ECUADOR.

1.1. Antecedentes.

La población del Ecuador ha cambiado su tecnología de cocción de alimentos conforme ha pasado el tiempo, desde la época de los incas han sucedido acontecimientos claves que incentivaron cambios en la técnica de cocción de los pueblos que habitaron estos territorios, hasta llegar a lo que hoy en día se utiliza como energéticos y artefactos para la cocción. En la tabla 1 se enlistan dichos acontecimientos y el tiempo en que sucedieron. Así como la técnica, también han evolucionado los artefactos y utensilios, por ejemplo, los incas cocinaban con vasijas de barro confeccionadas artesanalmente, en el presente, las ollas y cocinas se fabrican de manera industrial aplicando conocimientos de ingeniería.

TABLA 1**LÍNEA DE TIEMPO DE LA COCCIÓN EN ECUADOR**

LÍNEA DE TIEMPO	ACONTECIMIENTO
SIGLO XV	Incas confeccionan vasijas, para cocinar asientan las vasijas sobre piedras, y entre las piedras se coloca la leña la cual funge como combustible (1)
SIGLO XVI, XVII y XVIII	En la época colonial las cocinas se elaboran en base a una mezcla de estiércol de ganado, cal, barro y paja; la leña continúa siendo el combustible para cocinar (2)
SIGLO XIX	Comienza la época republicana, las familias usan leña o carbón en fogones hechos de madera con relleno de barro. Utensilios metálicos de hierro y bronce. (4)
1802	El inventor alemán Frederick Albert Winsor prepara la primera comida de la historia en una cocina a gas (3)
1950	Se importan las primeras cocinas de kérex o queroseno. Utensilios de aluminio. (4)
1955	Se conforma con un capital social de 100.000 sucres la empresa Sociedad Anónima Industrial Comercial S.A.I.C con el objetivo de comercializar GLP para uso doméstico. (5)
1956	Se conforma con un capital social de 500.000 sucres la empresa Domogas S.A y absorbe el paquete accionario de S.A.I.C (5)
1957	Manabí Exploration Company y Tennessee del Ecuador, empresas petroleras que operan en la península comienzan la producción de GLP. (4)

1957	Se realiza la primera importación de 2000 cilindros de 15 kg y 3000 cilindros de 10 kg desde Italia, junto con la importación de las primeras cocinas a gas marca “Ligmar” (5)
1972	El presidente Guillermo Rodríguez Lara crea la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (6)
1974	Se crea el Subsidio a los combustibles incluido el GLP (11)

Elaboración: Autor

La tabla 1 muestra la manera cómo los ecuatorianos migran de un combustible a otro para cocinar. En un principio, en el siglo XV se usaba la leña, en el siglo XIX aparece el carbón, luego el queroseno toma lugar en 1950 y finalmente el GLP en 1957. En la actualidad la mayoría de los hogares han adquirido el hábito de cocinar con GLP.

El boom petrolero de los años 1970 convierte al Ecuador en un país exportador de petróleo. El consumo de GLP (por ser un derivado de petróleo) es incentivado por los gobiernos de turno ya que se piensa que la producción nacional de GLP será suficiente para satisfacer la demanda. Con el tiempo las importaciones del derivado superan la producción nacional como consecuencia de la masificación del uso de GLP no solo por el sector doméstico sino también por el sector industrial y comercial del país (6).

Las familias de escasos recursos económicos también han adoptado a este combustible para la cocción. El Estado en su intención de garantizar su abastecimiento crea el subsidio al GLP, el mismo que a lo largo de los últimos cuarenta años ha originado una serie de problemas de índole social que aún no terminan por resolverse. (7)

1.2. Descripción del Sistema del GLP.

El GLP o gas licuado de petróleo es un derivado que se obtiene producto de la refinación de crudo de petróleo o del fraccionamiento del gas natural. Está compuesto por Propano (C_3H_8), o Butano (C_4H_{10}), o por las mezclas de ambos hidrocarburos (6). El GLP comercializado en el Ecuador cumple estándares de la norma NTE INEN 675, en la cual se dictan los requisitos físicos y químicos que debe tener este combustible.

Para que el GLP llegue a los hogares de los ecuatorianos, debe pasar por una cadena de distribución y suministro, la cual particularmente para el Ecuador comienza desde dos frentes; uno de ellos es la producción nacional del derivado y el otro punto de partida es la importación del mismo (6), como lo muestra la Figura 1.1

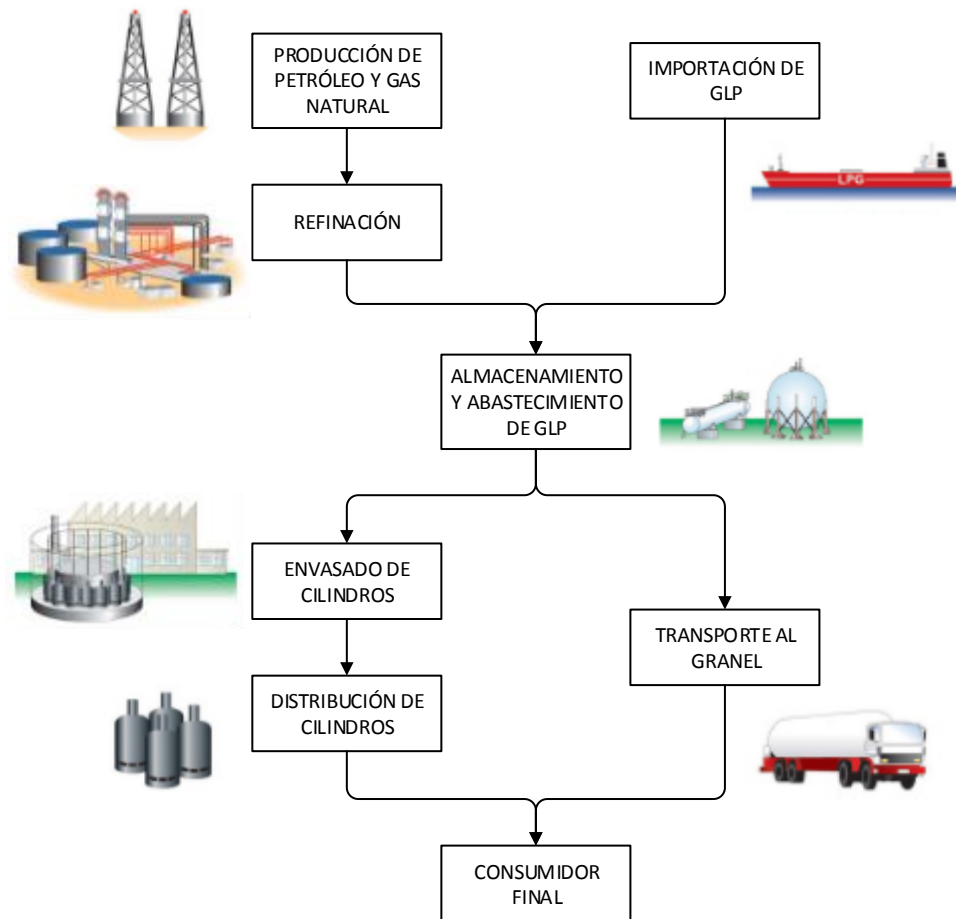


FIGURA 1.1 CADENA DE SUMINISTRO DEL GLP

En cuanto a la producción nacional, petróleo y gas natural son extraídos de los campos petrolíferos peninsulares y amazónicos para luego ser transportados y procesados en las diferentes refinerías del país. Esta

labor es encomendada por el Gobierno Nacional mediante Decreto Ejecutivo a las empresas públicas de hidrocarburos, así también mediante la misma vía son asignadas sus respectivas competencias (6).

Por el Decreto Ejecutivo N.º 1351-A del 1 de noviembre de 2012, publicado en el suplemento del Registro Oficial N° 860 del 2 de enero de 2013, la empresa pública Petroamazonas EP está encargada de la exploración y producción de hidrocarburos, que al ser extraídos pasan por procesos de depuración y deshidratación antes de ser entregados a EP Petroecuador, el mismo que se encargará de transportar, almacenar, refinar y comercializar el crudo y sus derivados (6).

La empresa pública EP Petroecuador tiene la responsabilidad de garantizar el abastecimiento interno de derivados incluyendo el GLP para los diferentes sectores de consumo, por medio de la articulación y coordinación de la Gerencia de Refinación, Gerencia de Transporte y Almacenamiento, Gerencia de Comercialización Nacional y Gerencia de Comercio Internacional (6).

Luego de la producción de petróleo y gas natural, la Gerencia de Transporte y Almacenamiento se encarga de transportar el crudo desde la Amazonía hasta el puerto petrolero de Balao en Esmeraldas por medio del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, SOTE, para la venta o exportación, por la misma vía se transporta el crudo a las refinerías que producen los derivados para el consumo interno nacional (6). En la Figura 1.2 se puede observar la trayectoria del SOTE en el territorio ecuatoriano.

Uno de los sistemas de transporte con los que el país también cuenta, es el transporte de crudo y derivados por vía marítima, a esta operación se la denominada “cabotaje”, este proceso se lo hace a través de buques tanques entre el terminal de Balao en Esmeraldas, y el terminal de La Libertad en Santa Elena (6). Este sistema de transporte está ilustrado en la Figura 1.2

La Gerencia de Refinación, se encarga de transformar los hidrocarburos mediante procesos de refinación para producir derivados -incluido el GLP- y abastecer la creciente demanda del país. Para esto, el Ecuador dispone de tres refinerías, la refinería de Esmeraldas, la refinería de La Libertad y el Complejo Industrial Shushufindi (6).

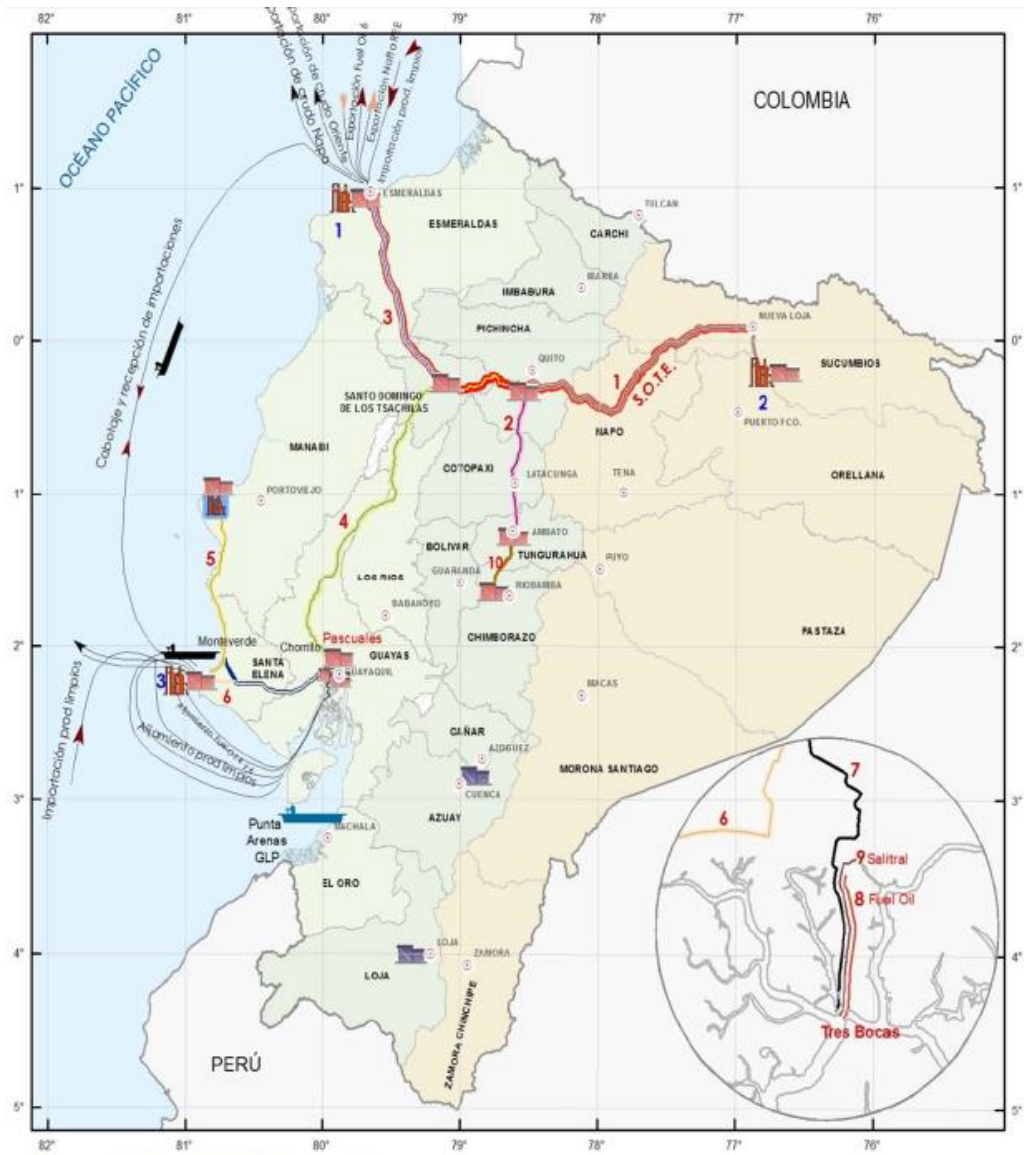


FIGURA 1.2 MAPA DE INFRAESTRUCTURA PETROLERA (6)

La refinación para la obtención de GLP funciona en varias etapas en las que se utilizan diferentes unidades de procesamiento, como por ejemplo, en el caso de la refinería Esmeraldas, se tiene las unidades de Destilación Atmosférica, Destilación al Vacío, Craqueamiento Catalítico del Fluido (FCC) y Regeneración Catalítica Continua (CCR). La Libertad tiene las unidades Parson, Universal y Cautivo. En el caso de la Planta de Gas Shushufindi, se tiene unidades de destilación directa, las cuales a través de un intercambiador de calor se separan los productos aprovechando los diferentes puntos de ebullición de los gases (6).

Las tres refinerías producen un porcentaje de la oferta de GLP en el país, el porcentaje restante necesario para cubrir la demanda es importado. La Gerencia de Comercio Internacional desarrolla estrategias de comercialización para la compra y venta de hidrocarburos de preferencia con empresas estatales como PDVSA de Venezuela, ANCAP de Uruguay, PEMEX de México, entre otras. Tiene a su cargo la importación de aquellos derivados en los cuales el país es deficitario, como el GLP, naftas y diésel Premium. La exportación e importación de hidrocarburos se realiza a través de los terminales marítimos de Balao en Esmeraldas, La Libertad y Monteverde en Santa Elena y el terminal Tres Bocas del golfo de Guayaquil (6).

El complejo Monteverde ubicado en la provincia de Santa Elena fue inaugurado en Junio del 2014, comprende las construcciones de una terminal marítima y una planta de almacenamiento de gas en tierra, esta obra le permitirá al país eliminar costos de arrendamiento de la infraestructura de almacenamiento flotante y buques alijadores que el Ecuador mantenía desde hace dos décadas para el almacenamiento y transporte del GLP importado (6).

Para el transporte de GLP desde las refinerías o desde los puertos marítimos hasta las Plantas de Abastecimiento, el país cuenta con un sistema de gasoductos ubicados estratégicamente para garantizar el aprovisionamiento del derivado. El gasoducto Shushufindi – Oyambaro es el encargado de suplir la demanda del norte del país, por otro lado los gasoductos Tres Bocas – El Salitral y Monteverde – Chorrillos son los encargados de suplir la demanda del sur del país (6).

La actividad de comercialización del GLP a nivel nacional se la realiza a través de la Gerencia de Comercialización Nacional, esta administra y opera las seis Plantas de Abastecimiento pertenecientes a EP Petroecuador (6), la capacidad de estas se detallan en la Tabla 2.

TABLA 2

PLANTAS DE ABASTECIMIENTO DE GLP

PLANTA	UBICACIÓN	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (Toneladas métricas)
EL CHORRILLO	GUAYAQUIL	13400
OYAMBARO	QUITO	2600
ESMERALDAS	ESMERALDAS	4800
LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	280
MONTEVERDE	SANTA ELENA	61000
EL SALITRAL	GUAYAQUIL	3500

Fuente: EP Petroecuador

Elaboración: Autor

A partir de las Plantas de Abastecimiento, el GLP pasa por varios actores en la cadena de comercialización, esta se inicia con el transporte de GLP hasta las comercializadoras por medio de Autos Tanque, una vez que llega, las comercializadoras pueden abastecer al granel al consumidor final que tenga las instalaciones adecuadas para almacenar el producto (8).

Si no es el caso, las comercializadoras tienen sus propias envasadoras donde despachan a los Centros de Acopio cilindros de 15 Kg para uso doméstico y cilindros de 45 Kg para uso comercial. Luego de los centros de acopio el GLP pasa a los Depósitos de Distribución los cuales a su vez abastecen al consumidor final (8). En la Tabla 3 se enlistan los actores registrados en la cadena de comercialización y la cantidad que existen de cada uno de ellos en el Ecuador.

TABLA 3

ACTORES DE LA CADENA DE

COMERCIALIZACIÓN DE GLP

Plantas Abastecedoras	6 plantas abastecedoras Petroecuador
Comercializadoras	11 comercializadoras
Plantas de Envasado y Almacenamiento	23 plantas de envasado y almacenamiento a nivel nacional
Centros de Acopio	58 centros de acopio
Depósitos de Distribución de GLP	2737 depósitos de distribución
Vehículos de transporte de cilindros de GLP	2778 vehículos
Autotanques de GLP al Granel	179 autotanques

Fuente: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero
Elaboración: Autor








Todas las etapas de la comercialización, el cumplimiento de las normas vigentes, la calidad, la cantidad y la atención al consumidor final están bajo la fiscalización y control de la Agencia Nacional de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) y del Ministerio de Recursos Naturales No Renovables (MRNNR) (6).

De la misma manera todos los actores de la cadena de comercialización, cumpliendo previamente todos los requisitos, deben de estar registrados en la ARCH y en el MRNNR para posteriormente recibir la autorización de comercializar el GLP (8), como dicta el Reglamento para la Comercialización de GLP expedido bajo el Decreto Ejecutivo vigente 2282 (R.O. 508 04-Feb-2002).

En la Tabla 4 se presenta la lista de las comercializadoras con sus respectivas plantas envasadoras. Cada comercializadora debe rotular los cilindros con su respectiva marca, la misma que tiene que ser registrada en el IEPI (8), se prohíbe el envasado en cilindros de otras marcas como dice el art. 44 del Decreto Ejecutivo 2282. Las comercializadoras tienen un color característico para pintar sus cilindros, dichos colores están ilustrados en la tabla 4.

TABLA 4

COMERCIALIZADORAS Y SUS PLANTAS ENVASADORAS

COMERCIALIZADORA	PLANTA ENVASADORA
EP PETROECUADOR 	ESMERALDAS
	PENINSULA
	SALITRAL
	EL CHORRILLO
	SHUSHUFINDI
AUSTROGAS C.E.M. 	CUENCA
	VENTANAS
ENI ECUADOR S.A. 	AMBATO
	IBARRA
	PIFO
CONGAS C.A. 	QUEVEDO
	SALCEDO
LOJAGAS C.E.M. 	CATAMAYO
GASGUAYAS S.A. 	SANTA ELENA
GALO ENRIQUE PALACIOS ZURITA 	YAGUACHI
MENDOGAS S.A. 	RIOBAMBA
ESAIN S.A. 	ISIDRO AYORA
DURAGAS S.A. 	MONTECRISTI
	SALITRAL
	BELLAVISTA
	STO. DOMINGO
	PIFO

Fuente: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero

Elaboración: Autor

Se define como Consumidor Final a la persona natural o jurídica que utiliza el gas licuado de petróleo en la fase final para su propio consumo (6). En la siguiente sección se clasifica a los sectores de consumo y se analiza la demanda de GLP por cada sector.

1.3. Demanda de GLP.

La demanda de GLP en el Ecuador fue incrementándose paulatinamente desde mediados de los años 50 con la aparición de las primeras empresas que comercializaron el gas para uso doméstico. Por causa de las mejores bondades y propiedades del GLP en relación con otros combustibles, hoy en día no sólo existe demanda por parte del sector doméstico, sino también por parte de otros sectores como el comercial, industrial, agroindustrial, vehicular y una pequeña parte por el sector de beneficencia social (7).

En cuanto al sector **Doméstico**, los hogares demandan GLP para cocinar, para calefacción y para calentar agua. Gracias a la simplicidad y rapidez de la instalación y uso del equipo es propicio para casas donde vive una familia, en casas donde viven varias familias se pueden abastecer a través de un sistema centralizado cuyos costos de operación son bajos (7).

De la misma manera el uso de GLP dentro del sector **Comercial** es para cocinar, calefacción y calentamiento de agua, con la diferencia de que es un servicio con fines de lucro que se presta en los hoteles,

restaurantes, clubes deportivos, campamentos vacacionales, etc. En este sector existen además otros usos como es el de refrigeración y secado de ropa (7).

La **Industria** ha adoptado el GLP por los bajos costos de mantenimiento de las instalaciones que lo utilizan, por el alto potencial calórico, y un menor costo por Kilocaloría en comparación con otras fuentes energéticas (7). Las aplicaciones más comunes son:

- Transporte de carga dentro de las instalaciones industriales como son los montacargas.
- Cristalería y cerámica: para fabricar vidrio, cocer objetos de cerámica y realizar esmaltado.
- Mecánica y metalurgia: para corte de metal, calentamiento de moldes, fundición, recubrimiento con zinc y estaño, etc.
- Construcción: en hornos para preparar productos bituminosos especiales, secado de ladrillos, pinturas, revestimientos impermeables, etc.
- Industria de alimentos: en hornos para la producción de confites y dulces, elaboración de pan, conservas y tostado de café.

El uso de GLP también se ha extendido al sector de la **Agroindustria**, ya que los usuarios situados en zonas rurales se encuentran fuera del alcance de redes eléctricas, lo que impide el consumo de energía. La fuerte inversión de instalaciones eléctricas en zonas remotas puede ser poco rentable. El GLP con su flexible cadena de suministro, es un elemento esencial para facilitar el desarrollo de este sector (9), las aplicaciones en este sector son:

- Cultivos en invernadero y floricultura mediante el uso de convertidores térmicos y paneles incandescentes.
- Zootecnia: aplicación especial en el sector Avícola, en el cual se requiere calor para la incubación de huevos y crianza de animales.
- En el secado rápido de cereales, tabaco y forraje, debido a que este combustible no transfiere olores ni colores a los productos.

En el sector **Vehicular** este producto se ha empezado a utilizar como combustible debido a su bajo precio en relación a la gasolina y al diesel. Otras ventajas que tiene el gas, es que tiene entre 100 y 120 octanos, no posee plomo, ofrece una combustión limpia lo que reduce la utilización de lubricantes y aumenta el rendimiento de las bujías, y por último las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos son relativamente menores (7).

El último sector demandante de GLP es el de **Beneficencia Social**, en la cual el estado provee de recursos a las fundaciones o corporaciones sin fines de lucro que buscan el bien común de sus asociados o de una comunidad determinada, incluyendo actividades de promocionar, desarrollar e incentivar el bien general en sus aspectos sociales, culturales y educacionales (7).

Para hacer el análisis cuantitativo de las proporciones que demanda cada sector, la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero) presenta en su último Boletín, el consumo de GLP (en Kilogramos) del año 2012 de los distintos sectores anteriormente expuestos (10). Ver Tabla 5.

El sector doméstico consume la mayor parte del GLP en el Ecuador, con una participación de más del 90%. En números absolutos significa que este sector consume más de 944 millones de Kg (11 millones de barriles) de un total demandado de 1043 millones de Kg (12,1 millones de barriles) de GLP al año. Aproximadamente el 10% restante lo consumen los demás sectores, es decir, 99 millones de Kg (1,1 millones de barriles) de GLP al año, considerando de que 1 barril de GLP equivale a 85,84 Kg (10).

TABLA 5

DEMANDA DE GLP POR SECTOR DE CONSUMO

SEGMENTO	Kg GLP CONSUMIDOS 2012	% PARTICIPACIÓN
DOMESTICO	944'193.525,38	90,48 %
INDUSTRIAL	53'298.767,77	5,11 %
COMERCIAL	17'535.599,24	1,68 %
AGROINDUSTRIAL	16'184.497,01	1,55 %
VEHICULAR	12'239.282,47	1,17 %
BENEFICENCIA SOCIAL	122.145,30	0,01 %
TOTAL	1.043'573.817,17	100,00 %

Fuente: ARCH Boletín 2012

Elaboración: Autor

Evolución de la Demanda de GLP

En la tabla 6 se presentan los volúmenes anuales de demanda de GLP, así como el incremento porcentual que ha sufrido la misma de año en año. La demanda de GLP se ha incrementado desde el año 1972 cuando registraba una cantidad de 9.743 Toneladas métricas (Tm), hasta el año 2012 cuando la demanda fue de 1'016.757 Tm, esto da como resultado una variación porcentual promedio anual del 12.9% en dicho periodo (7).

TABLA 6

EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE GLP

AÑO	Tm	% VAR	AÑO	Tm	% VAR	AÑO	Tm	% VAR
1972	9.743		1986	219.912	18,3	2000	655.384	8,1
1973	13.816	41,8	1987	250.761	14,0	2001	686.072	4,7
1974	18.741	35,6	1988	294.379	17,4	2002	715.436	4,3
1975	24.970	33,2	1989	313.884	6,6	2003	749.830	4,8
1976	33.417	33,8	1990	369.560	17,7	2004	815.455	8,8
1977	46.790	40,0	1991	384.055	3,9	2005	883.119	8,3
1978	61.997	32,5	1992	419.866	9,3	2006	937.825	6,2
1979	77.602	25,2	1993	446.645	6,4	2007	952.219	1,5
1980	99.102	27,7	1994	484.831	8,5	2008	977.712	2,7
1981	111.203	12,2	1995	555.253	14,5	2009	963.804	-1,4
1982	125.236	12,6	1996	600.283	8,1	2010	974.578	1,1
1983	139.374	11,3	1997	611.740	1,9	2011	1'011.301	3,8
1984	161.237	15,7	1998	622.387	1,7	2012	1'016.757	0,5
1985	185.831	15,3	1999	606.226	-2,6			

Fuente: Unidad de Planificación de EP Petroecuador
Elaboración: Autor

Del total de la demanda de GLP, la región Sierra consume el 49.3%, la región Costa el 46.9%, la región Amazónica un 3.6%, y la región Insular un 0.1%. En la tabla 7 se detalla el consumo de GLP por provincia durante los últimos años y en la tabla 8 se muestra la demanda en porcentajes que requiere cada provincia y región del país (7).

TABLA 7

DEMANDA DE GLP POR PROVINCIA EN

TONELADAS MÉTRICAS

Provincias	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Carchi	14.456	-	-	-	13.031	13.477	14.141
Imbabura	21.846	33.199	36.532	32.414	29.610	29.703	28.026
Pichincha	189.488	190.352	213.700	181.536	200.215	221.629	223.886
Cotopaxi	67.265	35.468	30.143	28.183	30.513	31.786	30.339
Tungurahua	18.814	64.955	61.531	63.868	46.566	46.897	48.422
Bolívar	3.248	-	-	-	10.263	11.661	11.474
Chimborazo	31.783	5.770	9.385	12.104	28.555	29.554	29.308
Cañar	328	-	-	-	18.599	19.025	19.475
Azuay	43.527	50.809	50.761	50.058	82.241	86.308	80.704
Loja	18.970	20.892	22.834	23.966	26.490	28.064	28.632
Región Sierra	409.725	401.445	424.886	392.129	486.083	518.104	514.407
Esmeraldas	5.150	2.013	2.324	3.757	21.818	23.924	27.738
Manabí	46.569	31.149	33.647	33.135	72.535	71.452	70.812
Los Ríos	44.234	56.914	58.310	49.976	53.499	55.510	58.235
Guayas	357.341	417.859	414.577	380.959	227.063	221.289	246.238
Santa Elena				19.764		14.842	17.044
El Oro	39.693	28.185	28.597	28.865	37.151	38.327	39.615
St Domingo						29.612	29.460
Región Costa	492.987	536.120	537.455	550.337	448.360	454.956	489.142
Napo	2.190	4	-	-	4.799	5.056	5.264
Pastaza	847	-	2	-	3.952	4.235	4.597
Morona	3.212	-	-	-	5.732	6.069	5.310
Zamora	-	-	-	-	4.113	4.231	5.036
Sucumbíos	12.926	-	14.379	15.627	12.060	12.678	13.030
Orellana				4.435		4.254	4.747
Región Oriental	19.175	13.734	14.381	20.062	34.656	36.523	37.984
Región Insular	1.084	920	988	1.277	5.362	1.642	1.501
TOTAL en Tm	922.969	952.218	977.711	963.805	974.578	1.011.224	1.043.034

Fuente: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero.
Elaboración: Autor.

TABLA 8

DEMANDA DE GLP POR PROVINCIA EN

PORCENTAJES

Provincias	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Carchi	1,6	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	1,4
Imbabura	2,4	3,5	3,7	3,4	3,0	2,9	2,7
Pichincha	20,5	20,0	21,9	18,8	20,5	21,9	21,5
Cotopaxi	7,3	3,7	3,1	2,9	3,1	3,1	2,9
Tungurahua	2,0	6,8	6,3	6,6	4,8	4,6	4,6
Bolívar	0,4	0,0	0,0	0,0	1,1	1,2	1,1
Chimborazo	3,4	0,6	1,0	1,3	2,9	2,9	2,8
Cañar	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,9	1,9
Azuay	4,7	5,3	5,2	5,2	8,4	8,5	7,7
Loja	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,8	2,7
Región Sierra	44,4	42,2	43,5	40,7	49,9	51,2	49,3
Esmeraldas	0,6	0,2	0,2	0,4	2,2	2,4	2,7
Manabí	5,0	3,3	3,4	3,4	7,4	7,1	6,8
Los Ríos	4,8	6,0	6,0	5,2	5,5	5,5	5,6
Guayas	38,7	43,9	42,4	39,5	23,3	21,9	23,6
Santa Elena	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	1,5	1,6
El Oro	4,3	3,0	2,9	3,0	3,8	3,8	3,8
St Domingo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	2,8
Región Costa	53,4	56,3	55,0	57,1	46,0	45,0	46,9
Napo	0,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5
Pastaza	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4
Morona	0,3	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,5
Zamora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,5
Sucumbíos	1,4	0,0	1,5	1,6	1,2	1,3	1,2
Orellana	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,4	0,5
Región Oriental	2,1	1,4	1,5	2,1	3,6	3,6	3,6
Región Insular	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,2	0,1
TOTAL en porcentajes	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero.
Elaboración: Autor.

1.4. Oferta de GLP.

El total de la oferta de GLP en el país está conformada aproximadamente por el 20% de producción nacional y el 80% por importación, la empresa encargada de tal misión es la empresa pública EP Petroecuador que a través de su Gerencia de Comercialización ofrece el GLP a las distintas comercializadoras (7).

Producción Nacional de GLP

La Gerencia de Refinación de EP Petroecuador es la que tiene la responsabilidad de procesar el petróleo para producir derivados, dicha gerencia está a cargo de las tres refinerías que aportan a la oferta de GLP en el Ecuador, entre ellas la que más aporta es la refinería de Esmeraldas con el 64.8%, la sigue el Complejo Industrial Shushufindi con el 34.4%, y por último la refinería La Libertad que aporta con el 0.8% (7). En la tabla 9 se exponen las cantidades producidas en Toneladas Métricas de GLP por cada refinería desde el año 1972 hasta el año 2012.

TABLA 9

PRODUCCIÓN NACIONAL DE GLP

AÑO	REFINERÍA ESMERALDAS	COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI	REFINERÍA LA LIBERTAD	TOTAL en Tm
1972			4408	4408
1973			4371	4371
1974			5525	5525
1975			4614	4614
1976			3505	3505
1977	17066		3170	20236
1978	62218		1488	63706
1979	70155		1923	72078
1980	72876		2098	74974
1981	57407		1814	59221
1982	56634	8538	1625	66797
1983	34005	21522	512	56039
1984	54987	40267	779	96033
1985	62564	48858	1124	112546
1986	76950	63710	1368	142028
1987	51031	20393	928	72352
1988	90429	43510	1162	135101
1989	97954	23131	844	121929
1990	77849	72216	885	150950
1991	106221	84022	814	191057
1992	138782	82535	92	221409
1993	140077	115768	2065	257910
1994	148738	106137	2270	257145
1995	102615	104870	1164	208649
1996	147407	108248	1314	256969
1997	97141	101675	1445	200261
1998	107611	104546	740	212897
1999	77478	96102	702	174282
2000	139970	104608	767	245345
2001	122902	86000	817	209719
2002	100638	77869	789	179296
2003	124344	69992	514	194850
2004	121033	69268	499	190800
2005	122735	62201	501	185437
2006	130458	53518	1156	185132
2007	78314	42901	1256	122471
2008	126574	53953	1190	181717
2009	121328	66949	2648	190925
2010	104201	69973	1829	176003
2011	146120	75204	1859	223183
2012	154481	78834	1904	235219

Fuente: Informes Estadísticos 1972-2012. Unidad de Planificación de EP Petroecuador.
Elaboración: Autor

Importación de GLP

El GLP se ha convertido con el pasar de los años en el combustible preferido por los ecuatorianos a la hora de cocinar los alimentos, debido a esto, la demanda de este derivado siempre estuvo presionando a la oferta a pesar de los incrementos de producción logrados por las refinerías, es así que se recurre a la importación como la manera para suplir el déficit de GLP (7). En la tabla 10 se detallan los volúmenes de importaciones realizadas por el Estado desde 1972 hasta el 2012.

TABLA 10
IMPORTACIÓN DE GLP

AÑO	Tm	% VAR	AÑO	Tm	% VAR	AÑO	Tm	% VAR
1972	4.727		1986	76.822	6,9	2000	404.714	-4,5
1973	8.579	81,5	1987	184.684	140,4	2001	473.144	16,9
1974	14.064	63,9	1988	159.329	-13,7	2002	533.881	12,8
1975	21.497	52,9	1989	189.779	19,1	2003	555.822	4,1
1976	33.736	56,9	1990	200.271	5,5	2004	614.479	10,6
1977	31.884	-5,5	1991	201.693	0,7	2005	687.784	11,9
1978	8.525	-73,3	1992	200.620	-0,5	2006	723.768	5,2
1979	7.867	-7,7	1993	189.839	-5,4	2007	832.596	15,0
1980	27.161	245,3	1994	246.647	29,9	2008	797.118	-4,3
1981	56.200	106,9	1995	351.415	42,5	2009	779.317	-2,2
1982	62.965	12,0	1996	347.551	-1,1	2010	806.370	3,5
1983	83.293	32,3	1997	405.279	16,6	2011	835.603	3,6
1984	68.018	-18,3	1998	399.120	-1,5	2012	773.532	-7,4
1985	71.876	5,7	1999	423.852	6,2			

Fuente: Unidad de Planificación de EP Petroecuador

Elaboración: Autor

La importación ha sido superior a la producción nacional en casi la totalidad de los años desde que el GLP comenzó a comercializarse en el Ecuador, con excepción de los años 1978-1982, 1984-1986, 1992-1994 cuando la producción nacional superó a las importaciones, esto se debe a que en el año 1977 entró a operar la unidad FCC de la refinería Esmeraldas, luego en 1981 entró a operar la planta de gas del Complejo Industrial Shushufindi. Al cabo de unos años las importaciones vuelven a superar a la producción nacional por causa del aumento de la demanda (7). En la figura 1.3 vemos la evolución de la oferta de GLP en el país desde 1972 hasta el 2012.

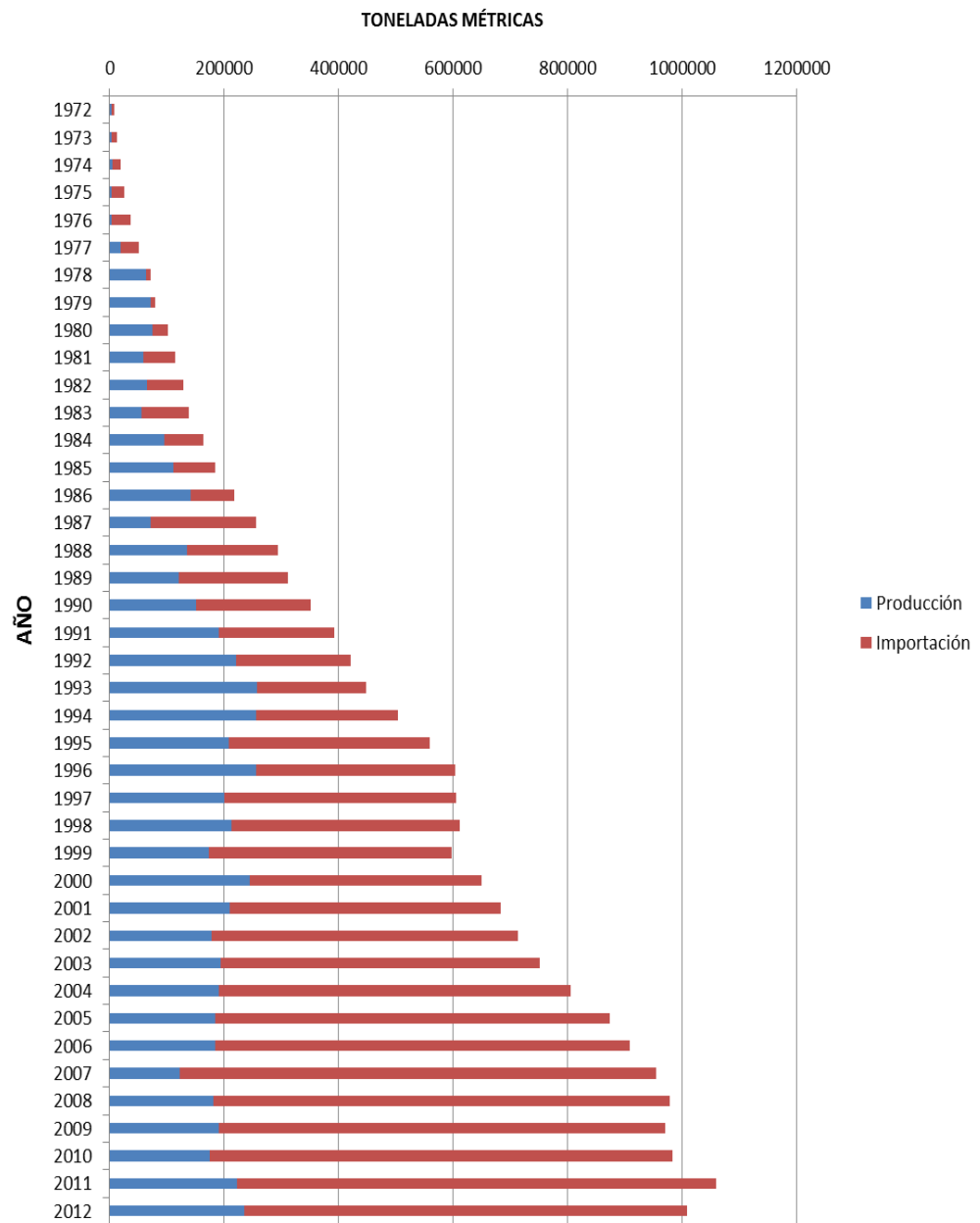


FIGURA 1.3 EVOLUCIÓN DE LA OFERTA DE GLP (7)

1.5. Precio y Subsidio del GLP.

La constitución es el documento supremo donde se determinan las bases y la organización de un país, define las funciones del Estado y busca garantizar a los habitantes sus derechos y libertades. El Ecuador a lo largo de su vida republicana ha tenido diferentes constituciones, las cuales coinciden en que una de las varias funciones del Estado es el de establecer condiciones para que los integrantes de la sociedad puedan desarrollarse como personas, garantizando en particular a vivir dignamente (11).

El gobierno es el encargado de tomar decisiones políticas que permitan una distribución más equitativa de los ingresos estatales, para esto se busca la mejor manera de administrar y gastar eficientemente el dinero proveniente de los ciudadanos y de la explotación de los recursos naturales, de manera que estos fondos retornen en forma de servicios que beneficien a la sociedad y preferentemente a los más pobres. Una de las formas en las que un gobierno puede alcanzar objetivos sociales o también favorecer a ciertos sectores de la sociedad, generalmente es la aplicación de subsidios, de esta manera las personas de bajos recursos económicos pueden acceder a un bien o servicio por un valor inferior al del mercado (11).

Si bien es cierto los subsidios en un inicio tienen buenos propósitos, estos luego pueden convertirse en una fuente de problemas y ser la causa del estancamiento del desarrollo de un país. Para que un subsidio sea económicamente viable debe poseer principalmente tres características, primero la transitoriedad, que se basa en que un subsidio debe entregarse a la sociedad durante un periodo de tiempo hasta que las condiciones así lo ameriten, en segundo lugar está la eficiencia, lo que implica que la transferencia de recursos debe contar con mecanismos de administración y control, y en tercer lugar se encuentra la focalización, la cual está relacionada con la canalización directa a las personas necesitadas o identificadas como receptoras (11).

Para analizar el caso de Ecuador es necesario revisar ciertos antecedentes importantes que contribuyeron a que el país adopte el sistema de subsidios. Uno de los acontecimientos previos se remonta a principios de los años 70, cuando el país se encuentra en una crisis económica profunda, la deuda externa crece continuamente ya que varios países facilitaron créditos debido al incremento de producción y exportación de crudo ecuatoriano (11).

Desde el año 1972 con la asunción al poder del General Rodríguez Lara, el Ecuador se consolida como país productor de petróleo y recibe gran cantidad de divisas como resultado de las exportaciones de crudo, que se traduce como un importante crecimiento de la economía nacional, a este acontecimiento se le llamó el boom petrolero (11).

Como consecuencia del boom petrolero se generó una fuerte expansión de la demanda energética en el país, el incremento de esta demanda ha elevado la dependencia de los ecuatorianos por abastecerse de este tipo de energía, este escenario obliga al gobierno a satisfacer el consumo interno de combustibles fósiles a pesar de no contar con la capacidad necesaria de refinación, lo que convierte al país en importador de derivados de petróleo (11).

En el año de 1974, el gobierno “nacionalista y revolucionario de las Fuerzas Armadas” con el afán de profundizar el modelo de inversión del Estado, crea el subsidio a los combustibles en función de satisfacer los requerimientos del ejército y facilitar el transporte militar, luego dicho subsidio terminará por extenderse al transporte público y privado (11).

Varios factores fueron los que impulsaron a la aplicación de un subsidio al GLP, como la generalización del gas para uso doméstico, el costo superior por parte del gas importado con relación al precio del derivado a nivel interno, la política del gobierno de mantener inalterados los precios de los combustibles, junto con el aumento significativo de los ingresos públicos a causa del incremento del precio del petróleo (11).

Paralelamente a facilitar el acceso a la energía para la sociedad más pobre, con el pasar del tiempo se han creado problemas o efectos no deseados como por ejemplo el uso masivo del gas en actividades particulares para las que el subsidio no fue diseñado, algunas de estas actividades son el consumo industrial, el consumo por parte de los vehículos, y el consumo por parte de las sociedades pudientes (11).

Además de eso se han creado redes de contrabando en las fronteras, aprovechando de adquirir gas a muy bajo precio en Ecuador y vendiéndolo a un alto precio en Colombia y Perú, a esto se suman las malas decisiones políticas y la manipulación de este tema durante campañas para conseguir un electorado. En fin, se ha terminado por distorsionar los verdaderos objetivos del subsidio agravando las condiciones económicas del país (11).

En un estudio realizado por el INEC de Encuestas de Condiciones de Vida (ECV) en el año 2006 indica la distribución del subsidio al gas de uso doméstico por quintiles de pobreza, donde se evidencia una distribución inequitativa en la cual los quintiles más altos de la población (quintiles 4 y 5) que representan a los hogares con mayores recursos en la sociedad, reciben mayoritariamente el subsidio, a diferencia de los hogares más pobres (quintiles 1 y 2) que en conjunto alcanzan a llegar al 22% del subsidio (7).

TABLA 11
DISTRIBUCIÓN DEL SUBSIDIO DE GLP

Distribución del gas de Uso Doméstico por quintiles de pobreza (ECV) 2006	millones USD	Distribución porcentual del subsidio
Quintil 1 (20% más pobre)	34,8	8%
Quintil 2 (20% pobre)	60,9	14%
Quintil 3 (20% clase media)	78,2	18%
Quintil 4 (20% clase media)	104,3	24%
Quintil 5 (20% más rico)	156,5	36%
TOTAL gas de uso doméstico	434,7	100%

Fuente: INEC – ECV 2006
Elaboración: Autor

Por tanto, es necesario un marco regulatorio para lograr el control estatal ante las irregularidades que se presenten por causa del subsidio, además de tomar medidas para mejorar la eficiencia en el manejo de los presupuestos del estado, controlar el subsidio y contrarrestar los desbalances de la economía. Con el afán de controlar el subsidio, los gobernantes han propuesto fijar el precio del GLP en valores convenientes para el estado, pero los ciudadanos reiteradamente han respondido en forma negativa (11). La tabla 12 expone los precios que ha tenido el GLP en distintos años.

TABLA 12
VARIACIONES DEL PRECIO DEL GLP

AÑO	DISPOSICIÓN	DOMÉSTICO (Suces por Kg)	INDUSTRIAL (Suces por Kg)
1979	DEC. 1231 JUL/22	6,5	6,5
1981	A.M. 751 FEB/17	10,0	10,0
1987	A.M. 1306 ABR/27	15,0	40,0
1988	A.M. 031 AGO/30	20,0	90,0
1989	A.M. 283 JUL/20	36,7	150,0
1990	A.M. 379 ENE/24	50,0	300,0
1994	A.M. 068 ENE/28	193,0	1150,0
1997	-	326,7	
1998	-	1666,7	
		(Dólares por Kg)	(Dólares por Kg)
2001	-	0,106	0,33

Fuente: Estadísticas de Planificación EP Petroecuador

Elaboración: Autor

El precio del GLP permanece congelado en USD 1.6 el cilindro de 15 kg desde el año 2001 hasta la actualidad. En la tabla 13 se determina el valor real del GLP y el costo del subsidio en el año 2012, el costo ponderado de producción nacional de GLP corresponde al costo de producción por el porcentaje de demanda que dicha producción abastece. De la misma manera el costo ponderado de importación de GLP es el de costo de importación por el porcentaje de la demanda que dicha importación abastece, la sumatoria de estos dos valores darían como resultado el costo total ponderado.

TABLA 13
VALOR REAL DEL GLP

AÑO 2012	US Dólares
Costo Ponderado de Producción Nacional de GLP	0,099279
Costo Ponderado de Importación de GLP	0,700866
Costo Total Ponderado (PN+Import)	0,800145
Costo de Prestación de Servicios	0,092252
Valor Real de 1 kg de GLP	0,892397
Precio de 1 kg GLP doméstico	0,106666
Subsidio por 1 kg GLP doméstico	0,785731
Valor Real de 1 cilindro de 15 kg de GLP	13,385955
Precio de 1 cilindro de 15 kg de GLP doméstico	1,600000
Subsidio por 1 cilindro de 15 kg de GLP doméstico	11,785955

Fuente: Gerencia de Comercialización EP Petroecuador
Elaboración: Autor.

En cuanto al costo de prestación de servicios, es el valor que el Estado paga a las comercializadoras por el servicio de transporte, almacenamiento y envasado del producto. El costo total ponderado más el costo de prestación de servicios da como resultado el valor real del GLP. El valor del subsidio corresponde a la diferencia entre el valor real y el precio del GLP, el subsidio representa el 88% del valor real del GLP

El Presupuesto General del Estado (PGE) es un instrumento que sirve para la estimación de los recursos financieros del país; es decir las cuentas de ingreso como recaudaciones de impuestos y la venta de bienes tales como el petróleo y sus derivados, más las cuentas de egreso como los gastos de servicios, transporte, salud, educación, etc.

Cada institución del gobierno se encarga de elaborar su propio presupuesto, el cual es presentado ante el Ministerio de Finanzas para que luego esta institución presente un solo resumen: El Presupuesto General del Estado, que tiene como objetivo ejecutar un plan de desarrollo sostenible a largo plazo.

En la tabla 14 se detallan los valores del subsidio que ha asumido el Estado desde el 2007 hasta el 2012, así mismo los valores del Presupuesto General del Estado en el mismo periodo. Se observa que los valores del subsidio no varían significativamente de un año a otro, pero los valores del PGE crecen. Este es el motivo por el cual la variación anual del porcentaje del subsidio con respecto al PGE decrece. El subsidio al GLP en los años 2011 y 2012 fue inferior al 2% del PGE.

TABLA 14

MAGNITUD DEL SUBSIDIO AL GLP CON

RESPECTO AL PRESUPUESTO GENERAL DEL

ESTADO (PGE)

En Millones de dólares	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Subsidio GLP nacional	47	52	45	49	67	24
Subsidio GLP importado	651	647	418	611	571	656
Total Subsidio GLP	698	699	463	660	638	680
Presupuesto General del Estado PGE	16.547	25.194	24.140	28.447	35.788	39.701
Porcentaje del Subsidio respecto al PGE	4,22%	2,77%	1,92%	2,32%	1,78%	1,71%

Fuente: Banco Central del Ecuador.

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO 2

2. CAMBIO DE VECTOR Y RECURSO ENERGÉTICO EN LA COCCIÓN EN EL ECUADOR.

2.1. Plan de Cambio de Matriz Energética.

El cambio de la matriz energética del Ecuador es uno de los objetivos nacionales que el gobierno presidido por el Ec. Rafael Correa presenta dentro del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (12). La elaboración del plan fue dirigida por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) y aprobada el 24 de Junio del 2013 por el Consejo Nacional de Planificación.

El programa del Plan Nacional para el Buen Vivir representa una postura política y constituye la guía que el gobierno aspira aplicar durante el periodo 2013-2017. De esta manera se pretende evitar costos innecesarios y desperdicio de recursos al país (12).

La nueva Constitución da un giro a la manera de hacer política en el país, la cual manda que exista un vínculo directo entre la planificación y la construcción de los derechos de los ciudadanos, en ella se crea el Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa (SNDPP) que está integrado por el Consejo Nacional de Planificación, la secretaría SENPLADES, los distintos consejos de planificación y otras instancias de participación (12).

Dichas instituciones cuentan con instrumentos útiles como el Atlas de Desigualdades donde se analizan temas de distinta índole social como educación, salud, nutrición, empleo, vivienda, etc. Con esta información se puede consolidar políticas para la inclusión de las personas con discapacidad, pueblos y nacionalidades indígenas, niñez, adultos mayores, entre otros (12).

El Buen Vivir se define como el derecho a vivir en una sociedad justa donde todos tengamos acceso a medios materiales, culturales y sociales necesarios para llevar una vida satisfactoria. La educación, el trabajo y la salud son las bases primordiales de la justicia social, por medio de ellas los hombres y las mujeres podrán realizarse como seres humanos y reconocerse como iguales en sus relaciones sociales (12).

El Buen Vivir significa también el derecho a vivir en un ambiente sano, en armonía con la naturaleza, priorizando una gestión ecoeficiente de los recursos materiales y energéticos, aplicando tecnologías y prácticas que hagan posible la integridad de los ecosistemas (12).

Son doce los objetivos nacionales que se presentan en el Plan Nacional para el Buen Vivir (12), dichos objetivos constituyen la guía de acción del gobierno y establecen las políticas necesarias para alcanzarlos.

1. “Consolidar el Estado democrático y la construcción del poder popular”.
2. “Auspiciar la igualdad, la cohesión, la inclusión y la equidad social y territorial, en la diversidad”.
3. “Mejorar la calidad de vida de la población”.
4. “Fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía”.
5. “Construir espacios de encuentro común y fortalecer la identidad nacional, las identidades diversas, la plurinacionalidad y la interculturalidad”.
6. “Consolidar la transformación de la justicia y fortalecer la seguridad integral, en estricto respeto a los derechos humanos”.

7. “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global”.
8. “Consolidar el sistema económico social y solidario, de forma sostenible”.
9. “Garantizar el trabajo digno en todas sus formas”.
10. “Impulsar la transformación de la matriz productiva”.
11. “Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica”.
12. “Garantizar la soberanía y la paz, y profundizar la inserción estratégica en el mundo y la integración latinoamericana”.

Cada objetivo lleva consigo un grupo de metas basadas en los resultados, las cuales harán posible realizar un seguimiento y una evaluación permanente a las políticas públicas. La SENPLADES es la institución que está a cargo del seguimiento de las metas estructurales y territoriales, en cambio los ministerios de coordinación se encargan de dar seguimiento a las metas intersectoriales (12).

El cambio de la matriz energética se detalla dentro del objetivo nacional número once, es decir, este cambio forma parte de Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la

transformación industrial y tecnológica. La Constitución define a los sectores estratégicos como aquellos que por su magnitud y trascendencia tienen decisiva influencia social, económica, ambiental o política en el país, y que están orientados hacia el desarrollo de los derechos de los ciudadanos y al interés general (12).

Se catalogan como sectores estratégicos aquellos que usan recursos naturales no renovables, recursos naturales renovables, la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico. El Estado tiene la facultad y competencia para controlar, administrar, gestionar y regular los sectores estratégicos conforme a los principios de precaución, sostenibilidad ambiental, eficiencia y prevención (12).

En cuanto a las políticas y lineamientos que se ejecutan para transformar la matriz energética bajo criterios de diversificación de la matriz productiva, sustentabilidad y soberanía energética, incrementando la participación de las energías renovables, tenemos:

- a. “Incentivar el uso eficiente y el ahorro de energía, sin afectar la cobertura y calidad de sus productos y servicios”.

- b. “Aprovechar el potencial energético basado en fuentes renovables, principalmente de la hidroenergía, en el marco del derecho constitucional al acceso al agua y de la conservación del caudal ecológico”.
- c. “Cuantificar el potencial de recursos de energías renovables para generación eléctrica”.
- d. “Generar alternativas, fortalecer la planificación e implementar regulación al uso energético en el transporte, los hogares y las industrias, para modificar los patrones de consumo energético, con criterios de eficiencia y sustentabilidad”.
- e. “Contabilizar el agotamiento de los recursos energéticos no renovables e internalizar costos económicos y ambientales de su extracción, producción y consumo”.
- f. “Optimizar el uso de los recursos no renovables en la generación de energía eléctrica, a través del empleo de tecnologías eficientes”.

El Ecuador actualmente es autosuficiente en términos de energía primaria, lo que le permite poder exportar sus excedentes energéticos, no obstante, el país también es importador de energía secundaria (vectores energéticos), como el diesel, naftas, gasolina y gas licuado de petróleo, además cada año el país importa una cantidad mayor de

derivados de petróleo para poder suplir su demanda. Se estima que para el 2020 las reservas de crudo decrecerán a un nivel que igualaría la creciente demanda de energía, en otras palabras la demanda igualaría a la oferta, lo que pondría en riesgo la capacidad excedentaria energética del país (12).

En el periodo de 1990-2012 se utilizó una cantidad cada vez mayor de energía no renovable en el país, esto se debe a la creciente participación del sector de transporte de carga pesada y liviana en el uso de combustibles fósiles. Este sector representa el 56% del uso total de energía en el Ecuador, el tipo de energía que utiliza este sector en su mayoría es gasolina y diesel (12).

Los otros sectores de mayor consumo son el residencial con el 16%, y el industrial con el 11%, en el caso de los hogares consumen en su mayoría gas licuado de petróleo, y en el caso de las industrias se consume fuel oil y diesel. En resumen las fuentes de energía nombradas son no renovables y representan el 78% del consumo energético del país (12).

En el año 2011 el principal componente energético exportado fue el crudo de petróleo con 125,4 millones de barriles, en cambio, los componentes importados fueron la gasolina, el diesel y el GLP, que juntos llegan a 32,6 millones de barriles. El consumo total de gasolina en ese año fue de 22 millones de barriles, de diesel fue de 28 millones de barriles y de GLP fue de 8 millones de barriles. El 51%, 54% y el 79% respectivamente corresponden a las importaciones que realiza el país de cada derivado de petróleo (12).

Para poder incrementar la participación de energías renovables dentro de la producción nacional, el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC ha desarrollado el Plan Maestro de Electrificación donde presenta varios proyectos hidroeléctricos potencialmente viables, ocho proyectos ya se encuentran en etapa de construcción con una proyección de 2929 Mw, estos son Coca Codo Sinclair, Minas San Francisco, Sopladora, Toachi Pilatón, Mazar Dudas, Manduriacu, Delsitanisagua y Quijos (13).

Adicionalmente, existen cinco proyectos con estudios terminados y cuatro proyectos con estudios en ejecución que suman 5306 Mw adicionales. Se presentan también proyectos de Energía Renovable No

Convencional (ERNC) como son la biomasa, geotermia, solar y eólica. En lo concerniente a la energía eólica actualmente se cuenta con una potencia de 18.9 Mw y existe un potencial factible a corto plazo de 891 Mw. En lo referente a la energía solar se han instalado 6000 sistemas fotovoltaicos, la mayor parte en la Amazonía, que generan 0.1 Mw, se tiene proyectado desarrollar este tipo de energía hasta los 282 Mw. Para el aprovechamiento energético de la biomasa actualmente se encuentran operando centrales que usan bagazo de caña y que representan 101 Mw de potencia (13).

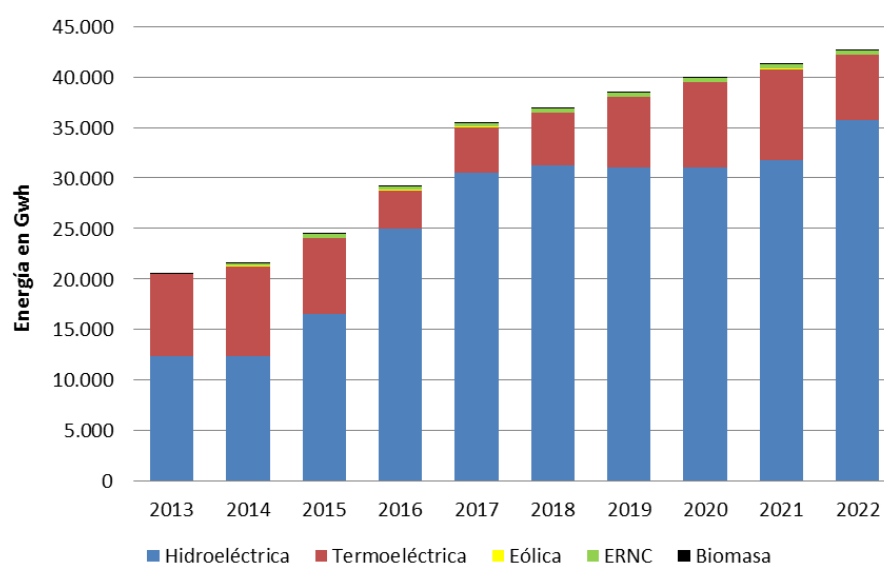


FIGURA 2.1 EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN 2013-2022 (13)

En la figura 2.1 se muestra la expansión de la generación 2013-2022 por tipo de tecnología que responde a la proyección de la demanda en Ecuador. En la tabla 15 se presenta la evolución proyectada en porcentajes de la generación por tipo de tecnología. Se observa que la matriz energética hacia el futuro se sustenta fundamentalmente en el aporte de la energía hidroeléctrica, sin embargo la generación termoeléctrica nunca pierde relevancia (13).

TABLA 15
PORCENTAJE DE LA GENERACIÓN POR TIPO DE
TECNOLOGÍA 2013-2022

Año	Hidroeléctrica	Termoeléctrica	Eólica	ERNC	Biomasa	Total
2013	59,8	39,6	0,2	0,0	0,5	100,0
2014	57,4	40,9	0,3	0,9	0,5	100,0
2015	67,3	30,5	0,3	1,6	0,4	100,0
2016	85,3	12,8	0,2	1,3	0,4	100,0
2017	85,8	12,6	0,2	1,1	0,3	100,0
2018	84,5	14,0	0,2	1,0	0,3	100,0
2019	80,5	18,1	0,2	1,0	0,3	100,0
2020	77,5	21,1	0,2	1,0	0,3	100,0
2021	76,8	21,9	0,2	0,9	0,3	100,0
2022	83,7	15,0	0,1	0,9	0,2	100,0

Fuente: CONELEC Plan Maestro de Electrificación

Elaboración: Autor

2.2. Implementación de Cocinas de Inducción.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) ha venido desarrollado lineamientos, políticas y proyectos que promueven el uso racional de la energía, así también como el desarrollo de estándares o normativas sobre el uso de aparatos eficientes en los diferentes sectores del país, como el Sector Residencial, Público e Industrial. En el Sector Residencial el consumo de energía tiene una tendencia de crecimiento, es por eso que se están diseñando programas como estrategia para el ahorro de energía. Dentro de este sector el consumo de electricidad se atribuye a la iluminación con el 49%, a equipos electrodomésticos principales con el 46% y otros equipos que pueden estar presentes en el hogar pero son secundarios con el 5% (14).

Uno de los programas que desarrolló el MEER para el sector residencial fue el de la Sustitución de Refrigeradoras Ineficientes, donde se espera sustituir a nivel nacional 330.000 refrigeradoras de más de 10 años de uso por otras de alta eficiencia. Al completar el programa se estima que el estado ahorraría 215 Gwh al año y económicamente 26 millones de dólares considerando que el costo de la energía es de 12,5 centavos de dólar el Kwh (14).

Otro programa que desarrolló el MEER fue el de la Sustitución de Focos Ahorradores por Incandescentes con el fin de disminuir la demanda de potencia en horas pico, la primera fase del proyecto consistía en la sustitución de 6 millones de focos para hogares con consumos menores a 150 Kwh/mes, la segunda fase consistía en sustituir 10 millones de focos destinado a sectores como salud, educación, servicio social y hogares con consumos de hasta 200 Kwh/mes (14).

El proyecto de eficiencia energética quizás más importante de los elaborados por el MEER para el sector residencial, es el de Sustitución de Cocinas a GLP por Cocinas de Inducción. El programa está orientado a que los hogares migren del método de cocción por combustión de GLP al método de cocción por inducción (15).

El programa también planea sustituir calefones a gas por sistemas eléctricos eficientes para calentamiento de agua para dejar de usar energía de origen fósil y comenzar a usar energía renovable. Este programa espera reemplazar 3 millones de cocinas a gas por cocinas de inducción en igual número de hogares, las cocinas de inducción vendrán acompañadas con su respectivo juego de ollas que tienen las características adecuadas para la tecnología de inducción (15).

Para que los ciudadanos puedan usar las cocinas de inducción en sus hogares, se necesita la instalación de un tomacorriente de 220 voltios en el área de la cocina, la instalación puede ser realizada por técnicos particulares o sino también puede ser solicitada a la empresa eléctrica local, donde el costo de la instalación podrá ser financiado hasta 36 meses plazo y se podrá pagar a través de la planilla eléctrica (15).

El MEER también se encarga de reforzar las redes eléctricas y de la instalación de medidores y acometidas de 220 voltios sin costo para los abonados a través de las respectivas empresas eléctricas, al momento existen a nivel nacional alrededor de 1'350.000 viviendas que ya cuentan con este tipo de medidores; esta infraestructura demanda una inversión de aproximadamente USD 480 millones y se estima que los trabajos finalicen en el primer semestre del 2016 (15).

La ciudadanía puede adquirir las cocinas de inducción con sus respectivos juegos de ollas por medio de las casas comerciales o de los fabricantes. El Estado dará financiamiento a las personas que así lo requieran, para que puedan adquirir los artefactos de inducción y calefones o duchas eléctricas en condiciones favorables de interés y plazo. El financiamiento podrá tener un plazo de hasta 72 meses y el

cobro se lo realizará por medio de la planilla eléctrica, de manera que los beneficiarios pagarían valores de entre USD 6 y USD 18 mensuales dependiendo del tipo de artefactos de inducción que deseen (15).

El Programa también incluye un incentivo tarifario, el cual consiste en que los hogares que migren del gas licuado de petróleo a la inducción eléctrica para cocinar sus alimentos, reciban sin costo 80 kWh mensuales de energía hasta el año 2018, además si migran a la electricidad para el calentamiento de agua de uso sanitario, reciben también sin costo 20 kWh mensuales. Después del 2018, la energía consumida específicamente para cocinar y calentar agua será facturada a 4 centavos el kWh (15).

Paralelamente, el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) está a cargo de promover la producción nacional de las ollas y cocinas de inducción y los equipos de calentamiento de agua mediante determinados incentivos normativos y arancelarios, con la finalidad de impulsar la diversificación de la matriz productiva y consecuentemente generar empleo. Las fábricas nacionales están comprometidas en elevar el componente nacional de sus productos y tener varios prototipos para ofrecerlos a precios asequibles a los usuarios (15).

El MIPRO y el MEER califican a los fabricantes y a los productos que son parte del Programa y que podrán ser adquiridos con financiamiento del Estado. Las casas comerciales y las empresas fabricantes podrán ofrecer otros productos que no pertenecen al Programa, pero estos productos no serán financiados por el Estado (15).

Las cocinas de inducción que se comercialicen en el país deberán cumplir obligatoriamente con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 101, el reglamento determina las características mínimas de operación, seguridad y eficiencia de estos artefactos. De igual manera, todos los sartenes y ollas para cocinas de inducción deberán cumplir con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2851 que determina las especificaciones y características de estos utensilios (15).

2.3. Eficiencia y Costo de Cocción con Cocinas a GLP y Cocinas Eléctricas de Inducción.

La eficiencia de cocinas depende de varios factores de influencia. Debe describir la relación entre la entrada de energía (en forma del vector energético: combustibles o electricidad) y la salida de energía (en forma de calor útil para cocinar). Factores de influencia son por ejemplo la

transferencia de calor, temperatura, presión, humedad, el tipo de tecnología y la práctica que el individuo tenga al cocinar. El tipo de ollas o envases usados y otros parámetros tienen una gran influencia en los resultados de la prueba. El aparato de cocción óptima en una situación determinada depende también del tipo de método de preparación y del resultado esperado (16).

Algunos países han desarrollado normas de estandarización para la eficiencia, comúnmente con una prueba de ensayo para hervir el agua. La norma alemana (DIN EN 30) establece una eficiencia de más del 58% para las cocinas de gas. La eficiencia de las cocinas eléctricas ha sido estandarizada (DIN 44547) a no menos de 53% dependiendo si la cocción empieza con un recipiente frío o uno caliente (16).

En el Ecuador la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2259 (2000) que describe los requisitos de los artefactos de uso doméstico para cocinar que utilizan combustibles gaseosos, establece que la eficiencia mínima de una cocina a gas comercializada dentro del país debe ser del 48%.

Para el caso de las cocinas de inducción, la norma NTE INEN 2567 (2010) que describe los requisitos de eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico, establece distintos niveles de eficiencia energética, donde las cocinas del nivel A debe cumplir con una eficiencia térmica mínima del 90%.

En la tabla 16 se muestran las eficiencias de ambas alternativas de cocción dadas por Niels Jungbluth en su estudio sobre la Evaluación de Ciclo de Vida para Cocinas y Hornos (16). Estas eficiencias pueden ser comparadas mediante la medición de la energía que se utiliza para preparar una comida estandarizada. Pero a partir de estas pruebas no es posible estimar una eficiencia general de un aparato, es por eso que se proponen rangos de eficiencias.

TABLA 16
EFICIENCIAS DE COCINAS

TIPO DE ENERGÍA	PROMEDIO DE EFICIENCIA	MÍNIMA EFICIENCIA	MÁXIMA EFICIENCIA
ELECTRICIDAD (INDUCCIÓN)	75 %	60 %	90 %
GLP	65 %	58 %	72 %

Fuente: Jungbluth 1997
Elaboración: Autor

TABLA 17

RELACIÓN ENTRE ENERGÍA UTILIZADA EN COCCIÓN CON INDUCCIÓN HIPOTÉTICA Y LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL AÑO 2012

EQUIVALENCIA ENERGÉTICA	Unidad	Cantidad
Demanda de GLP Sector Residencial *	Kg	944'193.525
Equivalencia Energética de la Demanda de GLP	MJ	43.432'902.167
Energía Efectiva de la Demanda de GLP (65% de eficiencia)	MJ	28.231'386.408
Demanda hipotética en Energía Eléctrica (75% de eficiencia)	Gwh	10.456
Generación Total de Electricidad ^	Gwh	19.547
Generación Total Facturada ^	Gwh	16.607
Generación Facturada Sector Residencial ^	Gwh	5.760
Porcentaje de demanda hipotética de electricidad para cocción respecto a Generación Total de Electricidad	%	53

Fuente: * ARCH Boletín 2012, ^ CONELEC-PME
Elaboración: Autor

En la tabla 17 se muestra la cantidad de energía correspondiente al total de GLP comercializado como doméstico en el año 2012, y se realiza una equivalencia con la cantidad de energía eléctrica hipotética que se necesitaría para cocinar, asumiendo que todo el consumo

doméstico de GLP es para cocción. Para realizar esta equivalencia se consideran las eficiencias promedio de cocinas mostradas en la tabla 16. Se presenta también la relación de energía utilizada en cocción por inducción hipotética y la generación total de electricidad en el mismo año. Esta relación muestra que la cantidad de energía eléctrica hipotética para la cocción representa el 53% de la generación total. Si únicamente la mitad del GLP comercializado como doméstico se hubiese utilizado en cocción, la energía eléctrica representaría el 27% de la generación total.

CAPÍTULO 3

3. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un método que comprende varias etapas para el análisis del impacto ambiental de los productos y servicios. En un estudio de ACV se describe todo el sistema que participa en la producción, el uso y la gestión de residuos de un producto o servicio. El concepto de Análisis del Ciclo de Vida puede ser entendido como el seguimiento de un producto desde su "cuna" donde las materias primas se extraen de los recursos naturales pasando a través de la producción y su uso hasta la "tumba" o disposición final (17). Las principales fases de un estudio de ACV son:

- Definición de objetivo y alcance.
- Análisis de Inventario.
- Evaluación de Impacto.
- Interpretación de resultados.

En un estudio de ACV, en primer lugar se especifica el producto a estudiar y el propósito del ACV en la fase de Definición de Objetivos y Alcance. El Análisis de Inventario implica la construcción de un modelo de ciclo de vida, el cálculo de las emisiones producidas y los recursos usados durante el ciclo de vida. En la fase de Evaluación de Impacto, las emisiones y recursos se los pueden relacionar con diversos problemas ambientales a través de modelos de caracterización. Por último, los diferentes impactos ambientales relacionados con el ciclo de vida se pueden poner en una misma escala para luego ser evaluados (17).

Existen normas internacionales para la realización de un ACV, la International Organization for Standardization (ISO) publicó en 1997 la norma ISO 14040. En el documento se define el procedimiento para realizar un ACV. Además existen guías prácticas sobre la manera de llevar a cabo un ACV, como la Society of Environmental Toxicology and Chemistry publicó (SETAC 1993), o también la guía de países nórdicos (Nord 1995) entre otras. La terminología difiere un poco entre una y otra guía ya que estas fueron escritas antes o al mismo tiempo que la norma (17).

3.1. Objetivo y Alcance.

El objetivo de un estudio de ACV es determinado en esta fase. En base al objetivo se toman decisiones sobre el alcance y los requisitos del modelo a realizar. Desde un punto de vista ideal, si todas las decisiones y especificaciones se determinan en esta fase, entonces no se necesitará tomar decisiones en las siguientes fases del estudio. En la práctica, ACV es un proceso iterativo, y la necesidad de tomar ciertas decisiones a menudo no es evidente desde el principio, pero estas se irán descubriendo a medida que avanza el estudio (17).

En la definición del objetivo y alcance, se determina el producto a ser estudiado y el propósito del estudio. De acuerdo con la norma (ISO 14040 1997) la definición del objetivo incluye establecer la aplicación que va a tener el estudio, la razón para llevarlo a cabo y además de establecer a quienes deberán ser comunicados los resultados obtenidos (17). La norma resalta también que el objetivo y el alcance de un estudio de ACV deben estar claramente definidos y coherentes con su aplicación. Especificaciones del modelo también deben de tomarse en cuenta en esta fase, un ejemplo de las especificaciones es el de definir la unidad funcional, así como también definir los límites del sistema.

Unidad Funcional

Cuando los objetivos, productos y sistemas ya han sido decididos, el siguiente paso es definir la unidad funcional. La unidad funcional corresponde a un flujo de referencia a la que todos los otros flujos modelados del sistema están relacionados, esa es la razón por la que la unidad funcional tiene que ser cuantitativa. Los productos o procesos a menudo cumplen más de una función pero los resultados de ACV sólo pueden estar relacionados con un flujo de referencia, por lo tanto, debe de elegirse una de las funciones y ésta debe ser representada como la unidad funcional (17).

Para estudios de un solo producto, la definición de la unidad funcional no es complicada. En estudios comparativos, ésta puede ser una tarea más difícil. La unidad funcional debe representar la función de las opciones comparadas de una forma razonablemente justa. Las opciones comparadas, a la vez pueden cumplir otras cualidades además de la descrita por la unidad funcional. Una forma de hacer frente a las diferencias es definir un nivel mínimo que deben cumplir todas las alternativas comparadas. Otra forma es, dejar fuera de los cálculos de ACV la diferencia cualitativa entre las opciones comparadas y simplemente describir las diferencias con palabras (17).

Límites del Sistema

La definición y asignación de los límites del sistema se deciden durante la fase de definición del objetivo y alcance. Sin embargo, es posible que se tenga que esperar para decidir los detalles exactos hasta que haya suficiente información que se ha recogido durante el análisis de inventario (17). Los límites del sistema deben especificarse en varias dimensiones:

- Límites en relación con los sistemas naturales
- Los límites geográficos
- Límites de tiempo
- Límites dentro del sistema técnico

Límites en relación con los sistemas naturales

A nivel general, las actividades incluidas en el modelo de flujo del sistema técnico (El modelo de inventario) son actividades bajo control humano. Cuando un flujo deja (o entra) al control humano también deja (o entra) al sistema técnico. El límite entre el sistema técnico modelado y el sistema natural alrededor del modelo es también el límite entre el análisis de inventario y evaluación de impacto (17).

Para los materiales no renovables como el petróleo y los minerales es relativamente fácil definir la "cuna". El ciclo de vida comienza cuando el petróleo se bombea o el mineral es extraído. Para los recursos renovables, que pueden ser divididos en recursos básicos (por ejemplo, las tierras agrícolas) y en recursos de flujo (por ejemplo, radiación solar y ríos), es más difícil de trazar los límites entre el sistema técnico y el sistema natural. Sin embargo, algunas actividades son definitivamente técnicas y por lo tanto deben ser incluidos en el modelo de inventario.

Hay "tumbas" a lo largo del ciclo de vida, en el sentido de que los residuos en forma sólida, líquida o gaseosa se liberan al medio ambiente en todas las actividades del ciclo de vida. Dispositivos reductores de contaminación tales como la limpieza de flujo de gas y tratamiento de aguas residuales son partes del sistema técnico, y por lo tanto están incluidas en el modelo de inventario (17).

Límites Geográficos

La geografía es importante en un ACV por las siguientes razones: Las diferentes etapas de un ciclo de vida se producen en diferentes partes del mundo. La infraestructura como la producción de electricidad,

gestión de residuos y sistemas de transporte, varía de una región a otra. La sensibilidad del medio ambiente a diferentes contaminantes varía en diferentes áreas geográficas (17).

Por otro lado, la información sobre la ubicación de ciertos procesos, rara vez se maneja de una manera detallada en un ACV. Esto se debe a la complejidad del sistema estudiado, donde las diferentes partes de un ciclo de vida se pueden localizar en muchos lugares diferentes. En algunos casos, el origen de las materias primas es simplemente desconocido (17).

Límite de Tiempo

Los cambios a los que orienta un ACV hacen referencia a un tiempo futuro, miran hacia adelante en el tiempo en los diferentes escenarios de acción. La fase de definición del objetivo y alcance tendrá entonces que determinar con qué horizonte de tiempo se estudia dicho cambio y cuál va a ser la magnitud del cambio que se espera alcanzar, ya que están en juego las consecuencias para los próximos años (17).

Por otra parte, el impacto ambiental del cual un producto se hace responsable es retrospectivo, es decir, que miran hacia atrás en el tiempo. Para los productos de larga vida se debe decidir en qué perspectiva deben ser estudiados el tiempo su producción, el uso y el tratamiento de residuos y por lo tanto qué tipo de datos deben ser recogidos. Si los datos de producción representan al tiempo presente, por consiguiente los datos de la fase de uso y el tratamiento de residuos también deberían representar al tiempo presente (17).

3.2. Análisis de Inventario del Ciclo de Vida.

Realizar un Análisis de Inventario significa construir un modelo de flujo de un sistema técnico. El resultado es un balance de masa y energía incompleto para el sistema. Es incompleto en el sentido de que sólo los flujos de relevancia ambiental se consideran, lo que incluye el uso de escasos recursos y las emisiones de sustancias que se consideran dañinas. Los flujos ambientalmente indiferentes, como las emisiones de vapor de agua de la combustión y el calor excedente industrial no se tienen en cuenta y son despreciados (17).

Los modelos de AICV son generalmente estáticos y lineales, lo que significa que el tiempo no se utiliza como una variable y que todas las relaciones se han simplificado para que sean lineales. Usualmente este modelo es representado con un diagrama de flujo (17). Dentro de las actividades de un AICV se incluyen:

- Construcción del diagrama de flujo de acuerdo con los límites del sistema descritos en la fase de definición del objetivo y alcance. El diagrama de flujo muestra las actividades (producción, proceso, transporte, uso y gestión de residuos) y los flujos que existen entre estas.
- La recopilación de datos para todas las actividades en el sistema del producto. Los datos recogidos incluye entradas y salidas de materias primas, incluidos los vectores energéticos, productos, residuos sólidos y las emisiones al aire y al agua.
- Cálculo de la cantidad de recursos a usar y las emisiones contaminantes del sistema en relación con la unidad funcional.

En esta fase se describe cómo construir un modelo AICV. Este es un proceso acumulativo y a veces iterativo. Mientras más datos se recojan, más se aprende sobre el sistema, a veces es necesario revisar las decisiones tomadas durante la definición del objetivo y alcance (17).

Construcción de un Diagrama de Flujo

En la definición del objetivo y alcance, son determinados principalmente los límites del sistema y otros requerimientos del modelo, usualmente también se elabora un diagrama de flujo general. En el análisis de inventario, este diagrama de flujo se desarrolla y es dado mucho más a detalle, en el cual se muestra todas las actividades del sistema y el flujo entre ellos (17).

El diagrama de flujo puede ser a veces tan simple así como tan complejo. La complejidad puede surgir de múltiples lazos interconectados o de la propia estructura de una industria, como la industria petroquímica, que es altamente encadenado. Un producto complejo que consta de muchos componentes diferentes da lugar a un diagrama de flujo en forma de árbol, con un gran número de ramas (17).

El análisis del inventario, como la mayoría de las actividades en un estudio ACV, es un proceso acumulativo e iterativo. Esto significa que a medida que más se aprende sobre el sistema durante la recogida de datos, el diagrama de flujo es revisado y elaborado con un mayor detalle (17).

Recolección de Datos

La recolección de datos es una de las actividades que más tiempo consume en la elaboración de un ACV. Sin embargo, muy poco se ha escrito acerca de cómo llevar a cabo la recolección de datos. Las normas sobre ACV típicamente describen los tipos de datos a recoger, de ese modo parece que la colección de datos es una actividad no problemática. En la práctica, la recopilación de datos puede contener más de un problema durante la búsqueda de datos que simplemente la colección de ellos (17).

Es necesario que se recojan datos numéricos, así como también datos descriptivos y cualitativos. Los datos numéricos consisten en datos sobre las entradas y las salidas a todas las actividades del sistema, es decir, materia prima y energía, entradas auxiliares, y otras entradas físicas como la tierra en uso, productos y emisiones al aire, tierra y agua y otros aspectos ambientales como el ruido (17).

Adicionalmente, deben ser recogidos también los datos que puedan servir como un respaldo para el estudio, como el precio de los productos. Esta información puede ser la razón para que exista una

relación física entre los flujos. Suelen ser necesarias las distancias y las rutas al recoger los datos relativos a los medios de transporte. Estos datos luego se utilizan junto con los datos de uso de energía y las emisiones para los diferentes medios de transporte (17).

Ejemplos de información cualitativa que se necesita recoger, pueden ser, describir la tecnología de los procesos, cómo y cuándo fueron medidas las emisiones, la ubicación geográfica de los procesos así como de los flujos que vienen y de los flujos que van. Dicha información cualitativa es necesaria validarla en el momento de la interpretación de los datos recogidos (17).

Validación de Datos

ISO 14041 (1998) exige que se lleve a cabo una comprobación de la validez de los datos recogidos. Ejemplos de estos controles son la comparación con otras fuentes de datos y balances de materia y energía. También es importante comprobar la calidad de datos comparándolos con el de los requisitos formulados en la definición de objetivos y alcance. Sin embargo, las comprobaciones de validez sólo son posibles si los datos están suficientemente documentados (17).

3.3. Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida.

Evaluación del impacto del ciclo de vida tiene como objetivo describir los impactos cuantificados de las cargas ambientales en el análisis de inventario. Uno de los propósitos de la EICV es, convertir los resultados del análisis de inventario en información más relevante para el medio ambiente, es decir, obtener información sobre los impactos hacia el medio ambiente en lugar de sólo las emisiones y el uso de recursos.

Otro propósito es mejorar la legibilidad de los resultados. El número de parámetros de resultados de inventario puede variar de 50 a 200 o más. Esto puede hacer que los resultados del inventario sean difíciles de entender. A través de la EICV el número de parámetros se puede reducir a aproximadamente 15 mediante la agrupación de las cargas ambientales dentro de categorías de impactos (17).

EICV también es útil para hacer comparables más resultados. La comparabilidad es un problema cuando las alternativas tienen perfiles ambientales muy diferentes. Una manera de sobrepasar esta incomparabilidad es trasladar los parámetros de los resultados del inventario dentro de categorías de impacto (17).

Clasificación

Clasificación simplemente significa que los parámetros de resultado AICV son clasificados y asignados a las distintas categorías de impacto. Esto requiere un poco de conocimiento sobre qué tipo de contaminantes y uso de recursos conducen hacia una categoría determinada (17). Ciertas cargas ambientales necesitan ser asignadas a más de una categoría. En el caso del NO_x este parámetro es asignado a la categoría de la acidificación, así como a la categoría de eutrofización. Tal asignación múltiple se hace solamente para efectos que son independientes entre sí. Si los efectos son dependientes el uno del otro, una doble asignación puede conducir a una doble contabilidad.

Caracterización

La Caracterización es un paso cuantitativo. Los tamaños de los impactos ambientales se calculan por categoría utilizando los factores de equivalencia. Por ejemplo, se añaden todas las emisiones acidificantes (SO₂, NO_x, HCl, etc.) en los resultados AICV conforme a sus factores de equivalencia, lo que resulta en una suma que indica la magnitud del impacto de la acidificación. Los factores de equivalencia de los contaminantes acidificantes se definen por su denominador común: toda liberación H⁺ (que causa la acidificación). Cada molécula

de SO_2 provoca la liberación de dos H^+ , mientras que cada molécula de HCl libera un H^+ . Sus factores de equivalencia molares son 2 y 1 respectivamente. Contar el número de iones de hidrógeno (H^+) liberados dice algo sobre el posible impacto de los contaminantes, pero no dice nada acerca de su impacto real, ya que la información sobre dónde los contaminantes acidificantes son depositados no se tiene en cuenta aquí. Si por ejemplo, estos contaminantes se depositan en un suelo rico en piedra caliza los iones de hidrógeno se almacenan y el impacto acidificante se reduce (17).

La definición de los métodos de caracterización con factores de equivalencia adecuados se basa en principio en el mecanismo físico químico de cómo las diferentes sustancias contribuyen a las diferentes categorías de impacto, es decir, sobre la base de las ciencias naturales. Con factores de equivalencia basados en mecanismos físico químicos, los efectos de la deposición en áreas geográficas con diferentes sensibilidades a los contaminantes se evitan. En la práctica, existen buenos métodos de caracterización de algunas de las categorías de impacto (por ejemplo, la acidificación), donde los mecanismos son relativamente simples y bien conocidos, y también existen métodos de caracterización que están menos desarrollados (como la ecotoxicidad) donde los mecanismos son más complicados (17).

3.4. Interpretación del Ciclo de Vida.

En un estudio cuantitativo de ACV, después de los cálculos de inventario el número de parámetros de resultados podrían ser más de un centenar. Puede que no sea fácil encontrarle sentido inmediatamente a todos esos números. Incluso tiene aún menos sentido presentar aquellos números como resultados de la investigación. Con el fin de extraer algo significativo de los números es necesario afinar el resultado de alguna manera. Una forma de hacerlo es presentar sólo una selección de los parámetros de resultados de inventario más importantes en un diagrama de barras; otra forma es presentar los resultados más importantes de la evaluación de impacto.

Dentro de la terminología de ACV, se le llama interpretación al proceso de evaluación de los resultados con el fin de sacar conclusiones. El uso de diferentes tipos de diagramas es muy útil en este proceso. Las evaluaciones de la solidez de las conclusiones obtenidas en un estudio de ACV son también parte de las fases de interpretación. Tales evaluaciones normalmente conllevan los análisis de sensibilidad, análisis de incertidumbre y las evaluaciones de calidad de datos (17).

El término interpretación del ciclo de vida se define en la norma ISO 14040 como la fase de evaluación del ciclo de vida en la que los resultados del análisis de inventario o de la evaluación de impacto, se combinan consistentemente con la definición de objetivo y alcance con el fin de llegar a conclusiones y recomendaciones (17).

Esta definición podría innecesariamente reducir el campo de posibles conclusiones al afirmar que las conclusiones deben ser coherentes con la definición de objetivo y alcance. Estudios de ACV a menudo producen resultados inesperados que van más allá de la definición de objetivos y alcance, por lo tanto, siempre es posible reformular el objetivo y el alcance desde el punto de vista de que el ACV es un proceso iterativo (17).

CAPÍTULO 4

4. OBJETIVO Y ALCANCE.

La metodología que se ha escogido para la realización de este estudio se denomina Análisis Comparativo de Ciclo de Vida, la cual se utiliza para contrastar la carga ambiental de dos o más sistemas de productos funcionalmente equivalentes. En este caso consideramos dos sistemas de productos, uno de ellos es la cocción por medio de la combustión de GLP, y el otro sistema es la cocción por medio de electricidad con cocinas de inducción.

El presente estudio está asociado al proyecto de investigación “Evaluación de Ciclo de Vida de la Electricidad producida en el Ecuador”. Dicho proyecto de investigación se encuentra registrado en el Decanato de Investigación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Este estudio responde a la necesidad de la sociedad por información técnica ambiental ante el cambio de vector y recurso energético para la cocción en el país. En esta fase del estudio definiremos el objetivo y el alcance del mismo, además de especificaciones o requerimientos que ayuden a definir el modelo de los sistemas de productos.

4.1. Objetivo.

El objetivo de este estudio es comparar la afectación ambiental derivada de la cocción de alimentos, tanto por medio de la combustión de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en cocinas a gas, como por medio de electricidad en cocinas de inducción.

Otro objetivo también es, identificar cuál de las actividades pertenecientes a ambos sistemas de productos contribuye en mayor medida al impacto ambiental.

4.2. Alcance.

4.2.1 La Unidad Funcional.

A pesar de que existen claras diferencias en cuanto a la forma de generar calor y en cuanto a las eficiencias de las cocinas, la función es la misma en los dos sistemas de productos, que es proveer energía calorífica a los alimentos para que se cocinen.

Para realizar una comparación válida entre los dos sistemas de cocción, es necesario definir un punto de referencia común. Esto se conoce como la unidad funcional en los estudios de ACV. En este estudio la unidad funcional es “1 MJ efectivo”, es decir, 1 MJ de calor transmitido a los alimentos.

4.2.2 Descripción y Límites de los Sistemas.

Cocción con GLP

El gas licuado de petróleo se obtiene durante la refinación del crudo de petróleo y el fraccionamiento del gas natural. En el Ecuador la producción nacional de GLP representa aproximadamente el 20% de la demanda, por tanto es necesaria su importación. La empresa estatal abastece de GLP a las comercializadoras, las mismas que envasan el combustible para luego hacer llegar al consumidor final por medio de camiones.

Además del combustible, para realizar la cocción son necesarios también la cocina y el cilindro de gas. La fabricación y uso de estos artefactos se consideran para el análisis del ciclo de vida. En el diagrama de los límites del sistema de la cocción con GLP, el primer proceso es la producción de GLP, éste incluye todas las entradas de materia prima, energía, transportes y los procesos involucrados hasta el abastecimiento a las comercializadoras.

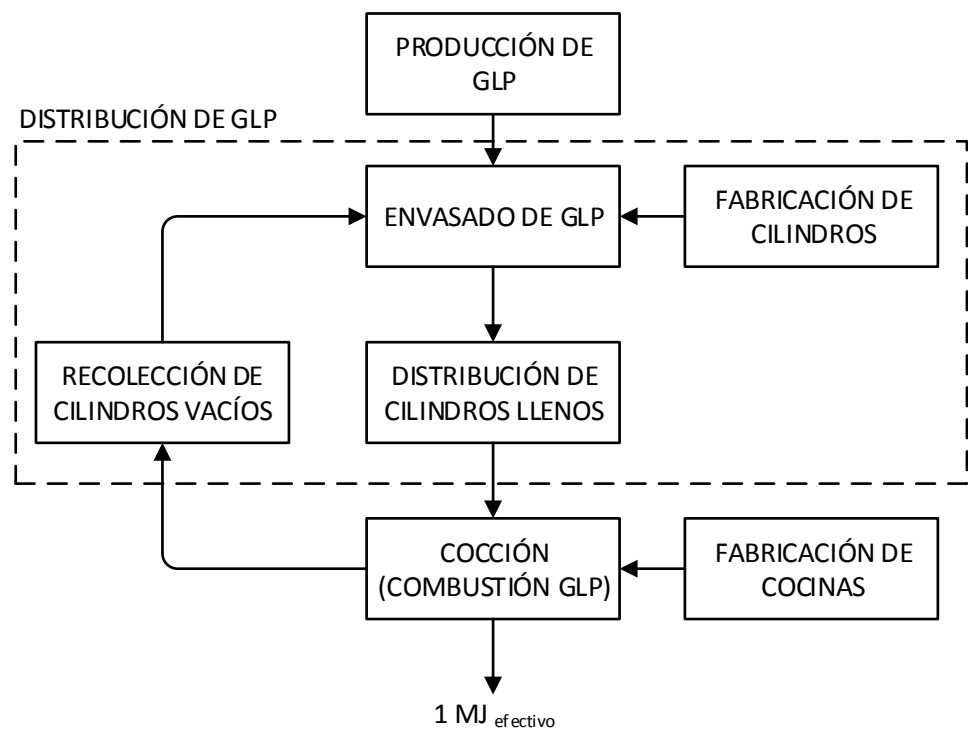


FIGURA 4.1 LÍMITES DEL SISTEMA DE COCCIÓN CON GLP

Se ha considerado como un conjunto de procesos a la Distribución de GLP, dicho conjunto está formado por las etapas de fabricación de cilindros, envasado de GLP, distribución de cilindros llenos y recolección de cilindros vacíos, como se muestra en la figura 4.1.

Dentro de la etapa de fabricación de cilindros se considera la materia prima pero el consumo de energía no es considerado. Durante el envasado de GLP se cuantifica la energía consumida y las emisiones de fugas de gas.

Para las etapas de distribución y recolección de cilindros se toma en cuenta el transporte desde la envasadora hasta el consumidor final y viceversa. En el proceso de fabricación de cocinas se incluye el uso de materias primas, pero el uso de energía no es considerado. Dentro del proceso de cocción se considera la eficiencia de la cocina y la combustión del GLP.

Escenarios de cocción con GLP

Los datos de eficiencias de cocinas y emisiones no existen para el caso particular del Ecuador, por lo tanto se han tomado las eficiencias mínimas y máximas considerando todo el rango posible de eficiencias, y las emisiones de un país desarrollado y de un país en vías de desarrollo como los casos extremos para la realización del presente estudio. Se han establecido escenarios para la cocción con GLP tanto para la alta eficiencia como para la baja eficiencia en India y Europa, tal como se muestra en la tabla 18.

TABLA 18

ESCENARIOS DE COCCIÓN CON GLP

Escenarios	Eficiencia	Emisiones
AE, EE	Alta	Europa
BE, EE	Baja	Europa
AE, EI	Alta	India
BE, EI	Baja	India

Elaboración: Autor

Cocción con Electricidad (Inducción)

La electricidad empieza su cadena de suministro en la extracción de recursos, continúa con el procesamiento de combustibles (dependiendo del tipo de recurso), luego pasa por la generación, la transmisión y la distribución hasta llegar al usuario final. Las fuentes de energía pueden ser renovables y no renovables. La extracción de recursos y su procesamiento involucra a las fuentes no renovables.

La electricidad es generada por hidroeléctricas, parques eólicos y fotovoltaicos en el caso de energías renovables, y es generada por termoeléctricas de motores de combustión interna y turbinas a vapor y gas en el caso de energías no renovables. La transmisión consiste en llevar la energía de alta tensión producida desde las plantas generadoras hasta las subestaciones eléctricas. Dentro del proceso de distribución, las subestaciones eléctricas reducen el voltaje para luego ser distribuido a los centros de consumo y al usuario final.

La figura 4.2 muestra los límites del sistema de cocción con electricidad por medio de la inducción. Se considera la electricidad a nivel de usuario como la energía eléctrica que pasa por los procesos

de obtención de recursos, construcción de plantas generadoras, generación, transformación y distribución de energía eléctrica hasta llegar al usuario final. Las entradas de materia prima y uso de energía se consideran para todos los procesos nombrados.

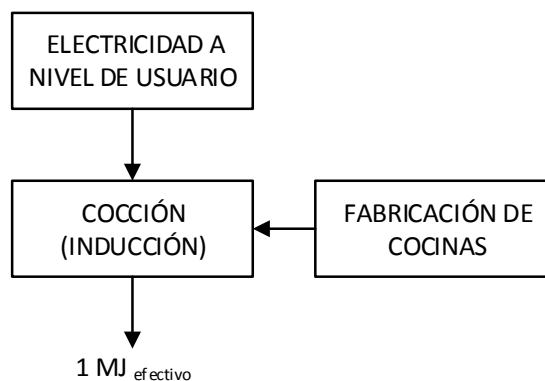


FIGURA 4.2 LÍMITES DEL SISTEMA DE COCCIÓN CON ELECTRICIDAD (INDUCCIÓN)

En el proceso de fabricación de cocinas de inducción se considera el material usado para su elaboración pero no se considera la energía consumida. Dentro del proceso de cocción por inducción se considera la eficiencia de la cocina.

Escenarios de cocción con electricidad (inducción)

El Ecuador cuenta con distintos tipos de tecnologías para generación eléctrica, la tabla 19 muestra el promedio de participación de cada tecnología en el año 2012 y la proyección del promedio de participación para el año 2018. Se conoce a estos promedios como mix 2012 y mix 2018.

TABLA 19

PARTICIPACIÓN PROMEDIO DE TECNOLOGÍAS

DE GENERACIÓN EN AÑOS 2012 Y 2018

Tecnología	2012	2018
Hidro	61,9%	84,5%
Térmico Motores con Fuel Oil	12,2%	5,5%
Térmico Vapor Fuel Oil	11,6%	5,2%
Térmico Turbinas a Gas Natural	6,2%	3,3%
Térmico Turbinas a Gas Diesel	3,2%	0,0%
Térmico, otros motores	2,1%	0,0%
Térmico, Biomasa	1,5%	0,3%
Colombia	1,2%	0,0%
Térmico Motores Diesel	0,3%	0,0%
Perú	0,0%	0,0%
Eólica	0,0%	0,2%
Solar	0,0%	1,0%

Fuente: CONELEC Plan Maestro de Electrificación

Elaboración: Autor

Se conoce también como electricidad marginal a la generada 100% por motores de combustión interna con fuel oil y que se utilizan principalmente durante picos de demanda en la actualidad. Se presume que este seguirá siendo el caso en los años por venir. Es de notar que el porcentaje de demanda hipotética de electricidad para cocción respecto a la generación total es de 53% (Tabla 17), por lo tanto es importante tomar en cuenta el efecto marginal. Se han establecido escenarios para la cocción con electricidad (inducción) tanto para la alta eficiencia como para la baja eficiencia de los mix 2012, 2018 y la electricidad marginal (Tabla 20).

TABLA 20

ESCENARIOS DE COCCIÓN POR INDUCCIÓN

Escenarios	Eficiencia	Mix
AE, E2012	Alta	Mix 2012
BE, E2012	Baja	Mix 2012
AE, E2018	Alta	Mix 2018
BE, E2018	Baja	Mix 2018
AE, EM	Alta	Marginal
BE, EM	Baja	Marginal

Elaboración: Autor

4.2.3 Requerimientos de Calidad de los Datos.

Los requerimientos de calidad de los datos son: relevancia, confiabilidad y accesibilidad. La relevancia de los datos comprende diferentes aspectos como cobertura relacionada con el tiempo, cobertura geográfica, cobertura tecnológica y representatividad de los datos. Confiabilidad tiene que ver con la precisión de los datos. Y accesibilidad involucra a la disponibilidad de los datos.

Para este estudio se obtendrán datos de varias fuentes, como bases de datos de estudios previos, paquete de datos de software, fuentes oficiales, compañías, organizaciones y literatura en general. Se procurará que estos datos cumplan con los requerimientos de calidad nombrados anteriormente para poder obtener resultados confiables. Se mostrará a continuación los datos a recopilar para la cocción con GLP y para la cocción con electricidad (inducción).

Requerimientos de calidad de datos para la cocción con GLP.

Producción de GLP

Descripción: Dentro de la producción de GLP se recopilan los datos de la extracción de crudo de petróleo y gas natural, procesamiento

de crudo y gas natural para la obtención de GLP, transporte y almacenamiento de GLP en Comercializadoras.

Fuente: base de datos de inventarios de ciclo de vida.

Cobertura temporal: definida de acuerdo a disponibilidad de base de datos.

Cobertura geográfica: definida de acuerdo a disponibilidad de base de datos.

Distribución de GLP

Descripción: Dentro de la distribución de GLP se recopilan los datos de la fabricación de cilindros para uso doméstico, envasado de GLP, transporte para entrega de cilindros llenos y recolección de cilindros vacíos.

Fuente: los datos de fabricación de cilindros se obtendrán de normas técnicas ecuatorianas. Los datos de envasado de GLP se obtendrán de estudios previos de ACV de cocción. Los datos de transporte de cilindros se obtendrán por el autor.

Cobertura geográfica: los datos del transporte se relacionan con la distancia promedio dentro de la ciudad de Guayaquil.

Fabricación de Cocinas a GLP.

Descripción: Dentro de la fabricación de cocinas se recopilan los datos de materiales usados y sus respectivos pesos.

Fuente: los datos se obtendrán por el autor y por bases de datos de inventarios.

Cobertura temporal: definida de acuerdo a disponibilidad de datos.

Cobertura geográfica: definida de acuerdo a disponibilidad de datos.

Cocción (Combustión GLP).

Descripción: Dentro de la cocción con GLP se recopilan los datos de eficiencias y emisiones al aire.

Fuente: los datos se obtendrán de estudios previos de ACV de cocción.

Cobertura temporal: definida de acuerdo a disponibilidad de datos.

Observaciones relativas a precisión, representatividad y consistencia: se considerará los datos de todo el rango de eficiencias para estas cocinas y se tomarán datos de emisiones de un país desarrollado y de un país en vías de desarrollo de tal manera que el caso de Ecuador quede incluido dentro del estudio.

Requerimientos de calidad de datos para la cocción con electricidad (inducción).

Electricidad a nivel de usuario.

Descripción: Dentro de la electricidad a nivel de usuario se recopilan los datos de la extracción de recursos, construcción de plantas generadoras, generación, transformación y distribución de energía eléctrica.

Fuente: los datos se obtendrán de la base de datos de estudios previos de ACV de electricidad.

Cobertura temporal: los datos corresponden al periodo 2012-2018

Cobertura geográfica: definida de acuerdo a disponibilidad de datos.

Cobertura tecnológica: los datos corresponden a las tecnologías de generación existentes en el Ecuador.

Fabricación de cocinas de inducción.

Descripción: Dentro de la fabricación de cocinas de inducción se recopilan los datos de materiales usados y sus respectivos pesos.

Fuente: los datos se obtendrán por el autor y por bases de datos de inventarios.

Cobertura temporal: definida de acuerdo a disponibilidad de datos.

Cobertura geográfica: definida de acuerdo a disponibilidad de datos.

Cocción con electricidad (inducción).

Descripción: Dentro de la cocción con electricidad (inducción) se recopilan los datos de eficiencias.

Fuente: los datos se obtendrán de estudios previos de ACV de cocción.

Cobertura temporal: definida de acuerdo a disponibilidad de datos.

Observaciones relativas a precisión, representatividad y consistencia: se considerarán los datos de todo el rango de eficiencias para estas cocinas de tal manera que el caso de Ecuador quede incluido dentro del estudio.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA DE COCCIÓN UTILIZANDO GAS LICUADO DE PETRÓLEO.

5.1. Descripción de los Datos de Inventario.

Producción de GLP

Para el análisis de inventario de ciclo de vida de la cocción con GLP se usará como referencia el diagrama de los límites del sistema presentado en la figura 4.1 del capítulo 4. En el diagrama del ciclo de vida del GLP, los datos de la Producción de GLP están contenidos dentro de la base de datos Ecoinvent (18), donde se incluye todos los procesos involucrados desde la extracción de recursos naturales hasta el abastecimiento a las comercializadoras. Estos procesos son: extracción, transporte, almacenamiento, refinado y abastecimiento de GLP a las comercializadoras.

Distribución de GLP

La Distribución de GLP empieza con el almacenamiento en la planta envasadora y finaliza con la entrega al consumidor final. Comprende los procesos de fabricación de cilindros, envasado de GLP, distribución de cilindros llenos y recolección de cilindros vacíos. Los datos de energía utilizada durante todo el proceso de Distribución de GLP fueron obtenidos del estudio de Jungbluth 1997 (16).

Los cilindros objeto de estudio son los que se comercializan con un contenido de 15 Kg de GLP. Las partes de un cilindro son: asa, base, cuerpo, portaválvula y válvula. Finalizado el proceso de fabricación, el cilindro tiene una masa de 15 Kg, compuesto por una válvula de bronce de 0.4 Kg y el resto de las partes por 14.6 Kg de plancha de acero de bajo carbono.

Los cilindros tienen una vida útil de 10 años y se los puede rellenar un promedio de 10 veces por año. En el proceso de envasado de GLP existen fugas de gases durante las operaciones de conexión entre tanques de almacenamiento, tuberías y cilindros. Se estima que desde la producción o la importación hasta la entrega al consumidor final las

pérdidas totales de gas son de un 0.3%. Los datos de emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metano (NMVOC) son obtenidos del estudio de Jungbluth 1997 (16). Para la entrega y recolección de cilindros se ha considerado una distancia promedio de 10 Km desde el terminal de El Salitral hasta un punto céntrico de Guayaquil.

TABLA 21
DATOS DE LA DISTRIBUCIÓN POR 1 MJ DE GLP

	Unidades	Cantidad	Fuente
Uso de Energía	Kwh	0,000558333	Jungbluth 1997
Acero	g	0,198550724	Autor
Bronce	g	0,004347826	Autor
Transporte	Kg-Km	0,65	Autor
Emisiones NMVOC	g	0,0665	Jungbluth 1997

Elaboración: Autor

Fabricación de Cocinas a GLP

La cocina de interés para este estudio es una encimera de 2 hornillas de 2 Kw de potencia cada una, lo que da una capacidad total de 4 Kw, y su masa es de 1.92 Kg. Las partes de una cocina son: cuerpo de la cocina, tuberías, válvulas o robinetes, parrilla, hornillas y perillas.

El tiempo de vida útil de una cocina a GLP es de 15 años. La información específica sobre el uso de energía para la fabricación de cocinas no se ha incluido. En la tabla 22 se enlistan los materiales de la cocina con su respectiva masa.

Para determinar los materiales usados en la fabricación de cocinas a GLP, se adquirió una cocina con las características nombradas anteriormente, luego se procedió a desarmarla y a identificar los materiales con los que estaban hechas sus partes, finalmente se pesaron las partes del mismo material en una balanza electrónica.

TABLA 22
MATERIALES DE UNA COCINA A GLP

MATERIALES	MASA (GRAMOS)
ACERO	1030
ACERO ENLOZADO	540
ACERO GALVANIZADO	220
ZAMAK	110
PLÁSTICO ABS	20
TOTAL	1920

Fuente y Elaboración: Autor

Cocción (Combustión de GLP)

En el proceso de cocción es muy importante conocer la eficiencia de la cocina y sus emisiones. Se tomará en cuenta los datos de eficiencias de la tabla 16 mostrada en el capítulo 2. En el estudio de Jungbluth 1997 (16) se presentan datos de emisiones en India y en Europa como se muestra en la tabla 23. Luego se calculan los datos de emisiones de la cocción con GLP en cocinas de alta y baja eficiencia tanto en India como en Europa (tabla 24).

TABLA 23
EMISIONES DE LA COCCIÓN CON GLP

g/MJ de GLP	Emisiones en India	Emisiones en Europa
NOx	0,042	0,026
MP	0,0001	0,0001
CO	0,504	0,025
CH4	0,0008	0
NM VOC	0,056	0,004
N2O	0,0006	0,0005
SO2	0,0044	0,001
CO2	63,6	63,6
Formaldehído	0,0001	0,0002

Fuente: Jungbluth 1997

Elaboración: Autor

TABLA 24

EMISIONES DE LA COCCIÓN CON GLP EN

COCINAS DE ALTA Y BAJA EFICIENCIA

g/MJ efectivo	Emisiones Baja Eficiencia		Emisiones Alta Eficiencia	
	India	Europa	India	Europa
NOx	0,0724	0,0448	0,0583	0,0361
MP	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001
CO	0,8690	0,0431	0,7000	0,0347
CH4	0,0014	0	0,0011	0
NM VOC	0,0966	0,0069	0,0778	0,0056
N2O	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007
SO2	0,0076	0,0017	0,0061	0,0014
CO2	109,6552	109,6552	88,3333	88,3333
Formaldehído	0,0001	0,0003	0,0001	0,0003

Elaboración: Autor

5.2. Cálculo de Flujos.

El cálculo de los flujos de la cocción con GLP se realiza a partir del diagrama de flujo de los límites del sistema (figura 4.1) y a partir de los datos recolectados en el análisis de inventario. En la tabla 25 se muestran los flujos de entrada y salida correspondientes al proceso de fabricación de una cocina a GLP. Se puede observar que para la fabricación de una cocina se necesitan materiales como el acero principalmente, el aluminio y el plástico en la cantidad descrita.

TABLA 25

ENTRADAS Y SALIDAS ASOCIADAS A LA

FABRICACIÓN DE UNA COCINA A GLP

Flujos	Unidades	Cantidad
Entradas		
Acero	g	1790
Aluminio	g	110
Plástico ABS	g	20
Salidas		
Cocina	p	1

Elaboración: Autor

En la tabla 26 se muestran los flujos de entrada y salida correspondientes al proceso de distribución de un cilindro de GLP. La cantidad de los materiales como el acero y el bronce corresponden al proceso de fabricación de un cilindro. La cantidad de energía mostrada en la tabla corresponde al proceso de envasado de GLP en un cilindro, de la misma manera las emisiones de NMVOC por fugas en las operaciones de conexión y desconexión de tuberías y cilindros corresponden al proceso de envasado de GLP en un cilindro. El transporte incluye los procesos de entrega de un cilindro con el contenido de GLP al usuario final y recolección de un cilindro vacío para luego ser transportado a la planta envasadora con el fin de reutilizarlo.

TABLA 26

ENTRADAS Y SALIDAS ASOCIADAS A LA

DISTRIBUCIÓN DE UN CILINDRO DE GLP

Flujos	Unidades	Cantidad
Entradas		
Bronce	kg	0,4
Acero	kg	14,6
Transporte	kgkm	45000
Electricidad	kwh	38,52
Salidas		
NMVOC	g	4588,5
Cilindro	p	1

Elaboración: Autor

En la tabla 27 se muestran los flujos de entrada y salida correspondientes al proceso de cocción (combustión de GLP) tomando en cuenta la unidad funcional, es decir, las entradas y salidas involucradas en el proceso para obtener 1 MJ efectivo. Se observa también que la magnitud de las entradas y salidas difieren y pueden ser comparables entre los escenarios establecidos para cocción con GLP. Como entradas al proceso de cocción se tiene la cocina, el cilindro y el GLP. Y como salidas se tienen emisiones al aire. No hay emisiones de metano para los escenarios de Europa, en cambio en los escenarios de India si se tiene emisiones de este tipo.

TABLA 27

ENTRADAS Y SALIDAS DE CADA ESCENARIO

ASOCIADAS A 1 MJ EFECTIVO DE GLP

Flujos	Unidades	AE, EE	BE, EE	AE, EI	BE, EI
Entradas					
Cocina	p	9,66E-06	9,66E-06	9,66E-06	9,66E-06
Cilindro de GLP	p	2,22E-05	2,22E-05	2,22E-05	2,22E-05
GLP	kg	0,030193	0,037481	0,030193	0,037481
Salidas					
NOx	g	0,0361	0,0448	0,0583	0,0724
MP	g	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002
CO	g	0,0347	0,0431	0,7	0,869
CH4	g	0	0	0,0011	0,0014
NM VOC	g	0,0056	0,0069	0,0778	0,0966
N2O	g	0,0007	0,0009	0,0008	0,001
SO2	g	0,0014	0,0017	0,0061	0,0076
CO2	g	88,3333	109,6552	88,3333	109,6552
Formaldehído	g	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001
Calor de Cocción	MJ efectivo	1	1	1	1

Elaboración: Autor

5.3. Fuentes de Datos Utilizadas.

Las fuentes de datos utilizadas en este estudio se muestran en las tablas 28, 29 y 30. La tabla 28 muestra las fuentes de datos que se usaron para el proceso de fabricación de cocinas a GLP. La tabla 29 muestra las fuentes de datos que se usaron para el proceso de distribución de GLP y la tabla 30 presenta las fuentes de datos que se usaron para el proceso de cocción con GLP.

TABLA 28

FUENTES DE DATOS DE LA FABRICACIÓN DE

COCINAS A GLP

FLUJO	FUENTE DE DATO
Acero	Ecoinvent, <i>Steel, low-alloyed, at plant/RER U</i>
Aluminio	Ecoinvent, <i>Aluminium, production mix, cast alloy, at plant/RER U</i>
Plástico ABS	Ecoinvent, <i>Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate (ABS), production mix, at plant RER</i>
Cocina GLP 15 años vida útil	Author

Elaboración: Autor

TABLA 29

FUENTES DE DATOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE

GLP

FLUJO	FUENTE DE DATO
Bronce	Ecoinvent, <i>Bronze, at plant/CH U</i>
Acero	Ecoinvent, <i>Steel, low-alloyed, at plant/RER U</i>
Transporte	Ecoinvent, <i>Transport, truck <10t, EURO3, 80%LF, default/GLO Economic</i>
Electricidad	Ecoinvent, <i>Electricity, at supply, 2012 average loss</i>
NMVOC	Niels Jungbluth 1997
Cilindro GLP 10 años vida útil	Author

Elaboración: Autor

TABLA 30

FUENTES DE DATOS DE LA COCCIÓN CON GLP

FLUJO	FUENTE DE DATO
GLP	Ecoinvent <i>Liquefied Petroleum Gas {RoW} market for Alloc Def, S</i>
Cocina GLP 15 años vida útil	Author
Cilindro GLP 10 años vida útil	Author
Óxidos de Nitrógeno	Niels Jungbluth 1997
Material Particulado, < 10 um	Niels Jungbluth 1997
Monóxido de Carbono	Niels Jungbluth 1997
Metano	Niels Jungbluth 1997
NMVOC, Compuestos volátiles orgánicos no metano	Niels Jungbluth 1997
Monóxido Dinitrógeno	Niels Jungbluth 1997
Dióxido de azufre	Niels Jungbluth 1997
Dióxido de Carbono, fósil	Niels Jungbluth 1997
Formaldehído	Niels Jungbluth 1997

Elaboración: Autor

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA DE COCCIÓN UTILIZANDO ELECTRICIDAD.

6.1. Descripción de los Datos de Inventario.

Electricidad a nivel de usuario

Para el análisis de inventario de ciclo de vida de la cocción con electricidad (inducción) se utilizará el diagrama de los límites del sistema presentado en la figura 4.2 del capítulo 4. La electricidad producida en el Ecuador proviene de fuentes renovables de energía convencional y no convencional, y también proviene de fuentes de energía no renovable. Entre las fuentes renovables está la hidroenergía como principal componente, la energía eólica y la solar aportan pero no de manera significativa. Por el lado de las fuentes no renovables se encuentran el fuel oil, diesel y gas natural (13).

Las plantas generadoras convierten estas fuentes de energía en energía eléctrica. El tipo de planta depende de la fuente a convertir, por ejemplo, las hidroeléctricas aprovechan la energía potencial producto de la caída del agua, en cambio las plantas termoeléctricas aprovechan el poder calorífico de los combustibles. Las plantas termoeléctricas pueden ser del tipo de motores de combustión interna, turbinas a gas natural, turbinas a gas diesel y turbinas de vapor (13).

Luego de que se genera la energía, ésta es transportada a través de líneas de alta tensión desde la planta hasta las subestaciones eléctricas ubicadas en lugares cercanos a los centros de consumo, en esta fase las subestaciones transforman la energía de alta tensión a media tensión. En la fase de distribución, la energía es transportada desde las subestaciones hasta el usuario por medio de líneas de media y baja tensión (13).

Los flujos de entrada y salida para la electricidad a nivel de usuario que incluye la extracción de recursos, la construcción de plantas generadoras, los procesos de generación, transmisión y distribución de energía, son obtenidos del estudio de “Evaluación de Ciclo de Vida de la Electricidad producida en el Ecuador”.

Fabricación de cocinas de inducción

La cocina de interés para este estudio es una encimera que tiene 2 zonas de cocción, con una capacidad total de 3.7 Kw, y una masa total de 5.92 Kg. Las partes de una cocina son: vitrocerámica, base metálica, tarjeta electrónica de control, tarjeta electrónica de potencia y bobinas.

El tiempo de vida útil de una cocina de inducción es de 10 años. La información específica sobre el uso de energía para la fabricación de cocinas no se ha incluido. Los materiales usados en la fabricación se detallan en la tabla 34 con su respectiva masa.

Para determinar los materiales usados en la fabricación de cocinas a GLP, se adquirió una cocina con las características nombradas anteriormente, luego se procedió a desarmarla y a identificar los materiales con los que estaban hechas sus partes, finalmente se pesaron las partes del mismo material en una balanza electrónica.

TABLA 31

MATERIALES DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN

MATERIALES	MASA (GRAMOS)
VITROCERÁMICA	1630
TARJETAS ELECTRÓNICAS	1130
ACERO	1190
ACERO INOXIDABLE	470
COBRE	410
CABLE	240
FERRITA	350
PLÁSTICO ABS	430
CAUCHO SINTÉTICO	70
TOTAL	5920

Fuente y Elaboración: Autor

Cocción (Inducción)

La cocción por medio de electricidad no genera directamente ningún tipo de emisiones. En el proceso de cocción es muy importante conocer la eficiencia de la cocina. Se tomará en cuenta los datos de eficiencias de la tabla 16 mostrada en el capítulo 2.

6.2. Cálculo de Flujos.

El cálculo de los flujos de la cocción con electricidad (inducción) se realiza a partir del diagrama de flujo de los límites del sistema (figura 4.2) y a partir de los datos recolectados en el análisis de inventario. En la tabla 32 se muestran los flujos de entrada y salida correspondientes al proceso de fabricación una cocina de inducción. Se puede observar que para la fabricación de una cocina se necesitan materiales como la vitrocerámica, tarjetas electrónicas, acero y cobre en mayor proporción.

TABLA 32
ENTRADAS Y SALIDAS ASOCIADAS A LA
FABRICACIÓN DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN

Flujos	Unidades	Cantidad
Entradas		
Vitrocerámica	g	1630
Tarjetas electrónicas	g	1130
Acero	g	1190
Acero Inoxidable	g	470
Cobre	g	410
Cable	g	240
Ferrita	g	350
Plástico ABS	g	430
Caucho sintético	g	70
Salidas		
Cocina de inducción	p	1

Elaboración: Autor

En la tabla 33 se muestran los flujos de entrada y salida correspondientes al proceso de cocción con electricidad (inducción) tomando en cuenta la unidad funcional, es decir, las entradas y salidas involucradas en el proceso para obtener 1 MJ efectivo. Se observa también que la magnitud de las entradas y salidas difieren y pueden ser comparables entre los escenarios establecidos para cocción con electricidad. Como entradas al proceso de cocción se tiene la cocina y la electricidad. Y como salidas, en el proceso no se tienen emisiones directas al aire.

TABLA 33
ENTRADAS Y SALIDAS DE CADA ESCENARIO
ASOCIADAS A 1 MJ EFECTIVO DE
ELECTRICIDAD

Flujos	Unid	AE, E2012	BE, E2012	AE, E2018	BE, E2018	AE, EM	BE, EM
Entradas							
Cocina	p	1,67E-5	1,67E-5	1,67E-5	1,67E-5	1,67E-5	1,67E-5
Electricidad	kwh	0,0309	0,463	0,0309	0,463	0,0309	0,463
Salidas							
Emisiones	g	0	0	0	0	0	0
Calor de Cocción	MJ efect	1	1	1	1	1	1

Elaboración: Autor

6.3. Fuentes de Datos Utilizadas.

Las fuentes de datos utilizadas en este estudio se muestran en las tablas 34 y 35. La tabla 34 muestra las fuentes de datos usadas para el proceso de fabricación de cocinas de inducción y la tabla 35 muestra las fuentes de datos usadas para el proceso de cocción con electricidad (inducción). Se ha tomado como fuente principal para este estudio las bases de datos de inventario del software Ecoinvent.

TABLA 34
FUENTES DE DATOS DE LA FABRICACIÓN DE
COCINAS DE INDUCCIÓN

FLUJO	FUENTE DE DATO
Vitrocerámica	Ecoinvent, <i>Flat glass, coated, at plant/RER U</i>
Tarjeta electrónic	Ecoinvent, <i>Electronics for control units/RER U</i>
Acero	Ecoinvent, <i>Steel, low-alloyed, at plant/RER U</i>
Acero Inoxidable	Ecoinvent, <i>Steel, electric, chromium steel 18/8, at plant/RER U</i>
Cobre	Ecoinvent, <i>Copper {GLO} market for Alloc DefS</i>
Cable	Ecoinvent, <i>Cable, unspecified {GLO} market for Alloc Def, S</i>
Ferrita	Ecoinvent, <i>Ferronickel, 25% Ni, at plant/GLO U</i>
Plástico ABS	Ecoinvent, <i>Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate (ABS), production mix, at plant RER</i>
Caucho sintético	Ecoinvent, <i>Synthetic rubber, at plant/RER U</i>
Cocina inducción 10 años vida útil	Author

Elaboración: Autor

TABLA 35
FUENTES DE DATOS DE LA COCCIÓN CON
ELECTRICIDAD (INDUCCIÓN)

FLUJO	FUENTE DE DATO
Electricidad	Ecoinvent <i>Electricity, at supply, 2012 average loss</i> <i>Electricity, at supply, 2018 (2012 average - expansion) loss</i> <i>Electricity, at supply, 2012 marginal, FO-ICE</i>
Cocina inducción 10 años vida útil	Author

Elaboración: Autor

CAPÍTULO 7

7. EVALUACIÓN DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA.

7.1. Metodología e Indicadores seleccionados.

En esta fase del ciclo de vida se describen los impactos de las cargas ambientales cuantificadas en el análisis de inventario. Para poder realizar la evaluación de impacto se deben trasladar las cargas ambientales de los resultados del inventario hacia los impactos ambientales, estos impactos pueden ser acidificación, agotamiento de la capa de ozono, eutrofización, entre otros (17).

Los métodos de caracterización son procedimientos de evaluación de impacto que se basan en métodos científicos aplicados en ciencias como química ambiental o toxicología para la descripción de los impactos ambientales. Existen métodos de caracterización diseñados por ingenieros o universidades los cuales contienen información

medioambiental de varios contaminantes y recursos, esta información es luego asociada a un indicador de caracterización. A este procedimiento de evaluación de impacto se lo llama “paquetes de métodos de caracterización desarrollados” (17).

En este estudio se ha utilizado un método de caracterización CML-IA desarrollado por el Centro de Ciencia Ambiental (CML) de la Universidad de Leiden en Países Bajos (19). En el presente estudio se han utilizado las siguientes categorías de impacto.

Agotamiento de Recursos Abióticos.

La escasez de recursos es uno de los temas más debatidos acerca de cómo se debe de realizar la evaluación del impacto. En consecuencia, una amplia variedad de métodos de evaluación de impacto se han desarrollado. Los métodos de caracterización varían en función del tipo de recurso. Los recursos se pueden dividir en recursos renovables y no renovables o en los recursos abióticos y bióticos. Recursos abióticos son aquellos considerados como recursos no vivos como el mineral de hierro, petróleo y la energía eólica; recursos bióticos son los recursos vivos, como los bosques, los animales y las plantas (17).

Existen dos categorías de impacto: el agotamiento abiótico (elementos, reservas finales) y el agotamiento abiótico (combustibles fósiles). El agotamiento abiótico (elementos, reservas finales) está relacionado con la extracción de minerales debido a las entradas en el sistema. El factor de agotamiento abiótico (ADF) está determinado para cada extracción de mineral (kg equivalentes de antimonio / kg de extracción) sobre la base de reservas de concentración y ritmo de desacumulación. Agotamiento abiótico de los combustibles fósiles está relacionado con el Poder Calorífico Inferior (PCI) expresado en MJ por kg de combustible fósil. La razón para tomar el PCI es que los combustibles fósiles se consideran totalmente sustituibles (19).

Calentamiento Global

El cambio climático puede conducir a una amplia gama de impactos en los ecosistemas y en las sociedades. Los gases de efecto invernadero tienen la capacidad para absorber la radiación infrarroja y de ese modo calentar la atmósfera. El dióxido de carbono no es el único gas que causa el cambio climático. El metano, clorofluorocarbonos, el óxido nitroso y otros gases también absorben la radiación infrarroja, y en comparación con el CO₂, estos absorben de manera más eficaz (17).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) desarrollada el modelo de caracterización para el calentamiento global y sus factores de caracterización. Los factores se expresan como Potencial de Calentamiento Global para el horizonte temporal de 100 años (GWP100), en kg de dióxido de carbono equivalente por kg de emisiones (19).

Agotamiento de la Capa de Ozono

El ozono es un contaminante en la baja atmósfera, dañino para las plantas, la salud humana y el medio ambiente, pero es una sustancia esencial en la atmósfera superior, la estratosfera, donde forma una barrera que nos protege de más de 99% de la radiación ultravioleta del sol. El agotamiento del ozono quiere decir que la capa de ozono estratosférico se reduce como resultado de las diversas sustancias cloradas y bromadas como los CFC y los halones. El aumento de la concentración de estas sustancias aumenta la tasa de destrucción del ozono durante el tiempo que permanece en la atmósfera. El modelo de caracterización es desarrollado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y define el potencial de agotamiento del ozono en diferentes gases (kg CFC-11 equivalente por kg de emisiones) (17).

Oxidación Fotoquímica

Los foto-oxidantes son contaminantes secundarios formados en la atmósfera inferior por el NO_x y los hidrocarburos en presencia de la luz solar. Estas sustancias son causantes del smog fotoquímico, causan también problemas de salud tales como irritación de las vías respiratorias y daños a la vegetación. El ozono es uno de los más importantes foto-oxidantes, otros son nitrato de peroxiacetilo, peróxido de hidrógeno y varios aldehídos. El fenómeno del smog depende crucialmente de las condiciones meteorológicas y las concentraciones de los contaminantes. El modelo ha sido desarrollado por “Jenkin & Hayman and Derwent” y define la oxidación fotoquímica expresada en kg equivalentes de etileno por kg de emisiones (17).

Acidificación

Los principales contaminantes acidificantes son SO₂, NO_x, HCL y NH₃. La lluvia ácida es sólo una forma en la que se produce la deposición ácida. La niebla, la nieve y el rocío también los atrapan formando depósitos de contaminantes atmosféricos. Por otra parte, la lluvia de partículas y aerosoles ácidos secos se convierten en ácidos cuando se disuelven en el agua superficial de los ríos, lagos y mares, causando la mortalidad de los peces (17).

El potencial de acidificación refleja la máxima acidificación que una sustancia puede provocar. Sin embargo, la acidificación real varía según el lugar donde se depositan los contaminantes acidificantes. El impacto real depende de la capacidad de amortiguación del suelo y de las aguas, las condiciones climáticas (cantidad de luz y temperatura) y tasa de cosecha. La acidificación está expresada en kg equivalentes de SO₂ por kg de emisiones. El modelo es desarrollado por Huijbregts.

Eutrofización

La eutrofización se asocia generalmente con los impactos ambientales de los niveles excesivos de nutrientes que conducen a cambios en la composición de especies y aumentan la productividad biológica, por ejemplo, la proliferación de algas. En ACV, la categoría de la eutrofización, a veces también llamado nutrificación, abarca no sólo los impactos de los nutrientes, sino también los de la contaminación orgánica degradable y a veces también el calor residual. Estos diferentes contaminantes tienen en común el consumo de oxígeno, lo que es útil para el modelado de caracterización. El potencial de eutrofización desarrollado por Heijungs está expresado en kg equivalentes de PO₄ por kg de emisiones (17).

7.2. Resultados de Caracterización para Cocción utilizando GLP.

En la tabla 36 se presentan los resultados de caracterización para la cocción utilizando GLP. Estos resultados representan los impactos al medioambiente del sistema de cocción por la combustión de GLP para los distintos escenarios establecidos en la fase de Objetivo y Alcance.

TABLA 36
RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN PARA
COCCIÓN UTILIZANDO GLP

Categoría de impacto	Unidad	AE, EE	AE, EI	BE, EE	BE, EI
Agotamiento abiótico	kg Sb eq	1,1093E-08	1,1093E-08	1,3768E-08	1,3768E-08
Calentamiento Global	kg CO2 eq	0,11127735	0,11133465	0,13786409	0,13792889
Agotamiento Capa de Ozono	kg CFC-11 eq	2,1311E-08	2,1311E-08	2,644E-08	2,644E-08
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq	1,5825E-05	3,3916E-05	1,9474E-05	4,1961E-05
Acidificación	kg SO2 eq	0,00023075	0,00024749	0,00028421	0,00030509
Eutrofización	kg PO4 eq	3,3812E-05	3,6725E-05	4,1122E-05	4,4737E-05

Elaboración: Autor

En la tabla 37 se presenta el análisis de contribución para el sistema de cocción con GLP. En este análisis se han tomado en cuenta sólo los escenarios de alta eficiencia de cocción en India y Europa. La tabla muestra que la contribución de la Producción de GLP es dominante en la mayoría de los indicadores excepto en el calentamiento global y en la oxidación fotoquímica.

La contribución al calentamiento global del proceso de cocción con GLP representa el 80% del total de kg de CO₂ equivalente emitidos por kg de emisión en todo el sistema de cocción con GLP. Esta contribución es la misma para los dos escenarios de alta eficiencia del sistema de cocción con GLP.

La contribución a la oxidación fotoquímica del proceso de cocción con GLP en el escenario de alta eficiencia en India representa el 57% del total de kg de C₂H₄ equivalente emitidos por kg de emisión en todo el sistema de cocción con GLP. Este difiere con el escenario de alta eficiencia en Europa donde las emisiones de C₂H₄ equivalente durante la cocción sólo representan el 7% del total emitido en todo el sistema de cocción con GLP. Esto puede deberse a diferencias en la combustión de GLP entre India y Europa.

TABLA 37
ANÁLISIS DE CONTRIBUCIÓN PARA COCCIÓN
UTILIZANDO GLP

Categoría de Impacto	Escenario	Producción de GLP	Fabricación Envasado y Distribución de Cilindros	Fabricación Cocina	Cocción (Combustión GLP)
Agotamiento abiótico	AE, EE	100%	0%	0%	0%
	AE, EI	100%	0%	0%	0%
Calentamiento Global	AE, EE	19%	1%	0%	80%
	AE, EI	19%	1%	0%	80%
Agotamiento Capa de Ozono	AE, EE	100%	0%	0%	0%
	AE, EI	100%	0%	0%	0%
Oxidación fotoquímica	AE, EE	89%	3%	0%	7%
	AE, EI	42%	2%	0%	57%
Acidificación	AE, EE	88%	4%	0%	9%
	AE, EI	82%	4%	0%	15%
Eutrofización	AE, EE	75%	10%	0%	14%
	AE, EI	69%	9%	0%	21%

Elaboración: Autor

7.3. Resultados de Caracterización para Cocción utilizando Electricidad en Cocinas de Inducción.

En la tabla 38 se presentan los resultados de caracterización para la cocción utilizando electricidad. Estos resultados representan los impactos al medioambiente del sistema de cocción por inducción para los distintos escenarios establecidos en la fase de Objetivo y Alcance.

TABLA 38
RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN PARA
COCCIÓN UTILIZANDO ELECTRICIDAD EN
COCINAS DE INDUCCIÓN

Categoría de impacto	Unidad	AE, E2012	BE, E2012	AE, E2018	BE, E2018	AE, EM	BE, EM
Agotamiento abiótico	kg Sb eq	2,20E-8	2,20E-8	2,20E-8	2,20E-8	2,20E-8	2,20E-8
Calentamiento Global	kg CO2 eq	1,09E-1	1,63E-1	4,34E-2	6,47E-2	2,73E-1	4,09E-1
Agotamiento Capa de Ozono	kg CFC-11 eq	1,23E-8	1,84E-8	4,89E-9	7,28E-9	3,58E-8	5,36E-8
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq	4,62E-5	6,91E-5	1,56E-5	2,32E-5	8,22E-5	1,23E-4
Acidificación	kg SO2 eq	1,46E-3	2,18E-3	4,41E-4	6,57E-4	2,89E-3	4,33E-3
Eutrofización	kg PO4 eq	1,62E-4	2,39E-4	4,78E-5	6,77E-5	3,95E-4	5,88E-4

Elaboración: Autor

En la tabla 39 se presenta el análisis de contribución para el sistema de cocción con electricidad. En este análisis se han tomado en cuenta sólo los escenarios de alta eficiencia de cocción por inducción. La tabla muestra que la contribución de la Electricidad a Nivel de Usuario es dominante en la mayoría de los indicadores excepto en el agotamiento abiótico.

La contribución al agotamiento abiótico del proceso de fabricación de cocina de inducción representa el 100%, es decir, el total de kg de Sb equivalente emitidos por kg de emisión en todo el sistema de cocción con electricidad (inducción). Esto se debe principalmente a la entrada de cobre en el proceso de fabricación. Esta contribución es la misma para los tres escenarios de alta eficiencia del sistema de cocción con electricidad (inducción).

TABLA 39

ANÁLISIS DE CONTRIBUCIÓN PARA COCCIÓN

UTILIZANDO ELECTRICIDAD EN COCINAS DE

INDUCCIÓN

	Escenario	Electricidad a Nivel de Usuario	Fabricación Cocina	Cocción (Inducción)
Agotamiento abiótico	AE, E2012	0%	100%	0%
	AE, E2018	0%	100%	0%
	AE, EM	0%	100%	0%
Calentamiento Global	AE, E2012	99%	1%	0%
	AE, E2018	98%	2%	0%
	AE, EM	100%	0%	0%
Agotamiento Capa de Ozono	AE, E2012	99%	1%	0%
	AE, E2018	98%	2%	0%
	AE, EM	100%	0%	0%
Oxidación fotoquímica	AE, E2012	99%	1%	0%
	AE, E2018	98%	2%	0%
	AE, EM	100%	0%	0%
Acidificación	AE, E2012	99%	1%	0%
	AE, E2018	98%	2%	0%
	AE, EM	100%	0%	0%
Eutrofización	AE, E2012	95%	5%	0%
	AE, E2018	84%	16%	0%
	AE, EM	98%	2%	0%

Elaboración: Autor

CAPÍTULO 8

8. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

8.1. Análisis y Comparación de los Resultados de Caracterización.

En la figura 8.1 se muestran los resultados de la categoría de agotamiento abiótico. Se muestran los resultados como porcentaje del escenario con resultado más alto. Se aprecia que todos los escenarios de cocción con electricidad tienen los valores más altos de impacto, en contraste los escenarios de cocción con GLP de alta eficiencia tienen los valores más bajos y representan la mitad del impacto de los escenarios de cocción con electricidad. El proceso de fabricación de cocinas de inducción aporta con el 100% de emisiones a los escenarios de electricidad, debido al uso de cobre en la elaboración de las bobinas y cables. Dentro de los escenarios de GLP, la producción de GLP aporta con el 100% de emisiones, debido al uso de materiales de construcción en la planta de refinación de petróleo.

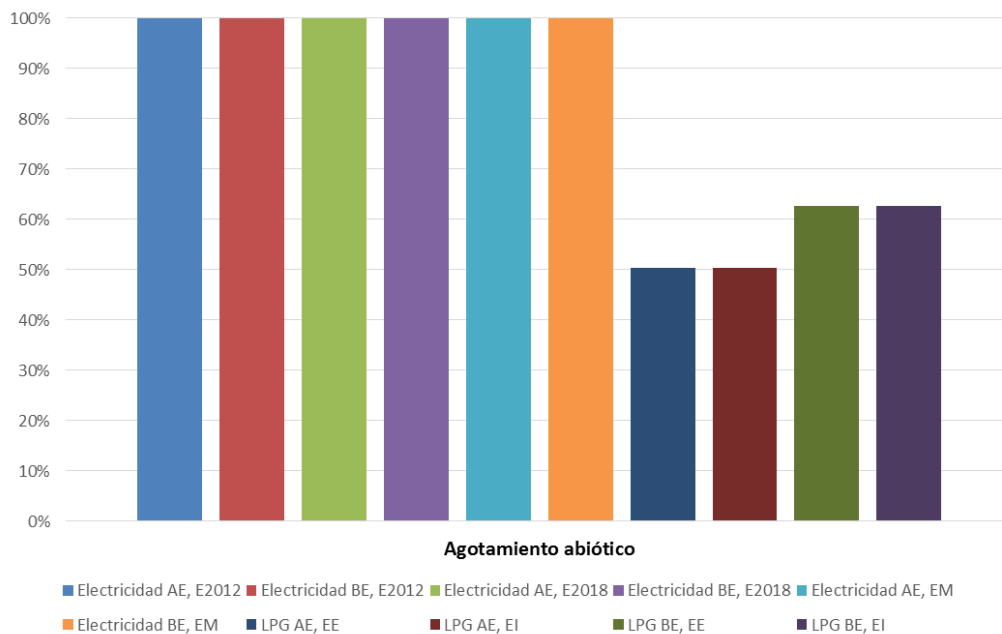


FIGURA 8.1 AGOTAMIENTO ABIÓTICO

En la figura 8.2 se muestran los resultados de la categoría de calentamiento global donde el escenario de cocción de baja eficiencia con electricidad marginal tiene los valores más altos de impacto, en contraste el escenario de electricidad de alta eficiencia mix 2018 tiene los valores más bajos. En esta categoría se puede apreciar que si bien la combustión de GLP aporta significativamente al calentamiento global dentro de los escenarios de cocción con GLP, la combustión de Fuel Oil

para generación eléctrica aporta en mayor medida dentro de los escenarios de cocción con electricidad.

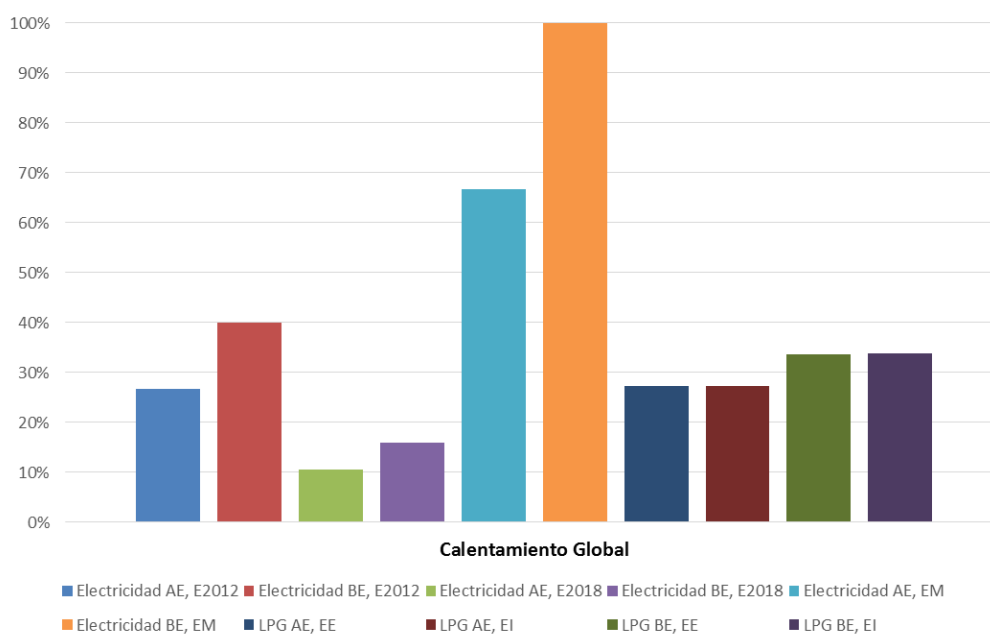


FIGURA 8.2 CALENTAMIENTO GLOBAL

En la figura 8.3 se muestran los resultados de la categoría de agotamiento de la capa de ozono donde el escenario de cocción de baja eficiencia con electricidad marginal tiene los valores más altos de impacto, en contraste el escenario de cocción de alta eficiencia con

electricidad mix 2018 tiene los valores más bajos. La electricidad a nivel de usuario aporta con el 100% de emisiones a los escenarios de cocción con electricidad, esto quiere decir que el impacto al agotamiento de la capa de ozono depende del porcentaje de las tecnologías de generación térmicas usadas para la generación. Esta dependencia es el motivo por el cual las emisiones de los escenarios de cocción con electricidad pueden ser inferiores o superiores a las emisiones de los escenarios de cocción con GLP.

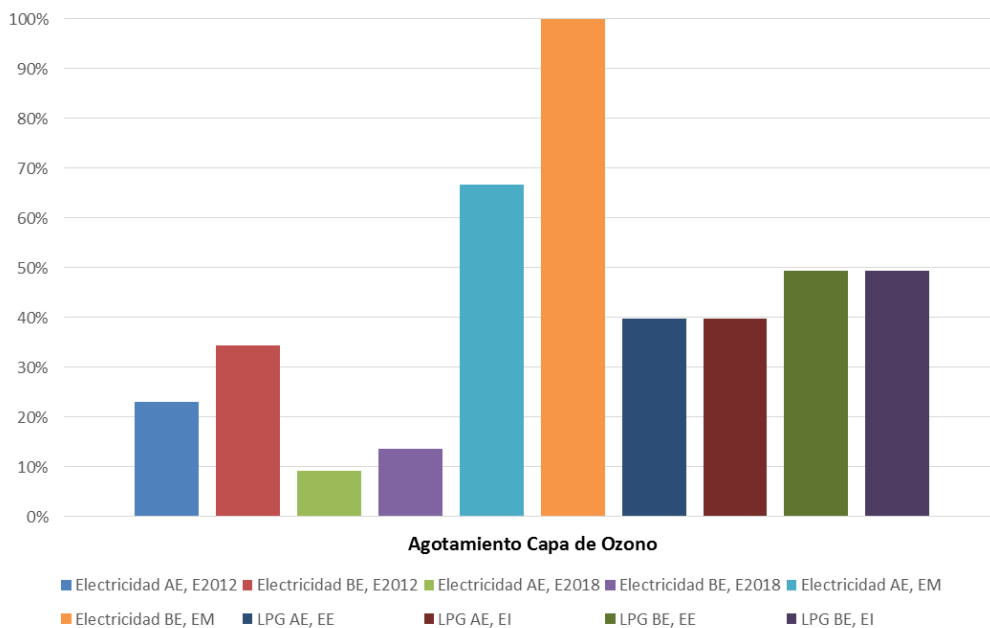


FIGURA 8.3 AGOTAMIENTO CAPA DE OZONO

En la figura 8.4 se muestran los resultados de la categoría de oxidación fotoquímica. Se aprecia una diferencia entre los escenarios de cocción con GLP de India y Europa. El motivo de esta diferencia radica en la combustión de GLP, que de alguna manera en una zona existe mayor aporte a la oxidación fotoquímica que en la otra zona. En el caso de los escenarios de cocción con electricidad el impacto depende de la matriz de tecnologías de generación usadas. Esto hace que las emisiones de los escenarios de cocción por electricidad puedan ser inferiores o superiores a las de los escenarios de cocción con GLP.

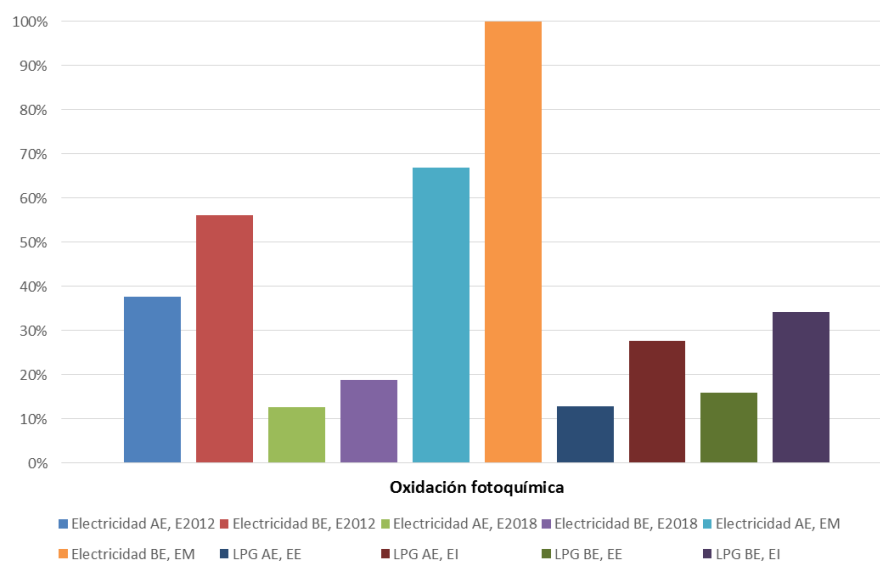


FIGURA 8.4 OXIDACIÓN FOTOQUÍMICA

En la figura 8.5 se muestran los resultados de la categoría de acidificación donde el escenario de cocción de baja eficiencia con electricidad marginal tiene los valores más altos de impacto, en cambio todos los escenarios de cocción con GLP tienen un impacto inferior al 10% que el escenario del impacto más alto. Los procesos que aportan mayormente a los escenarios de cocción con GLP y cocción con electricidad son la producción de GLP y la electricidad a nivel de usuario respectivamente. Esto quiere decir que el aporte a la acidificación del sistema de cocción con electricidad depende de los mix de generación que existen en cada escenario.

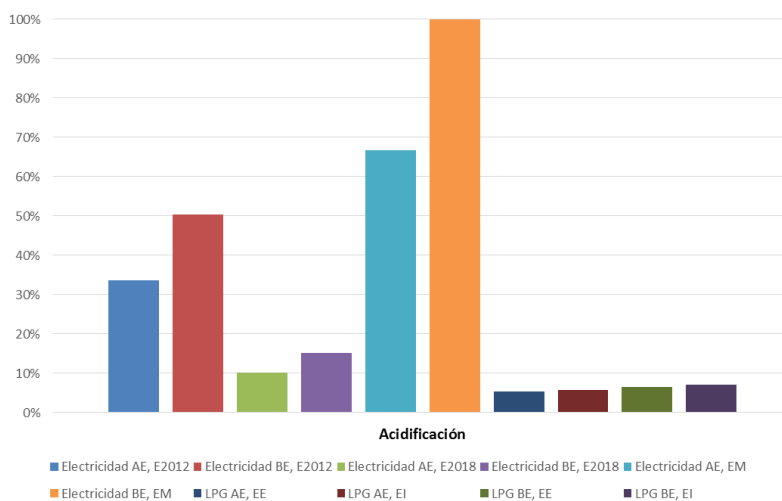


FIGURA 8.5 ACIDIFICACIÓN

En la figura 8.6 se muestran los resultados de la categoría de eutrofización donde el escenario de cocción de baja eficiencia con electricidad marginal tiene los valores más altos de impacto, en cambio todos los escenarios de cocción con GLP junto con el escenario de cocción con electricidad de alta eficiencia mix 2018 tienen un impacto inferior al 10% que el escenario del impacto más alto.

Se puede interpretar que el aporte a la eutrofización por parte de los escenarios de cocción con electricidad depende de los mix de generación de energía eléctrica, mientras exista mayor participación de generación térmica como consecuencia existirá también mayor impacto en esta categoría.

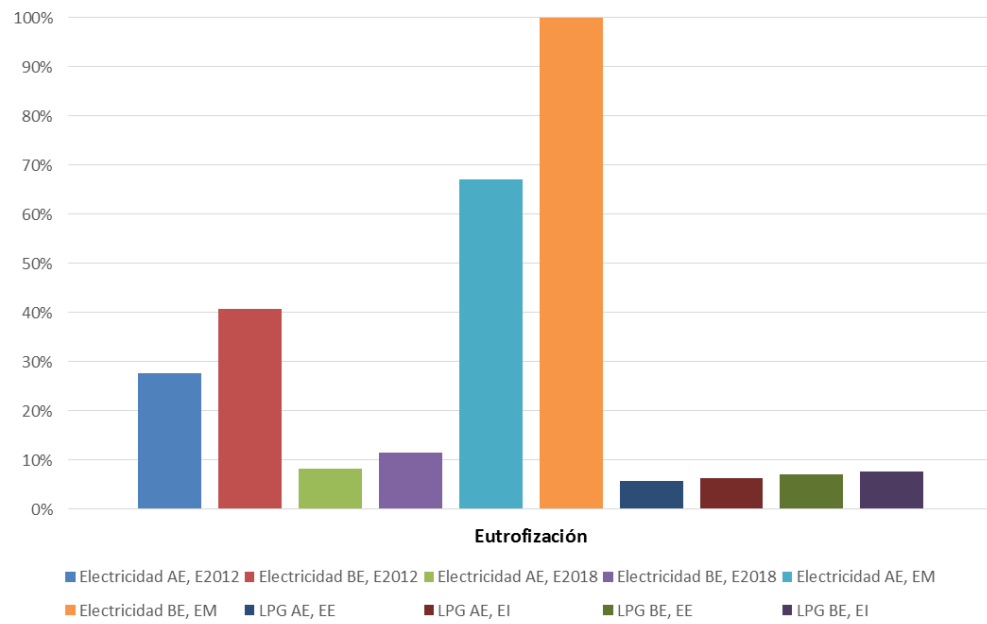


FIGURA 8.6 EUTROFIZACIÓN

8.2. Análisis de Sensibilidad.

La edad de las cocinas ha sido definida como 15 y 10 años para las cocinas de GLP y de inducción respectivamente (16). En esta sección se analiza la sensibilidad de los resultados respecto a la vida útil de las cocinas (Figura 8.7). Se han definido escenarios en los que las cocinas tienen una vida útil de 1 año, como casos extremos de baja durabilidad de la cocina. Estos escenarios son de cocción de alta eficiencia con electricidad mix 2012 (cocina 1 año) y cocción de alta eficiencia con GLP en Europa (cocina 1 año).

Estos escenarios son comparados en la figura 8.7 con los escenarios de cocción de alta eficiencia con electricidad mix 2012 (cocinas 10 años) y cocción de alta eficiencia con GLP en Europa (cocinas 15 años), que son escenarios originalmente planteados. Se puede observar que para los impactos agotamiento abiótico y eutrofización existe una sensibilidad apreciable para la vida útil de la cocina en particular para cocción utilizando electricidad. Esto se debe al uso de cobre en la fabricación de la cocina a inducción. Los impactos causados por la fabricación de la cocina se magnifican a medida que se reduce la vida útil de las cocinas.

En los escenarios de cocción con GLP se puede observar que la reducción de la vida útil de las cocinas no produce un aporte adicional importante a ninguno de los indicadores. Esto se debe a que para el sistema de cocción con GLP, la fabricación de la cocina tiene una contribución muy baja.

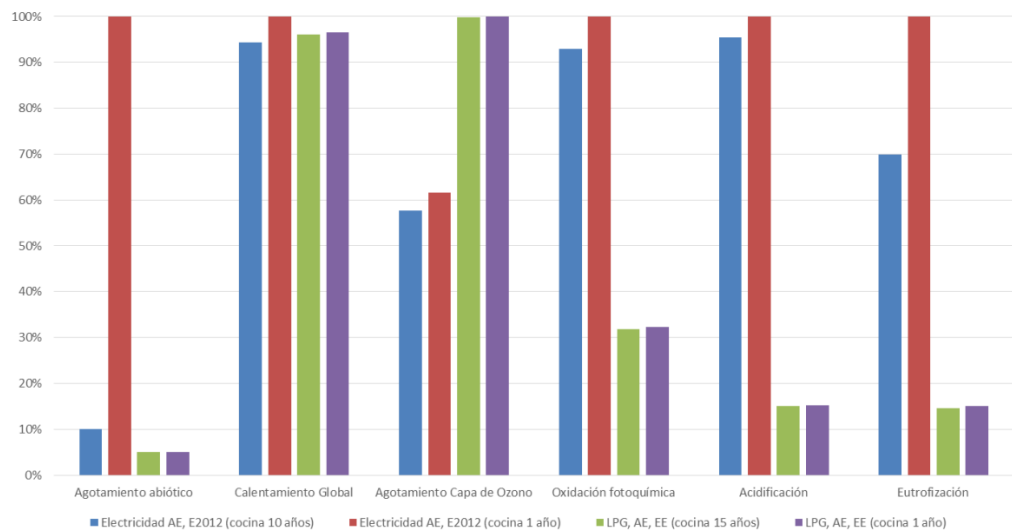


FIGURA 8.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

CAPÍTULO 9

9. CONCLUSIONES.

1. Los resultados de impacto en las categorías seleccionadas para los escenarios de cocción con electricidad dependen altamente de la matriz de recursos (y tecnologías) utilizada en la generación. El beneficio de la transición del vector GLP al vector electricidad en cocción depende de la participación en el mix de recursos renovables.
2. Para sistemas con alta participación de generación basada en combustibles fósiles (tal como el caso de generación marginal), la cocción con electricidad tiene un desempeño ambiental inferior para todas las categorías estudiadas.

3. El impacto en la categoría de Agotamiento Abiótico por parte de los escenarios del sistema de cocción con electricidad es superior a los niveles de impacto de los escenarios del sistema de cocción con GLP producto del uso de materiales como el cobre durante la fabricación de cocinas de inducción, razón por la cual el uso de GLP para cocinar se presenta favorable para esta categoría.

4. El impacto en las categorías de Acidificación y Eutrofización por parte de los escenarios del sistema de cocción con GLP es inferior a los niveles de impacto de los escenarios del sistema de cocción con electricidad. Por lo tanto, el uso de GLP para la cocción es favorable frente al uso de electricidad para cocción en dichas categorías.

5. El escenario de cocción de Alta Eficiencia con electricidad mix 2018 es el que menos impacto ocasiona en las categorías de impacto Calentamiento Global, Oxidación Fotoquímica y Agotamiento de Capa de Ozono, debido al uso de energía hidroeléctrica en mayor proporción para la generación eléctrica.

6. En el análisis de contribución del sistema de GLP se concluye que la contribución de la Producción de GLP es dominante en la mayoría de las categorías de impacto excepto en el calentamiento global, donde el proceso de cocción contribuye mayoritariamente con el 80%.

7. En el análisis de contribución del sistema de electricidad (inducción) se concluye que la contribución de la Electricidad a Nivel de Usuario es dominante en la mayoría de las categorías de impacto excepto en el agotamiento abiótico, donde el proceso de fabricación de cocinas de inducción contribuye con el 100%.

APÉNDICE

IMÁGENES DE LOS TIPOS DE COCINAS PERTENECIENTES A ESTE ESTUDIO

Cocina de Inducción	Cocina a GLP																												
																													
																													
 <table border="1"><tr><td colspan="2">PNC 949163205</td><td colspan="2">ENCIMERA ELECTRICA/ELECTRIC COOKTOP</td></tr><tr><td>Modelo</td><td>ETH3022EMB</td><td>Tensión Nominal</td><td>220-240V~</td></tr><tr><td>Alimentación</td><td>Eléctrica</td><td>Frecuencia</td><td>50/60Hz</td></tr><tr><td>Nº Quemadores</td><td>2UN</td><td>Potencia Total</td><td>3.7KW</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Nº Serie</td><td>34703419</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Peso Neto</td><td>6kg</td></tr><tr><td></td><td></td><td>País de Fabricación</td><td>China</td></tr></table>	PNC 949163205		ENCIMERA ELECTRICA/ELECTRIC COOKTOP		Modelo	ETH3022EMB	Tensión Nominal	220-240V~	Alimentación	Eléctrica	Frecuencia	50/60Hz	Nº Quemadores	2UN	Potencia Total	3.7KW			Nº Serie	34703419			Peso Neto	6kg			País de Fabricación	China	
PNC 949163205		ENCIMERA ELECTRICA/ELECTRIC COOKTOP																											
Modelo	ETH3022EMB	Tensión Nominal	220-240V~																										
Alimentación	Eléctrica	Frecuencia	50/60Hz																										
Nº Quemadores	2UN	Potencia Total	3.7KW																										
		Nº Serie	34703419																										
		Peso Neto	6kg																										
		País de Fabricación	China																										

BIBLIOGRAFÍA

1. PAZOS B. JULIO, El Sabor de la Memoria: historia de la cocina quiteña, Primera edición, Fonsal, 2008, Quito-Ecuador.
2. MELO JOHANNA, INTRIAGO DANIELA, Investigación de establecimientos tradicionales de comida en el centro histórico de Quito y elaboración de una guía gastronómica, Tesis de Grado, Universidad Internacional del Ecuador, Septiembre 2011, Quito-Ecuador.
3. GRIJALVA JUAN JOSÉ, Estudio de la tradición culinaria de Quito y propuesta gastronómica para su rescate y revalorización, Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2009, Quito-Ecuador.
4. CORDERO L. CRISTIAN, Entre el Carbón y el Gas, <http://elsentirpopular.blogspot.com/2011/12/entre-el-carbon-y-el-gas.html>
5. ENI ECUADOR S.A., Nuestra historia Eni Ecuador S.A., 2010, <http://www.eniecuador.ec/historia.html>
6. EP PETROECUADOR, El petróleo en el Ecuador: La nueva era petrolera, Primera Edición, Junio 2013.
7. CEDEÑO ZULEICA, VILLACRÉS MÉLIDA, Estimación del perjuicio al Estado causado por el subsidio otorgado al consumo del GLP en el

Ecuador y la Incidencia de su comercio irregular hacia Colombia y Perú,
Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, 2013, Quito-Ecuador.

8. ALBÁN HENRY, Comercialización de gas licuado de petróleo (GLP) en el Ecuador, Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, 2013.
9. ASOCIACIÓN EUROPEA DEL GLP, Hoja de Ruta del Sector del GLP, 2009.
10. AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO
Boletín Estadístico Hidrocarburífero, 2012.
11. ANDRADE HERRERA SILVIO IVÁN, El precio social del gas licuado de petróleo en el Ecuador, Tesis, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales – sede Ecuador, Enero 2011.
12. SENPLADES, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017.
13. CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, Plan Maestro de Electrificación 2013-2022.
14. MEER, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Eficiencia Energética Sector Residencial, <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-residencial/>

15. MEER, Programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad en sustitución del gas licuado de petróleo (GLP) en el sector residencial.
16. JUNGBLUTH NIELS, Life Cycle Assessment for Stoves and Ovens, August 1997.
17. HENRIKKE BAUMANN, ANNE-MARIE TILLMAN, The Hitch Hiker's Guide to LCA, Studentlitteratur, 2004.
18. ECOINVENT, Base de Datos, versión 3.
19. CML-IA, Centro de Ciencia Ambiental de la Universidad de Leiden Países Bajos, <http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html>