



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

MAESTRÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO:

**“METODOLOGÍA PARA ELABORAR BALANCES Y
PROSPECTIVAS ENERGÉTICAS EN ÁREAS
GEOGRÁFICAS DEL ECUADOR. CASO PRÁCTICO:
CADENA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL ÁREA DE
CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL
DEL SUR”**

*TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN ELECTROMECAÁNICA*

Autor:

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo

Director:

Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD

LOJA-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN**Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD****DIRECTOR DE TESIS****CERTIFICA:**

Que el trabajo de tesis titulado: **“METODOLOGÍA PARA ELABORAR BALANCES Y PROSPECTIVAS ENERGÉTICAS EN ÁREAS GEOGRÁFICAS DEL ECUADOR. CASO PRÁCTICO: CADENA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR”** elaborado por el aspirante ingeniero **MARCO VINICIO ROJAS MONCAYO**, ha sido dirigido, orientado y revisado en todas sus partes, lo que cumple con los requisitos de forma y de fondo, por lo que autorizo su presentación.

Loja, 30 de noviembre de 2016

**Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD.****DIRECTOR DE TESIS**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **ING. MARCO VINICIO ROJAS MONCAYO**, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo

Firma:



Cédula: 1102371182

Fecha: Loja, 30 noviembre del 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **ING. MARCO VINICIO ROJAS MONCAYO**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“METODOLOGÍA PARA ELABORAR BALANCES Y PROSPECTIVAS ENERGÉTICAS EN ÁREAS GEOGRÁFICAS DEL ECUADOR. CASO PRÁCTICO: CADENA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR”** como requisito para obtener el título de **Magister en Electromecánica**; autorizó al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que confines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintidós días del mes de septiembre del dos mil diecisiete, firma el autor.

Firma:



Autor:

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo

Cédula:

1102371182

Dirección:

Ciudadela el Bosque, calle Manaos y Jaén

Correo electrónico: marco.rojas@unl.edu.ec

Teléfonos:

2582828

Celular

0997500036

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD.

Tribunal de grado:

Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizhnay, Mg.

Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg.

Ing. Jorge Eduardo Paute Cuenca, Mg.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño y gratitud a Dios; a mi esposa e hijo, quienes con su profundo afán de lograr mi superación profesional, me apoyaron durante los años de estudio; a mi padre, hermanos, familiares políticos y a los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica.

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento al Dr. Miguel Ángel Caraballo director de la tesis, por la tutoría prolija y orientadora que me acompañó durante del desarrollo de la tesis, a los miembros del tribunal de grado, a las autoridades, docentes de la Universidad Nacional de Loja y personal administrativo. También agradezco y a todas las personas que de una u otra manera han contribuido a la realización de la presente investigación.

Ing. Marco Vinicio Rojas Moncayo

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
a. TITULO.....	1
b. RESUMEN: SUMMARY O ABSTRACT	2
b.1 RESUMEN	2
b.2 ABSTRACT	2
c. INTRODUCCIÓN.....	3
d. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
d.1 INTRODUCCIÓN.....	10
d.2 DESARROLLO DE LA ENERGÍA EN EL ECUADOR	11
d.3 METODOLOGÍA PARA ELABORAR BALANCES ENERGÉTICOS.....	19
d.3.1 Metodología de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).....	19
d.3.1.1 Definición.....	19
d.3.1.2 Objetivos fundamentales del balance energético.....	23
d.3.1.3 Estructura general del balance energético.....	23
d.3.1.3.1 Actividades de oferta.....	24
d.3.1.3.2 Actividades de transformación	30
d.3.1.3.3 Consumo final energético	45
d.3.1.3.4 Consumo final no energético.....	53
d.3.1.3.5 Consumo propio.....	54

d.3.1.3.6	Pérdidas	55
d.3.1.4	Cuentas del balance energético OLADE.....	57
d.3.2	Metodología de la Agencia Internacional de Energía (AEI)	62
d.3.2.1	Cuentas del balance energético en formato AIE	62
d.4.	METODOLOGÍA DE LA ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA PARA ELABORAR PROSPECTIVAS ENERGÉTICAS.....	66
d.4.1	Escenarios en planificación o prospectiva energética	66
d.4.2	Prospectiva	67
d.4.4	Caracterización de la prospectiva y la previsión	67
d.4.5	La incertidumbre	68
d.4.6	Los métodos, modelos y la información de escenarios para la Prospectiva	70
d.4.7	Prospectiva del balance energético.....	75
d.4.7.1	Definición	75
d.4.7.2	Alcances y limitaciones de la prospectiva de balances.....	75
d.4.7.3	Información necesaria y variables explicativas	76
d.4.7.4	Prospectiva del consumo y del abastecimiento energético.....	78
d5.	GEOANÁLISIS ELÉCTRICO DEL AREA DE CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR (EERSSA)	80
d.5.1	Situación de la Empresa Eléctrica Regional del Sur	80
d.5.1.1	Descripción histórica de la EERSSA.....	80
d.5.1.2	Área geográfica de servicio.....	81
d.5.1.3	Estructura y organización.....	81
d.5.2	Geo análisis de generación eléctrica en el área de concesión de la EERSSA.....	83
d.5.3.	Geo análisis de transmisión	85
d.5.4.	Geo análisis de distribución	86
d.5.5	Nuevos proyectos hidroeléctricos	89

d.5.6	Potencial de recursos renovables en el área de concesión de la EERSSA.....	90
d.5.6.1	Potencial solar	90
d.5.6.2	Potencial eólico	91
d.5.6.3	Potencial de biomasa.....	93
e.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	96
e.1	MATERIALES	96
e.2	MÉTODOS.....	97
e.2.1	Metodología para elaborar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador	97
e.2.1.1	Introducción	97
e.2.1.2	Fases del balance energético	99
e.2.2	Metodología para elaborar prospectivas energéticas en áreas geográficas del Ecuador.....	117
e.2.2.1	Introducción	117
e.2.2	Fases de la prospectiva energética simplificada.....	118
f.	RESULTADOS.....	140
f.1	BALANCE ENERGÉTICO DE LA CADENA DE ELECTRICIDAD.....	140
	QUE INTERACTUARA EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EERSSA.....	140
f.1.1.	FASE 1.- Análisis de cadena energética nacional de electricidad. Año 2015	140
f.1.2	FASE 2.- Activación de la cadena energética de electricidad que interactuó en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2015. 142	
f.1.3	FASE TRES.- Gestión del dato de las variables que interactuaron en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015.....	146
	Elaboración: Autor	150

f.1.4	FASE CUATRO.- Balance energético de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Año 2015	151
f.1.5	FASE CINCO.- Estadística energética	154
f.2	PROSPECTIVA SIMPLIFICADA DE LA CADENA DE ELECTRICIDAD QUE INTERACTUARÁ EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EERSSA. HORIZONTE 2020-2040	178
f.2.1	Prospectiva del escenario tendencial (BAU)	179
f.2.1.1	FASE 1.- Estudio y gestión de la demanda. Escenario BAU	179
f.2.1.1	FASE 2.- Análisis y simulación de la matriz energética. Escenario BAU.	184
f.2.1.3	FASE 3.- Estadísticas energéticas. Escenario BAU.....	185
f.2.2	Prospectiva del escenario alternativo 1	204
f.2.2.1	FASE 1.- Estudio y gestión de la demanda. Escenario alternativo 1 204	
f.2.2.2	FASE 2.- Análisis y simulación de la matriz energética. Escenario alternativo 1 208	
f.2.2.3	FASE 3.- Estadísticas energéticas. Escenario alternativo 1	209
g.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	231
h.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	238
h.1	CONCLUSIONES.....	238
h.2	RECOMENDACIONES	241
i.	BIBLIOGRAFÍA.....	242
j.	ANEXOS	244

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Signos de los datos de oferta formato OLADE	58
Tabla 2. Signos de los datos de transformación formato OLADE	58
Tabla 3. Estructura y cuentas del balance energético en formato OLADE	61
Tabla 4. Estructura y cuentas del balance energético en formato AIE	65
Tabla 5: Características de las centrales eléctricas existentes en el área de servicio de la EERSSA	84
Tala 6: subestaciones disponibles en el Área de servicio de la EERSSA.....	88
Tabla 7: Nuevos proyectos hidroeléctricos en el Área de CONCESIÓN de la EERSSA	89
Tabla 8. Matriz de desagregación de generación eléctrica según tecnologías.....	120
Tabla 9: Matriz de capacidades y costos unitarios.....	124
Tabla 10. Justificación de las variables de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. A año 2015.....	142
Tabla 11: Matriz de ruteo de las variables de la cadena de electricidad, del área de concesión de la EERSSA. Año 2015.....	147
Tabla 12: Evolución de las variables de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2016.....	150
Tabla 13: Listado del tipo de estadística energética a reportar según categoría.....	154
Tabla 14: Estudio de consumo de electricidad para el escenario BAU	180
Tabla 15: Estudio de la transformación energética para el escenario BAU	182
Tabla 16 Estudio de la oferta de electricidad para el escenario BAU	183
Tabla 17: Capacidad instalada para el horizonte de estudio 2020-2040. Escenario BAU	183
Tabla 18: proyección de la población según años de control.	184
Tabla 19: Estudio de consumo de electricidad para el escenario ALTERNATIVA 1	205
Tabla 20: Estudio de la transformación energética para el escenario ALTERNATIVA 1	206
Tabla 21: Estudio de la oferta de electricidad para el escenario ALTERNATIVA 1.....	207
Tabla 22: Capacidad instalada para el horizonte de estudio 2020-2040. Escenario ALTERNATIVA 1	208

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la oferta de energía por fuentes primarias (kBEP)	12
Figura 2: Estructura porcentual de la oferta de energía primaria en el Ecuador. Año 2015....	12
Figura 3: Evolución de la demanda de energía según sectores (kBEP).....	13
Figura 4: Estructura de la evolución de la demanda de energía según sectores	13
Figura 5: Estructura porcentual del consumo de energía según sectores para el año 2015 (kBEP).....	14
Figura 6: Evolución del consumo de energía por fuentes secundarias (kBEP)	15
Figura 7: Información operativa del SNI. Fecha 14 de agosto del 2017	16
Figura 8: Resumen operativo de despacho de electricidad al SNI. 01 de agosto del 2017	18
Figura 9: Resumen operativo de despacho de electricidad al SIN. 04 de agosto del 2017	18
Figura 10: Resumen operativo de despacho de electricidad al SIN. 08 de agosto del 2017 ...	19
Figura 11: Estructura cadena Balance Energético Nacional.....	22
Figura 12: Componentes de la separación de petróleo crudo en refinerías	33
Figura 13. Esquema de un centro de tratamiento de gas.....	34
Figura 14. Esquema de una central hidroeléctrica de embalse	36
Figura 15: Esquema de una central turbo vapor	37
Figura 16. Esquema de una central de turbo gas	37
Figura 17. Proceso de obtención del etanol	44
Figura 18. Proceso de obtención del biodiesel.....	44
Figura 19. Formulación de escenarios	69
Figura 20. Decisiones robustas	69
Figura 21: Ubicación geoespacial de las centrales renovables en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe	84
Figura 22: Sistema nacional de Transmisión. Año 2016	86
Figura 23 Disposición de redes de media tensión en el área de servicio de la EERSSA	87
Figura 24: Ubicación de nuevos proyectos hidroeléctrico en el área de CONCESIÓN de la EERSSA.....	89
Figura 25: Atlas solar del Ecuador. Insolación Global Promedio	90
Figura 26: Mapa eólico del Ecuador. Potencial factible a corto plazo	92
Figura 27: Mapa del potencial bioenergético de los residuos agropecuarios del Ecuador	94
Figura 28: Densidad de producción del cultivo de caña de azúcar de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe	95
Figura 29: Modelo para la elaboración del Balance Energético en la Zona 7 del Ecuador..	100

Figura 30: Matriz del MICSE para elaborar el Balance Energético Nacional.....	101
Figura 31: Diagrama de e-sankey del Balance Energético Nacional. Año 2015.....	102
Figura 32. Diagrama de la cadena energética de hidrocarburos del Ecuador. Año 2015	103
Figura 33. Diagrama de la cadena energética de electricidad del Ecuador. Año 2015.....	104
Figura 34 Cadenas activas del Balance Energético Nacional. Año 2015	107
Figura 35. Cadenas activas de la provincia de Loja. Año 2015.....	108
Figura 36: Formato de ficha metodológica para la gestión del dato energético	111
Figura37 : Formato de Matriz de ruteo de datos de la cadena de electricidad.....	112
Figura 38. Modelo de Matriz de ruteo del dato de la cadena de hidrocarburos.....	114
Figura 39: Modelo de Matriz de ruteo del dato de la cadena de bioenergía del Ecuador.....	114
Figura 40: Calculadora energética. Elaboración autor.....	116
Figura 41: Modelo para elaborar prospectivas simplificadas de áreas geográficas del ECUADOR.....	119
Figura 42: Diagrama funcional del SAME	128
Figura 43. Estructura de la cadena energética nacional de electricidad. Año 2015 (kBEP)..	141
Figura 44. Cadenas energéticas activas nacionales. Año 2015.....	144
Figura 45. Variables energéticas activas en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Año 2015	145
Figura 46: Balance Energético de las energías que interactúan en el área de concesión de la EERSSA. Año 2015	153
Figura 47. Evolución de la estructura y población en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015	155
Figura 48. Estructura de la población en el área de CONCESIÓN de la EERSSA 2015.....	156
Figura 49. Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante).....	156
Figura 50. Evolución del índice de suficiencia energética. Periodo 2011-2015.....	157
Figura51. Evolución del índice de renovabilidad. Periodo 2011-2015	158
Figura 52. Evolución de la Oferta de energía de energía primaria. Periodo 2011-2015	159
Figura 53. Estructura de la de energía primaria. Año 2015	159
Figura 54. Evolución de la Estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de energía eléctrica del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015	161
Figura 55. Estructura de la Oferta total de electricidad. Año 2015	161
Figura 56. Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2014-2015.....	162
Figura 57. Evolución de la importación de electricidad (compra). Periodo 2011-2015.....	163
Figura 58. Evolución de la exportación de electricidad (Ventas). Periodo 2011-2015	164

Figura 59. Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2011-2015...	164
Figura 60. Estructura de la evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Año 2015	165
Figura 61. Consumo de energía eléctrica por sector. Año 2015	165
Figura 62. Relación Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015	166
Figura 63. Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2011-2015.....	167
Figura 64. Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2011-2015	168
Figura 65. Estructura de la Capacidad instalada. Año 2015	168
Figura 66. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2015 ..	172
Figura 67. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2014..	173
Figura 68. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2013 ..	174
Figura 69. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2012 ..	175
Figura 70. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2011 ..	176
Figura 71: Estructura de la cadena de electricidad del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2015	177
Figura 72. Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040	186
Figura 73 Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2040	186
Figura 74. Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante). Periodo 2020-2040	187
Figura 75. Evolución del Índice de suficiencia energética. Periodo 2020-2040	187
Figura 76. Evolución del Índice de renovabilidad. Periodo 2020-2040	188
Figura 77. Evolución de la Oferta total de energía primaria. Periodo 2020-2040.....	188
Figura 78. Estructura de la energía de energía primaria. Año 2040	189
Figura 79. Evolución de la estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040.....	190
Figura 80. Estructura de la oferta total de electricidad. Año 2040	190
Figura 81. Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2035-2040.....	191
Figura 82 Evolución de la Importación de electricidad (compra). Periodo 2020-2040.....	191
Figura 83. Evolución de la exportación de electricidad (ventas). Periodo 2020-2040.....	192
Figura 84. Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040...	193
Figura 85. Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040.....	193
Figura 86. Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2040	194

Figura 87. Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040	195
Figura 88. Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2020-2040.....	195
Figura 89. Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2020-2040	196
Figura 90. Estructura de la capacidad instalada. Año 2040	196
Figura 91. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2040 ..	198
Figura 92. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2035 ..	199
Figura 93. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2030 ..	200
Figura 94. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2025 ..	201
Figura 95. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2020 ..	202
Figura 96: Estructura de la cadena de electricidad del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2040	203
Figura 97. Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040	210
Figura 98. Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2040	210
Figura 99. Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante). Periodo 2020-2040	211
Figura 100. Evolución del Índice de suficiencia energética. Periodo 2020-2040	211
Figura 101. Evolución del Índice de renovabilidad. Periodo 2020-2040	212
Figura 102. Evolución de la Oferta total de energía primaria. Periodo 2020-2040.....	213
Figura 103. Estructura de la energía de energía primaria. Año 2040	213
Figura 104. Evolución de la estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040.....	214
Figura 105. Evolución de la Oferta total para las Hipótesis BAU y Alternativa 1. Periodo 2020-2040.....	215
Figura 106. Evolución de la Demanda para las Hipótesis BAU y Alternativa 1. Periodo 2020-2040.....	216
Figura 107. Estructura de la oferta total de electricidad. Año 2040	216
Figura 108. Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2035-2040.....	217
Figura 109 Evolución de la Importación de electricidad (compra). Periodo 2020-2040.....	217
Figura 110. Evolución de la exportación de electricidad (ventas). Periodo 2020-2040.....	218
Figura 111. Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040.	219
Figura 112. Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040.....	219
Figura 113. Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2040	220

Figura 114. Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040	221
Figura 115. Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2020-2040.....	222
Figura 116. Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2020-2040	222
Figura 117. Estructura de la capacidad instalada. Año 2040	223
Figura 118. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2040	225
Figura 119. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2035	226
Figura 120. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2030	227
Figura 121. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2025	228
Figura 122 Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2020.	229
Figura 123 Estructura de la cadena de electricidad del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2040	230

a. TITULO

**METODOLOGÍA PARA ELABORAR BALANCES Y PROSPECTIVAS ENERGÉTICAS
EN ÁREAS GEOGRÁFICAS DEL ECUADOR. CASO PRÁCTICO: CADENA
ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EMPRESA
ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR**

b. RESUMEN: SUMMARY O ABSTRACT

b.1 RESUMEN

La presente tesis de investigación presenta propuestas metodológicas para el desarrollo de Balances y Prospectivas Energéticas simplificadas para cualquier área geográfica del Ecuador. Adicional a ello, se aplica las metodologías a un caso práctico relativo al área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA) para el horizonte de estudio 2020-2040. En lo referente a la propuesta metodológica para la elaboración de Balances Energéticos, se propone el desarrollo de la metodología en 5 facetas denominadas: Cadenas energéticas, cadenas activas, gestión del dato, balances energéticos y estadísticas energéticas. En cuanto a la metodología para realizar Prospectivas Energéticas simplificadas, se propone su desarrollo en 3 fases: Estudio y gestión de la demanda, Simulación y análisis de la matriz energética y Estadísticas energéticas.

b.2 ABSTRACT

The present research thesis presents methodological proposals for the development of Energy Balances and simplified Prospects for any geographical area of Ecuador. In addition, methodologies are applied to a practical case related to the concession area of the Southern Regional Electricity Company (EERSSA) for the study horizon 2020-2040. With regard to the methodological proposal for the elaboration of Energy Balances, it is proposed the development of the methodology in five faces denominated: Energy chains, active chains, data management, energy balances and energy statistics. As for the methodology to realize simplified Energy Prospectives, its development is proposed in 3 phases: Study and demand management, Simulation and analysis of the energy matrix and Energy statistics.

c. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

A partir de ello el gobierno militar del general Guillermo Rodríguez Lara dio inicio a la explotación petrolera en 1972, se produce paulatinamente un cambio en la estructura productiva del país y una dinamización de la economía nacional, se adoptó un modelo extractivista con alta inseguridad debido a la variación de los precios del petróleo y dependencia de un recurso no renovable cuyas reservas tendrán un fin en la mitad del presente siglo.

Ante ello, los gobiernos nacionales emprendieron en proceso de transformación de la estructura económica del país, basado en la diversificación de la matriz productiva, coherente con la visión de desarrollo sustentable e inclusión social.

El sector energético, considerado como estratégico en la Constitución del Ecuador, es la “energía” que mueve el sistema productivo. El establecimiento de nuevas industrias depende de la energía, capacidad humana y capital financiero. Para alcanzar la transformación de la matriz productiva resulta imperante un proceso de cambio y diversificación de la matriz energética hacia un sistema sustentable, mediante la diversificación en generación con recursos renovables, así como en los usos eficientes de energía. (INER, 2014).

El Ecuador es, actualmente, autosuficiente en términos totales de energía, lo que le permite exportar sus excedentes energéticos. Sin embargo, el país es también importador de energía secundaria, principalmente de diesel, gasolina, naftas y gas licuado de petróleo. Esto se refleja en un índice decreciente de suficiencia de energía secundaria, lo que significa que cada año el país importa una mayor cantidad de derivados de petróleo para suplir su demanda.

Con el fin de asegurar la sostenibilidad energética del Ecuador para el 2040, el Ex Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE) elaboró la Agenda Nacional de Energía (ANE). La Agenda Nacional de Energía es un documento de política pública que servirá como base fundamental para desarrollar y aplicar una estrategia energética a corto, mediano y largo plazo. El documento estratégico contiene los objetivos, lineamientos y acciones que se debe cumplir para alcanzar un desarrollo energético sostenible.

De acuerdo con el MICSE, para dar sostenibilidad a este proceso, el Ecuador apunta a la **planificación energética** como acción inminente, para contar con un sistema de energía soberano, que sea responsable con las futuras generaciones y permita aumentar las fuentes primarias de energía, de forma adecuada y desde un aprovechamiento responsable, científico y técnico de los recursos naturales; además de mejorar las estructuras de consumo apuntando

a la eficiencia como medida primordial. Estos instrumentos definirán las líneas estratégicas para el desarrollo y aplicación de políticas para el sector a corto, mediano y largo plazo, en el marco y articulación de los planes y programas nacionales, para alcanzar así un desarrollo integral, sostenido y sustentable (MINISTERIO COORDINADOR DE SECTORES ESTRATEGICOS, 2015).

Frente al balance energético del 2015 y a la proyección de reservas de crudo, el gobierno ha identificado como prioritarios la producción y el uso de energías de fuentes renovables. Por la significativa presencia de biomasa, las grandes reservas de agua dulce, el potencial fotovoltaico y eólico, el Ecuador tiene posibilidades de desarrollar una matriz energética basada en fuentes de energía limpias.

En cuanto a la política pública Zonal, se ha realizado un esfuerzo importante al cambio de la matriz energética. El consumo de energía eléctrica de la Zona 7-Sur en el 2014, fue 1017 GWh/año, lo que representa el 7,6% del consumo intersectorial nacional. La producción de energía eléctrica neta para el mismo año fue de 1700 GWh, obtenidos de los proyectos; Termoeléctrica Catamayo (8.2 GWh), Termogas Machala I (824.2 GWh), Termogas Machala II (773.3 GWh), hidroeléctrica Carlos Mora (18.2 GWh) y Eólico Villonaco (75.8 GWh). El índice de suficiencia en electricidad fue de 1.67 lo que demuestra una autarquía eléctrica. Por otro lado, en la actualidad existen en la Zona 7 otros proyectos en proceso de construcción: En la provincia de Zamora Chinchipe el proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua con 180 MW de potencia generará 1411 GWh, en la provincia El Oro el proyecto hidroeléctrico Minas-San Francisco con una potencia de 270 MW generará 1290 GWh y en la provincia de Loja el proyecto Chorrillos con 4 MW generará 28 GWh; de manera general, con la ejecución de dichos proyectos, se incrementaría la producción de energía eléctrica a 4428 a GWh. Además de lo señalado, la Zona 7 posee 33 proyectos en inventario, siete proyectos en estudios de prefactibilidad, dos proyectos en estudios de factibilidad y tres anteproyectos.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación permitirá definir una metodología para realizar balances energéticos de áreas geográficas del Ecuador, así como prospectivas energéticas. Además, aportará para la formulación de un programa de investigación que propicie la participación de la Universidad Nacional de Loja en proyectos interdisciplinarios de energía y eficiencia energética con ministerios del ramo, redes nacionales o internacionales de investigación, gobiernos locales, organismos internacionales y sectores sociales.

Los beneficiarios del proyecto serían:

- ✓ El Ministerio del ramo, al contar con metodologías validadas que permita realizar los balances y prospectivas energéticas en áreas geográficas del Ecuador.
- ✓ Empresa Eléctrica Regional del Sur (ERRSSA)
- ✓ Los gobiernos locales
- ✓ Centros de investigación, porque dispondrían de información base para elaborar sus programas y proyectos de investigación en el campo de la planificación energética.
- ✓ Universidades de la Zona 7-Sur, porque pueden incorporar los resultados de la investigación al currículo de carreras afines

Los resultados de la investigación permitirán conocer el comportamiento y la relación de las variables energéticas del área de concesión de la EERSSA durante el periodo 2011-2015.

La investigación permitirá validar la metodología de “Balances y Prospectivas Energéticas” elaborado por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). La misma metodología se podría aplicar en proyectos de investigación y la academia.

PROBLEMÁTICA

En la actualidad, el 80% de la oferta de energía que mueven al mundo provienen del petróleo y para el caso de Ecuador, durante el año 2014, fue del 88% (MICSE, 2015). Por otro lado, de acuerdo a estudios de prospectiva energética realizados por la Agencia Internacional de Energía (IEA), hasta el año 2040, las economías de los países que conforma el OCDE no incrementarán la demanda de energía, en tanto que los países emergentes (Brasil, India, China), en especial China, incrementaran sustancialmente la demanda de energía. Este panorama energético se desarrollará en un escenario donde las reservas probadas de petróleo se agotan, los precios del petróleo continuarán con precios bajos, los países petroleros intentarán mantener o aumentar la producción anual para satisfacer sus economías, en tanto que el impacto ambiental del petróleo aumentará el calentamiento global debido al efecto invernadero. Ante lo expuesto es necesario reflexionar si existe una alternativa energética que pueda cambiar el futuro desolador que se avizora y si son las energías renovables las que pueden garantizar una sostenibilidad energética y ambiental.

El beneficio práctico de mantener vigentes los dos tipos de energía (renovables y no renovables) se basa en la estabilidad de la oferta energética destinada a cubrir la demanda de energía de los diferentes sectores económicos del país: transporte, industria, residencial, comercial, agricultura, pesca, minería, construcción y otros.

Las premisas de los responsables del suministro de energía es que se atienda la demanda con seguridad, calidad, confiabilidad y economía. El asegurar esas condiciones implica que

se desarrollen procesos adecuados de planificación energética asegurando las inversiones necesarias, aparejadas a las previsiones de crecimiento de la demanda. El Ecuador, como el resto de Latinoamérica, posee una matriz energética con gran dependencia de los derivados de petróleo, tanto para la generación de energía eléctrica como para satisfacer la demanda de combustibles del sector transporte y para las diferentes aplicaciones industriales.

El país enfrenta grandes retos relacionados con la expansión de la capacidad de generación eléctrica, el abastecimiento de los hidrocarburos importados y la sostenibilidad económica, social y ambiental sobre la base de una sostenibilidad energética, lo cual implica asegurar un abastecimiento oportuno y a costo razonable. El cambio de la matriz energética que asegure mejores índices energéticos, requiere de una **planificación energética**, la misma que se sustenta en el **balance energético del país** y los **estudios de prospectiva energética** (OLADE, 2016)

La planificación energética también es pertinente para el desarrollo sostenible de las zonas, provincias o ciudades a lo interno de los países. Para el caso de nuestro país, el Programa de Gobierno, apuesta por la transformación productiva bajo un modelo ecoeficiente con mayor valor económico, social y ambiental. En este sentido, se plantean como prioridades la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias, la aplicación de la eficiencia energética y una mayor participación de energías renovables, así como la prevención, el control y la mitigación de la contaminación y la producción, el consumo y el posconsumo sustentables (SENPLADES, 2013)

La Constitución establece la construcción de un “sistema económico justo, democrático, productivo, solidario y sostenible, basado en la distribución igualitaria de los beneficios del desarrollo” (art. 276), en el que los elementos de transformación productiva se orienten a incentivar la producción nacional, la productividad y competitividad sistémicas, la acumulación del conocimiento, la inserción estratégica en la economía mundial y la producción complementaria en la integración regional; a asegurar la soberanía alimentaria; a incorporar valor agregado con eficiencia y dentro de los límites biofísicos de la naturaleza; a lograr un desarrollo equilibrado e integrado de los territorios; a propiciar el intercambio justo en mercados y el acceso a recursos productivos; y a evitar la dependencia de importaciones de alimentos (art. 284).

El Ecuador tiene la oportunidad histórica para ejercer soberanamente la gestión económica, industrial y científica, de sus sectores estratégicos”. Al hacerlo, es posible generar riqueza y elevar, en forma general, el nivel de vida de la población. (SENPLADES, 2013)

Se han catalogado como sectores estratégicos a los que comprometen el uso de recursos naturales no renovables, como hidrocarburos y minería, y recursos naturales renovables como agua, biodiversidad y patrimonio genético. Además, han sido catalogados como estratégicos, la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico. En la Constitución se afirma que “el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia” (art. 313). (ASAMBLEA CONSTITUYENTE, 2008)

No obstante, la gestión soberana de los recursos no renovables en Ecuador debe tener en cuenta algunos elementos tales como la relación reserva/producción de petróleo; una política de certificación de nuevas reservas, basada en estudios; evaluación del impacto ambiental de la actividad extractiva que determine el impacto real en los ecosistemas; disminución drástica del impacto ambiental de la minería a través de innovación tecnológica, la normalización de las técnicas extractivas y toma de decisiones a partir de los intereses locales y nacionales; implementación de políticas de transformación e industrialización de los recursos naturales sobre la base de la apropiación científica y tecnológica, la innovación y alianzas estratégicas regionales y globales; disponibilidad de información consistente, robusta y confiable sobre reservas, producción y potencialidades del patrimonio natural nacional; desarrollo de un sistema nacional de contabilidad ambiental y económica basada en el análisis prospectivo

Como aporte a la transformación de la matriz productiva nacional, el Gobierno central impulsa proyectos nacionales estratégicos, entre ellos: proyectos hidrocarburíferos Pañacocha y Pungarayacu; proyectos mineros Mirador, Fruta del Norte, San Carlos-Panantza, Río Blanco y Loma Larga; proyectos multipropósito Chone, Dauvin, Bulubulu y Baba; y proyectos de generación eléctrica Coca-Codo Sinclair, Toachi-Pilatón, Minas San Francisco, Sopladora, Manduriacu, Quijos, Mazar-Dudas, Termoeléctrica Esmeraldas II y Termo Gas Machala, entre los principales.

En lo referente a la zona 7 del Ecuador (Loja, EL Oro y Zamora), es necesario señalar que el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) contempla de forma sistémica e integral al territorio. Concomitante a ello, la Estrategia Territorial Nacional (ETN) es un instrumento de ordenamiento territorial de carácter nacional que contiene lineamientos para el corto, mediano y largo plazo. Por su parte, las Agendas Zonales (AZ) son instrumentos para la coordinación de la acción pública en el territorio que contiene una aproximación a cada uno de los territorios y, a la vez, proveen lineamientos para la territorialización de la acción pública en función de las prioridades nacionales definidas en PNBV. En este contexto, la

nueva Matriz Productiva, que es una de las apuestas más importantes del PNBV, tiene una relación simbiótica con la ETN y por ende con las Agendas Zonales.

La Zona 7 integrada por las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe, presenta un débil tejido empresarial y escasos niveles de emprendimiento, lo que ha configurado una industria con desarrollo incipiente y un endeble sector de servicios (fundamentalmente comercio) que no incorporan valor agregado

Ante lo expuesto es necesario resaltar que la planificación energética de cualquier país o área geográfica, requiere como insumos importantes el balance energético y la prospectiva energética. A nivel nacional se cuenta con el balance energético (año base 2015) y desde octubre del 2016 con la Agenda Nacional de Energía 2016-2040 y por tanto con las políticas que servirán para la construcción de escenarios para elaborar prospectivas energéticas. El problema es que a nivel zonal o área geográfica, no se cuenta con una metodología validada que permita determinar el balance y la prospectiva energética con fines de planificación energética.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué metodología permite elaborar balances y prospectivas energéticas de áreas geográficas del Ecuador?

OBJETO DE INVESTIGACIÓN

Metodologías de la OLADE para elaborar balances y prospectivas energéticas

CAMPO DE ACCIÓN

Cadena energética eléctrica del área de concesión de la EERSSA

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología que permita elaborar balances y prospectivas energéticas en áreas geográficas del Ecuador

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar una metodología confiable que permita elaborar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador
- ✓ Determinar una metodología simplificada que permita orientar prospectivas energéticas de áreas geográficas del Ecuador
- ✓ Aplicar las metodologías propuestas a la cadena energética eléctrica del área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional del Sur

HIPÓTESIS

GENERAL

El análisis de metodologías apropiadas para realizar balances y prospectivas energéticas, posibilitará definir una metodología que permita elaborar balances y prospectivas energéticas aplicables a áreas geográficas del Ecuador.

ESPECÍFICAS

- El análisis de la metodología de la OLADE para realizar balances energéticos, permitirá definir una metodología confiable para realizar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador.
- El análisis de la metodología de la OLADE para realizar prospectivas energéticas, permitirá definir una metodología simplificada para realizar prospectivas energéticas de áreas geográficas del Ecuador
- La aplicación de la metodología propuesta permitirá elaborar el balance y la prospectiva energética simplificada para la cadena energética eléctrica del área de concesión de la EERSSA

VARIABLES

Endógenas: Flujos de energía de las cadenas energéticas del Ecuador según fuentes primarias o secundarias y actividades de oferta, transformación y consumo

Exógenas: Población

d. REVISIÓN DE LITERATURA

d.1 INTRODUCCIÓN

En términos generales, toda información estadística debería satisfacer las necesidades de los usuarios, reflejar la realidad con precisión y fiabilidad, ser difundida puntualmente de forma adecuada, ser coherente a lo largo del tiempo y comparable entre regiones y Estados, ser presentada de forma clara y comprensible, estar disponible y permitir el acceso de forma imparcial con metadatos y orientación de apoyo (Comisión de las Comunidades Europeas, 2005).

En el caso de las estadísticas energéticas, desde siempre se considera fundamental la disponibilidad de información contrastable que permita realizar un análisis correcto de la realidad energética. El incremento en la demanda hace que haya una preocupación creciente sobre las pautas de producción y consumo, sobre la necesidad de avanzar hacia un sistema energético sustentable que minimice el impacto de los combustibles fósiles en el medio ambiente, por lo que la disponibilidad de información es de una importancia capital.

Existen multitud de agencias a nivel internacional y de organismos públicos y privados en los distintos Estados que producen regularmente estadísticas energéticas.

Sin embargo, estas estadísticas presentan diversos problemas que aún hoy siguen sin resolverse y que dificultan la posibilidad de contrastar la información existente: los principales problemas se detallan a continuación:

- Discrepancias en la información procedente de distintas fuentes sobre la oferta y la demanda de energía y las demás variables energéticas de interés.
- Información potencialmente inexacta en los informes entregados por las entidades energéticas.
- Información inadecuada e insuficiente sobre fuentes estadísticas utilizadas, definiciones, etc., que acompaña a los datos publicados y que dificulta su interpretación.

Ante esta situación persistente en el tiempo, la Comisión Estadística de las Naciones Unidas ha considerado importante esta temática después de la crisis energética mundial de principios de los años setenta, resaltando la necesidad de prestar una especial atención a las estadísticas energéticas y abriendo un debate a este respecto. Así, la Secretaría General de las Naciones Unidas preparó y envió un informe en el año 1976 a la Comisión en el que se proponía un sistema integrado de estadísticas energéticas, lo que hizo que se diera al tema una prioridad alta en el programa de trabajo de la Comisión. También acordaron emplear el **Balance Energético** (BE) como un instrumento clave en la coordinación del trabajo de

estadísticas energéticas y la provisión de información para entender y analizar el funcionamiento de la energía y sus relaciones con la economía. Además, la Comisión también recomendó la preparación de una clasificación internacional de energía con el fin de disponer de una base para el desarrollo de la armonización de las estadísticas energéticas a nivel internacional.

d.2 DESARROLLO DE LA ENERGÍA EN EL ECUADOR

El Ecuador se constituyó en país petrolero a partir del año 1972, cuando la oferta total de energía superó la demanda total y por tanto se logró la autarquía energética. Las fuentes de energía primaria que han formado parte de la oferta son: petróleo, gas natural, hidroenergía, leña, productos de caña y otras energías (solar, eólica y biogás). Las centrales solares funcionan a partir del año 2005, las eólicas a partir del año 2010 y las de biogás a partir del año 2016.

El petróleo, gas natural y productos de caña, tienen demanda energética en actividades de transformación y consumo. La leña solo tiene demanda de consumo, en tanto que la hidroenergía y otras primarias tiene demanda de transformación. La demanda de transformación se da en diferentes centros del país como refinerías, centros de gas, destilerías, centrales hidroeléctricas, solares y eólicas para producir energías secundarias. La energía secundaria la usan los sectores de consumo: transporte, industria, residencial, comercial, agro, pesca, minería, construcción y otros.

La Figura 1 presenta la evolución de la oferta de energía primaria en el Ecuador desde el año 1970 hasta el año 2014, medida en miles de barriles equivalentes de petróleo (kBEP).

A partir del año 1972 la demanda de energía (línea en color rojo) ha sido satisfecha a través de fuentes primarias y secundarias. Asimismo se observa que a partir del año 1972 el Ecuador posee un excedente de petróleo (área en color azul), que lo ha posicionado como país exportador de este recurso energético primario.

El año 1987 se produjo un terremoto en el Oriente Ecuatoriano destruyendo 25 kilómetros del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), lo que obligó al gobierno del Ecuador a solicitar el uso del oleoducto colombiano para suplir la necesidad de transporte de crudo. En ese año se redujo la producción de petróleo en un 40%.

En septiembre del 2003 se inauguró el oleoducto para crudo pesado (OCP) permitiendo aumentar la producción de petróleo a 400 mil barriles diarios, lo que constituyó un aumento del 25%.

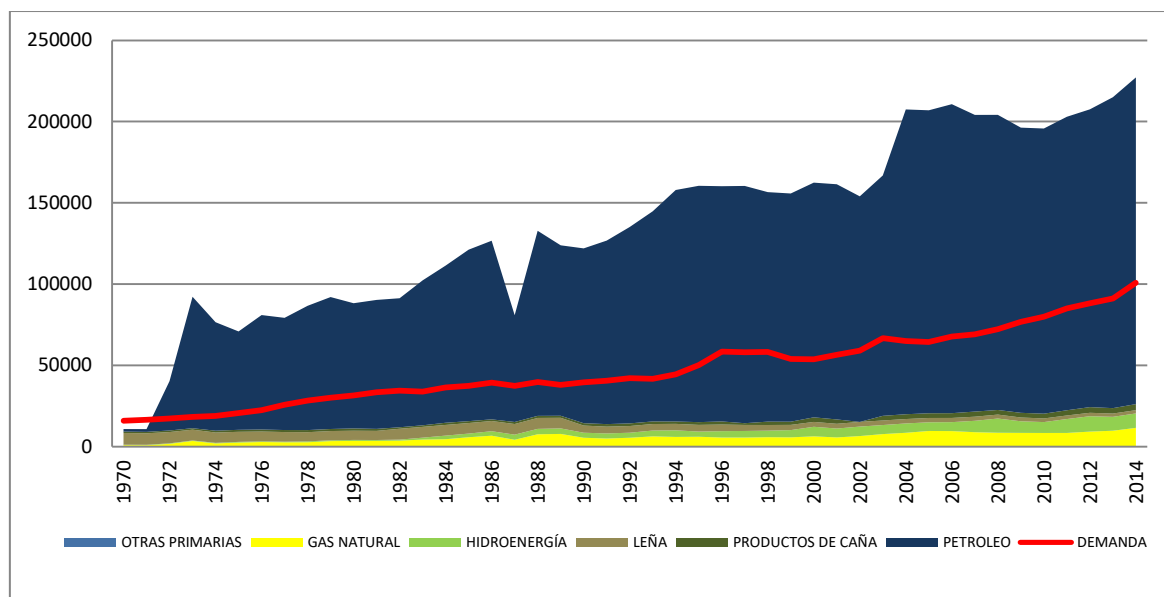


Figura 1: Evolución de la oferta de energía por fuentes primarias (kBEP)

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Informe Balance Energético 2014.

Elaboración: Autor

En Figura 2 se muestra la estructura porcentual de la oferta de energía primaria del Ecuador para el año 2015, cuya producción fue de 225 millones de BEP. Se observa que el petróleo constituyó el 88% de la oferta de energía primaria (carga a refinería y exportación), le siguen en orden de importancia el gas natural con un 4.4%, la hidroenergía con un 4.5%, la leña con un 0.83% y los productos de caña con 1.9%; las otras energías primarias representaron el 0,04%. Del total de petróleo, un 24% se usó para producir derivados en las refinerías nacionales y el 66% restante se exportó.

Mayoritariamente, los diferentes sectores económicos del Ecuador utilizan electricidad, gas licuado de petróleo, gasolinas, kerosene/jet fuel, diesel oil, fuel oil, gases, crudo reducido y no energéticos. Por otro lado, a excepción del crudo reducido, gases y no energéticos, todas las demás energías secundarias además de producirse en el país, se importan para la satisfacer la demanda interna.

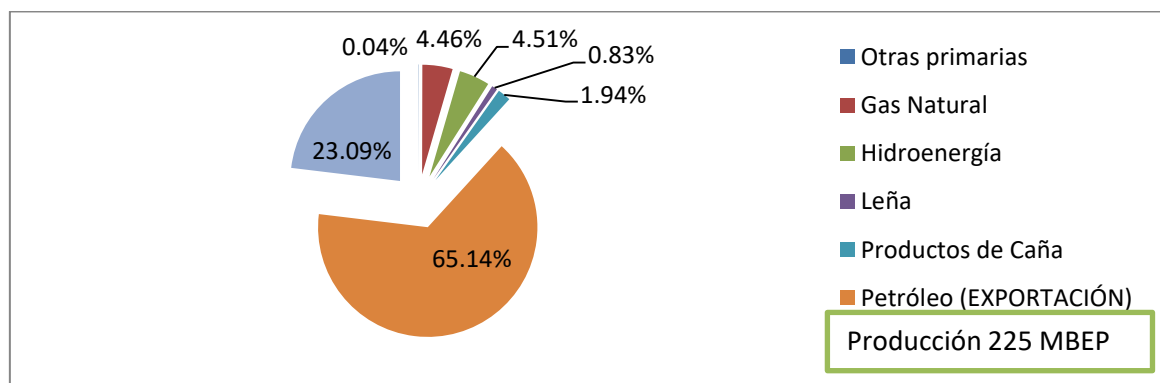


Figura 2: Estructura porcentual de la oferta de energía primaria en el Ecuador. Año 2015

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Informe Balance Energético 2015.

Elaboración: Autor

En la figura 3 se muestra la evolución de la demanda total de energía, misma que de acuerdo al informe del MICSE del 2015, aumentó en 28 millones BEP durante el periodo 2005-2015, lo cual representa un incremento del 32%. Adicional a ello, durante el año 2015 hubo un decremento del consumo de energía en los sectores industrial, construcción y consumos propios.

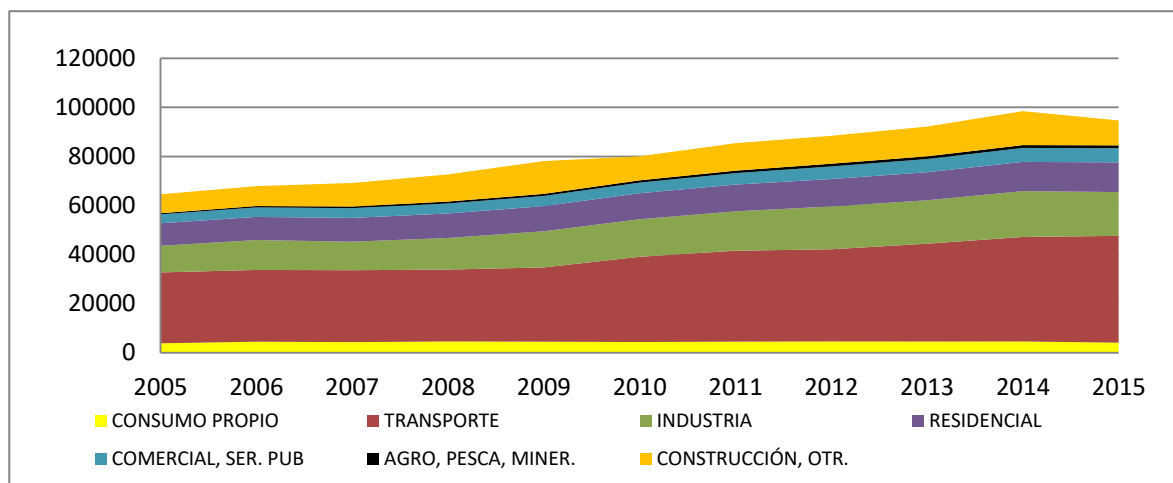


Figura3 : Evolución de la demanda de energía según sectores (kBEP)

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Informe Balance Energético 2015.

Elaboración: Autor

La figura 4 presenta la evolución de la estructura de demanda sectorial de energía del Ecuador para el periodo 2005-2015. Se observa que históricamente, el sector de transporte ha sido el mayor demandante de energía, con una participación no menor al 40%. El siguiente sector con mayor demanda energética fue la industria, con un participación alrededor del 20%. Finalmente, el tercer sector con mayor demanda de energía fue el residencial (MICSE.2015)

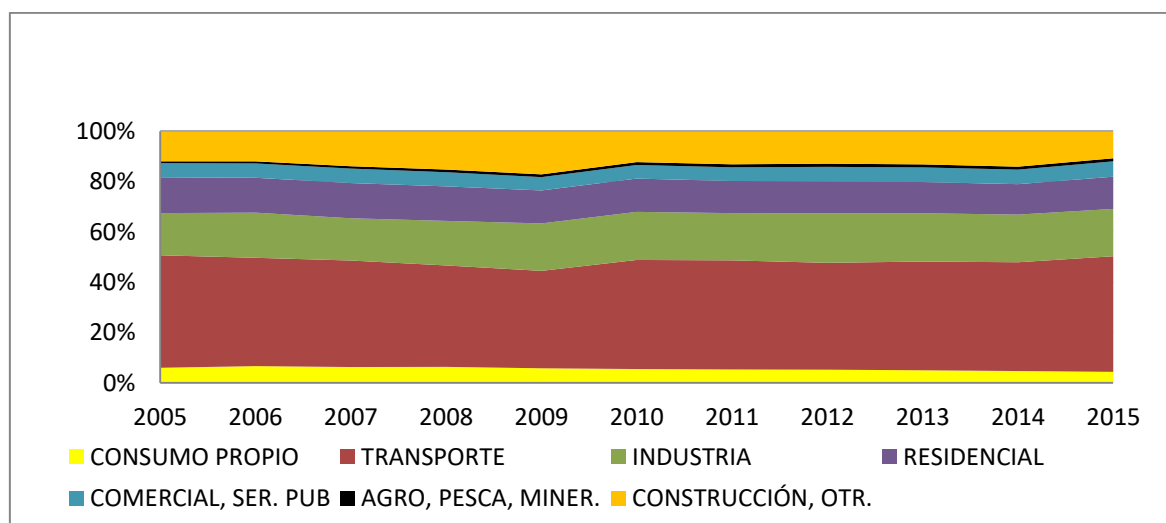


Figura 4: Estructura de la evolución de la demanda de energía según sectores

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Informe Balance Energético 2015.

Elaboración autor

La Figura 5 muestra la estructura porcentual del consumo sectorial de energía y el consumo propio para el año 2015. Se observa que el sector más importante de consumo fue el de transporte con un 46%, el sector industrial le sigue con un 19%, el sector residencial con un 13%, construcción-otros con un 11%, el sector comercial 6%, consumo propio con un 4% y agricultura, pesca y minería con 1%. A pesar que históricamente ha existido crecimiento positivo en la demanda energética, durante el año 2015 el promedio de variación del consumo de energía fue negativo. El sector de construcción presentó la mayor variación negativa con 26.7%, le siguió el consumo propio con un valor del 10.5% y el sector de la industria con el 4.5%. Por otro lado, el sector de transporte presentó la mayor variación positiva con un valor del 2.2%. Durante el año 2015, el consumo total de energía de los diferentes sectores económicos, incluido el consumo propio, fue de 94 682 kBEP.

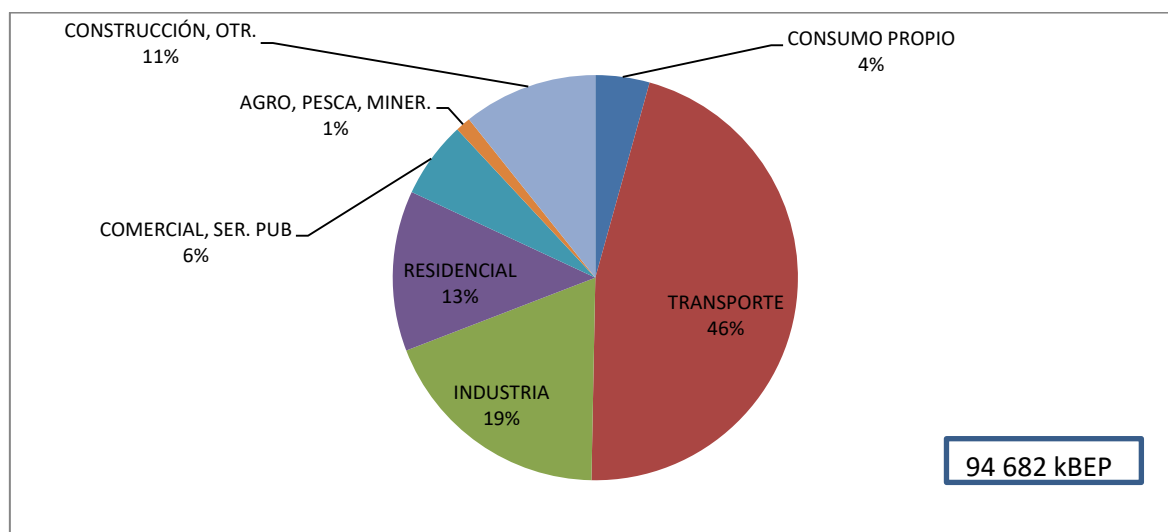


Figura 5: Estructura porcentual del consumo de energía según sectores para el año 2015 (kBEP)

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Informe Balance Energético 2015.

Elaboración: Autor

La Figura 6, muestra la evolución 1970-2014 del consumo de energía secundaria por tipo de fuente. Se observa que desde el año 1970 al año 1977 la producción de energía secundaria tuvo un crecimiento moderado, a partir de 1978 el crecimiento en la producción de derivados de petróleo se incrementa, coincidiendo con la entrada en producción de la Refinería de Esmeraldas. En el año 1996 existió un incremento del kerosene y luego disminuyó. En los últimos 18 años (1996-2014) se observa una mayor tendencia de crecimiento en el consumo de las diferentes fuentes secundarias, sobresaliendo entre ellas el diesel, gasolina, electricidad y GLP en orden de importancia.

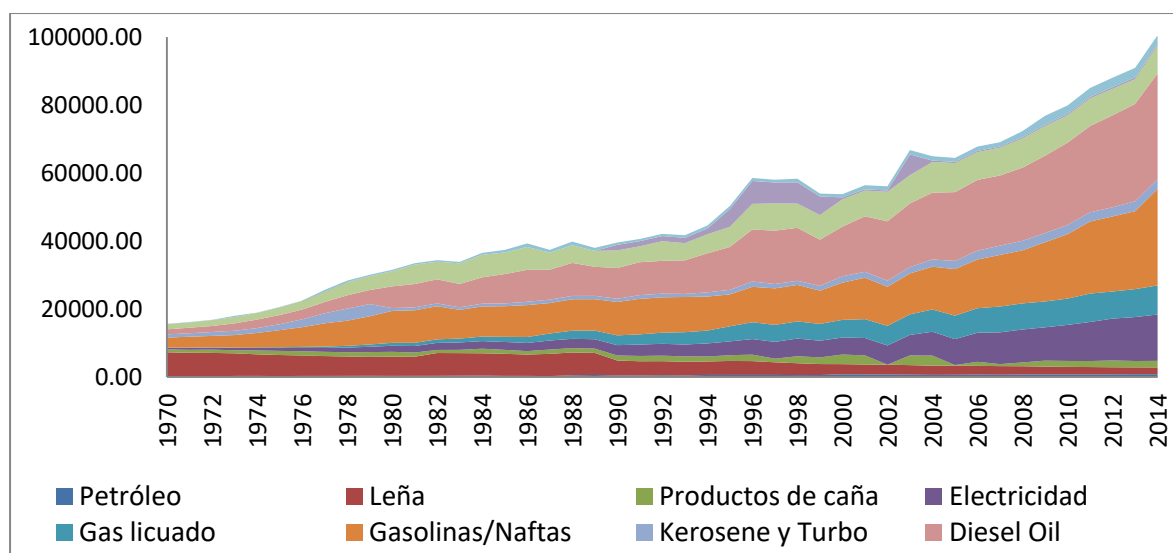


Figura 6: Evolución del consumo de energía por fuentes secundarias (kBEP)

Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. Informe Balance Energético 2014.

Elaboración: Autor

Un hecho importante en el Ecuador, es que se están construyendo varios proyectos de generación para cambiar la matriz energética y atender el Plan Maestro de Electrificación (ARCONEL, 2016). Nueve de ellos son renovables y han sido considerados como emblemáticos por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.

Actualmente 5 proyectos emblemáticos se encuentra en operación: Coca Codo Sinclair, Sopladora, Mazar, Manduriacu y Villonaco, los cuatro primeros son hidroeléctricos y el último eólico. El total de la potencia nominal es de 2 236.5 MW. Los restantes 4 proyectos: Minas San Francisco, Toachi Pilatón, Delsitanisagua y Quijos totalizan una potencia nominal 759 MW y entraran en operación hasta el año 2018. Cuando todos los proyectos emblemáticos entren en operación la potencia nominal será de 2 995 MW, con lo cual se duplica la capacidad de generación hidroeléctrica del Ecuador. Asimismo, generarán el 90% de la energía eléctrica que en la actualidad consume el país. El 10% restante se producirá con fuentes no renovables (derivados del petróleo).

A pesar de ello, todavía seguiremos siendo un país que depende principalmente de los hidrocarburos, porque de acuerdo al balance general del año 2015 el 83.6% de la energía consumida por los sectores económicos se corresponde con la cadena de hidrocarburos y sólo un 16.4% con la cadena de electricidad. Cuando entren en operación todos los proyectos emblemáticos, aportarán con el 90% de la demanda de electricidad. En el caso que los diferentes sectores económicos cambien sus tecnologías hacia la electricidad (por ejemplo vehículos eléctricos), se necesitará implementar nuevos proyectos renovables o activar las centrales eléctricas que utilizan tecnologías con fuentes no renovables. Paralelamente, en el

país se está promoviendo en el sector residencial el cambio de cocinas de gas por cocinas eléctricas de inducción, lo que implica una mayor demanda de potencia eléctrica.

En el País el Operador Nacional de Electricidad (CENACE), entidad adscrita al Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, es el encargado de gestionar la producción de energía en las diferentes centrales eléctricas del Ecuador y de las transacciones internacionales, en atención a la demanda de potencia del Sistema Nacional Interconectado (SNI). En la figura 7 se presenta la **Información operativa diaria** del 14 de agosto del 2017 elaborada por el CENACE. Se observa que la producción total de energía eléctrica fue de 62 548.5 MWh, con una participación del 86,4% de centrales hidroeléctricas y un 13.6% de otras centrales conformadas por gas natural 5.4%, generación renovable 2.5% y calidad de servicio 5.7%.

También se observa la **Curva de generación diaria (MW)** que señala la producción total de electricidad durante el día señalado (área bajo la curva producción total), la Demanda potencia del SNI durante el día (línea verde), la generación hidroeléctrica (área azul oscura), la producción de electricidad de otras centrales (área color melón) y finalmente la exportación de electricidad (área azul claro). Durante ese día, el pico de demanda nacional de potencia del SNI fue de 3 376.6 MW, y el pico de potencia en bornes de generación de 3 571.1 MW. La diferencia de potencia de debió a transacciones internacionales de exportación de electricidad a Colombia.

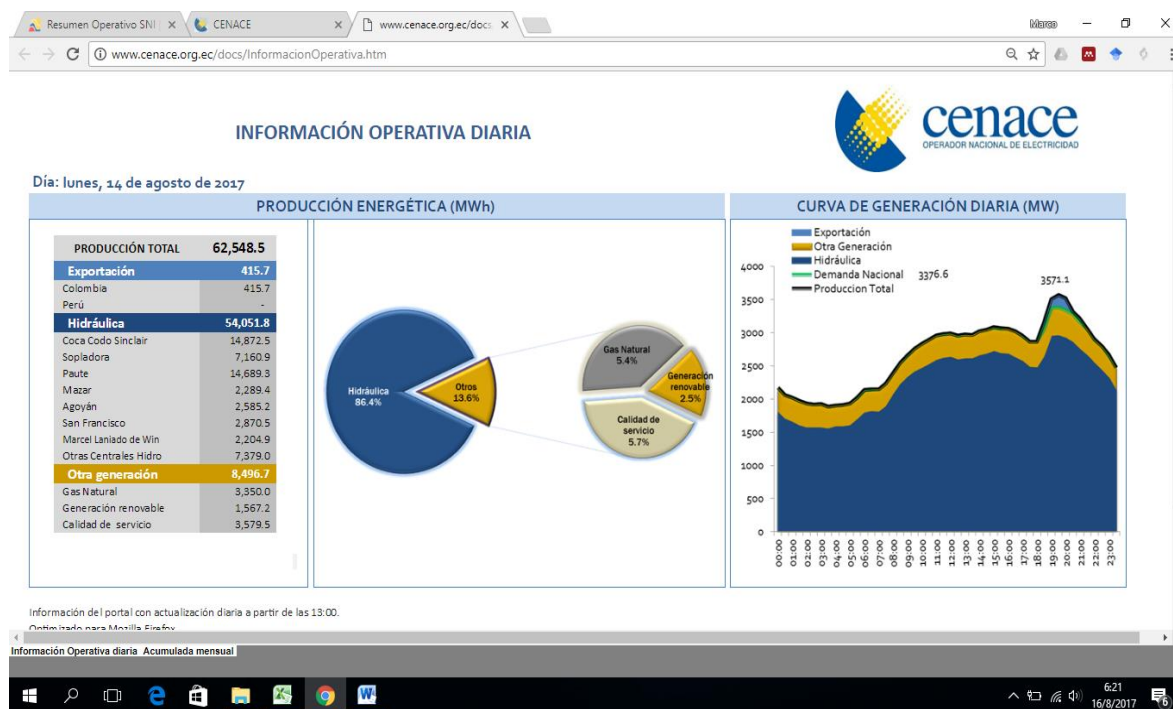


Figura 7: Información operativa del SNI. Fecha 14 de agosto del 2017

Fuente: CENACE. Información operativa diaria

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) presenta en su página web el **Resumen Operativo del Sistema Nacional Interconectado (SNI)**. Al igual que la información presentada por el CENACE, señala el comportamiento de la producción y demanda diaria de potencia en el país. Las figuras 8, 9 y 10 muestran el despacho de energía eléctrica al SNI el primer, cuarto y octavo día del mes de agosto del 2017. En todos los despachos al SNI se muestra de manera general la producción energética en MWh; las transacciones internacionales de energía con Colombia y Perú (MWh); el precio en barra de mercado pre despachado; los niveles de los embalses en las centrales hidroeléctricas Paute (Amaluza), Marcel Laniado de Win (Daule Peripa), Mazar y Pucará (Pisayambo); la indisponibilidad en generación (MW) y, la curva de demanda del SNI (MW).

En la figura 8 se observa que el despacho de electricidad al SIN, durante 01 de agosto del 2017, involucró una producción energética de 63 776 MWh, con una participación hidráulica del 83.77%, térmica del 13.02%, energías renovables no convencionales (ERNC) del 3.12% e importación del 0.09%. Durante ese día la exportación de electricidad fue de 1 073 MWh, lo que implicó que la Curva de generación diaria del SNI este **sobre** la Curva de demanda de nacional de potencia. Finalmente, la indisponibilidad de generación fue de 620.1MW

En la figura 9 se observa que el despacho de electricidad al SNI durante el 04 de agosto del 2017 fue de 62 987 MWh, con una participación hidráulica del 83.88%, térmica del 12.91%, energías renovables no convencionales (ERNC) del 3.12% e importación del 0.08%. Durante ese día la exportación de energía fue de 79 MWh, valor similar a las exportaciones que fueron de 53 MWh lo que implicó que la Curva generación diaria del SNI **coincida** con la Curva de demanda nacional de potencia. Finalmente, la indisponibilidad de generación fue de 668 MW

En la figura 10 se observa que el despacho SNI del 08 de agosto del 2017 fue de 63 312 MWh, con una participación hidráulica del 78.22%, térmica del 15.46%, energías renovables no convencionales (ERNC) del 2.98% e importación del 3.35%. Durante ese día la exportación de energía fue de 51 MWh, valor inferior a las importaciones que fue 2119 MWh, ello implicó que la Curva de generación diaria del SNI este **bajo** la Curva de demanda nacional de potencia. Finalmente, la indisponibilidad de generación fue de 1843.4 MW.

Despacho SNI 2017 08 01

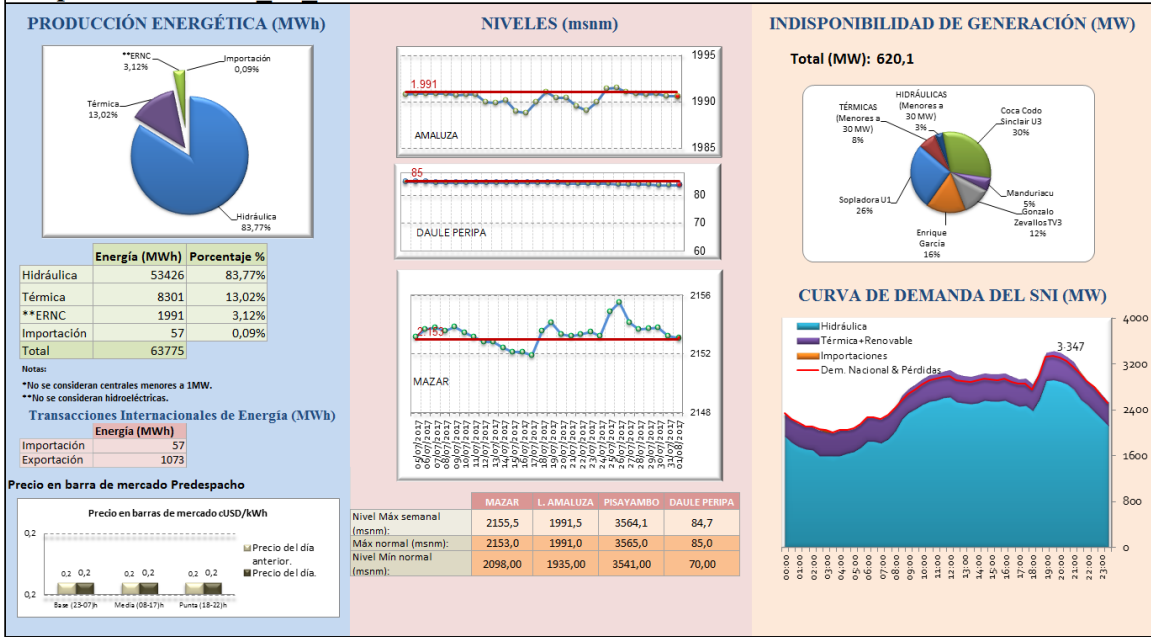


Figura 8: Resumen operativo de despacho de electricidad al SNI. 01 de agosto del 2017
Fuente: ARCONEL. Resumen operativo de despacho SNI.

Despacho SNI 2017 08 04

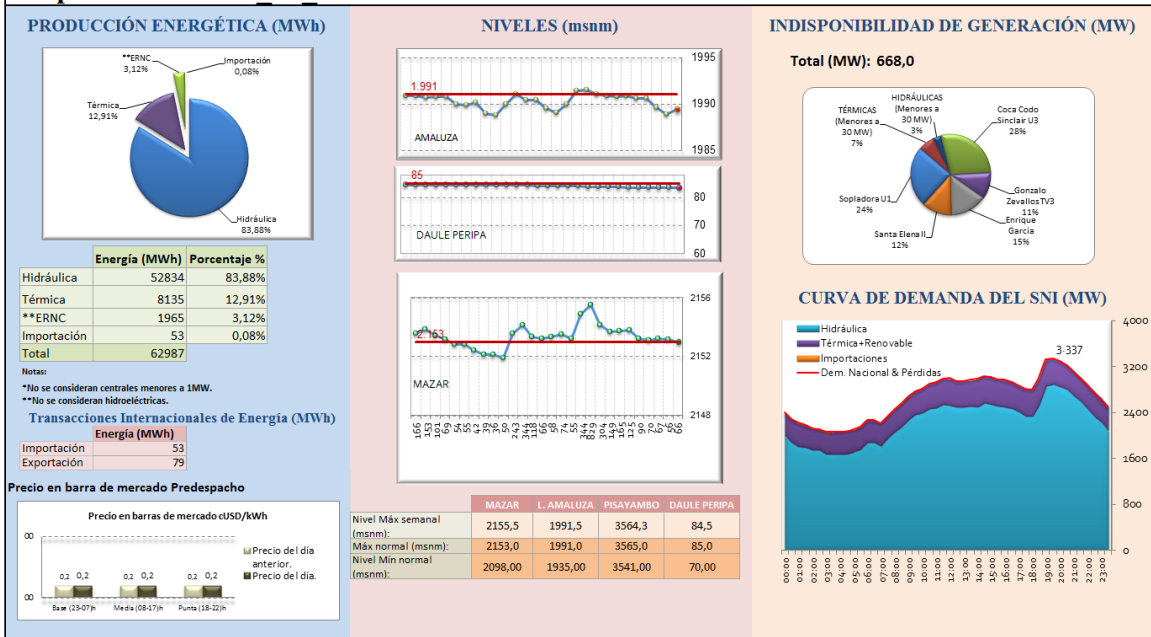


Figura 9: Resumen operativo de despacho de electricidad al SIN. 04 de agosto del 2017
Fuente: ARCONEL. Resumen operativo de despacho SNI.

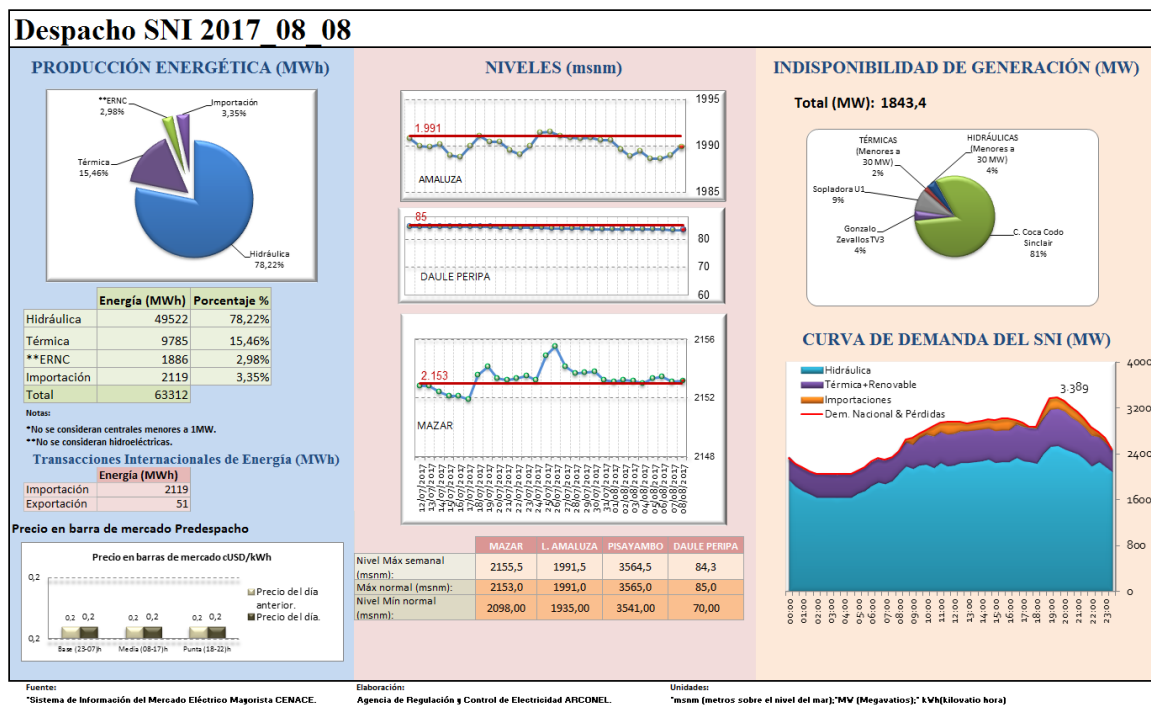


Figura 10: Resumen operativo de despacho de electricidad al SIN. 08 de agosto del 2017

Fuente: ARCONEL. Resumen operativo de despacho SNI

d.3 METODOLOGÍA PARA ELABORAR BALANCES ENERGÉTICOS

d.3.1 Metodología de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

d.3.1.1 Definición.

De acuerdo a la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), el balance energético es el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos de energía a través de una serie de eventos, desde su producción u origen, hasta su aprovechamiento final. Esta contabilización se la lleva a cabo generalmente para el ámbito territorial de un país y para un período determinado (generalmente un año)” (OLADE, 2017)

Sobre este tema, la Agencia Internacional de Energía (AIE) considera que la presentación de estadísticas energéticas expresadas en unidades naturales en forma de balances de productos entre la oferta y el uso de los productos energéticos, permite verificar que los datos estén completos y es una manera sencilla de reunir las estadísticas principales sobre cada producto para obtener fácilmente datos claves. Sin embargo, ya que los combustibles se compran principalmente por sus propiedades caloríficas y pueden convertirse en diferentes productos combustibles, también es útil usar los datos en unidades energéticas. El formato adoptado se llama balance energético y permite que sus usuarios/as vean las eficiencias de la

conversión de los combustibles y la importancia relativa de los diferentes combustibles suministrados a la economía.

El balance energético, se lo puede presentar en dos modalidades: a) como balance físico y b) como balance calórico.

a.) Balance físico

Llamado también balance de productos, es aquél que muestra los flujos de energía utilizando las unidades de medida físicas de cada fuente, estas unidades pueden ser de volumen (para líquidos y gases), de masa para sólidos o de energía en algunos casos. El balance físico por presentar por lo general cada fuente una unidad de medida distinta, no facilita la comparación ni agregación entre fuentes de energía.

b.) Balance calórico

Para permitir las comparaciones y agregaciones entre los flujos de diferentes fuentes, es necesario que todas las medidas se encuentren en una unidad común, por este motivo, se convierten los flujos físicos a flujos calóricos, utilizando como factores de conversión, los poderes caloríficos inferiores de las fuentes combustibles y las equivalencias entre unidades, para las fuentes medidas directamente en unidades calóricas o de energía.

El balance energético también es el punto de partida natural para construir varios indicadores del consumo energético (por ejemplo el consumo per cápita o por unidad del PIB) y de la eficiencia energética. El estadígrafo/a también usa el balance energético como una verificación de alto nivel sobre la exactitud de los datos, ya que ganancias aparentes en la energía mediante los procesos de conversión o pérdidas grandes indicarán problemas con los datos

Es importante tener presente tanto las ventajas como las limitaciones del balance. El balance es una herramienta que facilita la planificación global energética, pero considerado junto con otros elementos del sistema económico. Es decir, tomado aisladamente el balance da una imagen de las relaciones físicas del sistema energético en un determinado período histórico. Visualiza como se produce la energía, se exporta o importa, se transforma y se consume por sectores económicos. Permite calcular ciertas relaciones de eficiencia y hacer un diagnóstico de la situación energética de un país, región o continente dado.

Así pues, al analizar el pasado (incluyendo el pasado reciente), es lógico comenzar con la oferta de las distintas fuentes de energía y determinar después la forma en que cada una de ellas ha sido utilizada, acumulada o tal vez perdida. Esta sucesión lógica conduce a lo que cabe denominar el balance energético descendente, cuya forma general es la siguiente:

OFERTA
TRANSFORMACIÓN
CONSUMO FINAL

Sin embargo, es a través de su relación con otras variables socio-económicas que el balance se convierte en un instrumento de planificación. En este sentido, la existencia del balance energético es una condición necesaria para la planificación energética. Un balance cumple en el sector energético un papel análogo al de las matrices de insumo-producto en el sector económico.

Por otra parte, al evaluar el futuro, es conveniente a veces proyectar el consumo relacionándolo de alguna manera con la cifra del PIB, su estructura y distribución, con la cantidad total de equipos consumidores y con la probable evolución tecnológica en la utilización de energía calculando la oferta a partir del consumo proyectado. Esta secuencia lleva a lo que se denomina balance energético ascendente con la siguiente forma general:

CONSUMO FINAL
TRANSFORMACIÓN
OFERTA

De acuerdo a la OLADE, los balances energéticos en términos de energía final¹ (BEEF), tienen la limitación de no hacer una evaluación de las reservas energéticas y no llegar a la etapa de la energía útil² (BEEU)

En la figura 11 se observa la estructura de la cadena del Balance Energético Nacional.

¹ Energía Final (EF) es aquella energía, primaria o secundaria, que es utilizada directamente por los sectores socio-económicos. Es la energía tal cual entra al sector consumo y se diferencia de la energía neta (sin pérdidas de transformación, transmisión, transporte, distribución y almacenamiento) por el consumo propio del sector energía. Incluye al consumo energético y no energético de los sectores económicos.

² 2Energía Útil (EU), es la energía realmente aprovechada en los procesos energéticos finales, en razón de que no toda la energía que entra a un sistema consumidor es aprovechada y depende para cada caso de la eficiencia de los aparatos consumidores. Es aquella energía neta a la cual se le han deducido las pérdidas de utilización del equipo o artefacto donde se consumen a nivel del usuario. Se aplica tanto al consumo propio como al consumo final, energético y no energético.

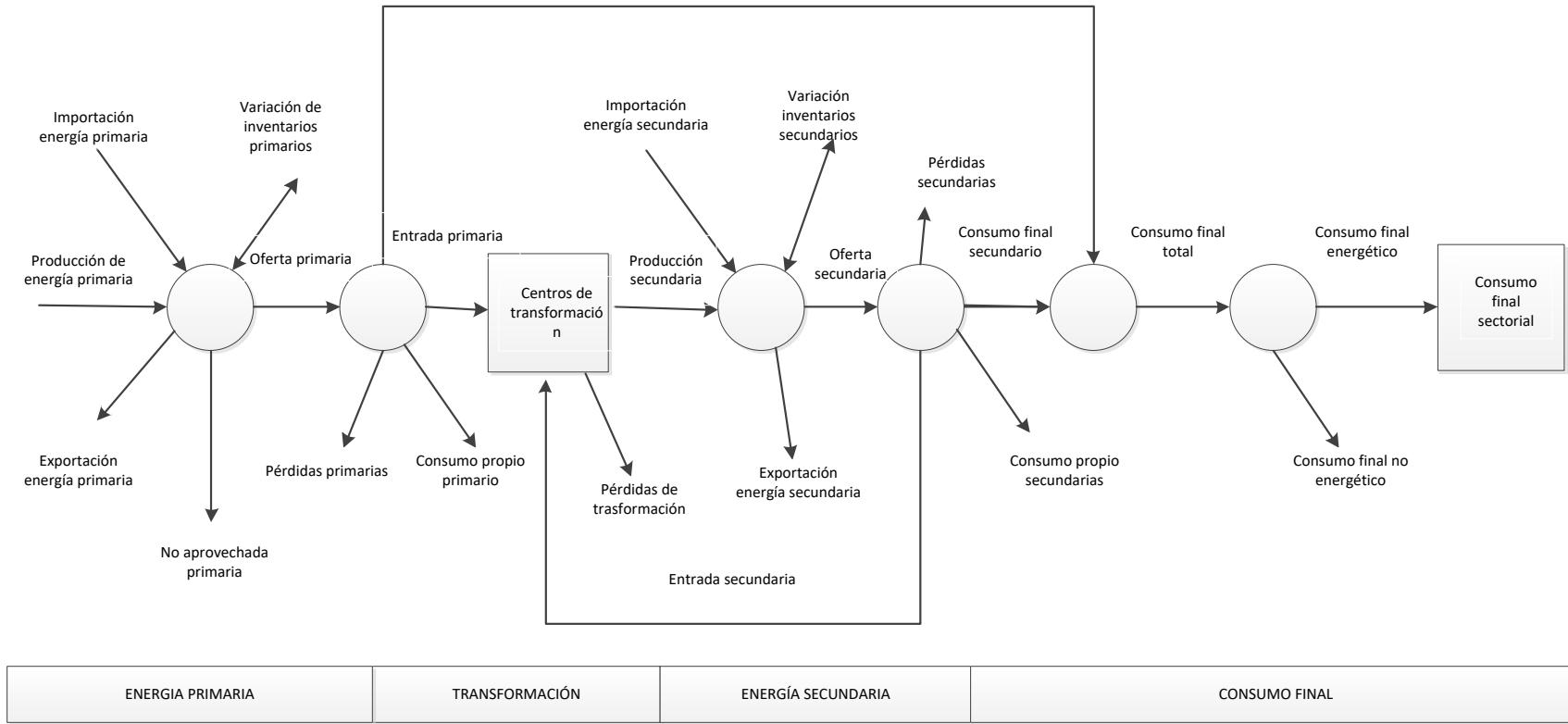


Figura 11: Estructura cadena Balance Energético Nacional.
 Fuente: OLADE.

Esfuerzos tendientes a llevar la contabilidad energética desde la fase de reservas hasta la de energía útil facilitarán el análisis y la formulación de políticas, especialmente en el campo de la sustitución de energía.

Por otra parte, para los países en desarrollo, dada la importancia del sector rural y de las fuentes "no comerciales" de energía, es esencial incluir en el balance dichos consumos con el fin de conocer la estructura energética del sector rural, sus problemas e implicaciones en la economía nacional.

d.3.1.2 Objetivos fundamentales del balance energético

La OLADE señala que los objetivos fundamentales del balance energético son:

- Evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía de cada país, determinando las principales relaciones económico-energéticas entre los diferentes sectores de la economía nacional.
- Servir de instrumento para la planificación energética.
- Conocer detalladamente la estructura del sector energético nacional.
- Determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos que permitan impulsar, cuando sea posible, los procesos de sustitución.
- Crear las bases apropiadas que conlleven al mejoramiento y sistematización de la información energética
- Ser utilizado para la proyección energética y sus perspectivas a corto mediano y largo plazo.

d.3.1.3 Estructura general del balance energético

Para poder expresar las relaciones que se ponen de manifiesto en un balance energético, es indispensable establecer una estructura lo suficientemente general para obtener una adecuada configuración de las variables físicas propias de este sector. El balance energético en términos de energía final (BEEF) de la OLADE se presenta en forma matricial, y está conformado por las columnas, que representan las fuentes energéticas (primarias y secundarias), y por las filas que representan las actividades, es decir los orígenes y los destinos o consumos de la energía (Tabla 3). Las actividades del balance energético se han dividido en tres grupos, de acuerdo a su aporte a las relaciones de equilibrio: a) actividades de oferta, b) actividades de transformación y c) actividades de consumo.

d.3.1.3.1 Actividades de oferta

Son las actividades o eventos que permiten calcular la oferta interna de energía, es decir, la cantidad de energía disponible al interior de un país, ya sea para su consumo final directo o para su transformación en otras fuentes de energía.

De acuerdo con la OLADE, este grupo incluye, las siguientes actividades:

- Producción primaria
- Importación
- Exportación
- Variación de inventarios
- No aprovechado
- Transferencias
- Bunker

PRODUCCIÓN PRIMARIA

Se considera a toda energía primaria, extraída, explotada, cosechada o aprovechada, en el territorio nacional, que sea de importancia para el país. Las energías primarias son: petróleo, gas natural, carbón mineral, nuclear, hidrogenaría, geoenergía, energía eólica, energía solar, leña, productos de caña, residuos orgánicos y aceites vegetales

Producción de petróleo primario

Corresponde a la suma de las producciones de petróleo crudo individuales de todos los campos petrolíferos de un país más la producción de líquidos de gas natural, obtenidos luego del proceso de separación, tanto del gas natural asociado al crudo, como del gas natural no asociado. Se suman a este grupo las producciones de otros hidrocarburos considerados primarios para efecto del balance, como son los crudos sintéticos y la orimulsión.

Producción de gas natural

Es la suma del gas asociado al petróleo producido y del gas libre producido, menos el reinyectado a los pozos. Incluye los condensables que permanecen mezclados en el gas, antes de su separación o fraccionamiento en una planta de tratamiento de gas.

Producción de carbón mineral

Es la suma de las producciones de las minas de carbón del país. El carbón tiene distinto poder calorífico antes y después de lavado. Para evitar incongruencias es recomendable considerar

siempre carbón lavado, o sea, sin impurezas. Este carbón se conoce como: antracita, hulla, lignito y turba, que son las variedades principales y poseen poderes caloríficos precisos entre 4000 y 8000 Kcal/Kg.

Producción de energía nuclear

Es la energía obtenida del mineral de uranio después del proceso de purificación y/o enriquecimiento. La producción de energía nuclear como primaria, se considera el calor obtenido del combustible fisionable al ser quemado en un reactor.

Producción de hidroenergía

La producción de hidroenergía es la suma de la energía del caudal hídrico de los afluentes al embalse de las centrales hidroeléctricas, por lo tanto esta hidroenergía podrá ser almacenada, transformada, no aprovechada y perdida, de acuerdo al movimiento del nivel del embalse, al turbinamiento, a los vertimientos y a filtraciones y evaporaciones que se produzcan en un determinado período de tiempo. En otras palabras el balance de hidroenergía estará directamente relacionada con el balance de agua en cada central hidroeléctrica. Si solamente se conoce el caudal turbinado en cada central hidroeléctrica, se puede considerar como último recurso que la energía de este caudal es directamente la producción de hidroenergía.

Producción de geoenergía

La producción de geoenergía estará definida por la entalpía contenida en el flujo extraído a boca de los pozos de yacimientos geotérmicos.

En el sistema de transporte del vapor geotérmico desde la boca de pozo hasta las plantas de generación eléctrica geotérmica, existen pérdidas de calor y eventualmente de flujo, que hacen que la energía del vapor a la entrada de las turbinas de las plantas sea menor que la producida a boca de pozo.

Con las respectivas mediciones termodinámicas de flujo, presión y temperatura del vapor de agua en cada una de las etapas de los sistemas de aprovechamiento geotérmico, se puede realizar el balance energético de estas instalaciones y determinar para el Balance Nacional los respectivos flujos de geoenergía no aprovechada, pérdidas e incluso consumos finales en el caso de centrales con cogeneración.

Solamente ante la falta de las mencionadas mediciones termodinámicas, se podría estimar la producción de la geoenergía en función de la electricidad generada y una eficiencia promedio de transformación.

Producción de energía eólica

La producción de energía eólica corresponde a la energía cinética del viento captada por las turbinas de los aerogeneradores.

Al igual que en una central hidroeléctrica, la turbina está acoplada a un generador eléctrico, convirtiéndose la energía mecánica de rotación en energía eléctrica.

Como en todo sistema de transformación de energía, el conjunto turbina-generador tiene su respectivo valor de eficiencia menor que la unidad y por lo tanto la energía eléctrica obtenida será un valor menor que la energía eólica captada.

Solamente ante la falta de información técnica de las centrales eólicas que dificulte la diferenciación entre la energía primaria captada y la electricidad generada, se puede asumir para el balance nacional el mismo valor de la electricidad generada en GWh, como energía eólica producida.

Producción de energía solar

La producción de energía solar es la energía de la radiación del sol aprovechada tanto para la producción de electricidad en las centrales fotovoltaicas y termosolares, como para uso final en calentamiento de agua, secado de granos, etc.

El aprovechamiento de energía solar en centrales fotovoltaicas se calcula multiplicando el índice de radiación solar de la zona de ubicación de las centrales, expresado en unidades de potencia por unidad de área (kW/m^2), por el área de los paneles fotovoltaicos o espejos en el caso de centrales termosolares; y por el tiempo de exposición de los dispositivos a dicha radiación. Estos índices se los encuentra en los mapas de radiación solar que se elaboran en muchos países. Para el caso de Ecuador se los encuentra en el Atlas solar elaborado por el ex CONELEC.

Para el caso de calentamiento de agua, la energía solar aprovechada se calcula multiplicando la masa de agua calentada por el poder calorífico del agua y por la diferencia de temperaturas entre el estado final e inicial del proceso de calentamiento.

Para el secado de granos o de cualquier otra materia, la energía solar aprovechada se calcula multiplicando la masa del material que se está secando, por el calor latente de vaporización del agua y por la diferencia de porcentajes de humedad entre el estado inicial y final del proceso de secado.

Producción de leña

La producción generalmente no es registrada. El procedimiento habitual es considerar:

$$\text{PRODUCCION} = \text{CONSUMO FINAL}$$

Si hay importaciones o exportaciones registradas, calcule:

$$\text{PRODUCCION} = \text{CONSUMO FINAL} - \text{IMPORTACION} + \text{EXPORTACION}$$

A veces una parte, aunque pequeña, de la producción es registrada. Si se trata de una cantidad muy pequeña en relación al consumo final, es mejor despreciarlo y llevar adelante las investigaciones para aclarar el problema del consumo no comercial, que representa supuestamente la mayor parte del consumo final de leña. Por lo tanto, el cálculo de la producción se transforma en el estimar el consumo de esta fuente para fines energéticos.

Nota: Esta explicación es válida también para los diferentes tipos de residuos vegetales, que son también consideradas "fuentes no comerciales".

Producción de productos de caña

Incluye la producción del bagazo, el jugo de caña y la melaza, que se usan para producir energía.

- a) Producción de bagazo.-Se debe contabilizar, solamente el bagazo utilizado para fines energéticos, es decir, considerar la producción igual al consumo. El bagazo se utiliza principalmente como combustible para la generación de electricidad en los propios ingenios y también como fuente de calor para el proceso industrial de fabricación del azúcar.
- b) Producción de jugo de caña y melaza.- Corresponde a los productos, derivados de caña, que son materia prima de las destilerías, para la obtención del etanol de uso energético.

Producción de residuos

Es la cantidad de residuos animales, vegetales, industriales y urbanos, que se aprovechan para fines energéticos. Al igual que la leña se los considera como fuentes no comerciales, ya que no existe por lo general una cadena de producción, transporte, transformación, comercialización y consumo plenamente identificada.

Ante la falta de información en las diferentes etapas de la cadena energética de estas fuentes, la producción puede ser considerada igual al consumo para fines energéticos, como: insumos para biodigestores, generación eléctrica, materia prima para producción de biocombustibles, etc.

Producción de aceites vegetales

Corresponde a la cantidad de aceite extraído de diferentes plantas oleaginosas, destinado a la elaboración de biodiesel.

IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN

- a.) Importación.-Es la cantidad de todas las fuentes energéticas primarias y secundarias originadas fuera de las fronteras y que ingresan al país para formar parte de la oferta total de energía.
- b.) Exportación.- Es la cantidad de fuentes energéticas primarias y secundarias que salen de los límites territoriales de un país, por lo tanto no están destinadas al abastecimiento de la demanda interna. Se excluye de este concepto la cantidad de combustibles vendidos a naves extranjeras aéreas y marítimas.

VARIACIÓN DE INVENTARIOS

La variación de inventarios es la diferencia entre las existencias ("stocks") Iniciales y las finales respecto al período del balance, en las instalaciones de almacenamiento de los diferentes productos.

Se registra variación de inventarios en general para todas las fuentes y productos factibles de almacenar como sólidos, líquidos y gaseosos. No se aplica este concepto para la electricidad ni algunas fuentes renovables intangibles como la energía eólica, la solar y la geotermia.

Para el caso de la hidroenergía, se considera como variación de inventarios, la variación del volumen de agua almacenado en los embalses.

La variación de inventarios es ingresada con su correspondiente signo; así un signo negativo significa un aumento de existencias y por lo tanto una reducción en la oferta interna; por el contrario, un signo positivo significa una disminución de existencias y un incremento de la oferta interna en el período considerado.

La variación de inventarios debe contabilizarse en todas las etapas de la cadena energética, donde exista capacidad de almacenamiento, incluyendo las instalaciones de las comercializadoras y los grandes consumidores que dispongan de esta capacidad.

ENERGÍA NO APROVECHADA

Es la cantidad de fuentes de energía registrada en la producción, pero que por indisponibilidad técnica y/o económica, no es posible su utilización. El más común es el gas natural no aprovechado

Es común que una parte del gas asociado a la producción de petróleo, se queme a la atmósfera; y las razones para ello pueden ser:

- No existe infraestructura de consumo.
- No hay infraestructura de transporte del gas hasta las puertas del usuario.
- La infraestructura existe pero la extracción de petróleo produce mayor cantidad de gas que lo que el mercado puede utilizar.

En cualquiera de los casos el gas natural no aprovechado representa un desperdicio de una energía que es muy apreciada por los sectores consumidores. El mismo concepto se puede aplicar al caso de otros productos energéticos primarios y secundarios que una vez registrada su producción, se los desecha por no existir demanda o infraestructura para su consumo, por ejemplo el gas de refinería, que se quema a la atmósfera.

TRANSFERENCIAS

Las transferencias son adiciones o sustracciones que se realizan de la oferta interna de un producto, debido a las siguientes causas:

a) Cambio de denominación del producto:

Un mismo producto puede tener denominaciones diferentes en diferentes etapas de la cadena energética, por ejemplo el biogás que se los concibe como tal al salir de los biodigestores, puede ser consumido bajo la denominación de gas natural, puesto que su composición es muy similar

Otro uso práctico de esta actividad, es el transferir el gas residual de las plantas de tratamiento de gas al flujo de gas natural primario, así como los líquidos extraídos en las mismas plantas a la corriente de líquidos de gas natural. Para realizar estas transferencias, se puede usar como paso temporal para estos productos la columna de “otros productos petroleros energéticos”

b) Participación del producto en mezclas con otros productos:

El flujo de un determinado producto puede ser truncado o disminuido, cuando éste pasa a formar parte de una mezcla con otro producto. Por ejemplo, parte del fuel oil residual de una

refinería, puede ser mezclado con el petróleo crudo, o la totalidad de los biocombustibles producidos, pueden pasar a formar parte de la corriente comercial de gasolina o diesel.

Las transferencias debe registrarse con su respectivo signo, positivo o negativo, el cual indica si el flujo del producto transferido está siendo aumentado o disminuido respectivamente.

Siempre que se registre una transferencia con un determinado signo en una de las columnas del balance energético, debe aparecer otra transferencia de signo contrario por el mismo valor en otra de las columnas del balance. La suma algebraica de todas las transferencias entre productos debe ser siempre igual a cero.

BUNKER

Se registra en este rubro, la cantidad de combustibles vendidos a naves marítimas y aéreas en viaje internacional, para mover sus motores.

El registro por separado de estos consumos, se debe principalmente a que en la metodología del IPCC para inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, se descuenta de la oferta

d.3.1.3.2 Actividades de transformación

Son los procesos en que las fuentes energéticas tanto primarias como secundarias, se modifican en instalaciones llamadas centros de transformación; donde se producen cambios físicos o químicos a dichas fuentes, obteniéndose como resultados productos con propiedades que facilitan su aprovechamiento energético.

También se incluyen en este concepto, las máquinas que permiten convertir una forma de energía en otra, como son las centrales de generación eléctrica que convierten diferentes tipos de energía en electricidad.

En un centro de transformación, se pueden distinguir los siguientes flujos de energía:

- a) Insumos a transformación.- Son las cantidades de las fuentes de energía que ingresan al centro de transformación, para ser procesados física y/o químicamente. Esto incluye los combustibles y otras fuentes empleadas para la generación de electricidad.
- b) Productos de transformación.-Son los productos finales de la transformación, que están disponibles para ser entregados tanto a los consumidores finales, como a otros centros de transformación.

- c) Consumos propios.- Son las cantidades de productos, empleados en el mismo centro de transformación, para usos finales como calor para procesos e iluminación. Se excluye los combustibles empleados para generación de electricidad.
- d) Reciclos.- Son las cantidades de productos de un centro de transformación, que vuelven a entrar como insumos al proceso. En el balance energético, estos reciclados no se observan, ya que sus valores como insumos y productos se anulan algebraicamente; por ejemplo la cantidad de diesel oil producido por una refinería que es ingresado nuevamente como insumo mezclado con la corriente de crudo a la misma refinería.

La OLADE señala que las actividades o centros de transformación considerada en el balance energético son:

- Refinerías
- Centros de tratamiento de gas
- Centrales eléctricas
- Autoproductores
- Carboneras
- Coquerías
- Altos hornos
- Destilerías
- Plantas de biodiesel
- Otros centros de transformación

REFINERÍAS

Instalaciones donde el petróleo crudo se transforma en derivados. En las refinerías básicamente se separa el petróleo crudo en sus diferentes componentes, (Figura 12). En la presente tesis se tratará al conjunto de la refinería como si fueran una sola unidad de procesamiento.

Aunque esta representación no permite describir completamente el proceso de la refinación, ni analiza la flexibilidad interna de cada refinería, es suficiente a efecto de establecer las relaciones de entrada y salida para el balance que aquí se plantea.

Existen diferentes tipos de refinerías con diferentes tipos de procesos en los que no siempre se obtienen los mismos productos ni se procesa el mismo tipo de crudo.

Insumos a refinerías

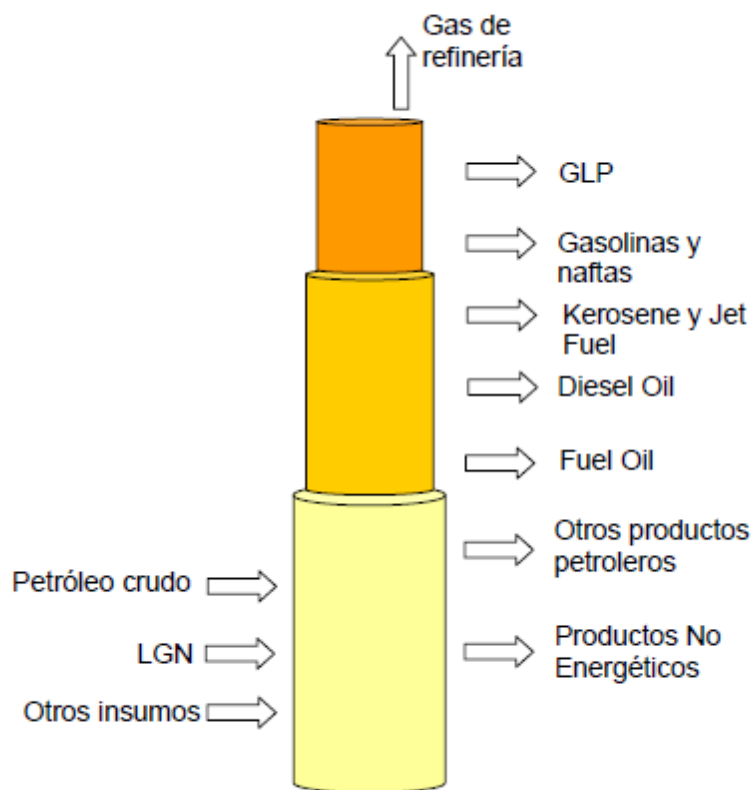
Estos insumos se cargan directamente a la unidad de destilación primaria de las refinerías; de allí salen corrientes intermedias que son procesadas en las unidades de conversión (figura 12).

Las principales son:

- 1) Reformación: incrementa el octanaje de las gasolinas.
- 2) Craqueo: aumenta a la vez el octanaje y rendimiento de las gasolinas
- 3) Hidrocraqueo: aumenta el rendimiento de diesel y mejora su índice de cetano
- 4) Vacío: es una destilación a presión muy baja para separar en dos fracciones el crudo reducido de destilación primaria
- 5) Reductor de viscosidad: mejora la viscosidad del fuel oil
- 6) Coqueo: incrementa la cantidad de gasolina más allá de lo que hace el craqueo, pero como el octanaje es muy bajo requiere reformación
- 7) Flexicoqueo: incrementa aún más el rendimiento de gasolina y gas licuado
- 8) Isomerización/polimerización: aumenta el octanaje de las gasolinas más allá de la reformación y el craqueo, especialmente para la aviación.

Los principales productos obtenidos de una refinería son:

- Gases: gas de refinería (C1-C2) y gas licuado de petróleo (C3-C4)
- Livianos: gasolina motor, gasolina de aviación, naftas para petroquímica, solventes
- Medios: kerosene, jet fuel, gas oil, diesel oil
- Pesados: fuel oil, asfaltos, lubricantes, grasas, coque.



Fuente: elaboración propia

Figura 12: Componentes de la separación de petróleo crudo en refinерías

Fuente: OLADE

Centro de tratamiento de gas natural

Son plantas donde el gas natural asociado y no asociado, se procesa con el fin de recuperar hidrocarburos líquidos compuestos, como la gasolina y nafta; hidrocarburos puros como butano, propano, etano o mezcla de ellos; y productos no energéticos, como el carbono; a través de un proceso de separación física de los componentes del gas (figura 13).

El insumo de los centros de gas es la cantidad de gas natural que entra a las plantas de tratamiento para separar los condensables. Los flujos que salen son:

- a) Gas licuado: mezcla de propano y butano conocida comercialmente como GLP.
- b) Gasolina natural: mezcla de hidrocarburos líquidos a partir del pentano, cuyo índice de octano es relativamente alto (alrededor de 70) y con un contenido de azufre generalmente bajo
- c) Gas seco: mezcla de metano y etano que se bombea a los gasoductos para ser consumido como gas natural por redes

Por tratarse de un proceso de separación física, la eficiencia de una planta de tratamiento de gas es cercana al 100% cuando los flujos de entrada y salida se expresan en unidades calóricas

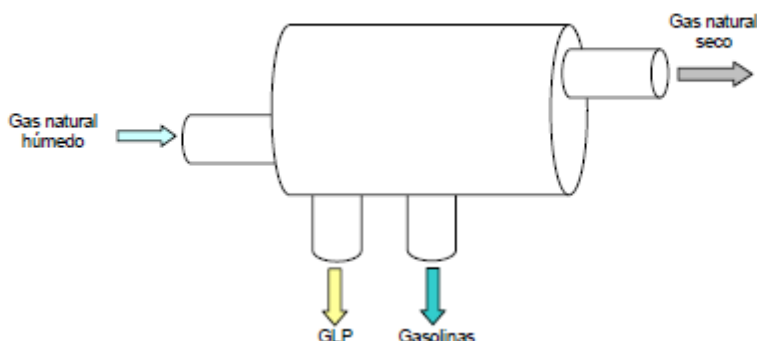


Figura 13. Esquema de un centro de tratamiento de gas

Fuente: OLADE

Insumo a centros de tratamiento de gas natural

Para registrar el insumo a los centros de tratamiento de gas, existen 2 alternativas:

- 1) Asignar como alimentación solamente la cantidad equivalente de gas natural que se ha transformado en condensados. Esto se conoce generalmente como gas transformado y es igual a la suma de los condensados extraídos expresados en calorías.
Este procedimiento implica que el gas seco pasa a través de la planta como si no se transformara; es decir: el gas natural se divide en dos corrientes, una seca y una húmeda, pero sólo esta última se toma como alimentación al centro de transformación para producir los condensados. La componente seca va directo al consumo final, generación de electricidad, etc.
- 2) Asignar el volumen total del gas natural que ingresa al centro de tratamiento de gas, pero en este caso, se deberá contabilizar entre los productos que salen, el volumen de gas seco (un vez extraídos los líquidos). Registrar este volumen temporalmente en la columna de “Otros productos petroleros energéticos” y luego pasar mediante transferencias este volumen a la columna de “Gas natural no asociado”, recuperando de esta manera su disponibilidad en la oferta interna.

Productos de producción petroleros secundarios

En general, la producción de los productos petroleros secundarios, se contabiliza como la cantidad de productos finales en estado comercializable, que se obtienen tanto de las refinerías, como de los centros de tratamiento y procesamiento de gas natural. Estos productos pueden ser

líquidos como: gasolina, nafta, kerosene/jet fuel, diesel y fuel oil; gases como el gas de refinería y GLP (a condiciones atmosféricas), y sólidos como el coque de petróleo.

La producción de otros productos de refinerías y centros de gas no mencionados específicamente en las columnas del balance energético, se los debe reportar dependiendo del uso final que se les dé. Si son productos usados como combustibles para la generación de electricidad o calor, entrarían al balance como producción de “otros productos petroleros energéticos”; en cambio si su uso final es como materia prima de la industria (solventes, aditivos, grasas, lubricantes, etc.) y para otros usos no energéticos, entra al balance como producción de “productos petroleros no energéticos”.

CENTRALES ELÉCTRICAS (PÚBLICAS Y AUTOPRODUCTORAS)

Son instalaciones que disponen de equipos que permiten convertir diferentes formas de energía en electricidad, tanto energía directa obtenida de la naturaleza, como la hidroenergía, la geotermia, la energía eólica y la energía solar; como el calor obtenido de la combustión de otras fuentes.

Según la tecnología y el tipo de fuente que utilizan para producir electricidad, las centrales eléctricas se clasifican en:

- Hidroeléctricas
- Termoeléctricas convencionales
- Geotérmicas
- Eólicas
- Fotovoltaicas
- Nucleares
- A su vez las termoeléctricas convencionales se las puede subdividir en:
 - Turbo vapor
 - Turbo gas (ciclo abierto)
 - Ciclos combinados
 - Motores de combustión interna

Centrales hidroeléctricas

Aprovechan la energía de un caudal de agua para mover una turbina acoplada a un generador de electricidad (figura 14). Pueden ser de dos tipos: a) con embalse y b) filo de agua; el primero tiene un reservorio de agua artificial, que permite aumentar la altura de caída y regular el caudal turbinado en el tiempo; el segundo tipo carece de este reservorio y aprovecha la caída natural del río.

Para las centrales hidroeléctricas, se considera como insumo, la energía del caudal que ingresa a la turbina y como producto la electricidad generada.

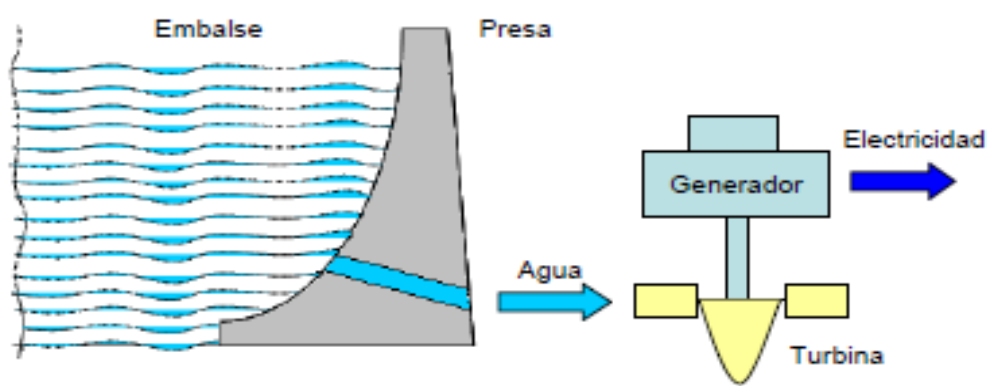


Figura 14. Esquema de una central hidroeléctrica de embalse

Fuente: OLADE

Centrales térmicas convencionales

Son las centrales que convierten el calor de combustión en electricidad. Se clasifican en los siguientes tipos:

Turbo vapor

El calor de combustión es absorbido previamente por el agua en una caldera, que genera vapor de agua a altas presiones el cual mueve una turbina acoplada a un generador de electricidad (figura 15).

Se cuenta como insumos a la central turbo vapor los volúmenes de combustibles utilizados para el calentamiento del agua en la caldera y como producto la electricidad generada.

Los combustibles aprovechados para esta tecnología, son generalmente diesel oíl, fuel oíl y carbón mineral, aunque en general se puede utilizar cualquier combustible que tenga un poder calorífico aceptable. Se incluyen también como combustibles, productos biomásicos como la leña, el bagazo, el carbón vegetal y algunos residuos agroindustriales.

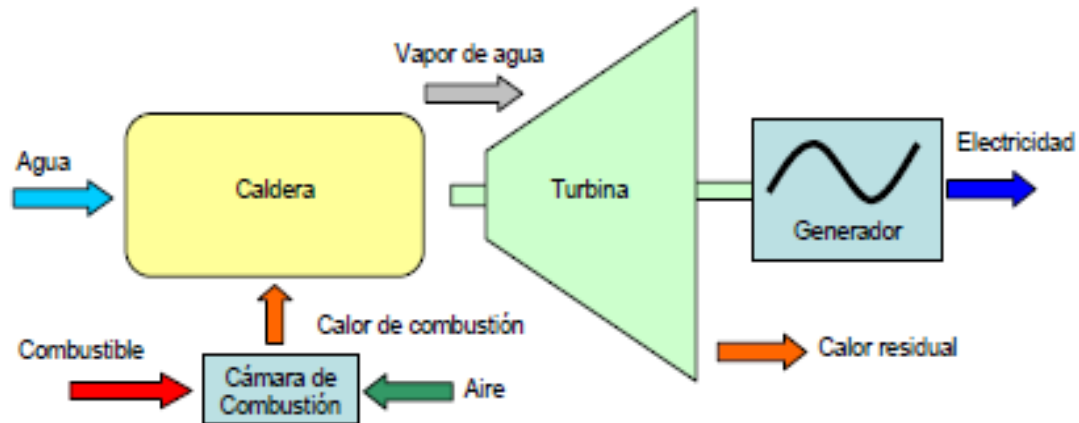


Figura 15: Esquema de una central turbo vapor

Fuente: OLADE

Turbo gas

Es la tecnología donde directamente los gases de la combustión de la fuente, al expandirse, mueven el conjunto turbina-generador, que tiene además acoplado un compresor que insufla el aire para enriquecer la mezcla (figura 16).

Los insumos son los combustibles quemados y el producto la electricidad generada.

Los combustibles generalmente utilizados en esta tecnología son el diesel oil, el gas natural y otros gases.

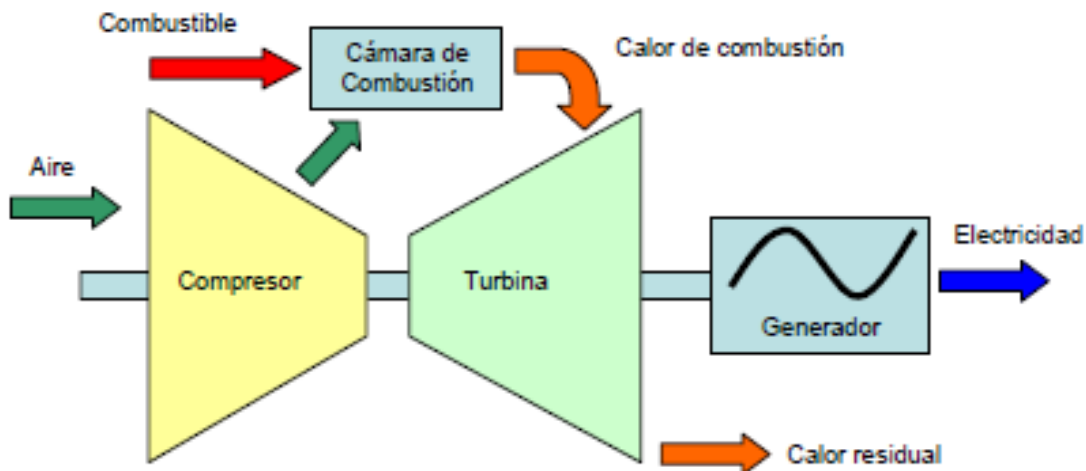


Figura 16. Esquema de una central de turbo gas

Fuente: OLADE

Ciclo combinado

Es un conjunto de una turbo gas y una turbo vapor, donde el calor residual de los gases de escape de la turbina a gas, se aprovechan para calentar el agua de la caldera que alimenta una turbina a vapor. Con esta combinación, se logra alcanzar una eficiencia total más alta que la de la turbo vapor y de la turbo gas por separado.

Motores de combustión interna

Son los motores de cilindros y pistones de ciclo Otto y ciclo Diesel acoplados a un generador de electricidad.

Los más utilizados son los de ciclo Diesel (ignición por compresión), que consumen principalmente diesel y fuel oil.

Los de ciclo Otto son usados más como generadores domésticos y consumen gasolina, etanol, GLP y otros gases.

Centrales de cogeneración

Son centrales térmicas, generalmente turbo vapor y turbo gas, donde el calor residual del vapor y de los gases de escape respectivamente, es usado como calor de proceso.

Normalmente se dice que los productos de este tipo de centrales son electricidad y calor. Sin embargo en el caso del balance de OLADE, no se considera el calor como un flujo energético, sino que el aprovechamiento de ese calor en actividades diferentes a la generación de electricidad, se lo considera directamente un consumo final de los combustibles.

Por este motivo, si existen centrales de cogeneración, es necesario calcular la fracción del total de combustibles empleados en la generación de electricidad y la fracción correspondiente al calor residual el cual debe registrarse como consumo final de dichos combustibles.

Centrales geotérmicas

Son centrales que aprovechan directamente el vapor de agua que fluye de los pozos geotérmicos, para mover una turbina de vapor acoplada a un generador eléctrico.

El insumo a la central geotérmica, es la entalpía del vapor de agua que fluye del pozo e ingresa a la central. Aunque por lo general las centrales geotérmicas se encuentran ubicadas a boca de pozo, en el trayecto de conducción del vapor geotérmico hasta la turbina, se producen importantes pérdidas de calor lo que implica una eficiencia baja en la conversión total.

Ante la falta de parámetros para el cálculo de la entalpía del vapor geotérmico, se recomienda tomar una eficiencia promedio del 10% para calcular la energía geotérmica primaria, a boca de pozo, que es convertida en electricidad. Así:

$$GE = EE/0.10 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

GE = Energía geotérmica primaria

EE = Electricidad generada

Central eólica

Instalación que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Debido a las relativamente bajas potencias que desarrolla cada una de las unidades de generación, se necesita de una gran cantidad de aerogeneradores conectados en paralelo para conseguir valores de energía eléctrica apreciables a nivel nacional. A estos conjuntos se le llama también parques eólicos. Si bien el insumo a este tipo de centrales es la energía eólica, la cual como en todo proceso de transformación de energía sufre pérdidas en los dispositivos mecánicos y eléctricos, para efectos del balance energético, se considera como que la energía eólica que ingresa a la central, tiene el mismo valor de la electricidad que se genera. Así:

$$EO = EE \quad \text{Ecuación (2)}$$

Dónde:

EO = Energía eólica

EE = Electricidad generada

Centrales fotovoltaicas y termo solares

Estos dos tipos de centrales eléctricas, convierten la energía solar en electricidad con las siguientes especificaciones:

- a) Centrales fotovoltaicas. Son paneles de células fotoeléctricas, que al recibir radiación solar, generan una corriente eléctrica.
- b) . Centrales termo solares. Son centrales en las cuales los rayos del sol son concentrados mediante espejos sobre un foco, donde se produce vapor de agua con la suficiente

temperatura y presión para mover un conjunto turbina-generador. No son muy comunes aún en los países de OLADE. Para cualquiera de los casos anteriores, también se debe asumir para efecto del balance, que la energía solar primaria empleada en la generación, es igual a la energía eléctrica generada por la central. Así:

$$\text{SOL} = \text{EE} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Dónde:

SOL = Energía solar

EE = Electricidad generada

Producción de electricidad en centrales de servicio público

Corresponde a la cantidad total de electricidad producida por las plantas del servicio público de un país, es decir la suma de la electricidad entregada al servicio por todas las centrales, sin descontar sus propios consumos. Los tipos de planta que pueden existir son:

- a) Hidroeléctricas
- b) Geotérmicas
- c) Nucleares o de Fisión
- d) Turbinas de Vapor
- e) Turbinas de Gas (ciclo abierto y combinado)
- f) Motores Diesel
- g) Centrales eólicas
- h) Centrales fotovoltaicas

No se debe omitir a ninguna de estas plantas, sea que pertenezcan al sistema interconectado así como aquéllas que estén aisladas. Estas últimas pueden presentar dificultades para recoger la información y no se descarta que se deba realizar encuestas para estimar la producción.

Producción de electricidad en autoprodutores

Los autoprodutores son entidades privadas o públicas, tales como:

- Industrias (incluidas las del sector energético),
- Establecimientos Agropecuarios,
- Establecimientos Comerciales y
- Viviendas Particulares.

Aunque no pertenecen al sector eléctrico, tienen instalaciones para producir la propia electricidad que requieren, debido a deficiencias o ausencia del servicio público, o como servicio de emergencia. Los tipos de planta que puede encontrar son:

- Pequeñas Hidráulicas
- Turbinas de Vapor
- Turbinas de Gas
- Motores de Combustión Interna

En algunos casos, los autoprodutores, venden sus remanentes de energía eléctrica a la red de servicio público. Aquí se debe considerar el total de electricidad producida por todas estas plantas. En la mayoría de los países los datos respectivos no están disponibles. La mejor manera de obtenerlos es:

- 1) Tratar de identificar aquellos autoprodutores que son a la vez macroconsumidores y que representan, digamos, el 90% de la autoproducción.
- 2) En una segunda etapa se necesitará poner en marcha una amplia encuesta para captar los muy numerosos pequeños autoprodutores.

COQUERÍAS Y ALTOS HORNOS

Se encuentran en la industria siderúrgica; el carbón mineral se transforma en coque y gas de coquería en la coquería; el coque pasa luego al alto horno del cual se obtiene arrabio y gas de alto horno. En las coquerías de tratamiento del carbón mineral se obtiene coque, gas de coquería y productos no-energéticos (benzoles, alquitranes, etc.). Una parte del coque se consume en la producción de gas de alto horno y, la otra parte, se consume en el proceso de reducción del mineral en el alto horno.

Transformación de carbón mineral en coquería y altos hornos

Es la cantidad de carbón mineral que ingresa a las coquerías. Puede haber dos tipos de estas plantas:

Las que producen Coque Metalúrgico para la industria; esto se hace en algunos países en instalaciones primitivas donde el gas producido no es usado.

Las que producen coque para la industria siderúrgica, obtenido en coquerías generalmente integradas a las plantas siderúrgicas. El gas de coquería producido es utilizado en gran medida como combustible en las mismas instalaciones de esta industria.

La cantidad de carbón que aquí se debe contabilizar, es la suma de las entradas a ambos tipos de coquería. Si bien el carbón es esencialmente del mismo tipo, los problemas estadísticos que presentan uno y otro tipo de plantas son bien distintos, y es en general necesario llevar a cabo encuestas o indagaciones para conocer los flujos de las coquerías que sirven a la industria metalúrgica puesto que son instalaciones en su mayoría rudimentarias cuya capacidad y número son desconocidos.

En cambio las coquerías siderúrgicas son plantas grandes y bien organizadas que disponen de datos registrados sobre consumos y producciones. Una coquería produce: a) gas de coquería, b) coque y c) alquitrán; la alimentación es carbón mineral.

El alto horno produce gas de alto horno; la alimentación es coque.

Notas:

- Para Gases se tiene que sumar la producción de Gas de Coquería y Gas de Alto Horno.
- Los productos No Energéticos de las coquerías son principalmente alquitrán y algunas sustancias químicas de valor comercial.

Una parte sustancial del coque producido por la coquería alimenta el alto horno y por lo tanto debe ser deducido de la producción ya que es un reciclaje interno en el mismo centro de transformación.

CARBONERAS

Esencialmente se trata de un horno donde se efectúa la combustión parcial de la leña, produciéndose carbón vegetal, productos no volátiles y volátiles, y que generalmente estos últimos no son aprovechados. Debe observarse que la madera, en la forma de carbón vegetal, tiene un poder calorífico mayor.

Transformación de leña en Carboneras

El siguiente cálculo se lo debe aplicar solamente en caso de que en el país no exista contabilidad respecto a la cantidad de leña destinada a la producción de carbón; entonces se tiene que:

$$\text{Transformación} = \text{Producción de Carbón Vegetal} / \text{Eficiencia promedio (4)}$$

La eficiencia está expresada como número adimensional cuando tanto la leña como el carbón se expresan en calorías, de otro modo debe darse en toneladas de leña por tonelada de carbón.

La eficiencia media para un país se obtiene por procedimientos de medida en hornos de diferente tamaño. El tamaño de la muestra requerida no es muy grande, dependiendo de las variedades de leña que intervienen y de las tecnologías de hornos que se emplean. Estos suelen ser muy primitivos: la leña se apila y se cubre con ramas, se enciende y se deja quemar varios días hasta obtener carbón.

La eficiencia de un horno tan primitivo está alrededor de 20 a 35% dependiendo del tamaño, la calidad de la leña y las condiciones atmosféricas. Una referencia grosera que puede tomarse cuando todo es desconocido es $1/4=25\%$ calorías de carbón por caloría de leña.

Producción de carbón vegetal en carboneras

Aquí se debe considerar la producción total de carbón de leña, que se toma generalmente como:

$$\text{Producción} = \text{Consumo final} - \text{Importación} + \text{Exportación} \quad \text{Ecuación (5)}$$

DESTILERÍAS

Son centros donde principalmente el jugo de la caña de azúcar es tratado para producir etanol. Asimismo incluye las destilerías de alcohol que procesan otras materias primas como remolacha, mandioca u otros productos de alto contenido de almidón o celulosa.

Para la producción de etanol se utiliza una solución azucarada denominada mosto a la cual luego de un tratamiento químico y térmico de intensidad variable, se le agregan fermentos o levaduras que convierten el azúcar en alcohol.

Después de este proceso se debe separar el etanol de la masa fermentada, mediante la destilación. Previamente a este paso, se retira de la masa fermentada las partículas orgánicas o minerales de la fase líquida, a través de un tanque de decantación o mediante la utilización de diversos aditivos que favorecen la precipitación.

En la destilación, además del alcohol se obtiene vinaza, un líquido con alta carga orgánica que se produce en una proporción de 12 a 13 veces mayor a la del etanol, cuyo vertimiento en aguas naturales puede generar una alta contaminación.

En la figura 17 se indica el proceso de obtención de etanol.

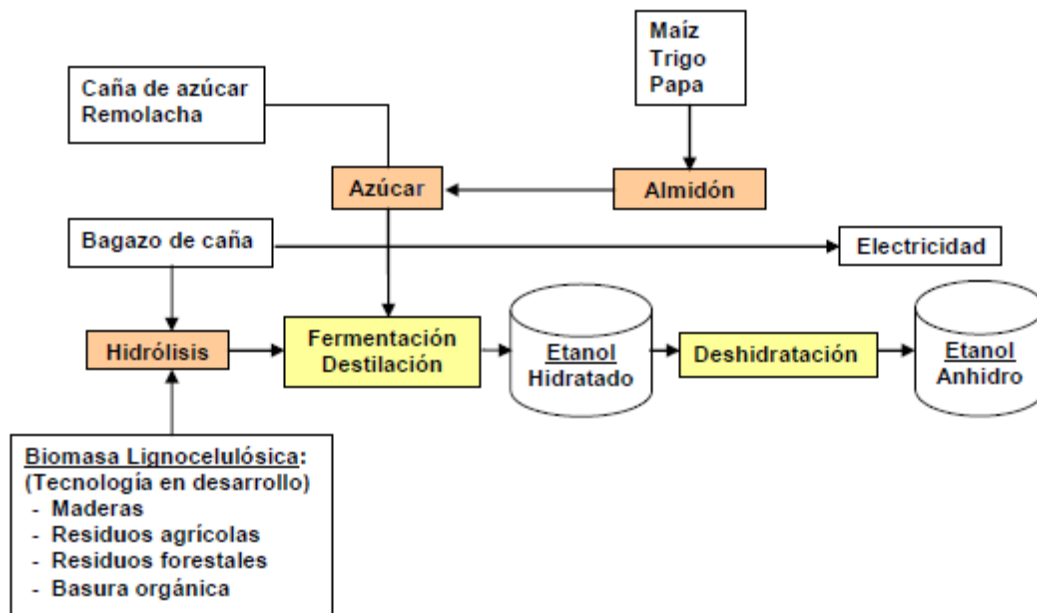


Figura 17. Proceso de obtención del etanol

Fuente: OLADE

Plantas de biodiesel

Son centros donde se produce biodiesel, el cual se obtiene mediante la transesterificación de los aceites vegetales, grasas animales y aceites reciclados, el cual consiste en reemplazar el glicerol por un alcohol simple, como el metanol o el etanol, de forma que se produzcan ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos.

En la figura 18 se indica el proceso de producción de biodiesel.

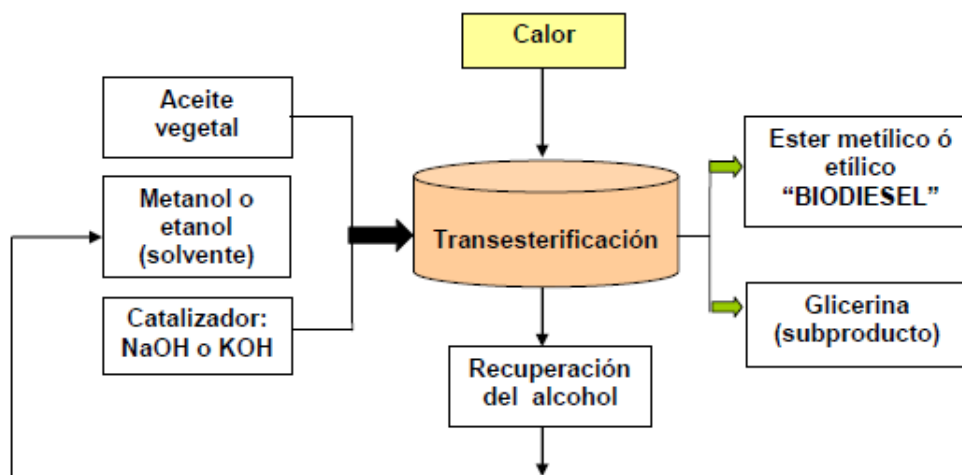


Figura 18. Proceso de obtención del biodiesel

Fuente: OLADE

OTROS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Estos pueden ser los digestores anaerobios (biodigestores), rellenos sanitarios, etc., en los cuales entran residuos agrícolas, pecuarios, forestales, agroindustriales y urbanos y aquellos de plantas energéticas, o cualquier otro centro de transformación que se presenta en el balance del país y que no se encuentra entre los anteriores.

- a) Biodigestores.- Son depósitos completamente cerrados, donde los residuos que ingresan se fermentan sin aire para producir metano (biogás) y un líquido espeso que sirve como abono y como alimento para animales. Un ejemplo típico de insumo a biodigestores, es el estiércol de vaca que se fermenta para producir biogás
- b) Rellenos Sanitarios.- Son depósitos de residuos sólidos, donde con el transcurso del tiempo se dan reacciones anaeróbicas, produciendo gases especialmente metano. Se puede incluir en este grupo, las tecnologías de transformación de otras fuentes primarias renovables

d.3.1.3.3 Consumo final energético

La OLADE señala que es toda la energía que se entrega a los sectores de consumo, para su aprovechamiento como energía útil, como electricidad y calor. Se excluye de este concepto, las fuentes utilizadas como insumo o materia prima para producir otros productos energéticos ya que esto corresponde a la actividad “transformación”. Los sectores de consumo final, se han clasificado de acuerdo a la división clásica de los sectores económicos y a la clasificación de la CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) revisión 3. Adicionalmente se considera el sector residencial, que no corresponde a una actividad económica.

Sector agropecuario, pesca y silvicultura (CIIU división 01 02)

Corresponde a las actividades primarias de la economía:

Sector agropecuario (CIIU división 01)

Corresponde a actividades propias del campo, del sector agrícola y ganadero, como labranza, siembra, cosecha, secado de granos, cría de ganado, sacrificio, trasquilado de ovejas, etc. No se considerará a las actividades agroindustriales, las cuales se deberán incluir dentro del sector industrial. Cuando resulta difícil separar agricultura de agroindustria, el método CIIU supone que el establecimiento es clasificado según el grupo que corresponde al grueso de sus actividades. La mejor recomendación es adoptar la regla seguida por la oficina encargada de elaborar las cuentas nacionales. Las fuentes energéticas mayormente utilizadas por este sector son:

- La leña, bagazo y otros residuos vegetales para producir calor, por ejemplo en actividades de destilación.
- Consumo final de electricidad en actividades de riego de cultivos, extracción de agua con bombas, fuerza mecánica para procesos agrícolas.

Nota:

Es muy común que la electricidad consumida sea autoproducida a partir de energía hidráulica o diesel oil. No olvide colocar las cantidades correspondientes en el sector transformación.

- Consumo de diesel en tractores y maquinaria agrícola, se puede estimar con la fórmula:

$$Cf = N * c * h \quad \text{Ecuación (6)}$$

Dónde: Cf = Consumo final N= número de tractores c= consumo específico en litros/hora, h= horas/año que el tractor trabaja y que puede depender del tipo de cultivo.

- Consumo de diesel para accionamiento de bombas diesel y para secado de granos. Para obtener el consumo puede necesitarse de una encuesta.
- Energía solar, utilizada sobre todo para secado de granos, una forma de evaluarla es por medio de la humedad extraída.

Puede existir en cada país una actividad no enumerada. Se debe examinar el caso particular cuidadosamente.

Sector pesca (CIU división 01)

Corresponde al consumo energético de las actividades pesqueras exclusivamente. No se considerará a las actividades industriales pesqueras, las cuales se deberán incluir dentro del sector industrial.

Las fuentes energéticas mayormente utilizadas por este sector son:

Consumo de diesel y fuel oil en embarcaciones pesqueras, en países de gran desarrollo pesquero puede ser un consumo importante.

Sector silvicultura (CIU división 02)

Corresponde a las actividades referentes al cultivo de los bosques. No se considerará a las actividades madereras industriales, las cuales se deberán incluir dentro del sector industrial. Las fuentes energéticas mayormente utilizadas por este sector son:

- Consumo de diesel en tractores y maquinaria agrícola.

- Consumo final de electricidad en actividades de riego de cultivos, extracción de agua con bombas, fuerza mecánica para procesos agrícolas.

Nota:

Es muy común que la electricidad consumida sea autoproducida a partir de energía hidráulica o diesel oil. No olvide colocar las cantidades correspondientes en el sector transformación.

- Consumo de diesel para accionamiento de bombas diesel y para secado de maderas. Para obtener el consumo puede necesitarse de una encuesta.

Sector minas y canteras (CIU división 10 a 14)

El consumo final de este sector está constituido por cualquier fuente energética empleada en los procesos de explotación dentro de la actividad minera y de extracción de materiales pétreos. Se excluyen las actividades de explotación de petróleo, gas natural y carbón mineral, por pertenecer al sector energético. Las fuentes energéticas mayormente utilizadas son:

- Carbón mineral utilizado para fusión.
- Diesel utilizado en calderas, fusión y accionamiento de motores de combustión interna.
- Electricidad para producción de fuerza mecánica para procesos mineros e iluminación.

Nota:

Es muy común que la electricidad consumida sea autoproducida a partir de energía hidráulica o diesel oil. No olvide colocar las cantidades correspondientes en el sector transformación.

Sector industrial manufacturero (CIU división 15 a 37)

El consumo final de este sector está constituido por cualquier fuente energética empleada en los procesos que se llevan a cabo para transformar materias primas en productos finales. Se excluyen las industrias cuyos productos finales sean fuentes de energía, puesto que corresponderían al sector energético.

El sector industrial dada su diversidad de producción prácticamente utiliza todo tipo de fuentes energéticas, tanto primarias (gas natural, carbón mineral, leña, bagazo, residuos vegetales), como secundarias (electricidad, derivados de petróleo y gas natural, carbón vegetal, gas de alto horno y coques).

La determinación del consumo industrial de varias fuentes a veces trae ciertas complicaciones. Por ejemplo, es un hecho común que ciertas industrias como la de bebidas distribuyan sus productos utilizando su propio parque vehicular que requiere de combustibles. Sin embargo, ese consumo pertenece al sector transporte y no al de la industria.

Así mismo, es frecuente la confusión al hacer la distinción entre industria y agricultura, el criterio recomendado para resolver los casos dudosos es considerar como agrícola la actividad de labrado de tierra, cultivo y cosecha, mientras que el procesamiento de la materia cosechada corresponde a la actividad industrial.

Las aplicaciones energéticas en el sector industrial son: como fuente térmica (en hornos, calderas y quemadores), como fuerza motriz (accionamiento de molinos, bombas, bandas transportadoras, iluminación, operación de vehículos especiales) y para autogeneración de electricidad. Únicamente se debe considerar los consumos destinados a las dos primeras aplicaciones, pues las cantidades destinadas para autoproducción ya se han considerado en el módulo de transformación.

Para obtener el consumo de las fuentes energéticas se debe partir de los registros de compra de cada una de ellas, sin embargo, en algunos casos puede requerirse realizar cálculos e incluso encuestas para determinar a qué sector pertenece el consumo. Tal es el caso de la utilización de diesel o fuel oil para producción conjunta tanto de calor para procesos, como para autogeneración eléctrica (cogeneración).

Puede presentarse dificultad para el cálculo del consumo de leña en el sector industrial artesanal, ya que por lo general está información no es registrada. En este caso se puede recurrir a una encuesta o estimación.

A continuación se describen varias consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de calcular el consumo del sector industrial:

El consumo final de electricidad en la industria debe considerar tanto la electricidad comprada como la autoproducida.

- El consumo de gas natural y GLP para cocción de alimentos en restaurantes y panaderías dentro de los establecimientos industriales, no se recomienda sean separados del consumo industrial para ser presentados como consumo del sector comercial y servicios, pues estas actividades se hallan integradas a las industrias y no se clasifican como restaurantes en el CIIU.

- El consumo de las fuentes utilizadas con un fin diferente al de un uso energético, como es el caso de la utilización en actividades de limpieza o como materia prima para la elaboración de un bien no energético, debe ser restada del consumo total de esta fuente y registrada como un consumo no energético. Es frecuente el uso de pequeñas cantidades de kerosene como producto

de limpieza. El empleo de carbón vegetal para la producción de dióxido de carbono, es otro ejemplo de consumo no energético.

- El consumo de coque de un alto horno de una planta siderúrgica integrada no se considera consumo final sino transformación hacia la coquería en la oferta del balance.

Sector de la construcción (CIU división 45)

El sector construcción comprende entre otras las siguientes actividades:

- a) Nuevos edificios y remodelación de edificios antiguos;
- b) Nuevos establecimientos industriales;
- c) Obras civiles, tales como puentes, represas, túneles, etc.;
- d) Nuevas carreteras y mantenimiento del sistema carretero existente.

El diesel oil es el principal combustible utilizado en el sector construcción principalmente para la maquinaria que elabora el hormigón para edificios y obras públicas y el combustible utilizado por la maquinaria pesada de carreteras. Si no se consigue la información respectiva de las ventas de distribuidores, se tiene que realizar una encuesta.

Sector de la construcción (CIU división 60 a 62)

Corresponde a la movilidad de pasajeros y carga en vehículos. El consumo final del sector transporte es la cantidad total de combustible requerido para mover dichos vehículos. Los modos de transporte pueden ser: a) Carretero, b) Ferroviario, c) Aéreo, d) Fluvial, y e) Marítimo.

¿Cuáles son esos vehículos?, aquéllos que se abastecen de combustible y lo consumen dentro de las fronteras del país. Se excluyen los barcos y aeronaves, que se abastecen de combustible para viajes internacionales, puesto que estos consumos se los registra en la actividad “Bunker”.

Dentro del consumo del sector transporte se debe excluir el consumo de vehículos especiales como grúas, tractores, equipo caminero, hormigoneras, autotanques y otros. Los consumos se deberán registrar dentro del sector al que pertenezcan estos vehículos especiales. Por ejemplo, el combustible utilizado por un montacarga de una determinada fábrica, deberá ser registrado como consumo del sector Industrial.

De igual manera, los consumos de electricidad en edificios e instalaciones de las compañías de transporte no se deben considerar como un consumo del sector transporte. Este consumo debe ser registrado dentro del sector comercial.

Los combustibles mayormente utilizados dentro de este sector son:

- Gasolina automotriz, utilizada por vehículos automotores y embarcaciones fluviales.

- Gasolina de aviación utilizada en aeronaves.
- Etanol consumido por el transporte automotor, ya sea puro o mezclado con gasolina.
- Biodiesel consumido por los automotores, ya sea puro o en mezcla con diesel oil.
- Gas natural vehicular comprimido.
- Gas licuado de petróleo.
- Diesel Oil utilizado por: ferrocarriles, embarcaciones fluviales, buques marítimos, vehículos carreteros (camiones y algunos vehículos livianos). La información proviene de distribuidoras, puertos y empresas ferroviarias y navieras.
- Carbón mineral utilizado como combustible en Ferrocarriles y Barcos. La información proviene del registro de las empresas ferroviarias y navieras.
- Jet Fuel consumido por aeronaves. La información sobre consumo proviene de las empresas suministradoras del producto en los aeropuertos.
- Fuel oil consumido por grandes buques de vapor de transporte marítimo. La información sobre consumo proviene de los puertos o de las empresas marítimas.
- Electricidad consumida por trenes eléctricos (elevados o subterráneos), tranvías, trolebuses eléctricos.

En ciertos casos los trenes pueden estar equipados con una central eléctrica a bordo, la cual es alimentada con algún combustible como carbón o diesel. A pesar de que podría considerarse como un autoproducer, se recomienda declarar el consumo de combustible para el sector transporte.

Un procedimiento habitual para determinar el consumo de gasolina automotriz es suponer que la totalidad de gasolina suministrada por las estaciones de servicio va al transporte automotor, sin embargo, este procedimiento no es recomendable ya que otros consumos que también podrían provenir de esas estaciones, corresponden al sector residencial (cocción) en áreas rurales y urbanas marginales, y al agropecuario.

La distribución del diesel por sectores es uno de los aspectos más difíciles en la construcción de balances energéticos, debido a que se consume prácticamente en todos los sectores. Las ventas de las estaciones de servicio son generalmente mayores que el consumo del transporte carretero puesto que los tractores y la maquinaria de construcción se abastecen de combustible. Allí también puede haber pequeñas industrias que hagan sus compras en las estaciones de servicio. De todos modos el conocimiento de las ventas de las estaciones es un primer paso.

Para determinar el consumo de diesel de una categoría de vehículo, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$Cf = Ni * E (c) * E (L) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

Cf = consumo final

Ni = parque de vehículos de la categoría i,

c = consumo específico

L = kilometraje anual y

E = la esperanza matemática de dichos valores.

Si se aplica esta fórmula a todas las categorías de vehículos que presumiblemente cargan sus tanques en las estaciones, hay que asignar valores apropiados a c y L hasta que el consumo total calculado coincida con las ventas.

Sector comercial y servicios (CIIU división 41, 50 a 55,63 a 93)

Incluye toda actividad de comercialización de bienes y servicios, al por mayor y menor, privados y públicos; sin embargo se excluyen los servicios de distribución de fuentes de energía como electricidad, gas natural, GLP y otros combustibles, por pertenecer al sector energético.

Abarca también el sector de la defensa nacional y policía, instituciones financieras, hoteles y restaurantes, almacenamiento, aeropuertos y puertos marítimos, educación, salud, cultura, entretenimiento, etc.

Hay que tener cuidado de excluir el consumo de vehículos pertenecientes a establecimientos comerciales o de servicios, ya que este pertenece al sector transporte.

Las fuentes energéticas mayormente utilizadas en este sector a más de la electricidad son: carbón mineral, diesel oil, fuel oil, GLP, leña, carbón vegetal y energía solar; siendo casi exclusivo el uso en calderas para la producción de vapor y agua caliente (en hoteles, hospitales, clínicas, clubes y establecimientos sociales), y para cocción de alimentos (en restaurantes, panaderías, hoteles, clínicas y hospitales)

Para obtener la información apropiada sobre consumos de los combustibles comerciales, lo más conveniente es a través de las ventas de los distribuidores; a veces es necesario efectuar reclasificaciones de los registros de clientes, procedimiento que puede combinarse con algún tipo de encuestas o indagaciones.

La información sobre consumos de leña y carbón vegetal en este sector es prácticamente desconocida, siendo necesaria la realización de una encuesta exhaustiva para obtener estimaciones aceptables.

En lo que respecta al consumo de la energía solar, es exclusivamente para calentamiento de agua. La cantidad a ingresar aquí se calcula con la fórmula:

$$C_f = c * Q * (T_f - T_o) \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

C_f = Consumo final

c = Calor específico del agua (1 kcal/kg oC).

Q = cantidad anual de agua caliente producida,

T_f = temperatura final (promediada)

T_o = temperatura inicial (promediada).

La electricidad es la fuente energética más usada por este sector en numerosas aplicaciones como: cocción de alimentos, iluminación, refrigeración, calentamiento de agua, aplicaciones mecánicas, maquinaria electrónica, etc.

En general, el consumo de electricidad puede estimarse a partir de las ventas hechas por la compañía eléctrica a este sector.

Sector residencial

El consumo energético en este sector se destina a usos finales como: iluminación, cocción, calentamiento de agua, refrigeración, aire acondicionado, calefacción, fuerza electromotriz y ondas electromagnéticas.

En general, las fuentes energéticas más utilizadas en este sector son la leña para cocción y calefacción; y la electricidad en sus diversos usos. La información de consumo en este sector, para el caso de las fuentes comerciales, está disponible en las empresas proveedoras.

La leña, los residuos animales y el carbón vegetal pueden representar un consumo importante de este sector, en la mayor parte de los países en desarrollo. Es un consumo no comercial y por lo tanto no registrado, por lo que se debe recurrir a encuestas directas para obtener información.

Los derivados de petróleo más usados por el sector residencial son: GLP, gas natural, y kerosene. Por lo general las empresas proveedoras del producto acostumbran a llevar registro de sus ventas por tipo de consumidor.

Encuesta de Hogares: Es un procedimiento de recolección de datos capaz de proporcionar resultados muy confiables, sobre todo si se combina con las ventas de los distribuidores.

Nota: En ciertos países es posible que se use carbón mineral y siga un patrón no comercial; la gente lo recoge con pico y pala de las minas abiertas dispersas en todo el territorio. Se trata igual que la leña.

La energía solar es otra fuente utilizada por este sector, generalmente para calentamiento de agua. Para evaluarla, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$H = c * Q * (T_f - T_o) \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

H = Energía entregada por el sol

Q = cantidad de agua calentada en un año.

T_f = temperatura final (promediada)

T_o = temperatura inicial (promediada).

c = Calor específico del agua (1 kcal/kg°C).

d.3.1.3.4 Consumo final no energético

Es más una actividad que un sector, está definido por los consumos de fuentes energéticas como materia prima para la fabricación de bienes no energéticos y puede darse en cualquiera de los sectores socioeconómicos.

Se mencionan a continuación algunos ejemplos de consumo de fuentes primarias y secundarias en el sector no energético. Es tarea del usuario identificar los casos que se adapten a la situación de su país, sea que estén o no mencionados en este párrafo:

- Gas Natural para craqueo al vapor, turboexpander o fertilizantes
- Bagazo para tableros aglomerados o papel
- Desechos Animales como fertilizante y Desechos Vegetales como alimento de ganado
- Gasolina para limpieza o (nafta) para reformación o craqueo al vapor en industria petroquímica
- Kerosene para limpieza
- Carbón Vegetal para anhídrido carbónico

Nota:

Los consumos de todos los productos no energéticos, tales como asfalto para construcción, lubricantes para máquinas, aditivos, solventes etc., se deberán registrar totalizados dentro del balance en el sector de “no energético”.

d.3.1.3.5 Consumo propio

El consumo propio es la cantidad de energía primaria y secundaria que el propio sector energético utiliza para su funcionamiento. El consumo propio es exclusivamente de electricidad y combustibles.

Es importante distinguir “consumo propio” de “transformación” y “reciclo”; ya que mientras estos dos últimos son materia prima que se transforma en una nueva fuente de energía, el consumo propio es transformado en energía final útil como calor, fuerza mecánica, iluminación, etc.

Ejemplo:

El fuel oil quemado para calentar el horno de crudo de una refinería es “consumo propio”; el fuel oil que se mezcla con la corriente de petróleo y se carga a la refinería es “reciclo” y el fuel oil que se quema para producir electricidad es “transformación”.

Cabe aclarar que el consumo propio es el aprovechamiento de las fuentes consumidas como energía final en una instalación energética, sean o no dichas fuentes producidas por la misma instalación; por ejemplo, la electricidad pública consumida en una refinería. Para facilitar el registro de los consumos propio, se ha dividido esta actividad en tres sub-actividades:

- 1) Consumo propio del sector eléctrico
- 2) Consumo propio del sector hidrocarburos
- 3) Consumo propio de otros sectores

Consumo propio del sector eléctrico

Es la energía final consumida en las diferentes actividades del sector eléctrico como: generación (pública), transporte y distribución de electricidad.

El consumo propio de electricidad incluye la iluminación de las instalaciones y oficinas del sector eléctrico, consumo de equipos de medida y tableros de control, equipos de comunicación, herramientas eléctricas, etc.

El consumo propio de combustibles se da por lo general para mover maquinaria especial como grúas para postes, monta cargas, etc.

Consumo propio del sector de hidrocarburos

Son la electricidad y los combustibles utilizados por el mismo sector petrolero en alguna de sus etapas, tales como:

- La explotación de petróleo y gas asociado en los yacimientos de petróleo
- La explotación de gas libre en los campos de gas
- Las refinerías, donde se procesa el crudo y se transforma en derivados
- El transporte de crudo, gas y derivados a través de oleoductos, gasoductos y poliductos
- Distribución y comercialización de combustibles
- Iluminación de oficinas y otros establecimientos del sector petrolero
- Grúas, montacargas y otra maquinaria especializada del sector.

Nota:

Un caso generalmente informado como consumo propio por parte de las compañías petroleras es el consumo de gasolina y diesel para su parque vehicular, aéreo o marítimo. Estrictamente, esto no se debe considerar consumo propio sino consumo final del sector transporte.

Consumo propio de otros sectores

Es la cantidad de electricidad y combustibles consumidos como energía final en el sector de carbón mineral y otros del área energética, como por ejemplo:

- Maquinarias para la extracción de carbón mineral
- Iluminación de minas de carbón mineral
- Energía final consumida en coquerías y altos hornos
- Energía final consumida por destilerías de etanol y plantas de biodiesel

d.3.1.3.6 Pérdidas

Es la cantidad de fuentes de energía que se pierde por diferentes razones, en su paso por la cadena energética, desde su origen hasta el consumo final.

Ocurren pérdidas en extracción, almacenamiento, transformación, transporte y distribución. Sin embargo, para efecto del balance energético no se consideran las pérdidas de extracción, porque generalmente ya están descontadas del valor de producción, ni tampoco las de transformación, debido a que forman parte de la eficiencia total de estos centros, por lo tanto solamente se contabilizan las pérdidas de almacenamiento, transporte y distribución.

No se debe confundir pérdidas con energía no aprovechada, pues mientras este último podría aprovecharse completamente si se dieran las condiciones, las primeras son eventos inevitables o accidentales.

Solamente se debe hablar de pérdidas de electricidad y de fuentes de energía tangibles.

Pérdidas en almacenamiento

Aplica para fuentes líquidas, sólidas y gaseosas; y se dan por derrames o fugas accidentales en los reservorios, por evaporación de líquidos y por acción del viento en las pilas de almacenamiento de fuentes sólidas como el carbón mineral. Es muy importante, saber distinguir las pérdidas en almacenamiento de las variaciones de inventario.

Pérdidas en transporte

Corresponde a derrames o fugas en ductos, evaporación de líquidos en vehículos cisterna y en el caso de la electricidad, a la energía perdida en las líneas de transmisión a causa de la resistencia eléctrica de las mismas.

Las pérdidas en transporte se calculan por diferencias de medida a la entrada y a la salida del sistema transportador.

Pérdidas en distribución

En el caso de líquidos y gases, las pérdidas corresponden a derrames fugas, evaporaciones y otros eventos similares en los sistemas de distribución. En el caso de la electricidad, se deben principalmente a la resistencia de los conductores eléctricos, aunque pueden existir también otras causas, por lo que se divide a las pérdidas de distribución eléctrica en dos tipos: a) pérdidas técnicas y b) pérdidas no técnicas.

- a) Pérdidas técnicas en distribución de electricidad.-Son aquellas pérdidas que se producen en las redes primarias o secundarias del sistema de distribución (pérdidas resistivas en los conductores), así como también en los transformadores (pérdidas en el núcleo: Histéresis y corrientes de Foucault). Este tipo de pérdidas son inevitables, debido a que ningún proceso es 100% eficiente, pero pueden ser reducidas
- b) Pérdidas no técnicas en distribución de electricidad.- Son aquellas pérdidas que se producen por deficiencias ocasionadas tanto en la medición como en la facturación o por robos de energía eléctrica (conexiones clandestinas).

Este tipo de pérdidas son evitables, su reducción permite mejorar los ingresos de las empresas eléctricas.

En general las pérdidas en distribución se calculan por diferencia entre lo despachado al sistema de distribución y lo facturado al consumidor final.

d.3.1.4 Cuentas del balance energético OLADE

Se refiere a las cuentas parciales y totales por columnas y filas que se realizan en la matriz del balance energético.

El formato de presentación del balance energético con sus respectivos cálculos de totales y subtotales, puede ser muy variado dependiendo del nivel de detalle de la información y de las necesidades de análisis de cada país.

Como referencia se presenta a continuación dos formatos de presentación del balance energético en términos de energía final: primero, el utilizado actualmente por OLADE en sus sistemas de información SIEE y SIEN; y segundo, el que utiliza la Agencia Internacional de Energía – AIE.

En la matriz del balance energético que utiliza actualmente OLADE, las filas corresponden a las actividades de la cadena energética y las columnas a las diferentes fuentes de energía, tanto primarias como secundarias. Las fuentes energéticas están agrupadas de acuerdo a lo enunciado anteriormente.

CUENTAS CON ACTIVIDADES (FILAS)

Producción secundaria

En el formato de OLADE, la producción de las fuentes primarias y la producción de las fuentes secundarias aparecen en la misma fila del balance, con la diferencia que mientras la producción de las primarias es un dato, la producción de las secundarias es un total que se calcula sumando para cada fuente todas las salidas de centros de transformación (valores positivos).

Oferta interna

Es la cantidad de cada fuente disponible para el uso interno, ya sea como insumo a transformación, consumo propio del sector energético o para consumo final. Parte de este rubro cubre también las pérdidas que se dan en las diferentes etapas de la cadena energética (tabla 1).

La oferta total interna se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$OT = PP + IM - EX + VI - NA - BK + TR \quad \text{Ecuación (10)}$$

Dónde:

OT = Total oferta interna

PP = Producción (solo fuentes primarias)

IM = Importación

EX = Exportación

VI = Variación de inventario

NA = No aprovechado

BK = Bunker

TR = Transferencias

Tabla 1. Signos de los datos de oferta formato OLADE

Actividad	Signo desplegado en el balance
Producción (PP)	Positivo
Importación (IM)	Positivo
Exportación (EX)	Positivo
Variación de inventarios (VI)	Positivo o negativo
No aprovechado (NA)	Negativo
Bunkers (BK)	Negativo
Transferencias (TR)	Positivo o negativo
Total oferta interna	PP + IM – EX + VI – NA – BK + TR

Fuente: SIEN-OLADE

TRANSFORMACIÓN TOTAL

Es la suma de los insumos a transformación. La convención de signos para el despliegue en el balance se observa en la tabla 2

Tabla 2. Signos de los datos de transformación formato OLADE

Actividad	Signo desplegado en el balance
Insumo a transformación	Negativo
Producto de transformación	Positivo
Transformación total	Suma de los valores (negativo)

Fuente: SIEE-OLADE

CONSUMO FINAL ENERGÉTICO

Se refiere a la cantidad total de fuentes primarias y secundarias utilizadas por los sectores de consumo final anteriormente mencionados.

Consumo final total

Es la suma del consumo final energético más el consumo final no energético. El despliegue en el balance de los datos de consumo, se lo hace siempre con signos positivos.

Consumo aparente

Esta cuenta no aparece de manera explícita en el balance, sin embargo representa la cantidad de fuente energética que aparentemente es requerida para cubrir las necesidades internas del país o región de análisis. Se calcula sumando el consumo final, el consumo propio, las pérdidas y restando el total que ingresa a transformación. El consumo aparente también se conoce como demanda total.

$$CA = CF + CP + PE - TT \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

CA = Consumo aparente

CF = Consumo final total

CP = Consumo propio del sector energético

PE = Pérdidas

TT = Transformación total (siempre tiene signo negativo)

Ajuste estadístico

En un balance energético ideal, debería darse la siguiente relación de equilibrio:

$$\text{Oferta interna} = \text{Consumo aparente}$$

Sin embargo, en la práctica, existen muchas razones por las que las dos cuentas no cuadran exactamente, como son la acumulación de errores en las mediciones, aproximaciones en la conversión de unidades, datos incompletos, etc.

La diferencia entre la oferta total y el consumo aparente, toma el nombre de “Ajuste Estadístico” que puede tener signo positivo o negativo dependiendo de cuál de las cuentas tiene un valor mayor. Se puede enunciar entonces la siguiente relación:

$$\text{Oferta interna} = \text{Consumo aparente} + \text{Ajuste estadístico} \quad \text{Ecuación (12)}$$

El ajuste estadístico constituye también uno de los parámetros para medir el grado de precisión y calidad de los datos del balance energético. Aunque es difícil generalizar, ya que para cada fuente se presentan diferentes dificultades en la recolección de datos, se podría tomar como

criterio que el valor absoluto del ajuste estadístico, no debería sobrepasar el 5% del valor de la oferta total.

Cuentas con fuentes de energía (columnas)

Es necesario primero recalcar que para que en un balance energético se puedan calcular acumulados con diferentes fuentes de energía, todos los datos del balance deben estar en una unidad calórica común.

Las cuentas por filas en el caso del formato de OLADE, son en su mayoría las sumas algebraicas de cada uno de los grupos de energéticos del balance expresado en una unidad calórica común, existiendo ciertas excepciones que dependen de los tipos de actividades como se explica a continuación.

En actividades de oferta

En la región de actividades de oferta, los totales de las fuentes primarias, secundarias y total energía son sumas algebraicas de los valores de cada fila para todas las actividades de este tipo, excepto para la producción, donde el total de producción de energía corresponde solamente al total de energías primarias y no toma en cuenta las secundarias. El total de oferta interna de energía (OT) ubicada en el cruce de la columna “Total” y la fila “Oferta total” se calcula aplicando la fórmula de cálculo para este rubro en dicha columna, es decir:

$$OT = PP + IM - EX + VI - NA - BK + TR \quad \text{Ecuación (13)}$$

Dónde:

PP = Total producción

IM = Total importación

EX = Total exportación

VI = Total variación de inventarios (puede ser positivo o negativo)

NA = Total no aprovechado

BK = Total bunkers

TR = Total transferencias

En actividades de transformación

El total de energía primaria en este tipo de actividades, se obtiene mediante la suma simple de todas las fuentes de este grupo, mientras que el total de energía secundaria considera la suma solamente de los valores positivos de las fuentes secundarias, es decir los productos de transformación.

Las celdas del cruce entre la columna “Total” y las filas correspondientes a las actividades de transformación se calculan sumando algebraicamente todos los productos y todos los insumos a transformación con su respectivo signo. Estos valores deben resultar siempre menores o iguales a cero, ya que un valor positivo implica una eficiencia de transformación mayor que la unidad.

En pérdidas, consumo propio y actividades de consumo final

Para estas filas, los totales o acumulados por fuentes, son las sumas algebraicas de los valores de cada grupo de energéticos. En la Tabla 3, se muestra la estructura de la matriz del balance energético utilizado por OLADE en sus sistemas de información, con las respectivas fórmulas para calcular las cuentas por filas y por columnas.

Tabla 3. Estructura y cuentas del balance energético en formato OLADE

	FUENTES PRIMARIAS					Total primarias	FUENTES SECUNDARIAS					Total secundarias	Total
Producción (PP)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Total primarias
Importación (IM)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias +
Exportación (EX)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias +
Variación de inventarios (VI)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias ±
No aprovechado (NA)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias +
Bunkers (BK)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias +
Transferencia (TR)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias ±
Oferta Interna (OT)	$PP+IM-EX+VI-NA-BK+TR$												
Actividades de transformación						Suma de primarias						Suma de valores positivos fuentes secundarias (productos)	Productos -insumos
						Suma de primarias							Productos -insumos
						Suma de primarias							Productos -insumos
						Suma de primarias							Productos -insumos
						Suma de primarias							Productos -insumos
Total de Transformación (TT)	Suma valores negativos de actividades de transformación										Suma de secundarias	Productos -insumos	
Consumo propio (CP)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias +
Pérdidas (PE)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias +
Ajustes (AJ)						Suma de primarias						Suma de secundarias	Primarias secundarias ±

Hay que añadir que en el formato AIE del balance, no se aplica el concepto de “no aprovechado” ya que se supone que este valor es previamente descontado del dato de producción.

Consumo final total (Total final consumption – TFC)

Este total se ubica en la primera fila del bloque de consumo final y corresponde a la suma de todos los consumos finales en los diferentes sectores, como industrial, transporte, residencial, comercial etc, incluyendo el consumo no energético.

Transformación total

En el bloque de las actividades de transformación, al igual que en el formato del balance de OLADE, los insumos llevan signo negativo y los productos signo positivo. Si bien no aparece en el balance con formato AIE una fila específica para la total transformación, para efecto del ajuste estadístico se lo calcula como la suma algebraica de los datos de este bloque.

A diferencia del formato OLADE donde las transferencias están en el bloque de actividades de oferta y el consumo propio y las pérdidas son filas independientes, en el formato AIE estos rubros están junto a las actividades de transformación.

Es necesario indicar también que el consumo propio y las pérdidas se expresan con signo negativo en el balance.

Diferencias estadísticas (statistical differences)

Corresponde al rubro que en el balance en formato OLADE se lo expresa como “Ajuste”, solo que de signo contrario; en el formato OLADE el ajuste se lo calcula restando la demanda de la oferta, mientras que en el formato AIE las diferencias estadísticas (SD) se obtienen restando la oferta de la demanda, de la siguiente manera:

$$SD = TFC - TT - TR - CP - PE - TPES \quad \text{Ecuación (14)}$$

Dónde:

TFC = Consumo final total

TT = Suma algebraica del bloque de las actividades de transformación.

TR = Transferencias

CP = Consumo propio

PE = Pérdidas

TPES = Oferta total de energía primaria

Cuentas con fuentes de energía en formato AIE (columnas)

El único acumulado de fuentes de energía que aparece en este formato de balance es la columna “Total”, que es siempre la suma algebraica de los valores de cada fila, estando dichos valores en una unidad calórica común.

Tabla 4. Estructura y cuentas del balance energético en formato AIE

	Productos primarios y secundarios	Total
Producción (PP)	Valores positivos (solo en fuentes primarias)	Suma algebraica
Importación (IM)	Valores positivos	Suma algebraica
Exportación (EX)	Valores negativos	Suma algebraica
Bunkers (BK)	Valores negativos	Suma algebraica
Variación de inventarios (VI)	Valores positivos y negativos	Suma algebraica
Oferta total de energía primaria (TPES)	PP+IM+EX+BK+VI (suma algebraica)	Suma algebraica
Transferencia (TR)	Valores positivos y negativos	Suma algebraica
Diferencias estadísticas	TFC-TT-TR-CP-PE-TPES	Suma algebraica
Actividades de transformación (TT)	Valores positivos y negativos	Suma algebraica
Consumo propio (CP)	Valores negativos	Suma algebraica
Pérdidas (PE)	Valores negativos	Suma algebraica
Consumo final total (TFC)	Suma sectores de consumo final energético y no energético	Suma algebraica
Sectores de consumo final	Valores positivos	Suma algebraica
Consumo no energético	Valores positivos	Suma algebraica
Electricidad generada por fuente	Valores positivos	Suma algebraica
Calor generado por fuente	Valores positivos	Suma algebraica

Fuente: OLADE

d.4. METODOLOGÍA DE LA ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA PARA ELABORAR PROSPECTIVAS ENERGÉTICAS

d.4.1 Escenarios en planificación o prospectiva energética.

La introducción y uso de escenarios en planificación se generaliza a partir de la definición de políticas públicas en materia de cambio climático y de eficiencia energética (Ghanadan y Koomey 2005). Tiene su origen en su empleo en Dirección Estratégica, en la que han sido utilizados desde los 60's.

En las áreas de energía y de cambio climático, el uso de escenarios por parte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) ocupó un rol sustantivo en los debates sobre las políticas a ser adoptadas. También destacaron el uso de escenarios estudios realizados por el Consejo Mundial de la Energía (CME-WEC), Inter-laboratory Working Group de los EE.UU y estudios similares de Australia.

La evolución o comportamiento que se atribuya como hipótesis a las diferentes variables, puede dar como resultado escenarios de continuidad, de ruptura o evolutivos

De acuerdo a la OLADE se considera “escenarios de continuidad” los que se pueden construir mediante una proyección razonable de las tendencias del presente. En ellos pueden existir ciertas discontinuidades, pero que no llegan a conmover variables significativas. Un escenario de continuidad no asegura la viabilidad. En estos escenarios, la propia pretensión de continuidad conlleva, más tarde o más temprano, alguna clase de ruptura.

El “escenario de ruptura” es aquel que asume una discontinuidad en una o más de las variables significativas. No siempre la ruptura es un concepto negativo. Un eventual descubrimiento de hidrocarburos en un país no productor nunca sería considerado una mala noticia. Puede a mediano plazo modificar variables importantes, como la participación de energía importada en la oferta, y producir un abaratamiento del costo energético medio de ese país. También puede significar el abandono de políticas o proyectos de energía renovable, en perjuicio de los cuidados ambientales.

Por otra parte, las nociones de continuidad o ruptura también son cambiantes. De acuerdo a Denes Martos: “un escenario ni siquiera tiene por qué ser "creíble" o "probable" porque los constantes procesos de cambio operan muy fuertemente sobre lo que en un momento dado se considera creíble o probable.”

Asimismo, sin llegar a considerarse como “de ruptura”, algunas perspectivas sustentadas sobre desempeños históricamente atípicos, pueden perfilar escenarios destacados para la proyección de las variables relevantes en la planificación energética de ALC. Los llamamos “escenarios evolutivos”.

d.4.2 Prospectiva

De acuerdo con la OLADE, en un contexto real donde predominan las condiciones de incertidumbre carece de sentido hablar de “previsión” o de “predicción”, ya que resulta imposible anticipar lo que habrá de ocurrir, por contraposición, es en estos casos que cobra sentido hablar de análisis prospectivo, entendiendo por tal operación realizar una exploración de los futuros posibles.

Los elementos necesarios para llevar a cabo la prospectiva, empiezan por la descripción de la demanda de energía, luego de la oferta y los recursos, describiendo además los principales aspectos tecnológicos y culminando con la descripción de aspectos vinculados con la prospectiva de inversiones.

En lo que se refiere a la prospectiva de la demanda, es necesario describir el tipo de información requerida para elaborarla (ya sea basándose en información limitada a balances energéticos o en la resultante de estudios de campo que relevan consumos en términos de fuentes y usos). Por su parte en la oferta, se requiere de diversos enfoques que permiten determinar el abastecimiento futuro para satisfacer la demanda, utilizando para ello modelos de simulación y/o de optimización, planteando además las debilidades y fortalezas de cada enfoque. Luego se deben analizar y describir las principales técnicas utilizadas para estimar los recursos y las reservas de los diferentes energéticos y se evalúa cómo los cambios en la tecnología considerados dentro de un plan energético, afectan a la demanda y la oferta. Por último, se describen los principales criterios a tener en cuenta en la elaboración de un plan de inversiones referido a un plan energético.

d.4.4 Caracterización de la prospectiva y la previsión

La prospectiva es una herramienta que permite reducir el grado de incertidumbre en los procesos de decisión. Para ello se debe analizar las principales ventajas y limitaciones que presentan los métodos y modelos empleados en la prospectiva energética tanto en el ámbito de la demanda o de los requerimientos de energía como el plano del abastecimiento, proponiéndose la

adopción de una actitud pragmática sobre el uso de esas herramientas, teniendo claras sus ventajas y limitaciones.

d.4.5 La incertidumbre

El concepto de incertidumbre esencial acerca de los hechos del futuro implica la imposibilidad de anticipar su ocurrencia. En este sentido hay que diferenciar el concepto de incertidumbre de la noción de riesgo.

Tal como lo expresa Marc Lavoie (1992) para definir el concepto de incertidumbre esencial se puede partir de la siguiente tipología:

1. Existe certeza cuando cada elección invariablemente conduce a un resultado específico, cuyo valor es conocido.
2. Existe riesgo, o certeza equivalente, cuando cada elección conduce a conjunto de posibles resultados específicos cuyo valor es conocido y pudiendo asociarse a cada uno de ellos una probabilidad de ocurrencia.
3. Existe incertidumbre cuando la probabilidad de un suceso es desconocida, cuando el valor del resultado de tal suceso es desconocido, cuando los sucesos que pueden dar lugar a un determinado resultado son desconocidos, o cuando el espectro de posibles elecciones es desconocido.

El avance tecnológico podría ser un buen ejemplo de la incertidumbre esencial, ya que implica la imposibilidad de qué tipo de novedad será, cuando se habrá de producir y cuál la será la magnitud del impacto que habrá de provocar en la sociedad.

En un contexto real donde predominan las condiciones de incertidumbre esencial carece de sentido hablar de “previsión” o de “predicción”, ya que resulta imposible anticipar lo que habrá de ocurrir.

Por contraposición, es en estos casos que cobra sentido hablar de análisis prospectivo, entendiendo por tal operación realizar una exploración de los futuros posibles. Gráficamente, el proceso de prospectiva se puede imaginar como un cono sólido, cuyo vértice representa la posición del sistema en el momento presente (T0) y su extensión se prolonga hasta el horizonte de prospectiva (TH). El diámetro de cono será tanto más amplio a medida que se pasa de T0 hacia TH, dado que la variedad de situaciones posibles que puede asumir el sistema se amplían. (figura 19)

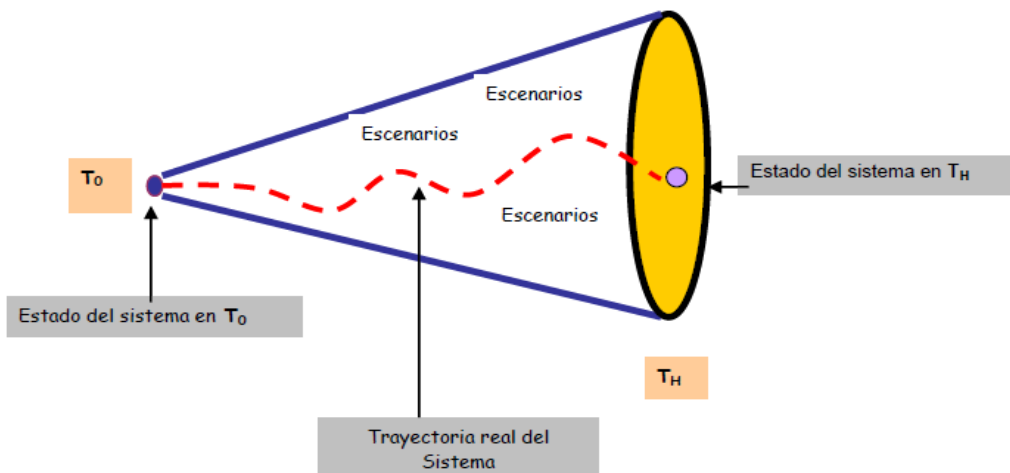


Figura 19. Formulación de escenarios

Fuente: Manual de Planificación Energética OLADE}

El conjunto de escenarios que se formulen tienen que ser bien contrastados (representar situaciones y trayectorias cualitativamente diferentes) de modo de contener verosímilmente la trayectoria real del sistema.

En la Figura 20 se presenta un esquema que se refiere a un análisis de prospectiva para la planificación o a la política energética. Tal como puede observarse, se plantean solo dos escenarios (socioeconómicos y energéticos) E1 y E2, bien contrastados (podría plantearse una variedad mayor); a partir de ellos se determinan las demandas o requerimientos de energía R1 (correspondiente a E1) y R2 (correspondiente a E2) utilizando modelos econométricos o métodos analíticos (por ejemplo el modelo SAME O LEAP).

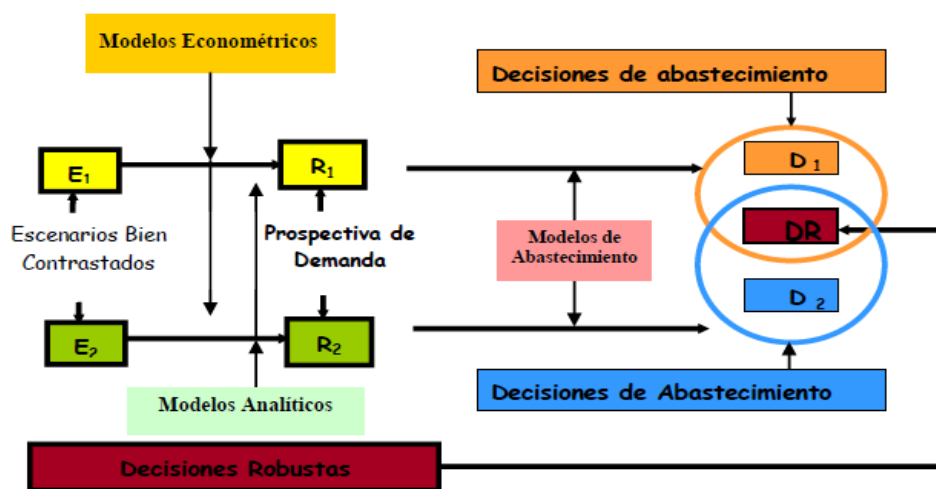


Figura 20. Decisiones robustas

Fuente: OLADE

Mediante el uso de modelos de abastecimiento (de optimización o de simulación o la combinación de ambos) se determinan las decisiones de inversión (D1 y D2) que permitan abastecer los requerimientos correspondientes a cada escenario. Es altamente probable que los conjuntos D1 y D2 tengan una intersección no vacía, siendo DR los elementos de dicha intersección.

Procediendo de esta forma, el análisis prospectivo permitiría localizar decisiones robustas, que son aquellas que se tomarían cualquiera sea el escenario que se verifique en la realidad.

Este desarrollo conceptual permite afirmar que el principal propósito del análisis prospectivo es reducir el grado de incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.

d.4.6 Los métodos, modelos y la información de escenarios para la Prospectiva

Como se indicó en la Figura anterior, la prospectiva de la demanda o de los requerimientos de energía puede realizarse mediante el empleo de métodos econométricos o a través del uso de métodos analíticos. Por lo que se refiere al abastecimiento métodos de optimización o métodos de simulación. Según se verá a continuación, de esta caja de herramientas debe adoptarse una actitud pragmática, es decir no preferir los métodos de prospectiva adoptando una visión dogmática, si bien deben destacarse las ventajas y limitaciones que supone el empleo de los diferentes métodos (OLADE)

Los métodos de prospectiva de la demanda o requerimientos pueden emprenderse por medio de los enfoques econométricos o analíticos. Una cuestión que debe examinarse inicialmente se vincula con el tiempo disponible para ejecutar el trabajo, puesto que ese aspecto condiciona de modo significativo la elección del método, atendiendo a la información que se requiere para su implementación.

Los métodos analíticos requieren de una cantidad considerable de información, tanto al inicio del proceso de prospectiva como en los escenarios de las trayectorias futuras. El acopio de dicha información implica la disponibilidad de tiempo y, por tanto, del enfoque metodológico a emplear. *En suma si se demanda un ejercicio de prospectiva en un plazo muy corto de tiempo, esto va a determinar que la opción se reduce a la elección de métodos econométricos*, entendiendo que su uso habrá de requerir principalmente series de tiempo de un grupo limitado de variables dependientes (objeto de la prospectiva) y explicativas (que deberán formar parte de los escenarios). Esta es uno de los aspectos a señalar en el listado de ventajas e inconvenientes de uno y otro enfoque metodológico.

Pero si el tiempo disponible para la ejecución del proceso de Política y de Planificación energética es más amplio, al menos de algo más de un año, o que el sistema de información económica y energética contiene suficiente detalle (en términos de las variables correspondientes a ambos ámbitos), resulta de interés discutir en qué condiciones se plantea la elección de los dos enfoques metodológicos planteados, sobre la base de las ventajas y limitaciones que cada uno de ellos presenta, además de la mencionada previamente.

Los **métodos econométricos** resultan coherentes con la tradición teórica neoclásica y por tanto coherente con sus características epistemológicas. En consecuencia, con la teoría de la demanda resultante de la misma. Es decir que la demanda de una fuente de energía en determinado sector de consumo será función del ingreso del consumidor (o alternativamente del nivel de actividad si se tratara de un sector productivo) y de los precios relativos de las fuentes y de las tecnologías disponibles para su utilización. En el caso de la demanda residencial deberá agregarse a esta lista algún indicador de la distribución del ingreso. Se trata en esencia de tomar en cuenta las teorías neoclásicas del comportamiento del consumidor y de la producción (demanda de los recursos productivos que integran la función de producción) siempre admitiendo la conducta optimizante propia de los actores dentro de este enfoque teórico (OLADE, 2014)

Por ejemplo, si se tratara de la demanda de mercado por los consumidores residenciales de la fuente **j**, la función de demanda sería una expresión del siguiente tipo:

$$D_j = f(P_j, \dots) \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

D_j : Demanda de mercado por la fuente j

P_j : Precio de mercado de la fuente j

P_{aj} : Índice de precios de los artefactos de utilización de la fuente j (precio de los bienes complementarios)

P_s : precios de la fuente sustituta

Y_m : Ingreso medio de los consumidores

DY : Indicador de la distribución del ingreso

La expresión (1) traduce lo que indica la teoría económica derivada de la agregación de las decisiones de los consumidores para obtener la demanda de mercado, con sus variables determinantes. Sin embargo la aplicación concreta de esa teoría implica la especificación de otros de terminantes de la demanda, atendiendo a las características del sistema bajo estudio. En

el caso de la demanda de energía se tratará de variables demográficas, medioambientales o propias de la cobertura del abastecimiento de la fuente de que se trata. Es decir, que la expresión (1) tomará una forma como la siguiente:

$$D_j = f(P_j, P_{aj}, P_s, Y_m, D_Y, Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad \text{Ecuación (16)}$$

Donde las variables Z_i representan otros factores determinantes de la demanda de la fuente de energía j , además de los indicados previamente.

La primera etapa de la aplicación del método econométrico presupone la especificación de la fuente f , de las variables de modo compatible con la información disponible y de las características aleatorias del error en la ecuación (media, varianza y de otros parámetros de su distribución). Con respecto a la forma de la función, la teoría económica no provee indicaciones más allá del reconocimiento que la adopción de una forma potencial (linealizable en términos logarítmicos) habrá de implicar que se admite implícitamente que la variable dependiente tendrá una elasticidad constante con respecto a cada uno de sus argumentos y que la adopción de una forma lineal implicará que esas elasticidades habrán de ser variables con el nivel de las variables consideradas.

La primera limitación del enfoque econométrico es la característica de trasladar hacia el futuro los rasgos estructurales pasados del sistema. Esta propiedad del método hace que tenga una fuerte inflexibilidad para representar los cambios estructurales.

En segundo lugar el método econométrico tiene fuertes limitaciones para representar los procesos de sustitución entre fuentes de energía. Teniendo en cuenta lo expresado, al apoyarse en la teoría neoclásica de la demanda, los procesos de sustitución se representan por medio de los precios relativos de dichas fuentes, lo cual presupone que todas las fuentes de energía que disputan el abastecimiento de los servicios energéticos se transan en mercados formales. Esto significa que quedan excluidas las fuentes de apropiación directa por parte del consumidor.

Por otra parte, este enfoque metodológico no permite representar la penetración de fuentes no presentes en el pasado, con lo cual limita la disputabilidad en el mercado de los servicios energéticos a las fuentes que tradicionalmente los abastecía.

En suma, por estas razones, la utilización del enfoque econométrico para realizar la tarea de prospectiva en el marco de la formulación de la política y la planificación energética que, en

términos generales, implican la presencia de cambios estructurales que este enfoque presenta serias dificultades para poder representar.

Por contraposición la aplicación del enfoque econométrico presenta algunas **ventajas** entre las que se destacan, la ya mencionada acerca de la posibilidad de ser implementado en un plazo muy corto plazo, debido a la limitada información que requiere su aplicación, tanto por lo que se refiere al pasado como en lo atinente a la formulación de escenarios. Además, a pesar de las objeciones que se le puedan plantear a la teoría económica neoclásica como orientación doctrinaria, la aplicación del método econométrico presenta una fuerte coherencia con esa corriente de pensamiento.

Por su parte el empleo de los **métodos analíticos** se caracteriza precisamente por fundarse en un enfoque estructural, esto es que se trata de diferenciar los conjuntos de los consumidores en función de un conjunto de factores espacio-ambientales, socio-espaciales, condiciones de abastecimiento energético y condiciones sociales. De este modo, la aplicación de dichos métodos presupone la identificación de grupos más o menos amplios de conjuntos de consumidores que presentan la característica razonable de semejanza por lo que se refiere a sus requerimientos tanto por lo que respecta a sus condiciones presentes como en el comportamiento dinámico hacia el futuro. Estos conjuntos, que suelen denominarse **Módulos Homogéneos**, tienen componentes que van cambiando a lo largo del período de prospectiva.

Entre las **ventajas** de este enfoque metodológico puede mencionarse:

- ✓ Su flexibilidad para representar cambios estructurales, hecho que se ve facilitado por la adopción de la representación sistémica, vinculada a fuentes y tecnologías de uso.
- ✓ Esa flexibilidad permite que puedan simularse las estrategias de una determinada propuesta de política energética y así poder evaluar sus impactos.
- ✓ Es un enfoque simple y transparente que asegura la coherencia física del sistema.

Con relación a las **limitaciones** hay que señalar:

- ✓ La cantidad de información que requiere la implementación plena tanto con relación al punto de partida de la prospectiva como en lo referente a los escenarios.
- ✓ No asegura la consistencia económica.

Para realizar esta tarea pueden emplearse dos tipos principales de métodos: las técnicas de **optimización** y los métodos de **simulación**

Los variados **modelos de optimización** que suelen emplearse para la planificación energética pueden estar referidos ya sea a representar la planificación de una cadena productiva energética o al conjunto del sistema energético incorporando todos los vínculos entre las diferentes cadenas que integran ese sistema pretendiendo encontrar las soluciones más “eficientes” sobre la base de ciertos criterios definidos por el planificador; esos criterios se suelen plasmar en una cierta “**función objetivo**”. Lo más frecuente es que tales modelos de optimización utilicen la técnica de **programación lineal**, que en el problema primal permite deducir las soluciones *eficientes* sobre las cantidades y en el problema dual que, se supone, contiene los *valores marginales de eficiencia*.

Limitaciones de los enfoques de optimización. Es frecuente que quienes proponen el uso de los modelos de optimización para la planificación del abastecimiento energético, ya sea para una cadena productiva o para todo en sistema energético, le asignen a las variables duales la interpretación de los “precios de eficiencia” propios del óptimo paretiano, desconociendo que en ambos casos se trata de óptimos parciales y que por lo tanto no pueden tener esos atributos, más allá del hecho que el uso de los modelos de programación lineal supongan implícitamente la existencia de competencia perfecta como forma de mercado. Esto constituye una clara limitación del enfoque de optimización, al menos en lo que se refiere a la interpretación de las soluciones. Por otra parte, el supuesto implícito de la existencia de competencia perfecta resulta contradictorio con las características concretas de los mercados reales. Además es importante señalar que usualmente los procesos de decisión son de carácter multiobjetivo y aun cuando existe una amplia literatura sobre ese tipo de técnica de optimización Sawaragi (1985), su aplicación práctica a sistemas de envergadura resulta muy compleja y requiere de la decisión política del planificador. Por último, hay que mencionar que dicho enfoque representa la racionalidad del planificador y que la misma no es necesariamente coincidente con la de los actores decisores concretos en los diferentes eslabones de la o las cadenas energética representadas.

Los **modelos de simulación** no presentan estas limitaciones teóricas y poseen la flexibilidad de poder representar diferentes escenarios de oferta, pero tiene dificultades para poder juzgar las propiedades de las trayectorias simuladas.

En consecuencia, en la medida de lo posible parece recomendable el uso conjunto de ambos enfoques metodológicos, partiendo del conocimiento de las ventajas e inconvenientes que cada uno de ellos presenta.

d.4.7 Prospectiva del balance energético

d.4.7.1 Definición

Se denomina prospectiva del balance energético a una prospectiva simplificada de la totalidad del sistema energético bajo estudio. Se indica que la misma consiste en proyectar durante el periodo de proyección a todas las variables del balance energético del año base, tanto del consumo como del abastecimiento. Esa prospectiva se realiza cuando se disponen de pocos recursos, así como de poco tiempo, o no se dispone de información más desagregada que la provista por el balance energético.

Es común encontrar situaciones en los países de la región donde no se dispone de los recursos, personal especializado o tiempo para la realización de trabajos de prospectiva y planificación energética o no se dispone de la información necesaria para hacer un análisis en mayor profundidad de los requerimientos y del abastecimiento energético. En otros casos, los estudios de prospectiva energética sirven de base para evaluar los efectos de políticas ambientales, como es el caso de las propuestas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. En todos estos casos puede recurrirse a la utilización de métodos simplificados de prospectiva energética, uno de ellos es el que se denomina **prospectiva de balances energéticos** que consiste básicamente en proyectar en el periodo deseado, necesariamente de largo plazo, todas las variables que componen el balance energético del país.

La prospectiva de balances energéticos es un típico caso de aplicación de **modelos de simulación**, brindando la ventaja de considerar la evolución de sistema energético como tal, propio de la concepción del balance energético, lo que asegura la coherencia general de las proyecciones de las distintas variables energéticas.

d.4.7.2 Alcances y limitaciones de la prospectiva de balances.

Las variables que se proyectan por este método son:

- ✓ Consumo final (o de energía neta) por sectores
- ✓ Consumo final por fuentes

- ✓ Importaciones y exportaciones por fuente
- ✓ Producción nacional de fuentes secundarias en los centros de transformación
- ✓ Producción de energía primaria

Al tomar como base la información del balance energético, cada elemento del mismo se conoce con un alto grado de agregación. Es decir, no se dispondrá de información discriminada por regiones, por módulos homogéneos de consumo, por usos de la energía, por tecnología de transformación ni por tecnología de los equipos y artefactos de consumo final. En consecuencia, mediante la prospectiva de balances no se podrán evaluar con la debida precisión los efectos de las medidas de política energética direccionadas a cierto grupo de consumidores o a la promoción de ciertas tecnologías, por citar algunos ejemplos. Por el contrario, la prospectiva de balances permitirá obtener una visión a futuro de la evolución del sistema energético nacional o regional en sus rasgos más generales.

Es de mencionar que no hay un límite preciso en el nivel de análisis entre la prospectiva de balances presentada en este punto y la prospectiva. Dicho límite podrá correrse hacia esta última en la medida que se disponga de información más detallada y de recursos para los correspondientes análisis.

d.4.7.3 Información necesaria y variables explicativas

Obviamente que la información de base es el balance energético nacional, elaborado con la metodología propia del país en estudio. En caso que no se disponga de una metodología propia puede adoptarse la metodología de OLADE, que elabora los balances para todos los países de la Región. Los balances se requieren para el año base de las proyecciones y para una serie histórica de 10-15 años. La disponibilidad de la serie histórica es fundamental para conocer la evolución de la estructura del sistema energético en el pasado; y, además, poder evaluar si las modificaciones propuestas a futuro guardan cierta coherencia.

Adicionalmente se requerirá la desagregación de la producción y consumos intermedios en las centrales eléctricas por tipo de central: hidroeléctricas, eólicas, nucleares y térmicas convencionales. Si bien esta desagregación no se presenta en las matrices generales de los balances, dicha información es necesaria para la elaboración del balance y está disponible en la oficina que elabora los mismos.

En la prospectiva de balances, se utilizan como principales variables explicativas de los requerimientos de energía las siguientes, según sector de consumo:

Sector	Variable
Residencial	Cantidad de hogares o población
Comercial, Servicios y Público	Valor agregado sectorial
Industria	Valor agregado sectorial
Transporte	PIB, parque vehicular
Agro, Pesca y Minería	Valor agregado sectorial
Construcción y Otros	Valor agregado sectorial
Consumo No Energético	PIB

Por lo tanto debe disponerse de la información, para el año base, de estas variables explicativas de los consumos de energía y así poder obtener las *intensidades energéticas o consumos específicos* (consumo de energía final por unidad de variable explicativa). Debe disponerse también de la prospectiva o proyección de estas variables durante todo el periodo de proyección energética considerado. Esta prospectiva de las variables socioeconómicas la realizan normalmente las oficinas oficiales de estadística, los bancos centrales y los ministerios o secretarías de economía y/o planificación económica.

Varios países de la Región elaboran sus balances energéticos con una mayor apertura del consumo, particularmente el sector transporte por modo y el sector industria por subsectores o ramas de actividad. Deberán obtenerse las variables explicativas con esta desagregación a fin de realizar una prospectiva más detallada de estos sectores.

Dentro del consumo final de energía, las dos principales acciones de política energética están referidas a la sustitución de fuentes energéticas y penetración de las nuevas y a los ahorros de energía mediante aumentos de la eficiencia energética o prácticas conservadoras. Deberá disponerse de información sobre los planes o medidas programadas en estas dos áreas.

Para la prospectiva de oferta o abastecimiento energético debe recopilarse información de los planes subsectoriales energéticos; particularmente los referidos a la expansión de la oferta eléctrica, de la capacidad de refinación y tratamiento de gas natural y de carbón mineral, por citar a los principales centros de transformación existentes en los países de la región. Para la proyección del abastecimiento de las restantes fuentes renovables, tales como: leña, carbón vegetal, residuos de biomasa, biocombustibles y solar, debe recurrirse, por una parte, al análisis de la serie histórica de balances y, por otra, para las nuevas fuentes a los especialistas o

instituciones encargadas de su promoción, es el caso de los biocombustibles o la energía solar. Para determinar los niveles de actividad de los centros de transformación nacionales, previamente es necesario determinar o establecer hipótesis sobre los intercambios de energía con el exterior: los flujos de importaciones y exportaciones tanto con países de la región como extra regionales.

d.4.7.4 Prospectiva del consumo y del abastecimiento energético.

El proceso de prospectiva comienza por la proyección del consumo de energía en cada uno de los sectores considerados en el balance energético. En primera instancia, se proyectan los consumos finales totales del sector, multiplicando en el tiempo las intensidades energéticas (o consumos específicos) por los valores proyectados de la correspondiente variable explicativa. Al mismo tiempo deben **proyectarse las intensidades energéticas**: es de esperar que estos coeficientes disminuyan en el tiempo como consecuencia del cambio tecnológico, la utilización de artefactos y equipos más eficientes y medidas adicionales de ahorro o conservación de la energía que tienen que ver con el cambio de hábitos en el consumo de energía. Como referencia puede tomarse en cuenta que prospectivas analíticas, donde estos cambios se analizan con mayor profundidad, dan en general reducciones de las intensidades energéticas del orden del 10 al 20% en los valores del año horizonte (normalmente 20 años) respecto al año base. No obstante, se debe analizar el caso en que las intensidades energéticas puedan tender a aumentar como consecuencia de una más equitativa distribución de los ingresos de los hogares, o el mayor desarrollo de actividades energo-intensivas como ciertas industrias de base. El resultado final debe compensar estos aumentos con las reducciones por mayor eficiencia en el uso de la energía.

El paso siguiente es el análisis de **los procesos de sustitución** entre fuentes energéticas en cada sector del consumo final. El resultado de este análisis es la proyección de las estructuras del consumo final por fuentes (participación porcentual) en cada sector, y para ello debe tenerse en cuenta las evoluciones de estas participaciones en el pasado, información proporcionada por las series históricas de balances. Se debe tener en cuenta la evolución histórica de largo plazo, pero más particularmente los cambios observados en los últimos cinco años. También hay que considerar las políticas actuales vigentes en cuanto a penetración de fuentes, sea la masificación de una fuente convencional como el gas natural, una mayor penetración del GLP en el ámbito rural, o la penetración de nuevas fuentes.

Una vez concluido el proceso de proyección de los consumos, queda como resultado la evolución futura del consumo de cada fuente energética y se está en condiciones de comenzar a proyectar el abastecimiento u oferta energética.

En primer término deben proyectarse las fuentes secundarias que son producidas en centros de transformación secundarios: se comienza proyectando el abastecimiento de electricidad. Ello es así, porque para la producción de electricidad puede requerirse, por ejemplo, fuel oil o diesel producidos en una refinería; por ello las refinerías deben proyectarse una vez que se ha terminado la proyección de la electricidad. Debe proyectarse entonces el balance de la electricidad, donde las variables a determinar son importaciones, exportaciones y pérdidas de transporte y distribución. Luego de ello, queda como resultado las necesidades de producción nacional de electricidad.

El siguiente paso es la proyección de la generación de electricidad, dado el método simplificado de la prospectiva de balances, no se utilizarán los modelos de optimización o de equilibrio que normalmente emplean los planificadores eléctricos. Se proyectará la evolución del parque de generación eléctrica teniendo en cuenta la evolución deseada de la generación en términos porcentuales por tipo de central y fuente de consumo intermedio. Se supondrán mejoras en la eficiencia de las centrales eléctricas y autoprodutores, en particular en las centrales térmicas convencionales.

Luego se proyectan las restantes fuentes secundarias, teniendo en cuenta de planear primero aquellas que requieren de otra fuente secundaria para su producción, como el caso típico mencionado de la electricidad. Proyectando el balance de cada fuente secundaria, se obtendrá como resultado las necesidades de producción nacional en plantas de tratamiento de gas, refinerías, carboneras, destilerías, coquerías/altos hornos, etc.

A continuación se proyecta el consumo propio del sector energético. Normalmente los balances energéticos contabilizan los consumos propios en forma parcial, y sólo los consumos de fuentes producidas en los mismos centros de transformación. Por ejemplo, no se suelen relevar los consumos de electricidad en refinerías ni en yacimientos de petróleo, que suelen ser de magnitudes considerables. Los consumos propios se proyectan con la evolución de las variables asociadas a los mismos, por ejemplo, la producción en centrales eléctricas, el crudo procesado en refinerías, el gas natural inyectado en cabecera de gasoductos, etc. Estos consumos propios llevan a aumentar los requerimientos de producción de los centros de transformación,

aumentando a su vez el consumo propio. Normalmente con dos o tres iteraciones se llega a una situación de equilibrio razonable.

Una vez proyectada la expansión de todos los centros de transformación, primarios y secundarios, se está en condiciones de proyectar los balances de cada fuente primaria. Las principales variables a definir son las importaciones y exportaciones de fuentes primarias, y luego de ello queda como resultado las necesidades de producción de las fuentes primarias, tanto renovables como no renovables. Es este último caso, teniendo en cuenta la relación reservas/producción del año base y la proyectada, quedará como resultado final las necesidades de incorporación de reservas durante todo el periodo de proyección.

Finalmente, ya proyectada la evolución del sistema energético, se procede al cálculo de las correspondientes **emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)** del sector energía. Para ello se utilizan los factores de emisión específica del propio país, o, en su defecto, pueden utilizarse los valores proporcionados por el IPCC.

d5. GEOANÁLISIS ELÉCTRICO DEL AREA DE CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR (EERSSA)

d.5.1 Situación de la Empresa Eléctrica Regional del Sur

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A, EERSSA, tiene como finalidad la prestación del servicio público de energía eléctrica al consumidor o usuario final, a través de las actividades de distribución y comercialización de energía eléctrica en el área de concesión, de alta calidad, confiabilidad y seguridad; así como el servicio de alumbrado público general según la regulación específica. (EERSSA, 2016)

d.5.1.1 Descripción histórica de la EERSSA

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. inicialmente se conformó como compañías o sociedades anónimas, las mismas que con el transcurrir del tiempo cambiaron denominación. Se inició en calidad de compañía el 10 de mayo de 1950, en una Notaría de la ciudad de Quito, elevándose a escritura pública la minuta de constitución de la “Empresa Eléctrica Zamora S.A.”, siendo Accionistas: la Ilustre Municipalidad de Loja, con un 60% del Capital Social, y la Corporación de Fomento, con el 40%.

Luego, por decisión de los accionistas, mediante escritura pública del 29 de noviembre de 1964 se aumenta el capital y se resuelve cambiar la denominación social de “Empresa Eléctrica Zamora S.A.”, por “Empresa Eléctrica Loja S.A.”, con la participación de los siguientes Accionistas: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), Ilustre Municipalidad de Loja, Junta de Defensa de los Derechos de Catamayo, Junta de Recuperación Económica de Loja y Zamora Chinchipe e Ilustre Municipalidad de Macará.

Finalmente, El 19 de marzo de 1973, existe un nuevo cambio de denominación social a través de la escritura pública de esta fecha, en la que pasa de “Empresa Eléctrica Loja S.A.”, a EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. con la participación de los siguientes accionistas: Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), Ilustre Municipalidad de Loja, Honorable Consejo Provincial de Loja, Ilustre Municipalidad de Macará, Ilustre Municipalidad de Celica, Ilustre Municipalidad de Gonzanamá, Ilustre Municipalidad de Calvas, Ilustre Municipalidad de Puyango, Ilustre Municipalidad de Saraguro, Ilustre Municipalidad de Paltas, Ilustre Municipalidad de Zamora, y otros accionistas minoritarios. (EERSSA, 2016)

d.5.1.2 Área geográfica de servicio.

El área de prestación de servicio de la Empresa Eléctrica Regional Sur S.A. es de 22 787,55 km², el 48 % de esa área corresponde a la provincia de Loja, el 46% a la provincia de Zamora Chinchipe y el 6% restante a la provincia de Morona Santiago. Está compuesta por dieciséis (16) cantones en la provincia de Loja, nueve (9) cantones en la provincia de Zamora Chinchipe y un (1) cantón en la provincia de Morona Santiago.

d.5.1.3 Estructura y organización

Misión

Prestar el servicio público de energía eléctrica al consumidor final, a través de las actividades de GENERACIÓN, DISTRIBUCIÓN y COMERCIALIZACIÓN, con alta CALIDAD, CONFIABILIDAD y SEGURIDAD.

Visión

Garantizar que el servicio de energía eléctrica cumpla con los principios constitucionales de EFICIENCIA, CONTINUIDAD, CALIDAD y ACCESIBILIDAD.

Filosofía

Con integridad, responsabilidad y transparencia forjaré una EMPRESA DE CALIDAD

Políticas

- a. Aplicar las políticas sectoriales y directrices del MEER.
- b. Garantizar el suministro de energía eléctrica con criterios de eficiencia, sostenibilidad energética, calidad, continuidad y seguridad.
- c. Reforzar el sistema eléctrico de distribución, incrementar la cobertura y prestación del servicio de energía eléctrica y desarrollar la energización rural.
- d. Reducir las pérdidas de energía.
- e. Garantizar los derechos de los consumidores o usuarios finales del servicio público de energía eléctrica y asegurar la igualdad y uso generalizado de los servicios e instalaciones de distribución.
- f. Reducir los impactos socio-ambientales del sistema eléctrico.
- g. Incrementar el nivel de modernización, investigación y desarrollo tecnológico en el sector eléctrico
- h. Implementar mecanismos que permitan asegurar la sustentabilidad económica y financiera de la institución

La EERSSA tiene un organigrama estructural formal debidamente aprobado por la Junta General de Accionistas que fue elaborado bajo el principio de desverticalización para convertirlo en una forma horizontal que facilite la toma de decisiones y evite conflictos de autoridad y fugas de responsabilidad. En forma complementaria al organigrama existen los siguientes reglamentos: a) el Orgánico Funcional y b) el Reglamento de Clasificación y Valoración de Puestos; estos documentos describen las funciones de cada una de las gerencias de área, así como también las funciones de cada cargo.

El Orgánico Funcional contempla los siguientes niveles:

1. Nivel Directivo (Gobierno)
2. Nivel Ejecutivo
3. Nivel Asesor y de Apoyo
4. Nivel Operativo

Nivel Directivo (Gobierno)

MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE (MEER):

Es el órgano rector y planificador del sector eléctrico. Le corresponde definir y aplicar las políticas; evaluar que la regulación y control se cumpla para estructurar un eficiente servicio público de energía eléctrica; la identificación y seguimiento de la ejecución de proyectos; otorgar títulos habilitantes; evaluar la gestión del sector eléctrico; la promoción y ejecución de planes y programas de energías renovables; y, los mecanismos para conseguir la eficiencia energética, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución y la ley. (EERSSA, 2016)

Nivel Ejecutivo

Presidencia Ejecutiva que ejerce la representación legal y tiene en su misión fijar estrategias y políticas específicas tendiente a lograr los objetivos institucionales, administrando los recursos disponibles (humanos, financieros y técnicos), coordinando las actividades de las diferentes unidades.

Nivel de Asesoramiento

El Nivel de Asesoramiento está compuesto por las unidades de Asesoría Jurídica, Gerencia de Gestión Ambiental y Gerencia de Planificación.

Nivel de Apoyo

El Nivel de Apoyo está compuesto por las unidades de la Superintendencia Administrativa y Servicios Generales, Superintendencia de Sistemas, Gerencia de Finanzas, Secretaría General y Coordinación de la Presidencia Ejecutiva. (EERSSA, 2016)

Nivel Operativo

El Nivel Operativo está compuesto por la Gerencia de Ingeniería y Construcción, Gerencia de Operación y Mantenimiento, y Gerencia de Comercialización. (EERSSA, 2016)

d.5.2 Geo análisis de generación eléctrica en el área de concesión de la EERSSA

En la actualidad existen 7 empresas eléctricas Generadoras y 1 Distribuidora, propietarias de las centrales eléctricas, mismas son del tipo hidráulico, eólico y solar. La gráfica 21 muestra la ubicación geoespacial de las centrales renovables ubicadas en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Dentro del área de servicio existe una central térmica ubicada en el cantón Catamayo, cuyo propietario es la EERSSA.

En la tabla 5 se presenta con mayor detalle las centrales existentes dentro del área de concesión de la EERSSA.

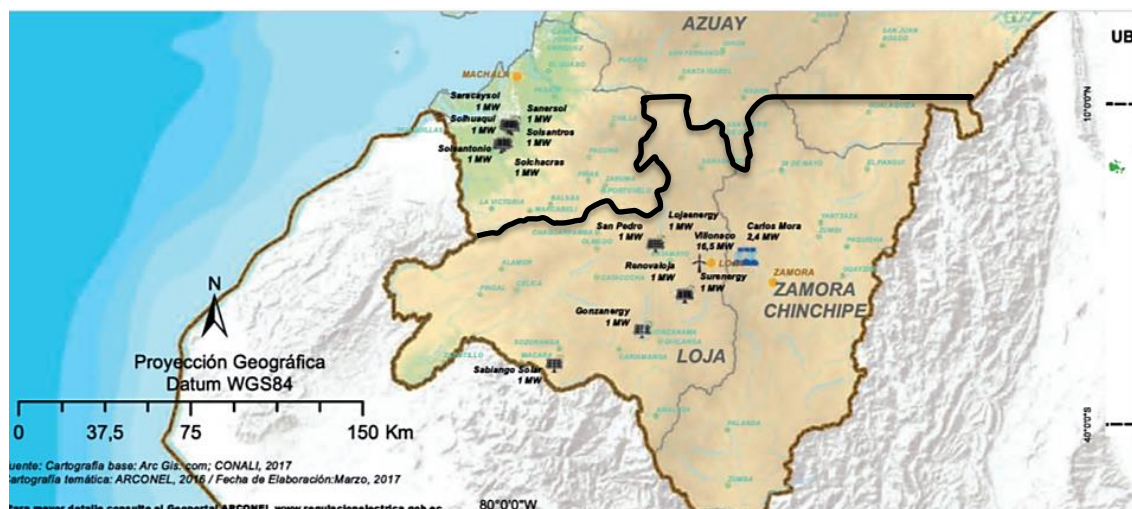


Figura 21: Ubicación geoespacial de las centrales renovables en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe
Fuente: ARCONEL. Atlas del sector eléctrico ecuatoriano

Tabla 5: Características de las centrales eléctricas existentes en el área de concesión de la EERSSA

Empresa	Tipo de inversión	Central	Tipo central	Sub tipo central	Sistema	Potencia Nominal MW	Potencia Efectiva MW	Provincia	Cantón	Parroquia
E.E. Sur	Pública	Catamayo	Térmica	MCI	S.N.I.	19.7	17.2	LOJA	CATAMAYO	CATAMAYO (LA TOMA)
E.E. Sur	Pública	Carlos Mora	Hidráulica	Hidráulica	S.N.I.	2.4	2.4	ZAMORA CHINCHIPE	ZAMORA	SABANILLA
CELEC-Gensur	Pública	Villonaco	Eólica	Eólica	S.N.I.	16.5	16.5	LOJA	LOJA	LOJA
Gozanergy	Privada	Gozanergy	Solar	Fotovoltaica	S.N.I.	1.0	1.0	LOJA	GONZANAMÁ	PURUNUMA (EGUIGUREN)
Lojaenergy	Privada	Lojaenergy	Solar	Fotovoltaica	S.N.I.	1.0	0.7	LOJA	CATAMAYO	SAN PEDRO DE LA BENDITA
Renova Loja	Privada	Renovaloja	Solar	Fotovoltaica	S.N.I.	1.0	0.7	LOJA	CATAMAYO	EL TAMBO
Sabiango Solar	Privada	Sabiango Solar	Solar	Fotovoltaica	S.N.I.	1.0	0.7	LOJA	MACARÁ	SABIANGO (LA CAPILLA)
San Pedro	Privada	San Pedro	Solar	Fotovoltaica	S.N.I.	1.0	1.0	LOJA	GONZANAMÁ	PURUNUMA (EGUIGUREN)
Surenergy	Privada	Surenergy	Solar	Fotovoltaica	S.N.I.	1.0	1.0	LOJA	CATAMAYO	EL TAMBO

Fuente: Reportes estadísticos de ARCONEL. Año 2016

d.5.3. Geo análisis de transmisión

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) de la EERSSA, recibe la potencia y energía del Sistema Nacional Interconectado - SNI a través de la línea de transmisión radial Cuenca-Loja aislada a 138 kV, en doble terna, con una longitud de 135 km, conductor 397.5 MCM ACSR y 500 MCM ACAR, respectivamente; la línea de transmisión se inicia en la Subestación (S/E) Rayoloma (Cuenca) y llega a la S/E Loja, ubicada en el sector Obrapía; en la cual se realiza la reducción del nivel de tensión de 138 a 69 kV, mediante un autotransformador trifásico de 40/53/66 MVA (OA/FA/FOA), en el año 2015, se instaló una Subestación Móvil de 60 MVA con la finalidad de incrementar la capacidad de potencia de la SE Loja. Los puntos de frontera entre la EERSSA y Transelectric se encuentran localizados en la S/E Loja a nivel de 69 kV. La evacuación de energía hacia la EERSSA se realiza por medio de tres líneas de subtransmisión a 69 kV, la primera hacia la subestación Obrapía, la segunda hacia la SE San Cayetano y la tercera hacia la subestación Catamayo. (EERSSA, 2016)

La EERSSA tiene como actividad fundamental la distribución, por lo que dispone del sistema de subtransmisión mayoritariamente a 69 kV, el sistema de distribución propiamente dicho con los niveles de 13.8 kV en la provincia de Loja y 22 kV en la provincia de Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza; en baja tensión mediante redes y acometidas en los niveles de 240V, 220 V, 127 y 120 V. (EERSSA, 2016) (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016)

En la figura 22 se observa la línea de transmisión que alimenta a la EERSSA desde Cuenca. Sus características relevantes son:

- Nombre de la línea: Cuenca-Loja
- El voltaje de la línea: 138 KV.
- Subestación de salida Cuenca (sector Rayo Loma) y de llegada es Loja (sector Obrapía).
- La empresa propietaria de la línea de transmisión: CELEC-Transelectric.
- La longitud de la línea: 134.2 km
- Tipo: simple de circuito.
- La fecha de inicio de operación fue 01 de enero de 1998.

mayor detalle en el Geoportal de la ARCONEL (<http://geoportal.regulacionelectrica.gob.ec/visor/index.html>) (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016)

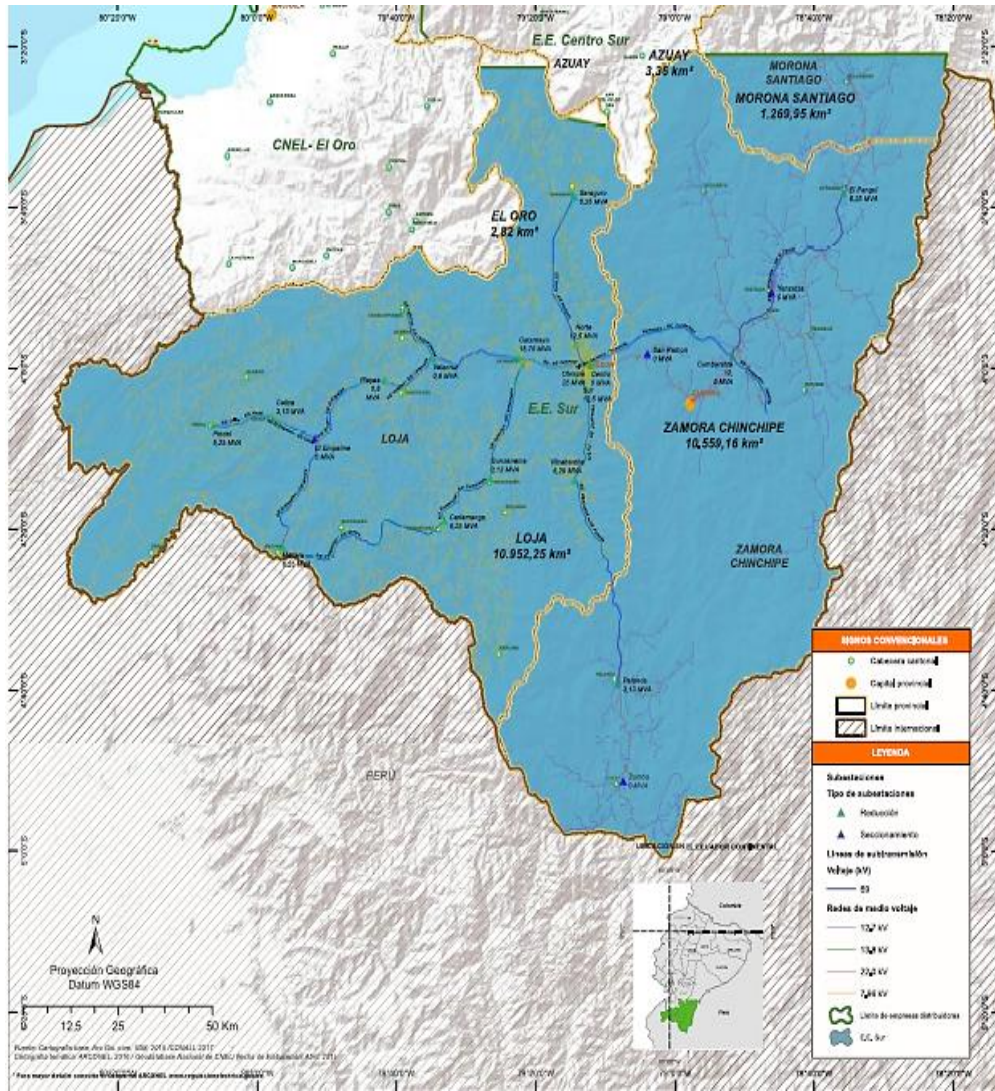


Figura 23 Disposición de redes de media tensión en el área de servicio de la EERSSA
 Fuente: Fuente: ARCONEL. Atlas del sector eléctrico ecuatoriano

En la tabla 6 presenta las subestaciones disponibles en el Área de concesión de la EERSSA distribuidas según provincia, su ubicación, tipo y voltaje.

Tabla 6: Subestaciones disponibles en el Área de concesión de la EERSSA

Provincia	Nombre subestación	Cantón	Parroquia	Ubicación	Tipo Subestación	Voltaje0 1 (kV)	Voltaje0 2 (kV)	Voltaje0 3 (kV)
LOJA	Cariamanga	Calvas	Cariamanga	Baño el Inca	R	69	13.8	
	Catacocha	Paltas	Catacocha	Reina del Cisne	R	69	13.8	
	Catamayo	Catamayo	Catamayo	Catamayo	R	69	13.8	4.16
	Celica	Célica	Celica	La Alborada	R	69	13.8	
	Centro	Loja	El sagrario	Imbabura y Olmedo	S	13.8	13.8	
	Chaguarpamba	Chaguarpamba	Chaguarpamba	La Alborada	R	69	13.8	
	El Empalme	Célica	Celica	El Empalme	S	69	69	
	Gonzanama	Gonzanamá	Gonzanamá	San Pedro	R	69	13.8	
	Macara	Macará	General eloy alfaro (san sebastián)	San Sebastián	R	69	13.8	
	Norte	Loja	Valle	Motupe Alto	R	69	13.8	
	Obrapia	Loja	Sucre	Obrapia	R	69	13.8	4.16
	Pindal	Pindal	Pindal	El Panecillo	R	69	13.8	
	Playas	Paltas	Yamana	Playas	R	69	13.8	
	San Cayetano	Loja	Sucre	San Cayetano	R	69	13.8	4.16
	Saraguro	Saraguro	Saraguro	Yarimala	R	69	13.8	
	Sur	Loja	Sucre	Colinas Lojanas	R	69	13.8	
	Velacruz	Paltas	Lourdes	Velacruz	R	69	13.8	
Vilcabamba	Loja	Malacatos (valladolid)	Malacatos	R	69	13.8		

Provincia	Nombre subestación	Cantón	Parroquia	Ubicación	Tipo Subestación	Voltaje0 1 (kV)	Voltaje0 2 (kV)	Voltaje0 3 (kV)
ZAMORA CHINCHIPE	Cumbaratza	Zamora	Cumbaratza	Rancho Alegre	R	69	22	
	El Pangui	El pangui	El pangui	El Pangui	R	69	22	
	Palanda	Palanda	Palanda	Palanda	R	69	22	
	San Ramon	Zamora	Sabanilla	Zamora Chinchipe	S	22	22	
	Yanzatza	Yantzaza	Yantzaza (yanzatza)	Entrada Norte	S	22	22	
	Zumba	Chinchipe	Zumba	Cabuyos	S	22	22	

Fuente: Reporte estadístico 2016 de ARCONEL

d.5.5 Nuevos proyectos hidroeléctricos

De acuerdo al Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, dentro el área de servicio de la EERSSA, se tiene previsto el desarrollo de cuatro proyectos hidroeléctricos: Delsitanisagua de 180 MW, Santa Cruz de 138, Sabanilla de 30 MW y Chorrillos de 4MW, todos ellos ubicados en la provincia de Zamora Chinchipe (ver figura 24) (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016).

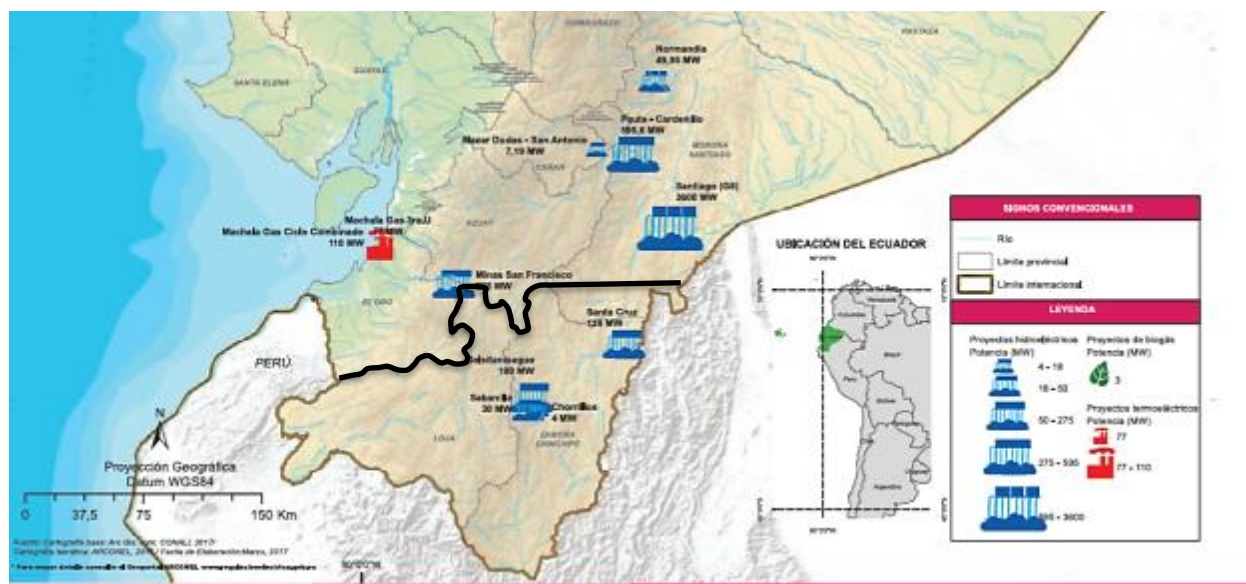


Figura 24: Ubicación de nuevos proyectos hidroeléctrico en el área de concesión de la EERSSA.

Fuente: Fuente: ARCONEL. Atlas del sector eléctrico ecuatoriano

En la tabla 7 se detalle las empresas propietarias de los nuevos proyectos hidroeléctricos, potencia, estado, ubicación y año de culminación

Tabla 7: Nuevos proyectos hidroeléctricos en el Área de concesión de la EERSSA

Proyecto	Institución/Empresa	Ubicación del proyecto	Potencia (MW)	Energía Media (GWh/año)	Avance	Año de culminación
Delsitanisagua	CELEC EP. Unidad de Negocio Gensur	Zamora Chinchipe. Cantón Zamora	180	1411	85.99% (junio 2017)	2017
Santa Cruz	Hidrocrúz S.A.	Zamora Chinchipe. Cantón El Pangui	133	964	Autogeneración minera. En Trámite	2023
Sabanilla	Hidrelgen S.A.	Zamora Chinchipe. Cantón Zamora	30	194	En Construcción	2019
Chorrillos	CELEC EP. Unidad de Negocio Gensur	Zamora Chinchipe. Cantón Zamora	4	23	En Construcción	2018

Fuente: Fuente: ARCONEL. Atlas del sector eléctrico ecuatoriano

d.5.6 Potencial de recursos renovables en el área de concesión de la EERSSA.

d.5.6.1 Potencial solar

El Ecuador, por estar ubicado sobre la línea ecuatorial tiene un gran potencial solar. Los datos de radiación solar en el Ecuador presentan homogeneidad de los valores a lo largo del año. Los valores más altos de insolación se dan al sur en la provincia de Loja, y al norte, en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, parte de Cotopaxi y Santo Domingo de los Tsáchilas. En el Atlas Solar del Ecuador, no se han incluido los valores de irradiación para la provincia de Galápagos, debido a que se encuentra en etapa de estudio (ver figura 25).

La insolación global promedio está dada por la energía solar incidente en una superficie por unidad de área. Es el resultado de integrar la irradiación en un periodo de tiempo. Sus unidades son J/m^2 o kWh/m^2 y es aquella radiación procedente de la insolación directa y difusa. Para los cálculos de sistemas fotovoltaicos se utiliza la insolación Global. La insolación Global promedio en el área de concesión de la EERSSA oscila entre $4050 \text{ wh}/m^2\text{-día}$ al sur y norte de Zamora Chinchipe y 5700 al sur oeste de la provincia de Loja con valores altos de insolación en el cantón Zapotillo. (CONELEC, 2008)

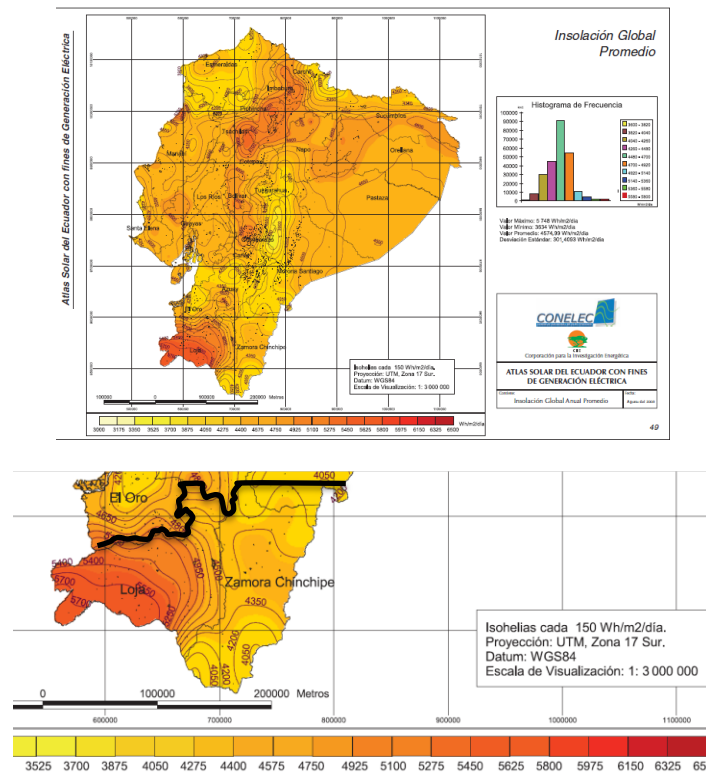


Figura 25: Atlas solar del Ecuador. Insolación Global Promedio
 Fuente: Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.

d.5.6.2 Potencial eólico

El Ecuador, siendo un país rico en fuentes de energía renovable, históricamente ha dependido en gran medida de los combustibles fósiles como fuente de energía. El Gobierno de Rafael Correa, durante la década 2008-2017, a través de políticas públicas buscó revertir esta situación con un cambio en la matriz energética, donde la energía renovable sea la protagonista. Uno de los proyectos emblemáticos inaugurados en el 2013 lo constituye la central eólica Villonaco ubicado en el catón Loja.

En la actualidad el Ecuador cuenta con el “Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica” elaborado por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables-MEER. La información contenida en el Atlas permite sustentar la generación de proyectos eólicos de inversión con fines de generación eléctrica a mediana y gran escala, a excepción de casos puntuales que han sido objeto de estudios específicos para ciertas zonas de interés, como es el caso del Parque Eólico San Cristóbal en las Islas Galápagos con una potencia instalada de 2,4MW (megavatios), el Parque Eólico Villonaco con 16,5MW y el Parque Eólico Baltra-Santa Cruz ubicado en la provincia de Galápagos, el cual generará 2,5 MW en su primera fase (MEER, 2013).

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ha emprendido en campañas de medición de viento en provincias como Loja e Imbabura que consideran la toma de datos a alturas de cuarenta (40), sesenta (60) y ochenta (80) metros, lo cual permitirá verificar el potencial eólico de esas zonas de país y la construcción de parques eólicos que no solamente se constituyen en fuentes de energía limpia, sino en impulsores para el turismo ecológico, cuyo potencial en el Ecuador es inmenso (MEER, 2013).

En la Figura 26 se presenta el potencial eólico-eléctrico estimado del Ecuador, factible a corto plazo. Se observa que la potencia factible a corto plazo para la provincia de Loja es de 520.56 MW en tanto que la energía es de 893.62 GWh/año. En lo referente a la provincia de Zamora Chinchipe, se observa que los valores de potencia y energía factibles a corto plazo son de 8.35 MW y 14.33 GWh/año (MEER, 2013)

Potencial Eólico del Ecuador

Potencial Factible a Corto Plazo

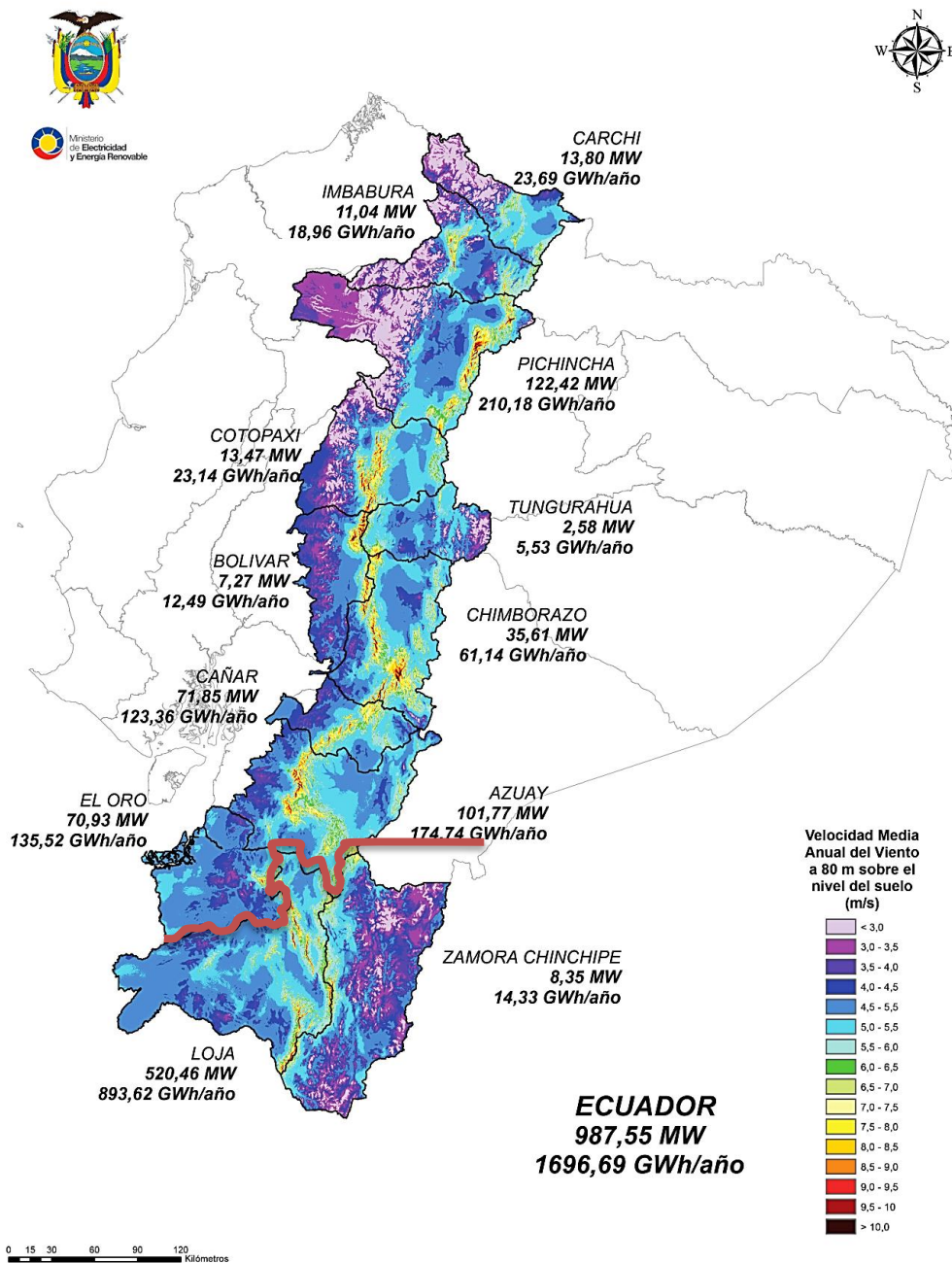


Figura 26: Mapa eólico del Ecuador. Potencial factible a corto plazo

Fuente: Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica

d.5.6.3 Potencial de biomasa

Ecuador es un productor de biomasa porque dispone de grandes recursos agrícolas, forestales y pecuarios, cuyos desechos pueden producir suficiente materia orgánica para producir energía limpia y renovable. Su óptimo aprovechamiento dependerá, en gran medida, de la información que se disponga respecto a la localización de dichos recursos, la cantidad de residuos orgánicos disponibles, las condiciones de los cultivos (en el caso de la agricultura) y el potencial calórico determinado (MIPRO-MEER, 2014).

El Atlas Bioenergético del Ecuador pretende ser la herramienta que localice, identifique, describa y cuantifique las áreas con el mayor potencial bioenergético en el país. En un esfuerzo conjunto entre varias entidades del Gobierno Nacional, durante el año 2014, se elaboró el Atlas disponible para el sector público, privado y la academia, con la información actualizada de la producción de la biomasa en el territorio ecuatoriano. El objetivo es que se convierta en el instrumento base para la formulación de perfiles de proyectos, políticas y futuras investigaciones en el ámbito bioenergético.

El Atlas ha identificado tres sectores con potencial bioenergético en el país: en primer lugar el agrícola, con productos como el arroz, banano, cacao, café, caña de azúcar, maíz duro, palma africana, palmito, piña y plátano. El segundo es el sector pecuario, con las actividades avícola, porcina y vacuna. El tercero es el forestal. Por cada sector, producto y actividad se han trazado mapas detallados en los que consta información georeferenciada y cuantificada (MIPRO-MEER, 2014).

La disponibilidad de biomasa utilizable con fines energéticos en el Ecuador, se ha plasmado en mapas que facilitan el acceso a su conocimiento y análisis de manera clara y simple. Este Atlas brinda información para el desarrollo de proyectos de generación eléctrica, térmica y cogeneración, así como para la implementación de políticas de promoción del aprovechamiento de la biomasa procedente de residuos agropecuarios en el país, contribuyendo al progreso tecnológico del Ecuador y a la consecución de los objetivos nacionales para el Buen Vivir. (MIPRO-MEER, 2014)

En las provincias de Loja y Zamora Chinchipe se utiliza la caña de azúcar como fuente de bioenergía para el desarrollo de actividades industriales y con fines de generación eléctrica. Para fines industriales, el bagazo como producto de la caña de azúcar se utiliza en la elaboración de productos derivados de jugo de la caña como azúcar, panela, bocadillos, melaza, etc. En tanto

que el bagazo pulverizado es utilizado por la empresa azucarera Monterrey con fines de generación eléctrica, a través de procesos de cogeneración.

En la figura 27 se muestra el mapa del “Estudio másico del potencial bioenergético de los residuos agropecuarios del Ecuador”. En atención a la producción del cultivo de caña de azúcar a nivel provincial, se observa que los residuos de caña de azúcar para la provincia de Loja son de 96 942.94 toneladas/año, lo que genera un potencial energético de 1 924.27 TJ/año. La provincia de Zamora Chinchipe no presenta producción de residuos de caña de azúcar. (MIPRO-MEER, 2014)

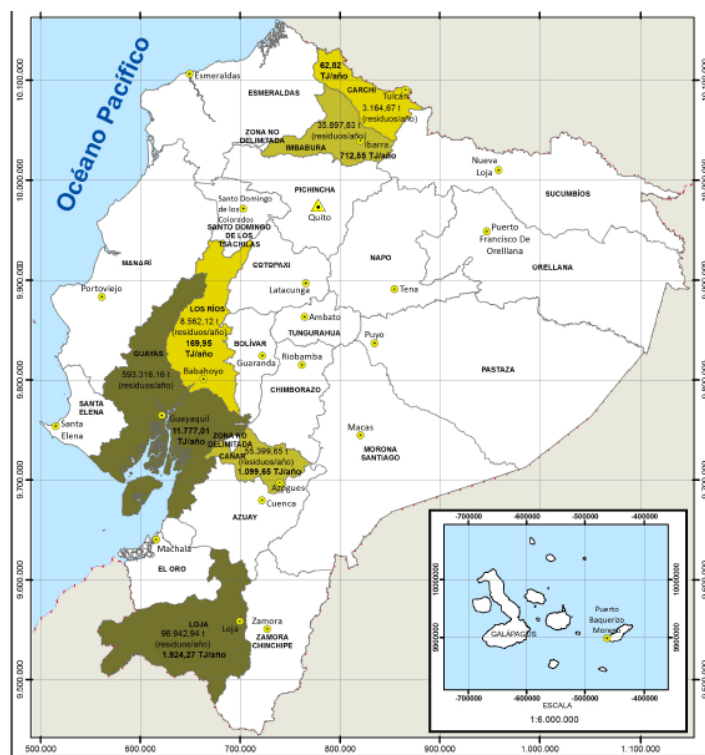


Figura 27: Mapa del potencial bioenergético de los residuos agropecuarios del Ecuador

Fuente: Atlas de Bioenergético del Ecuador. 2014

En la figura 28 se muestra la “Densidad de producción del cultivo de caña de azúcar”. Se evidencia que el cantón de Loja tiene una densidad de producción de 142 t/km²/año, en tanto que los cantones de Catamayo y Chaguarpamba tienen una densidad de producción de 144 t/km²/año, lo que representa un potencial energético de los residuos de caña de 2.84 TJ/año.

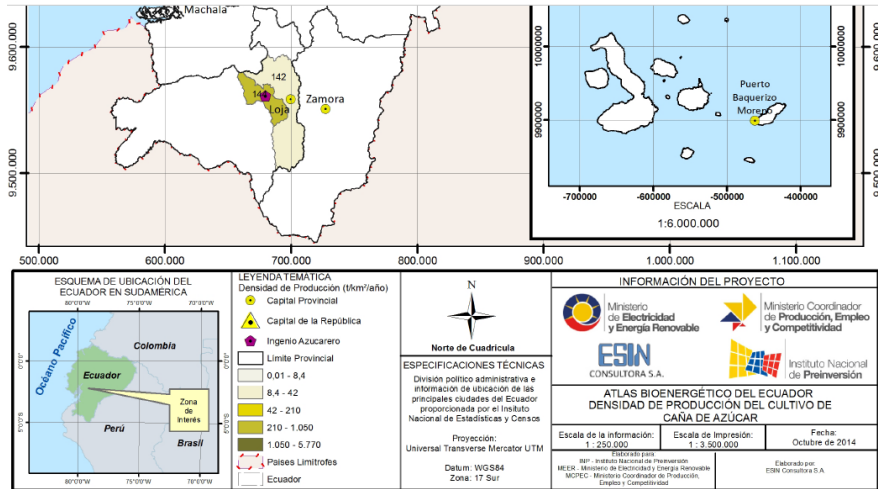


Figura 28: Densidad de producción del cultivo de caña de azúcar de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe

Fuente: Atlas de Bioenergético del Ecuador. 2014

e. MATERIALES Y MÉTODOS

e.1 MATERIALES

Los materiales utilizados para el desarrollo del presente proyecto se presentan en la tabla siguiente:

DENOMINACIÓN	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO(USD)	PRECIO TOTAL (USD)
EQUIPOS Y SOFTWARE				
Computadora portátil	1	U	1200	1200
Teléfono	1	U	100	100
CAPACITACIÓN				
Capacitación en metodologías para elaborar balances y prospectivas energéticas	1	U	1000	1000
MATERIALES DE OFICINA				
• Resma hojas de papel bond formato A4	4	resma	3	12
• Cartuchos de impresor para tinta negra	2	U	22	44
• Cartuchos de impresor para tinta color	1	U	25	25
• Tinta para impresora negro	2	U	1	24
• Tinta para impresora color	1	U	1	15
• Empastado	5	U	10	50
• Varios	1	U	200	200
TOTAL				2670

e.2 MÉTODOS

e.2.1 Metodología para elaborar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador

e.2.1.1 Introducción

Como ya se señaló en el marco teórico, el balance energético es el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos de energía a través de una serie de eventos, desde su producción u origen, hasta su aprovechamiento final. Esta contabilización se la lleva a cabo generalmente para el ámbito territorial de un país y para un período determinado-generalmente un año (OLADE 2011).

Para identificar una metodología que permita elaborar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador fue necesario considerar dos aspectos:

- 1.- Que cumpla con los objetivos específicos de cualquier metodología de balances energéticos que haya sido validada en el contexto nacional e internacional;
- 2.- Que pueda ser aplicada a la realidad energética ecuatoriana y a las metodologías que se utiliza en los ministerios y entidades adscritas al área de la energía del Ecuador.

Referente al primer aspecto, es necesario tener presente los **objetivos fundamentales de los balances energéticos** y que fueron referidos en la teoría:

- ✓ Evaluar la dinámica del sistema energético en concordancia con la economía de cada país, determinando las principales relaciones económico-energéticas entre los diferentes sectores de la economía nacional.
- ✓ Servir de instrumento para la planificación energética.
- ✓ Conocer detalladamente la estructura del sector energético nacional.
- ✓ Determinar para cada fuente de energía los usos competitivos y no competitivos que permitan impulsar, cuando sea posible, los procesos de sustitución.
- ✓ Crear las bases apropiadas que conlleven al mejoramiento y sistematización de la información energética.
- ✓ Ser utilizado para la proyección energética y sus perspectivas a corto mediano y largo plazo.

Considerando lo señalado, las acciones desarrolladas de la presente tesis fueron las siguientes:

1.- Se realizó una revisión bibliográfica por internet, para identificar los organismos o instituciones mundiales, regionales y nacionales encargados de elaborar y validar metodologías para realizar balances energéticos. En el contexto mundial se identificó a la Agencia Internacional de Energía (AIE), en el contexto regional a la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y a nivel nacional al Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE). Se considera pertinente utilizar la metodología de la OLADE debido a que ella es similar a la utilizada por la Agencia Internacional de Energía en lo referente a la disposición de los datos, utilizando las filas para las actividades y las columnas para las fuentes de energía (OLADE, 2011). Además de ello, a nivel de nuestro país, el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE) y el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) utilizan la metodología OLADE por ser el Ecuador miembro de la misma.

Por otro lado, en la actualidad el Ecuador está dividido políticamente en Áreas Zonales y éstas en provincias. Por ejemplo, la Zona 7 se corresponde con las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe. En cada una de éstas áreas geográficas se generan flujos de energía que deben ser contabilizados por las instituciones adscritas a los ministerios de energía, para que el MICSE con el apoyo del INER, realice el Balance Energético Nacional. En la página web del MICSE se puede descargar los informes anuales del Balance Energético Nacional del Ecuador, a de los años 2013, 2014 y 2015; además, las tablas dinámicas en formato Excel estadísticas energéticas (<http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/balance-energetico/>).

En cuanto a la información energética, a nivel regional (Latinoamérica y el Caribe) se puede disponer en la OLADE de información estadística, accesible a través de convenio o pago por suscripción (<http://www.olade.org/producto/sie-regional-2/modulo-siee/>). Los beneficios que presta la información de la OLADE son:

- Consolida la información de la cadena energética estableciendo criterios homogéneos para su estandarización, garantizando la confiabilidad de los resultados.
- Presenta series históricas para las más importantes variables del sector energético, a partir de las cuales se pueden establecer comportamientos tendenciales, identificar las causas de cambios en la composición de la matriz energética, así como la perspectiva del comportamiento futuro del sector.
- Presentan indicadores que combinan información económica-energética potencializando el análisis del sector y aportando mejores elementos para su planificación.

- Optimiza y facilita el suministro de información energética a nivel nacional o regional.
- Integra toda la información del sector energético.
- Generación de Balances de Energía de acuerdo a la metodología de OLADE.
- Reportes ejecutivos que permiten dar un vistazo global analítico para la toma de decisiones

A nivel nacional, en cada Zona o provincia del Ecuador, se dispone de energías primarias o secundarias y se desarrollan actividades de oferta, transformación y consumo. Los flujos energéticos nacionales se contabilizan a través de entidades adscritas al sector energético nacional (electricidad e hidrocarburos). La elaboración de los balances energéticos nacionales los realiza el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MISCE), mismos que se publican en su página web: (<http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/balance-energetico/>). Al utilizar la metodología OLADE para realizar los balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador, se puede contar con información estadística y balances energéticos nacionales de acuerdo a la metodología de la OLADE, porque como se señaló, el MICSE utiliza ésta metodología..

5.2.1.2 Fases del balance energético

La metodología propuesta para realizar Balances Energéticos en áreas geográficas del Ecuador, requirió del análisis detallado de la metodología de la OLADE y de su aplicación nacional para el desarrollo del “Balance Nacional Energético” que anualmente realiza el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE). Además de ello fue necesaria capacitación especializada. El autor aprobó el curso: “PROGRAMA DE DESARROLLO EJECUTIVO EN PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA PARA LA REGIÓN ANDINA” impartido por la OLADE durante el año 2016, con una duración de 112 horas.

La metodología que se propone es fácil de entender, aunque rigurosa en su aplicación, especialmente durante la fase de aseguramiento de la calidad de la información. Su esquema se presenta en la figura 29.

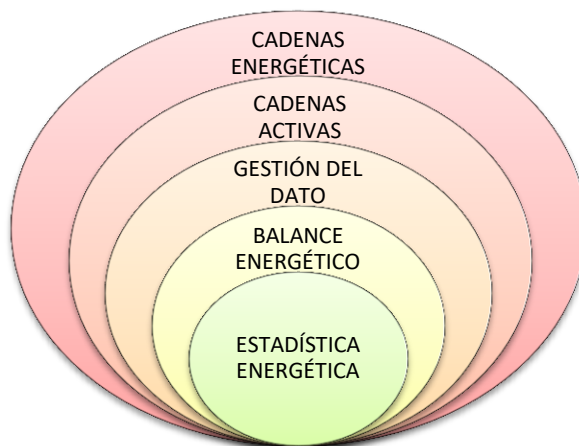


Figura 29: Modelo para la elaboración del Balance Energético en la Zona 7 del Ecuador.

FASE UNO.- CADENAS ENERGÉTICAS

Esta actividad constituye el punto de partida de la metodología. Se corresponde con la comprensión de la metodología de la OLADE para elaborar Balances Energéticos Nacionales; el análisis de la contabilidad del Balance Energético Nacional (figura 30); el análisis del balance de las cadenas energéticas de las fuentes de energía (primarias y secundarias); la comprensión del diagrama de e-sankey del balance energético (figura 31) y, finalmente, el análisis de las cadenas de hidrocarburos y electricidad (figuras 32 y 33).

Luego de analizar y comprender los Balances Energéticos Nacionales así como sus fuentes y cadenas energéticas, se continúa con el siguiente paso referente a la ACTIVACIÓN DE CADENAS de acuerdo a los flujos de energía existentes en el área geográfica de interés, misma que se explica en la siguiente fase.

	Petróleo Oil	Gas Natural Natural Gas	Hidroenergía hydro energy	Leña Firewood	Productos de Caña Cane products	Otras primarias Other Primaries	Total Primarias	Electricidad electricity	Gas Licuado LPG	Gasolinas Gasolines	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido Residue	Gases	No Energético Non-Energetic	Total Secundarias Total Secondarys	TOTAL
PRODUCCION /PRODUCTION	198,527.0	10,028.7	10,143.1	1,864.7	4,373.5	83.7	225,020.7	16,078.7	1,146.1	7,586.2	2,650.0	10,811.6	16,958.5	7,183.1	441.5	1,998.1	64,853.8	225,020.7
IMPORTACION /IMPORTS							-	317.1	7,247.0	17,389.3	202.4	23,720.0	1,963.2				50,839.0	50,839.0
EXPORTACION /EXPORTS	146,619.7						146,619.7	28.6		161.9			3,804.7	5,741.3			9,736.5	156,356.2
VARIACION DE INVENTARIO /STOCK VARIATION	59.1						59.1		6.9	545.6	- 77.2	- 102.0	38.9				412.2	471.3
NO APROVECHADO /NON-HARNESSED		3,824.5					3,824.5										-	3,824.5
OFERTA INTERNA TOTAL /TOTAL SUPPLY	51,966.4	6,204.2	10,143.1	1,864.7	4,373.5	83.7	74,635.6	16,367.2	8,400.0	25,359.2	2,775.2	34,429.6	15,155.9	1,441.8	441.5	1,998.1	106,368.5	116,150.3
REFINERIA /REFINERY	- 48,577.5	- 0.5					- 48,578.0		363.5	6,945.2	2,650.0	10,811.6	16,958.5	7,183.1	31.7	1,998.1	46,941.7	- 1,636.3
CENTRALES ELECTRICAS /ELECTRIC POWER STATIONS		- 2,812.1	- 9,602.9			- 83.7	- 12,498.7	13,480.3				- 3,124.2	- 8,237.0	- 1,203.9			13,480.3	- 11,583.5
AUTOPRODUCTORES /AUTOPRODUCERS	- 1,791.4	- 1,543.5	- 540.2		- 1,972.9		- 5,848.0	2,598.4	- 116.3			- 1,940.0	- 237.9				2,598.4	- 5,543.8
CENTRO DE GAS /GAS CENTER		- 1,726.7					- 1,726.7		782.6	494.4					409.8		1,686.8	- 39.9
CARBONERA /COALING STATION																		
COQUERIA /A. HORNO /COKE OVEN																		
DESTILERIA /DISTILLERY					- 98.1		- 98.1			98.1								98.1
OTROS CENTROS /OTHER CENTERS																		
TRANSFORMACION TOTAL /TOTAL TRANSFORMATION	- 50,368.9	- 6,082.8	- 10,143.1		- 2,071.0	- 83.7	- 68,749.5	- 116.3				- 5,064.2	- 8,237.0	- 1,441.8			- 14,859.3	- 18,803.5
CONSUMO PROPIO /OWN CONSUMPTION	752.2	20.3					772.5	308.2	127.5	153.1	24.8	1,109.3	1,154.3		441.5		3,318.7	4,091.2
PERDIDAS /LOSSES								1,974.2									1,974.2	1,974.2
AJUSTE /ADJUSTMENT	845.3						845.3	- 87.7	0.1	- 0.0	0.1	- 200.8	182.6				- 105.7	739.6
TRANSPORTE /TRANSPORTATION								6.2	54.6	18,907.6	2,575.6	19,533.7	2,398.9			61.3	43,537.9	43,537.9
INDUSTRIA /INDUSTRY		98.9		330.7	2,302.5		2,732.1	5,516.8	726.4	3.7	174.5	6,853.2	1,833.6				15,108.2	17,840.3
RESIDENCIAL /RESIDENTIAL		2.2		1,534.0			1,536.2	4,292.4	6,289.1		0.2						10,581.7	12,117.9
COMERCIAL, SER. PUB. /COMMERCIAL, SER. PUB								3,136.6	386.2			2,070.0	203.7				5,796.5	5,796.5
AGRO, PESCA, MINER. /AGRICULTURE, FISHING, MINING									176.4	764.9						208.7	1,150.0	1,150.0
CONSTRUCCION, OTR. /CONSTRUCTION, OTHERS								1,220.5	523.4	5,529.9		1,145.8				1,728.1	10,147.7	10,147.7
CONSUMO ENERGETICO /ENERGY CONSUMPTION		101.1		1,864.7	2,302.5		4,268.3	14,172.5	8,156.1	25,206.1	2,750.3	28,456.9	5,582.0				86,322.0	90,590.3
NO ENERGETICO /NON-ENERGETIC																1,998.1		
CONSUMO FINAL /FINAL CONSUMPTION		101.1		1,864.7	2,302.5		4,268.3	14,172.5	8,156.1	25,206.1	2,750.3	28,456.9	5,582.0			1,998.1	86,322.0	90,590.3

Figura 30: Matriz del MICSE para elaborar el Balance Energético Nacional

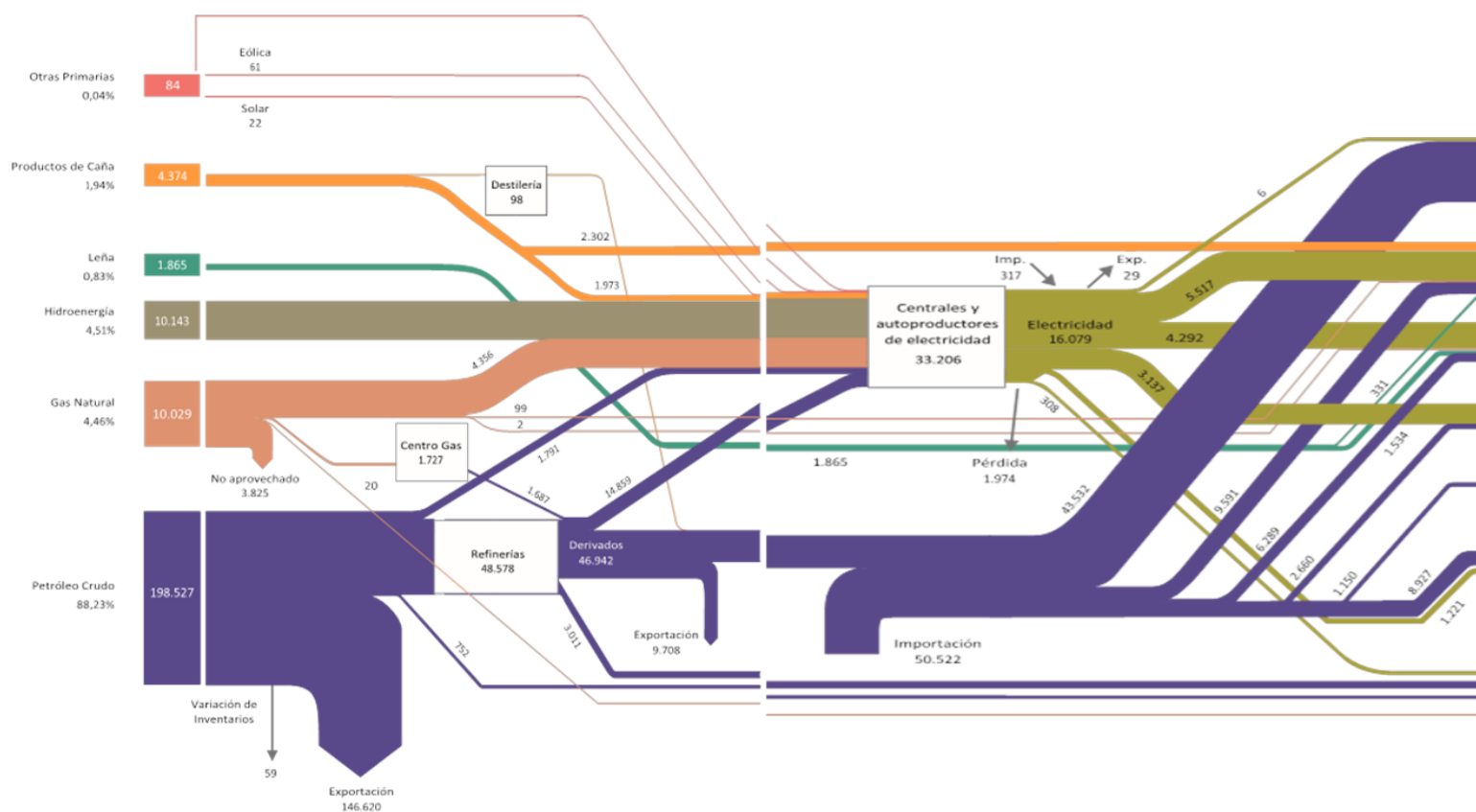


Figura 31: Diagrama de e-sankey del Balance Energético Nacional. Año 2015

Fuente: Balance Energético Nacional 2015. MICSE

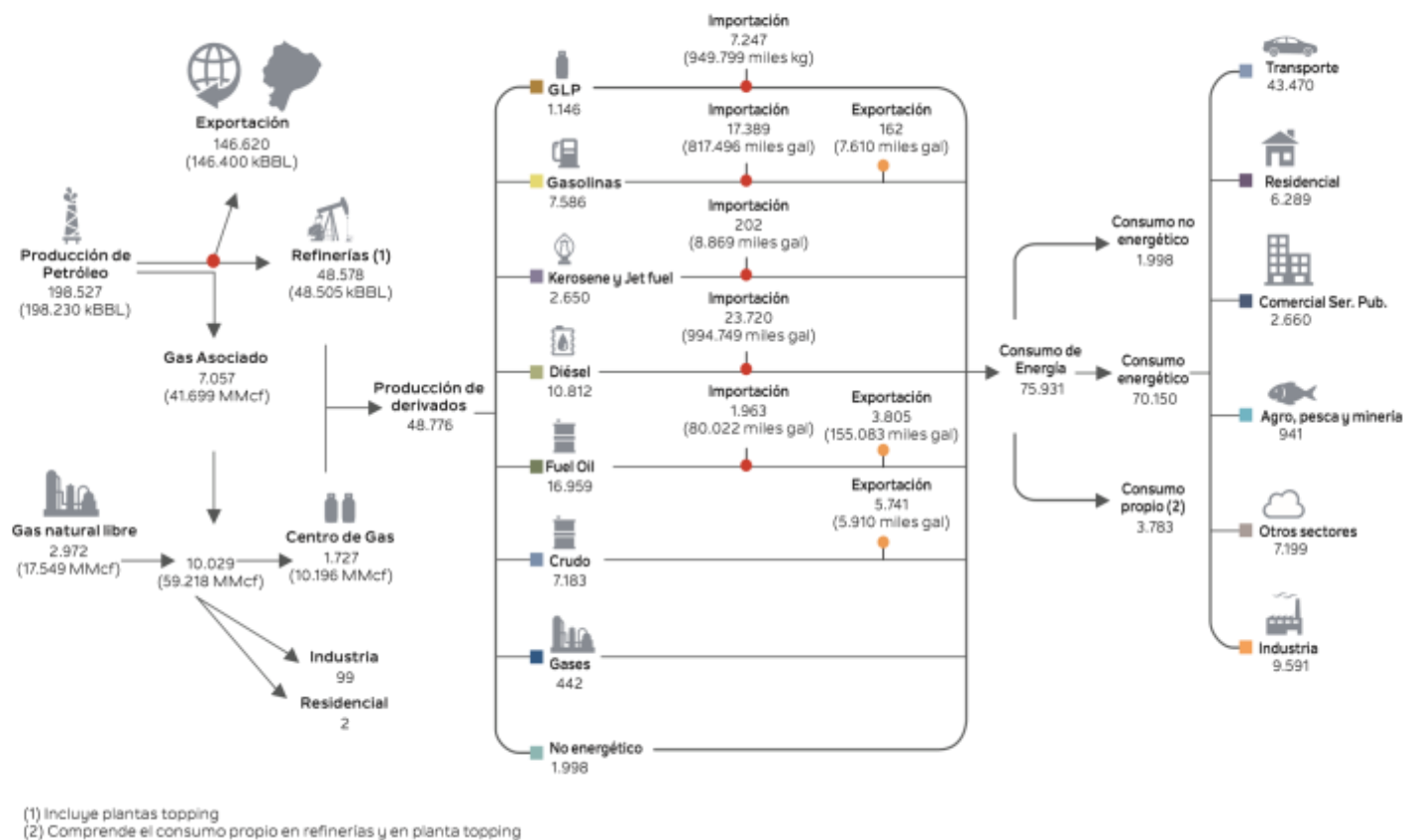
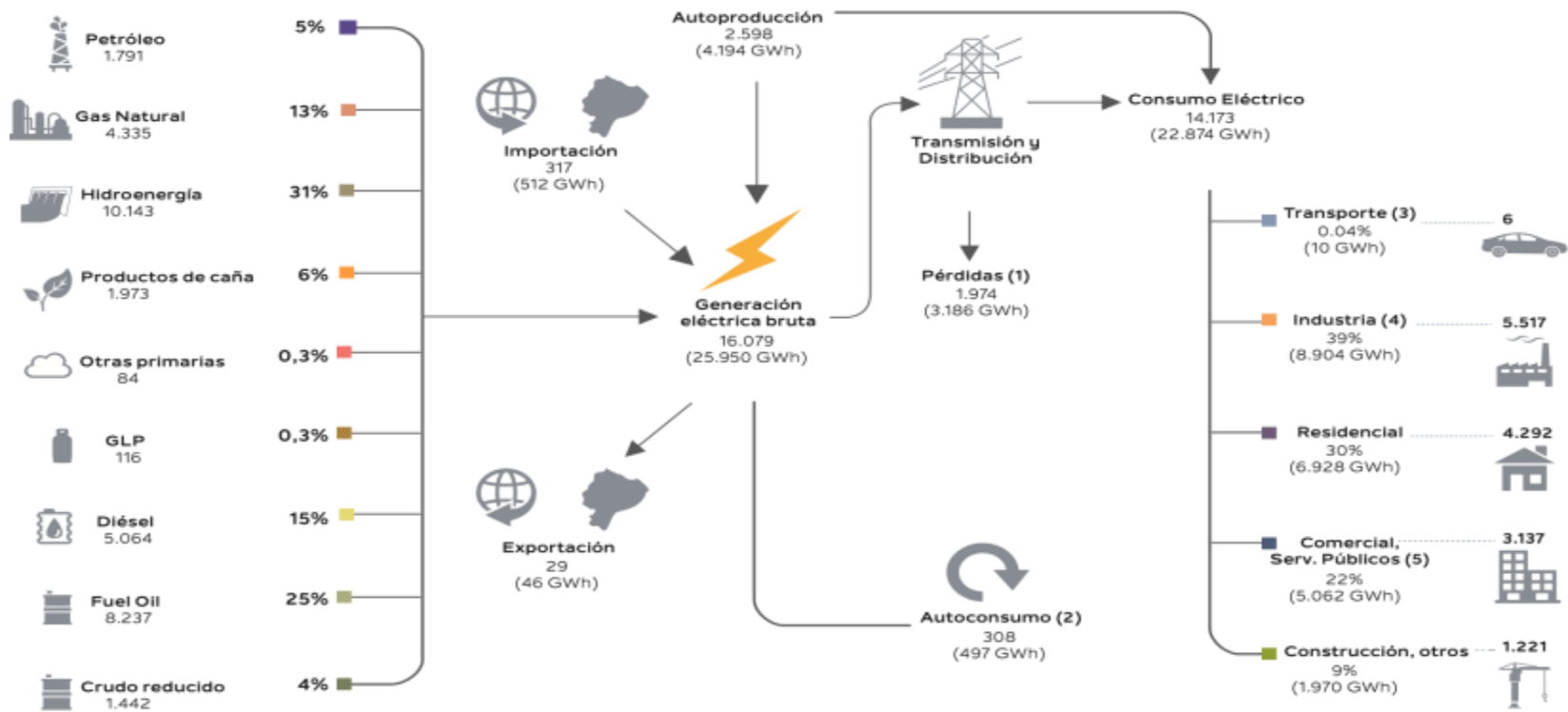


Figura 32. Diagrama de la cadena energética de hidrocarburos del Ecuador. Año 2015
 Fuente: Balance Energético Nacional 2015. MICSE



- (1) Incluye pérdidas técnicas y no técnicas
- (2) Autoconsumos en generación para servicio público
- (3) Considera un valor constante para el consumo eléctrico del Trolebús. El consumo eléctrico fue proporcionado por la Empresa Eléctrica Quito para el año 2012. Se descuenta el consumo del Trolebús del segmento otros publicado por ARCONEL.
- (4) Incluye la energía generada no disponible para servicio público y la energía entregada a grandes consumidores en subtransmisión
- (5) Incluye alumbrado público, segmento comercial y otros (descontado el consumo del sector transporte)

Figura 33. Diagrama de la cadena energética de electricidad del Ecuador. Año 2015

Fuente: Balance Energético Nacional 2015. MICSE

FASE DOS: CADENAS ACTIVAS

En la figura 30 se presentó la Matriz que utiliza el MICSE para elaborar el Balance Energético Nacional. Como puede apreciarse, en el país existen 15 fuentes de energía: 6 primarias y 9 secundarias. Para realizar el balance energético de cualquier área geográfica del Ecuador, se debe ACTIVAR las cadenas energéticas que interactúan en esa área geográfica. Para activar las cadenas se debe considerar lo siguiente:

- ✓ Límites del área geográfica
- ✓ Periodo de análisis
- ✓ Cadenas energéticas

Límites del área geográfica: Si se considera al área geográfica como un sistema termodinámico donde se quiere realizar un balance energético, es necesario precisar las “fronteras del sistema” para identificar las energías que entran, salen o se transforman. En todo sistema se cumple la primera Ley de la Termodinámica que señala que las energías no se crean ni se destruyen sino que se conservan. Cuando se elabora el Balance Energético, se debe demostrar que la suma de todas las energías que forman parte de la Oferta interna es igual a las energías de las actividades de Demanda. Esta igualdad energética se cumple para fuentes, cadenas o el Balance Energético.

Periodo de análisis: Debido a políticas energéticas que consideran recursos y potencial energético, las fuentes de energía que forman parte del Balance Energético pueden variar a lo largo del tiempo. Por ejemplo, de acuerdo a los reportes estadísticos de la ARCONEL, a nivel nacional se utilizó hasta el 2013 la gasolina como insumo de centrales eléctricas. Asimismo, a partir del 2013, se reportan estadísticas de generación eólica despachada al Mercado Eléctrico Mayorista-MEM

Cadenas energéticas: La metodología que se propone permite elaborar el Balance Energético de todas las cadenas que interactúan en cualquier área geográfica del Ecuador, aunque también se puede aplicar, dentro de cada área geográfica, a las cadenas específicas de: hidrocarburos, electricidad o bioenergía. En la figura 34 se presenta las cadenas energéticas que interactuaron en el Ecuador durante el año 2015. Las celdas en color marrón se corresponden con la cadena de hidrocarburos, las de color amarillo con la cadena de electricidad y las de color verde con la cadena de Bioenergía. Los porcentajes de participación fueron del 69%, 22% y 9% respectivamente.

A continuación se presenta como ejemplo el análisis respectivo para activar las cadenas energéticas que interactuaron en la provincia de Loja durante el año 2015, mismo que puede

ser aplicado a cualquier otra área geográfica de Ecuador sea zona, provincia, cantón, ciudad o incluso el área de concesión de una empresa eléctrica.

Área geográfica del sistema energético

PROVINCIA DE LOJA

Fuentes que interactuaron durante el 2015

Primarias: Hidroenergía, leña, caña de azúcar y otras primarias. El MICSE considera a las fuentes solar y eólica en la categoría de “otras primarias”

Secundarias: Electricidad, GLP, gasolina, kerosene/jet fuel, diesel, fuel oil y no energéticos.

En la figura 35 se muestra las cadenas que interactuaron en la provincia de Loja durante el año 2015. Los porcentajes de participación fueron del 58.7% para la cadena de hidrocarburos, 28.6% para la cadena de electricidad y 12.7% para la cadena de Bioenergía.

Luego de identificar las cadenas energéticas que interactúan la Zona 7 del Ecuador; es decir, las fuentes de energía y sus actividades de oferta, transformación y consumo (variables energéticas), se debe planificar y ejecutar un conjunto de acciones para asegurar la calidad del DATO ENERGÉTICO de cada variable. A esta actividad se denomina GESTIÓN DEL DATO, misma que se analiza en la fase siguiente (fase tres).

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado GLP	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION																		
IMPORTACION/Compra																		
EXPORTACION/Venta																		
VARIACION DE INVENTARIO																		
NO APROVECHADO																		
OFERTA INTERNA TOTAL																		
REFINERIA																		
CENTRALES ELECTRICAS																		
AUTOPRODUCTORES																		
CENTRO DE GAS																		
CARBONERA																		
COQUERIA/A. HORNO																		
DESTILERIA																		
OTROS CENTROS																		
TRANSFORMACION TOTAL																		
CONSUMO PROPIO																		
PERDIDAS																		
AJUSTE																		
TRANSPORTE																		
INDUSTRIA																		
RESIDENCIAL																		
COMERCIAL,SER,PUB																		
AGRO,PESCA,MINER.																		
CONSTRUCCION,OTR.																		
CONSUMO ENERGETICO																		
NO ENERGETICO																		
CONSUMO FINAL																		

LEYENDA	COLOR	TOTAL	%
HIDROCARBUROS		88	69%
ELECTRICIDAD		28	22%
BIOENERGÍA		11	9%
TOTAL		127	

Figura 34 Cadenas activas del Balance Energético Nacional. Año 2015

CADENAS ACTIVAS DE PROVINCIA DE LOJA. AÑO BASE 2015																			
	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado GLP	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL	
PRODUCCION																			
IMPORTACION																			
EXPORTACION																			
VARIACION DE INVENTARIO																			
NO APROVECHADO																			
OFERTA TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REFINERIA																			
CENTRALES ELECTRICAS																			
AUTOPRODUCTORES																			
CENTRO DE GAS																			
CARBONERA																			
COQUERIA/A. HORNO																			
DESTILERIA																			
OTROS CENTROS																			
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO PROPIO																			
PERDIDAS																			
AJUSTE																			
TRANSPORTE																			
INDUSTRIA																			
RESIDENCIAL																			
COMERCIAL,SER,PUB																			
AGRO,PESCA,MINER.																			
CONSTRUCCION,OTR.																			
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LEYENDA	COLOR	TOTAL	%																
HIDROCARBUROS		37	59%																
ELECTRICIDAD		18	29%																
BIOENERGÍA		8	13%																
TOTAL		63																	

Figura 35. Cadenas activas de la provincia de Loja. Año 2015

FASE TRES: GESTIÓN DEL DATOS

Esta fase se corresponde con el planteamiento de la metodología y el trabajo de campo a ejecutar para obtener los Datos energéticos de las cadenas que se activaron para el área geográfica de interés. Debe ser elaborado por un equipo multidisciplinario que conozca de los flujos de las cadenas energéticas de electricidad, hidrocarburos y bioenergía, y del comportamiento de variables exógenas: PIB y población.

Para algunas variables, especialmente eléctricas, la actividad puede ser tan sencilla como acceder a la página web de ARCONEL y descargar la información estadística pertinente. Por ejemplo, si la variable energética es PERDIDAS/ELECTRICIDAD y se quiere el dato a nivel del área de concesión de una empresa distribuidora, la información se la encuentra de forma directa. Mas, sí que quiere la misma información estadística para una determinada ciudad, la información no está disponible en la página WEB de la ARCONEL, pero sí en el departamento de estadística de la ARCONEL o de la empresa eléctrica a la que se corresponde la ciudad. Para recabar la información señalada, se debe solicitar a la autoridad pertinente de la empresa la información estadística y ello, a veces involucra procedimientos internos que dificultan la gestión del dato. Otras variables energéticas como LEÑA de la cadena de Bioenergía o GLP en la cadena de hidrocarburos, presenta mayores niveles de complejidad, porque la gestión del dato involucra recursos económicos, talentos humanos, nuevas metodologías de cálculo, infraestructura, etc. que deberán ser considerados en ésta etapa.

En nuestro país, hasta el año 2016, la información estadística energética necesaria para elaborar los balances energéticos era entregada al MICSE por sus ministerios adscritos. El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables es el encargado de coordinar la estadística energética eléctrica y el Ministerio de Hidrocarburos es el encargado de coordinar las estadísticas energéticas de hidrocarburos. A su vez, ambos Ministerios cuentan con Agencias de Regulación y Control que finalmente son los responsables de generar las estadísticas energéticas. La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) es la encargada de generar la información estadística del sector eléctrico.

Concomitante a lo señalado, para asegurar continuidad y calidad en la gestión del dato, se debe elaborar la Ficha metodológica de cada variable energética y la Matriz de ruteo del dato energético.

Ficha Metodológica

De acuerdo con el INEC, Las fichas metodológicas muestran de forma sintética que los conceptos, definiciones, fuentes, métodos y procedimientos para producir datos, se realicen con rigor científico, resulten útiles y transparentes para los usuarios (Klimsza, 2011).

Las fichas metodológicas permiten evidenciar los criterios de calidad de los datos, de acuerdo al Código de Buenas Prácticas Estadísticas. Entre los criterios se puede mencionar: relevancia, precisión y confiabilidad, coherencia y comparabilidad, oportunidad y puntualidad, además de accesibilidad y claridad.

La construcción de un instrumento como las fichas metodológicas surge de la necesidad de documentar la descripción de dato energético, pero particularmente con la intención de transparentar el proceso de generación de la información entre las distintas instituciones del Estado, fundamentalmente aquellas sujetas al Sistema Estadístico Nacional (SEN). Las fichas procuran ser una guía de apoyo para desarrollar documentos estandarizados que permitan generar y replicar datos e indicadores con una misma metodología. Además, la información contenida en las fichas metodológicas permite reconstruir el dato energético o indicador para llevar a cabo el seguimiento de los proyectos, políticas públicas, investigaciones, entre otros. (INEC, 2014)

En la figura 36 se presenta el **FORMATO PARA LA ELABORAR FICHAS METODOLÓGICAS DE DATOS DEL BALANCE ENERGÉTICO**, mismo que ha sido elaborado tomando como referencia el documento: **INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE FICHAS METODOLÓGICAS DE INDICADORES** elaborado por el INEC.

En el ANEXO 1 se presenta, a manera de ejemplo, el desarrollo de la ficha metodológica de la variable **PRODUCCIÓN/HIDROENERGÍA**.

FICHA METODOLÓGICA	
NOMBRE DEL DATO ENERGÉTICO	
DEFINICIÓN	
FÓRMULA DE CÁLCULO	
DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS	
METODOLOGÍA DE CÁLCULO	
LIMITACIONES TÉCNICAS	
UNIDAD DE MEDIDA O EXPRESIÓN DEL DATO ENERGÉTICO	

INTERPRETACIÓN DEL DATO ENERGÉTICO		
FUENTE DE DATOS		
PERIODICIDAD DEL DATO ENERGÉTICO		
DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS		
NIVEL DE DESAGREGACIÓN	GEOGRÁFICO	
	GENERAL	
	OTROS ÁMBITOS	
INFORMACIÓN GEO-REFERENCIADA		
RELACIÓN CON INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DATO ENERGÉTICO		
FECHA DE ELABORACIÓN DE LA FICHA METODOLÓGICA		
FECHA DE LA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE LA FICHA METODOLÓGICA		
CLASIFICADOR TEMÁTICO ESTADÍSTICO		
ELABORADO POR		

Figura 36: Formato de ficha metodológica para la gestión del dato energético

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

Matriz de ruteo

La Matriz de ruteo es un documento ejecutivo que describe la ruta a seguir para obtener el dato energético de cada variable para un determinado periodo de tiempo. Para su elaboración se debe considerar las fichas metodológicas. Debido a las particularidades de las fuentes de información de cada cadena energética (electricidad, hidrocarburos y Bioenergía), se debe elaborar matrices de ruteo específicas para cada cadena.

Matriz de ruteo de la cadena electricidad

La matriz de ruteo de la cadena de electricidad señala el camino seguido para determinar la información energética de cada variable de la cadena de electricidad. En la figura 37 se muestra la Matriz de ruteo de la cadena de electricidad propuesta por el autor. En principio, el informante de calidad de esta cadena es la ARCONEL, la información se encuentra en los reportes y boletines estadísticos que permanentemente presenta en su página web. Para

información específica de electricidad por provincia, cantón, ciudad o recinto, se debe recurrir a información adicional disponible en el departamento de estadísticas de la ARCONEL, la página web de la CENACE o empresas eléctricas zonales. Para el caso de la Zona 7 las empresas eléctricas son EERSSA y CNEL EL ORO.

VARIABLE	INFORMANTE	Ruta WEB	RUTA BOLETIN O REPORTE ESTADÍSTICO	ARCONE L (GWh)	OTRO INFORMANTE (GWh)	OBSERVACIONES
Producción/Gas Natural						
Producción/Otras primarias						
Producción/Electricidad						
Importación/electricidad (COMPRA)						
Importación/Diésel (COMPRA)						
Exportación/Electricidad (VENTA)						
Centrales eléctricas/Gas Natural						
Centrales eléctricas/otras primarias						
Centrales eléctricas/electricidad						
Centrales eléctricas/diésel oíl						
Consumo propio/electricidad						
Pérdidas/electricidad						
Industria/electricidad						
Residencial/electricidad						
Comercial-serv. Público/electricidad						
Construcción-otros/electricidad						

Figura37 : Formato de Matriz de ruteo de datos de la cadena de electricidad

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

Matriz de ruteo de datos de la cadena de Hidrocarburos

La matriz de ruteo de la cadena de hidrocarburos señala el camino seguido para determinar los datos energéticos de la cadena de hidrocarburos. El informante de calidad de esta cadena es la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera-ARCH, la información se encuentra en reportes y boletines estadísticos que se presentan en su página web o departamento de estadística. Para información específica de hidrocarburos por provincia, cantón, ciudad o recinto, se debe recurrir a información adicional disponible en el departamento de estadísticas de la ARCH, la página web de EP PETROECUADOR o

terminales de combustible zonales. Para el caso de la provincia de Loja, se dispone de información en la terminal de combustible Catamayo.

En la figura N° 38 se presenta el formato de la Matriz de ruteo del dato de la cadena de hidrocarburos.

VARIABLE	INFORMA NTE	Ruta WEB	RUTA BOLETIN O REPORTE ESTADÍSTICO	ARCH (kBEP)	OTRO INFORMA NTE (kBEP)	OBSERVACIONES
Producción/GasNatural						
Importación/GLP						
Importación/Gasolina						
Importación/KeroseneJetFuel						
Importación/DiéselOil						
Importación/FuelOil						
Importación/NoEnergéticos						
Exportación/GasNatural						
VariaciónInventario/GLP						
Variación/Inventario/Gasolina						
VariaciónInventario/KeroseneJetFuel						
VariaciónInventario/DiéselOil						
VariaciónInventario/FuelOil						
VariaciónInventario/NoEnergéticos						
ConsumoPropio/GasNatural						
ConsumoPropio/GLP						
ConsumoPropio/Gasolina						
ConsumoPropio/KeroseneJetFuel						
ConsumoPropio/DiéselOil						
ConsumoPropio/FuelOil						
Transporte/GLP						
Transporte/Gasolina						
Transporte/KeroseneJetFuel						
Transporte/DiéselOil						
Transporte/FuelOil						
Transporte/NoEnergéticos						
Industria/GasNatural						
Industria/GLP						
Industria/Gasolina						
Industria/KeroseneJetFuel						
Industria/DiéselOil						
Industria/FuelOil						
Residencial/GasNatural						
Residencial/GLP						
Residencial/KeroseneJetFuel						
ComercialServiciosPúblicos/GLP						
ComercialServiciosPúblicos/DiéselOil						
ComercialServiciosPúblicos/FuelOil						
AgroPescaMinería/GLP						
AgroPescaMinería/Gasolina						
AgroPescaMinería/NoEnergéticos						
ConstrucciónOtros/GLP						
ConstrucciónOtros/Gasolina						
ConstrucciónOtros/DiéselOil						

ConstrucciónOtros/FuelOil						
ConstrucciónOtros/NoEnergéticos						

Figura 38. Modelo de Matriz de ruteo del dato de la cadena de hidrocarburos

Elaboración: Autor

Matriz de ruteo del dato de la cadena de Bioenergía

La cadena energética de Bioenergía lo conforman las fuentes de energías LEÑA y PRODUCTOS DE CAÑA. Para obtener información energética de la cadena LEÑA se recurre a información estadística del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y estimaciones de consumo de leña elaborado por el INER. Para obtener información energética sobre la cadena de PRODUCTOS DE CAÑA de debe recurrir a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) que anualmente la realiza el INEC. Además de ello, se debe revisar la información disponible en ARCONEL sobre el consumo de PRODUCTOS DE CAÑA en centrales auto productoras del país y la información disponible en la ARCH sobre la producción de ETANOL en destilerías del país. En la figura N° 39 se presenta el formato de la matriz de ruteo de datos de la cadena de bioenergía.

VARIABLE	INFOR MANTE	Ruta WEB	RUTA BOLETÍN O REPOR TE ESTADÍ STICO	INEC (kBEP)	ARCON EL(kBE P)	ARCH (kBEP)	OTRO INFOR MANTE (kBEP)	OBSER VACIO NES
Producción/Leña								
Producción/Productos Caña								
Destilería/Productos Caña								
Destilería/Etanol								
Industria/Leña								
Industria/Productos Caña								
Residencial/Leña								

Figura 39: Modelo de Matriz de ruteo del dato de la cadena de bioenergía del Ecuador

Elaboración: Autor

Factores de conversión

Para convertir unidades físicas (gal, t, Kg) a energéticas (kBEP, kTEP, MWh, GWh) se debe utilizar los factores de conversión determinados por la OLADE. Se debe tener cuidado en la conversión de unidades porque los informantes de calidad (Ministerios, empresas eléctricas, autoproductores etc), no manejan unidades comunes. Por ejemplo en el sector eléctrico la unidad usual de energía es el MWh, en el sector de hidrocarburos, la información estadística de las variables energéticas están en unidades físicas: galones, toneladas, M3 etc.

Realizadas las conversiones necesarias, se debe ingresar los datos energéticos en la matriz de ruteo del dato, a fin de realizar el balance de acuerdo a la metodología señalada por la OLADE (ver manual de Estadísticas energéticas-OLADE). En el ANEXO 2 se presenta los factores de conversión utilizados en la presente tesis.

Para facilitar la conversión de unidades, el autor elaboró una hoja de cálculo en Excel, que permite la conversión de unidades, de manera rápida y confiable. A éste aplicativo se le denomina **Calculadora energética** misma que ha sido ampliada a otras unidades físicas por parte de investigadores de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja-UNL (ver figura 40). Además, se está elaborando un aplicativo para su uso a través de la plataforma informática del proyecto de investigación de la UNL: “Diagnóstico y prospectiva del sistema energético que interactúa en la Zona 7 del Ecuador”. Para operar la Calculadora energética se debe seguir los siguientes pasos:

1.- Seleccionar la fuente de energía que se quiere convertir. Verificar que la misma esté en las unidades que se señalan en la primera fila. Por ejemplo, para el caso de energías directas (solar, hidráulica, eólica), los datos deben estar en MWh. Para otras fuentes de energía, existen más opciones de unidades de entrada.

2.- Elegir la unidad energética a ser transformada. Las unidades disponibles están en kBEP, kTEP o GWh. Para ello se debe elegir la celda pertinente de la fuente de energía en la opción **elegir el factor** (fila 10). A la derecha de la celda aparece la opción para desplegar una ventana que contiene los factores de conversión respectivos. Al seleccionar el factor, se selecciona la unidad energética a ser transformada. Por ejemplo, si se quiere convertir 521850 MWh de energía directa (ver columna f) a kBEP, se debe seleccionar el factor 0.0006196. La conversión será de 323.2 KbeP (ver fila 10, columna f).

3.- Seguir igual procedimiento para otras fuentes de energía disponible. La calculadora energética trabaja con las siguientes fuentes: Petróleo, gas natural, energías directas, leña, productos de caña, bagazo, jugo de caña, melaza, biogás, GLP, gasolina, alcohol, querosene, diésel, fuel oil, crudo reducido y no energéticos.

Finalmente, luego de obtener los datos de las variables energéticas de las tres cadenas energéticas: electricidad, hidrocarburos y bionenergía, se puede continuar con la siguiente fase referente a la elaboración del BALANCE ENERGÉTICO, que se explica en la fase cuatro.

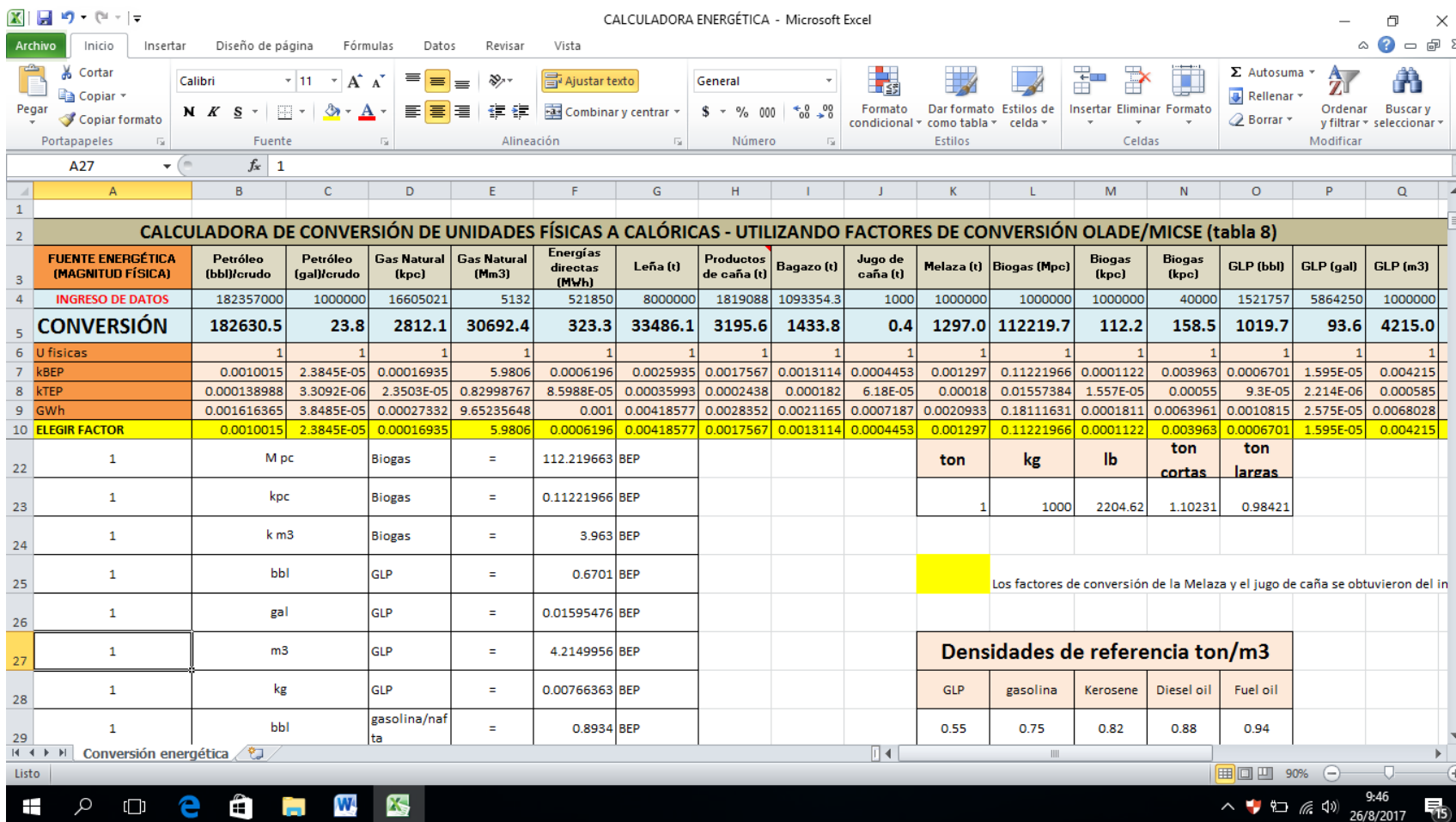


Figura 40: Calculadora energética.

Fuente: OLADE. Factores de conversión.

Elaboración: autor

FASE CUATRO: BALANCE ENERGÉTICO

Para realizar el Balance Energético, se debe considerar las CADENAS ACTIVAS definidas en la **fase dos** y los DATOS ENERGÉTICOS obtenidos en la fase tres. Las unidades de los DATOS ENERGÉTICOS deben estar en kBEP. Luego de ingresar los datos de las variables energéticas, se debe comprobar el balance de cada fuente de energía. Si el resultado del balance es diferente a cero, significa que es necesario un AJUSTE ESTADÍSTICO. Este valor debe ser colocado en la actividad AJUSTE. El valor de ajuste debe ser comparado, para un mismo año de análisis, con el valor determinado en el Balance Energético Nacional, los cuales deben guardar proporcionalidad al dividirlo para la OFERTA INTERNA de la fuente. La coherencia contribuye a demostrar la confiabilidad del Balance Energético. Durante esta fase también se debe elaborar los diagramas del Balance Energético (diagrama e-sankey), y los diagramas de energía de las cadenas de electricidad e hidrocarburos, presentados en las figuras 31, 32 y 33. Concluido ello, se puede avanzar hacia la última fase referente a la elaboración de las estadísticas energéticas, la cual que se explica a continuación

FASE QUINTA: ESTADÍSTICA ENERGÉTICA

A partir del Balance Energético del área geográfica, se debe realizar gráficos y tablas energéticas. Para ello se puede utilizar como referente las estadísticas de los informes del Balance Energético nacional elaborado por el MICSE. La información está disponible en la página web <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/balance-energetico/>. Es importante notar que cuando se realiza la activación de cadenas (fase), indirectamente se está definiendo el tipo de estadística energética a reportar. Por ejemplo, en la Zona 7 no se activan las variables de la fuente PETROLEO, por lo tanto, no se presentarán estadísticas energéticas de esa fuente en el informe.

e.2.2 Metodología para elaborar prospectivas energéticas en áreas geográficas del Ecuador

e.2.2.1 Introducción

En la presente tesis se planteó como segundo el objetivo específico: “Determinar una metodología simplificada que permita orientar prospectivas energéticas en áreas geográficas del Ecuador”, misma que de acuerdo a la OLADE (ver acápite d.4.7) se la realiza a través de la

Prospectiva del Balance Energético. Para ello se debe proyectar, para un horizonte de estudio, todas las variables del balance energético del año base; es decir, las variables de las fuentes de energía para las actividades de oferta, transformación y consumo.

Las variables que se proyectan por este método son:

- ✓ Consumo final por sectores
- ✓ Consumo final por fuentes
- ✓ Importaciones y exportaciones por fuente
- ✓ Producción de fuentes secundarias en los centros de transformación
- ✓ Producción de energía primaria

De acuerdo a la OLADE, al aplicar éste método no se dispondrá de información discriminada por regiones (provincias o cantones), por usos de la energía, por tecnología de transformación ni por tecnología de los equipos y artefactos de consumo final. La OLADE también señala que mediante la prospectiva de balances energéticos no se podrán evaluar con la debida precisión los efectos de las medidas de políticas energéticas direccionadas a cierto grupo de consumidores o a la promoción de ciertas tecnologías, por citar algunos ejemplos. Por el contrario, la prospectiva de balances permitirá obtener una visión a futuro de la evolución del sistema energético nacional o regional (área geográfica del Ecuador) en sus rasgos más generales.

De acuerdo lo explicado, a continuación se plantea una metodología simplificada para la elaboración de prospectivas energéticas.

e.2.2 Fases de la prospectiva energética simplificada

En la figura 41 se plantea un modelo para elaborar prospectivas energéticas simplificadas de áreas geográficas del Ecuador. En el mismo se considera tres fases:

- ✓ Estudio y gestión de la demanda
- ✓ Simulación y análisis de la matriz energética
- ✓ Estadísticas energéticas

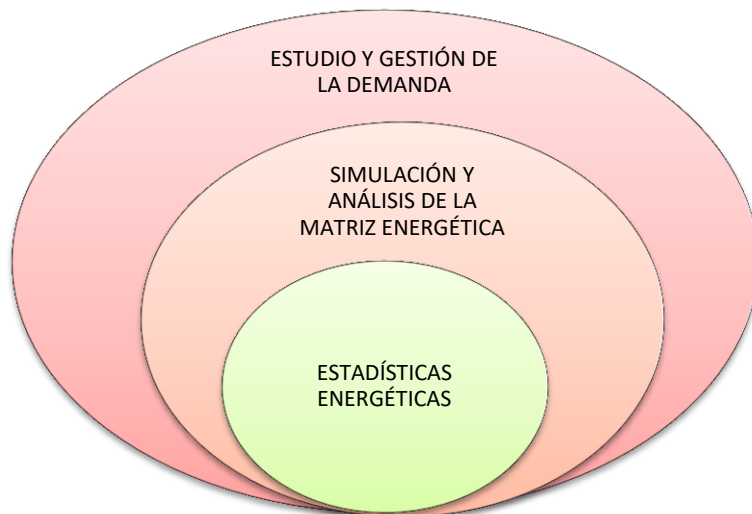


Figura 41: Modelo para elaborar perspectivas simplificadas de áreas geográficas del ECUADOR

FASE 1.- ESTUDIO Y GESTIÓN DE LA DEMANDA

El estudio y gestión de la demanda se convierte en el eje fundamental a partir del cual se desarrolla la prospectiva, debido a que considera una serie de hipótesis debidamente sustentadas que contemplan la evolución histórica de la demanda de energía, los impactos producidos por la incorporación futura de cargas especiales al sistema, variables políticas, económicas, sociales, ambientales y tecnológicas que se reflejan en el comportamiento de la demanda de energía.

Esta fase tiene continuidad con el objetivo anterior, donde se planteó una metodología para elaborar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador. Para su ejecución se plantean los siguientes pasos:

1. Análisis del último balance energético del **área geográfica de interés** y su evolución histórica de al menos 5 años. Se tiene que identificar las fuentes de energía y sus cadenas energéticas para las actividades de oferta, transformación y consumo. Al último balance se le denomina “año base”
2. Desagregar para el año base, la generación de centrales eléctricas por tecnologías como centrales a gas natural, hidroeléctricas, centrales eólicas, centrales solares, centrales a crudo reducido y centrales diésel-fuel oil. Los insumos se los puede tomar del Balance Energético. Los autoprodutores pueden permanecer agregados (petróleo, gas natural, biomasa-caña de azúcar, GLP, diesel, fuel). En la Tabla 8 se presenta la matriz de desagregación de generación según tecnologías. La desagregación de las variables del balance energético,

Otros centros	Tecnología general	Producto																		
TOTAL TRANSFORMACIÓN (BALANCE)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACTIVIDADES DE CONSUMO																				
Sector transporte	Transporte	Tecnología convencional																		
Sector industrial	Uso general	Tecnología convencional																		
Sector residencial	Uso general	Tecnología convencional																		
Sector comercial y servicios	Uso general	Tecnología convencional																		
Sector agro pesca y minería	Uso general	Tecnología convencional																		
Sector construcción y otros	Uso general	Tecnología convencional																		
Consumo no energético	Uso general	Tecnología convencional																		
Consumo propio	Uso general	Tecnología convencional																		
TOTAL CONSUMO (BALANCE)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PERDIDAS (BALANCE)																				
BALANCE			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AJUSTE BALANCE	negativo	(+) oferta																		
	positivo	(+) demanda																		

4. Consultar las capacidades instaladas de generación eléctrica por tecnologías de las centrales eléctricas y de los autoprodutores en MW (en el caso de los autoprodutores sería el total). En la tabla 9 se presenta una matriz de capacidades y costos unitarios, elaborado por el autor de acuerdo a la capacitación recibida por la OLADE
5. Proyectar los consumos sectoriales de cada fuente de energía para el período de estudio. Se puede utilizar los siguientes métodos
 - a) Tasas de crecimiento.- Las tasas de crecimiento podrían ser obtenidas de series históricas o calculadas entre un año inicial (2011) y un año final (2015) con la siguiente fórmula:

$$t = \left(\frac{V_f}{V_o}\right)^{1/n} - 1 \quad \text{Ecuación (17)}$$

Dónde:

t = tasa promedio de crecimiento anual

Vf = Valor en el año final del período histórico (2015)

Vo = valor en el año inicial del período histórico (2011)

n = año final + 1 – año inicial (2016 – 2011) = 5

La OLADE recomienda que si eventualmente el valor resultante de la tasa promedio de crecimiento anual no fuera coherente para alguna de las cadenas de consumo (mayor al 10%), se puede estimar dicha tasa de manera intuitiva con el apoyo de personal técnico que manejen las estadísticas respectivas. Por ejemplo si la tasa de crecimiento del consumo eléctrico del sector industrial, de una determinada área geográfica es del 14%, se puede consultar con personal de estadísticas de la empresa eléctrica. También se puede revisar el Plan Maestro de Electricidad para referenciar estudios de prospectiva energética.

Luego, para proyectar los valores de consumo para los años de control se usa la formula anterior despejando Vf.

En este caso, Vo corresponde al valor en el año base (2015) y n a la diferencia entre el año proyectado y el año base.

$$Vf = Vo * (1 + t)^n \quad \text{Ecuación (18)}$$

Cuando se utiliza el SAME, este cálculo lo realiza directamente el software, solo se debe ingresar la tasa de crecimiento anual.

a) Funciones de tiempo

Permite proyectar los consumos sectoriales y las pérdidas, mediante funciones del tiempo, para un determinado período dentro del horizonte de estudio.

Esta modalidad de proyección se aplica cuando se espera que la evolución futura de los consumos sectoriales y las pérdidas de una determinada fuente respondan a un patrón complejo de variables o inclusive, con un valor máximo de saturación a futuro.

En cada tipo de función disponible para representar el comportamiento futuro de los consumos y las pérdidas, la variable “t” corresponde al año de proyección y de acuerdo al tipo de función, pueden tener diferentes parámetros (a, b, c, etc.) que permiten definir la forma y pendiente específica de la función. Los tipos de funciones disponibles son:

Función exponencial: $f(t) = e^{a.t}$ Ecuación (19)

Función lineal: $f(t) = a.t + 1$ Ecuación (20)

Función logarítmica: $f(t) = \ln(a.t + 1) + 1$ Ecuación (21)

Función polinómica de orden n: $f(t) = a.t^n + b.t^{n-1} + \dots + 1$ Ecuación (22)

Función potencial: $f(t) = a.t^b + 1$ Ecuación (23)

Función sigmoidea: $f(t) = \frac{a}{(1 + e^{-b.(t-c)})} + 1$ Ecuación (24)

t.p.c.a. (tasa promedio de crecimiento anual): $f(t) = (1 + \frac{a}{100})^t$ Ecuación (25)

La OLADE ha diseñado cada función de forma que cuando la variable t valga cero, el valor de la función sea igual a uno o se aproxime a uno. Esto facilita calibrar la función de manera adimensional previamente a la realización de la proyección.

b) Variables exógenas.-

Permite asociar un determinado cálculo analítico a la proyección de consumos sectoriales y pérdidas para las diversas fuentes de energía, es decir relaciones matemáticas entre variables exógenas explicativas de la demanda de energía.

Las variables exógenas analizadas son de tipo macroeconómico (PIB nacional) y demográfico (población, cantidad de viviendas totales y con servicio eléctrico a nivel país). Para determinar el valor de las variables se deben consultar organismos oficiales nacionales (INEC, BCE).

c) Finalmente, con la utilización del método de proyección de la demanda, cada sector de consumo y fuente de energía deberán tener su propia proyección anual. Incluir en esta proyección el consumo propio del sector energético, el consumo no energético y las pérdidas.

FASE DOS: SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE LA MATRIZ ENERGÉTICA (SAME)

De acuerdo con la OLADE, los estudios de prospectiva y planificación energética tienen como objetivo realizar proyecciones a futuro del sistema energético de un país o una región, en base a la formulación de hipótesis y escenarios factibles de evolución de los mercados y la capacidad de abastecimiento, de manera de facilitar la toma de decisiones coherentes y oportunas. Estos estudios arrojan como resultado previsiones de la matriz energética, que responden a las hipótesis y escenarios planteados, el momento de realizar el estudio, sin embargo, un cambio en la coyuntura política interna o un efecto proveniente del ámbito externo, pueden de una manera inesperada, dejar obsoletas las hipótesis del estudio y por lo tanto sus resultados. Por otra parte, muchos de los modelos actuales para la realización de estudios de prospectiva energética, requieren un volumen y detalle de información de entrada muy difícil de recopilar y validar.

Por estos motivos, OLADE ha considerado conveniente desarrollar y poner a disposición de sus Países Miembros, un modelo simplificado para la proyección, simulación y análisis de la matriz energética a un nivel macro y ejecutivo. El Modelo de Simulación y Análisis de la Matriz Energética - SAME es un sistema computacional, provisto de un tablero de control virtual, que permite simular diferentes escenarios o estados del balance energético de un país o una región,

para un año determinado; presentando indicadores de tipo energético, económico y ambiental, que varían simultáneamente con los cambios que realiza el usuario en los flujos del balance.

Aplicaciones del modelo.-

- ✓ Realizar de manera simple proyecciones de estados factibles y coherentes de la matriz energética para un año futuro, con base al estado actual de dicha matriz.
- ✓ Actualizar los resultados de estudios de prospectiva simulando el efecto de nuevas hipótesis y políticas de desarrollo.
- ✓ Cuantificar los beneficios económicos y ambientales de una diversificación de la matriz energética o un cambio en los patrones de consumo final.
- ✓ Analizar alternativas para enfrentar eventos críticos, como agotamiento de reservas, restricción o encarecimiento de fuentes energéticas importadas, entre otros.

Información principal de entrada del Modelo

- ✓ Balance de energía final para el año base, que puede ser un año histórico, actual o futuro.
- ✓ Información de tecnologías de oferta de energía como: capacidad instalada, eficiencias medias, factores de planta, costos unitarios de producción, costos unitarios de inversión, factores de emisión de GEI, etc.
- ✓ Información de reservas y potenciales.
- ✓ Información de eficiencias relativas de tecnologías de uso final como cocción, iluminación, transporte, refrigeración, etc.

Estructura y manejo del software (SAME)

Desde el punto de vista funcional, está constituido por 7 secciones principales como se muestra en la figura 42 cada una de las cuales se describe a continuación:



Figura 42: Diagrama funcional del SAME

ARCHIVO

Contiene las opciones de organización de las bases de datos correspondientes a los estudios de caso en el disco duro de la computadora

Luego de elaborar la matriz de desagregación de generación eléctrica (tabla 8) y la matriz de capacidades y costos unitarios (tabla 9) se puede CONFIGURAR e ingresar los DATOS para la proyección de la matriz energética

CONFIGURACIÓN

En esta sección se ingresa la información básica de la estructura de la matriz energética del país o la región que se va a analizar y es general para todos los escenarios que se construyan en la simulación. Las opciones de configuración, cada una con su respectiva ayuda al usuario, son las siguientes:

Unidades

Unidades físicas

Unidades calóricas

Información general

Escenarios

Actividades

Fuentes de energía

Usos finales

Definición

Sector de consumo – uso final

Tecnologías

Oferta

Transformación

Consumo

Cadenas energéticas

Oferta

Transformación

Consumo

Pérdidas

Eficiencia relativa en el consumo final

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Contaminantes

Factores de emisión

Oferta

Transformación

Consumo

Cadenas activas

Oferta

Transformación

Consumo

Pérdidas

Variables exógenas

Constantes

Variables

Cálculos

Variables extensivas del consumo

Definición

Cadena energética-VARIABLES extensiva

Consumos específicos

DATOS

Una vez realizada la configuración de la matriz energética, en esta sección se ingresan los datos de balance energético, capacidad, costos unitarios, reservas y potenciales, para los diferentes escenarios a simular. Esta información consta los datos de las tablas 8 y 9. Es fundamental, ingresar los datos por lo menos para el escenario base del estudio, ya que los datos de los otros escenarios pueden ser proyectados a partir del escenario base en la sección de “Simulación”. Las opciones de ingreso de datos que contiene esta sección, cada una con su respectivo enlace a la ayuda correspondiente se listan a continuación:

Balance energético.-

Oferta

Transformación

Consumo

Pérdidas

Capacidades instaladas.-

Oferta

Electricidad

Otras fuentes

Transformación

Generación eléctrica

Refinación y tratamiento de gas

Otra transformación

Costos unitarios.-

Oferta

Costos variables

Costos fijos

Electricidad

Otras fuentes

Costos de inversión

Electricidad

Otras fuentes

Generación eléctrica

Costos variables

Costos fijos

Costos de inversión

Refinación y tratamiento de gas

Costos variables

Costos fijos

Costos de inversión

Otra transformación

Costos variables

Costos fijos

Costos de inversión

Reservas probadas

Potenciales

Demanda de potencia eléctrica

Variables exógenas

Variables extensivas del consumo

Totales

Estructura

PROYECCIÓN

Coefficientes técnicos

Estructura de oferta primaria

Componente positivo

Componente negativo

Estructura de oferta primaria

Componente positivo.-

Componente negativo.-

Relación de los componentes de la oferta total
Eficiencia de las actividades de transformación
Estructura de los insumos a los centros de transformación
Estructura de los productos de los centros de transformación
Factor de planta
Oferta
Electricidad
Otras fuentes
Transformación
Generación eléctrica
Refinación y tratamiento de gas
Otra transformación.-
Estructura del consumo de energía útil
Prioridad de la oferta primaria
Componente positivo.-
 Componente negativo.-
Prioridad de la oferta secundaria
Componente positivo.-
 Componente negativo.-
Proyección de variables exógenas
Proyección de la demanda de energía
Proyección por tasas de crecimiento
Proyección por funciones de tiempo
Proyección por variables exógenas
Proyección por coeficientes de energía útil
Proyección por variables extensivas
Proyección de la demanda de potencia eléctrica
Proyección de la oferta por coeficientes técnicos
Proyección de capacidades instaladas
Proyección en base a flujos energéticos
Oferta

Generación eléctrica

Otra transformación

Cronograma de instalación/retiro de capacidad

Oferta

Transformación

Proyección de costos unitarios

Oferta

Costos variables

Costos fijos

Electricidad

Otras fuentes

Costos de inversión

Electricidad

Otras fuentes

Generación eléctrica

Costos variables

Costos fijos

Costos de inversión

Refinación y tratamiento de gas

Costos variables

Costos fijos

Costos de inversión

Otra transformación

Costos variables

Costos fijos

Costos de inversión

SIMULACIÓN

Es la sección del Modelo, donde se realiza la simulación de la matriz energética del país o la región de estudio. Para este efecto, se seleccionan previamente dos escenarios, de los definidos en la sección de “Configuración”, uno de los cuales será el escenario base de la simulación y el

otro el escenario simulado. El escenario base, corresponderá por lo general al período histórico más reciente, del cual se dispone de toda la información de la matriz energética, debidamente depurada y validada, a partir de la cual se podrán hacer proyecciones a futuro. El escenario simulado, corresponde a un estado de la matriz energética en un período futuro en el cual se desea analizar diferentes comportamientos de la demanda de energía y alternativas de abastecimiento. Como punto de partida, el escenario simulado puede ser una proyección simplificada del escenario base, realizada en base a un escalamiento de los datos o a una tasa de crecimiento promedio anual en el período comprendido entre el año correspondiente al escenario simulado y el año correspondiente al escenario base. Luego, haciendo uso de un tablero de control virtual, el usuario puede realizar variaciones puntuales a los datos del escenario simulado, observando instantáneamente como varían algunos indicadores de la matriz energética. La idea principal de la simulación, es conseguir un estado futuro de la matriz energética coherente, que guarde un equilibrio en el balance energético y que en lo posible mejore algunos indicadores como: factor medio de emisión de gases de efecto invernadero, costo medio de la oferta de energía, índice de renovabilidad, índice de suficiencia energética, eficiencia en la transformación de energía y eficiencia en el consumo de energía.

A continuación se listan las opciones de esta sección del programa, cada una con el enlace a su respectiva ayuda de usuario.

Selección de escenarios

Consumo

Transformación

Oferta

FASE TRES: ESTADÍSTICAS ENERGÉTICAS

REPORTES

El Modelo SAME, proporciona al usuario, diferentes reportes en formato de libro Excel, que le permiten observar los resultados de la simulación de la matriz energética. Estas opciones de reporte son:

Reporte de balance energético.- Muestra una tabla con los flujos de las fuentes de energía para cada actividad de la cadena energética configurada. Para la generación de este reporte, se deben seleccionar las siguientes opciones:

Unidades.-

De referencia.- Todos los flujos energéticos estarán expresados en la unidad calórica de referencia seleccionada en la ventana de “Información general”.

Propias.- Cada flujo estará expresado en la unidad propia de la fuente de energía correspondiente.

Formato.-

Agregado.- Las actividades energéticas estarán agregadas a los niveles superiores y las fuentes de energía estarán agregadas por grupos energéticos. En este formato no aparece el detalle de tecnologías y usos.

Detallado.- Tanto las actividades como las fuentes energéticas se muestran desagregadas a su último nivel, cada flujo energético tiene el detalle de la tecnología y el uso que le corresponde.

Escenario.- permite seleccionar si el reporte corresponde al escenario base o al escenario simulado.

Reporte de emisión de gases de efecto invernadero (GEIs) Este reporte presenta para cada celda de la matriz del balance energético detallado, las emisiones resultantes calculadas en base al flujo energético y al factor de emisión del contaminante seleccionado, expresadas en miles de toneladas métricas de contaminante.

Los campos de selección son:

Escenario.- permite seleccionar si el reporte corresponde al escenario base o al escenario simulado.

Contaminante.- permite seleccionar el contaminante al que corresponden las emisiones.

Reporte de capacidades.- Presenta para cada celda de la matriz del balance energético detallado, las capacidades relacionadas, para las actividades de oferta y transformación.

En las actividades de transformación, dependiendo del tipo de actividad, las capacidades pueden aparecer en los insumos o en los productos, por ejemplo en las actividades de generación eléctrica, las capacidades aparecerán solamente en el producto que en este caso es la electricidad, mientras que en las actividades de refinación y tratamiento de gas, las capacidades aparecerán en el insumo.

Para las fuentes de energía directa y la electricidad la capacidad está expresada en MW, mientras que para las demás fuentes en unidades propias / día.

Reportes de costos.-

Reporte de costos variables.- Este reporte presenta para cada celda de la matriz del balance energético detallado, el valor presente neto (al año del escenario base), de los costos resultantes del producto del volumen del flujo energético por su respectivo costo unitario variable, expresados en millones de dólares estadounidenses.

Escenario.- permite seleccionar si el reporte corresponde al escenario base o al escenario simulado.

Reporte de costos fijos.- Este reporte presenta para cada celda de la matriz del balance energético detallado, el valor presente neto (al año del escenario base), de los costos resultantes del producto de la capacidad instalada por su costo unitario fijo, expresados en millones de dólares estadounidenses.

Escenario.- permite seleccionar si el reporte corresponde al escenario base o al escenario simulado.

Reporte de costos de inversión.- Este reporte presenta para cada celda de la matriz del balance energético detallado, el valor presente neto (al año del escenario base), de los costos resultantes del producto de la diferencia de capacidad instalada entre el escenario simulado y el escenario base, por su respectivo costo unitario de inversión, expresados en millones de dólares estadounidenses.

Costo de inversión.-

Total.- Con esta opción el costo total de inversión resultante, es trasladado a valor presente respecto al año del escenario base.

Anualizado.- Con esta opción una anualidad del costo total de inversión resultante, es trasladada a valor presente respecto al año del escenario base. El costo total de inversión es anualizado sobre la vida útil de la tecnología correspondiente considerando la tasa de descuento ingresada en la ventana de “Información general”.

Escenario.- permite seleccionar si el reporte corresponde al escenario base o al escenario simulado.

GRÁFICOS

Balance energético.- Se presenta un gráfico de barras apiladas con 4 series de datos para cada fuente de energía: a) la oferta total de energía, b) los insumos a transformación, c) los consumos y pérdidas y d) el ajuste.

La serie de oferta total aparece con signo positivo, mientras que los insumos a transformación, los consumos y las pérdidas tienen signo negativo, de manera que en un equilibrio total del balance, el área sobre el eje horizontal del gráfico, debe ser igual al área bajo este eje. La cuarta serie (ajuste) aparece del lado del eje donde hay una insuficiencia de área para llegar al equilibrio, por lo tanto si el ajuste aparece con signo negativo, quiere decir que hay una sobre oferta total de la fuente, mientras que si el ajuste aparece con signo positivo, se indica un déficit en la oferta total de dicha fuente.

La ventana del gráfico le da la opción de desplegar información del escenario base o del escenario simulado. Tiene además una pestaña con la etiqueta “Tabla”, donde se puede apreciar los valores numéricos de los datos del gráfico.

El gráfico muestra por defecto todas las fuentes de energía, pero tiene una lista donde se puede seleccionar cada una de las fuentes.

Emisiones de gases de efecto invernadero.-

Este gráfico muestra el total de emisiones en millones de toneladas métricas del contaminante que se seleccione, en dos series de valores: la primera corresponde al escenario base y la segunda al escenario simulado. Para los puntos del eje horizontal del gráfico, existen dos opciones: a) actividades energéticas y b) fuentes de energía. Cuando se opta por actividades energéticas, se debe seleccionar de una lista, la fuente de energía a la cual corresponden los datos, mientras que cuando se opta por fuentes de energía se selecciona la actividad energética a la cual corresponden los datos. También es posible filtrar el tipo de actividad energética para desplegar el gráfico. Tiene además una pestaña con la etiqueta “Tabla”, donde se puede apreciar los valores numéricos de los datos del gráfico.

Costos

Costos variables Este gráfico muestra el total de costos variables en millones de dólares americanos para el escenario base y para el escenario simulado. Los costos del escenario simulado, son trasladados a valor presente con referencia al año del escenario base. Para los puntos del eje horizontal del gráfico, pueden ser: a) actividades energéticas y b) fuentes de energía. Cuando se opta por actividades energéticas, se debe seleccionar de una lista, la fuente de energía a la cual corresponden los datos, mientras que cuando se opta por fuentes de energía se selecciona la actividad energética a la cual corresponden los datos. También es posible filtrar el tipo de actividad energética de la información a desplegar en el gráfico. La ventana del gráfico

tiene además una pestaña con la etiqueta “Tabla”, donde se puede apreciar los valores numéricos de los datos del gráfico.

Costos fijos

Este gráfico muestra el total de costos fijos en millones de dólares americanos para al escenario base y para el escenario simulado. Los costos del escenario simulado, son trasladados a valor presente con referencia al año del escenario base. Las demás opciones son similares a las del gráfico anterior.

Costos de inversión Este gráfico muestra el total de costos de inversión en millones de dólares americanos resultante de la diferencia de capacidad instalada entre el escenario base y el escenario simulado. Estos costos son trasladados a valor presente con referencia al año del escenario base. Los valores graficados, pueden corresponder al costo total del incremento de capacidad o al valor anualizado sobre la vida útil de cada una de las tecnologías de producción de energía.

Costos totales En este gráfico se presenta la suma de los costos variables, los costos fijos y los costos de inversión.

Las opciones del gráfico son similares a las de los gráficos anteriores.

Estructura del consumo.- En esta ventana se muestran dos gráfico tipo pastel, el primero para el escenario base y el segundo para el escenario simulado, con la estructura porcentual del consumo final con las siguientes opciones: a) por sectores de consumo, b) por fuentes y c) por grupos energéticos.

Matriz de oferta total.- En esta ventana se muestran dos gráfico tipo pastel, el primero para el escenario base y el segundo para el escenario simulado, con la estructura porcentual de la oferta total de energía por grupos energéticos.

Matriz de generación eléctrica.-

En esta ventana se muestran dos gráfico tipo pastel, el primero para el escenario base y el segundo para el escenario simulado, con la estructura porcentual de la generación de electricidad por tecnologías.

Energía útil por uso final Este gráfico de barras presenta para el escenario base y el escenario simulado, la energía final y la energía útil para cada sector de consumo y para cada uso final.

Reservas vs. producción acumulada Este gráfico de barras apiladas presenta para el escenario base y el escenario simulado, las reservas probadas y la producción acumulada para cada fuente de energía fósil. La producción acumulada corresponde a la suma de las producciones primarias en el período comprendido entre el año del escenario base y el año del escenario simulado, por lo cual el valor correspondiente al escenario base siempre será cero. Las reservas probadas en el escenario simulado, será la diferencia entre las reservas proyectadas y la producción acumulada, por lo tanto puede resultar con un valor cero o negativo, que indicaría que se dio un agotamiento de las reservas antes de llegar al año del escenario simulado.

Potenciales vs. capacidad instalada Este gráfico de barras apiladas presenta para el escenario base y el escenario simulado, los potenciales remanentes de generación eléctrica con fuentes de energía directa y la capacidad instalada de las tecnologías que usan como insumo estas fuentes.

Capacidad instalada vs demanda de potencia

Capacidad instalada por tecnología

Capacidad instalada vs Capacidad requerida

Índice de renovabilidad de la matriz energética

Índice de renovabilidad de la generación eléctrica

Índice de suficiencia energética

Factor de la matriz energética

Factor de la generación eléctrica

FASE TRES: ESTADÍSTICAS ENERGÉTICAS.

Al igual que en el Balance Energético del área geográfica interés, se debe realizar gráficos y tablas de la prospectiva energética. Para ello se puede utilizar como referente las estadísticas del Balance Energético, de manera que compare la prospectiva de las variables e indicadores energéticos con el comportamiento del año base o históricos. Asimismo, es conveniente que los tipos de estadísticas energéticas se mantengan para todos los escenarios de la prospectiva de manera que se pueda correlacionar el comportamiento de las variables e indicadores energéticos.

f. RESULTADOS

f.1 BALANCE ENERGÉTICO DE LA CADENA DE ELECTRICIDAD QUE INTERACTUARA EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EERSSA

f.1.1. FASE 1.- Análisis de cadena energética nacional de electricidad. Año 2015

En abril del año 2017, el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos MICSE, presentó el Balance Energético Nacional 2016, año base 2015. El tercer volumen del documento contiene las matrices del balance energético, elaboradas de acuerdo a la metodología de la OLADE. Con el fin de validar la metodología propuesta en la presente tesis, el autor contrastó los datos de las variables de la cadena energética nacional de electricidad presentados por MICSE, con los resultados de la Matriz de ruteo de los reportes estadísticos de la ARCONEL, y se obtuvo los mismos resultados, es decir, con 0% de error. El anexo 3 se presenta la MATRIZ DE RUTEO DE DATOS utilizada para la el efecto.

Luego de la validación de datos, el autor realizó el diagrama energético nacional de la cadena de electricidad, utilizando para ello la metodología propuesta por la OLADE para la elaboración de la ESTRUCTURA DE LA CADENA ENERGÉTICA NACIONAL y adaptada por el autor para la cadena energética de electricidad. El resultado se puede observar en la figura 43. Se observa que los insumos primarios de la cadena nacional de electricidad durante el año 2015 fueron de 18 346.7 kBEP (29 610.5 GWh) y los secundarios de 14 859.3 kBEP (23 982.1 GWh). Los insumos primarios vinieron de las siguientes fuentes de energía: Petróleo, gas natural, hidroenergía, productos de caña, y otras primarias representadas por energía eólica y solar. Los insumos secundarios se obtuvieron de fuentes derivadas del petróleo. Las pérdidas totales por transformación energéticas en las centrales eléctricas fueron de 17 127.3 kBEP (27 642.5 GWh). La producción de electricidad fue de 16 078.7 kBEP (25 950.1 GWh). En cuanto a las transacciones internacionales, la importación de electricidad fue de 317.1 kBEP (511.8 GWh), y la exportación de 28.6 kBEP (46.2 GWh). El consumo propio de electricidad generado en los centros de transformación fue de 308.2 kBEP (497.4 GWh) y las pérdidas por transmisión y distribución de 1 974,2 kBEP (3182.2 GWh). El total de consumos finales de los diferentes sectores económicos fue de 14 172.5 kBEP (22 873.6 GWh) con un AJUSTE de suma a la Oferta interna de 87.7 kBEP.

Un mayor detalle de los datos energéticos de la cadena nacional de electricidad se presenta en la matriz de ruteo anteriormente señalada.

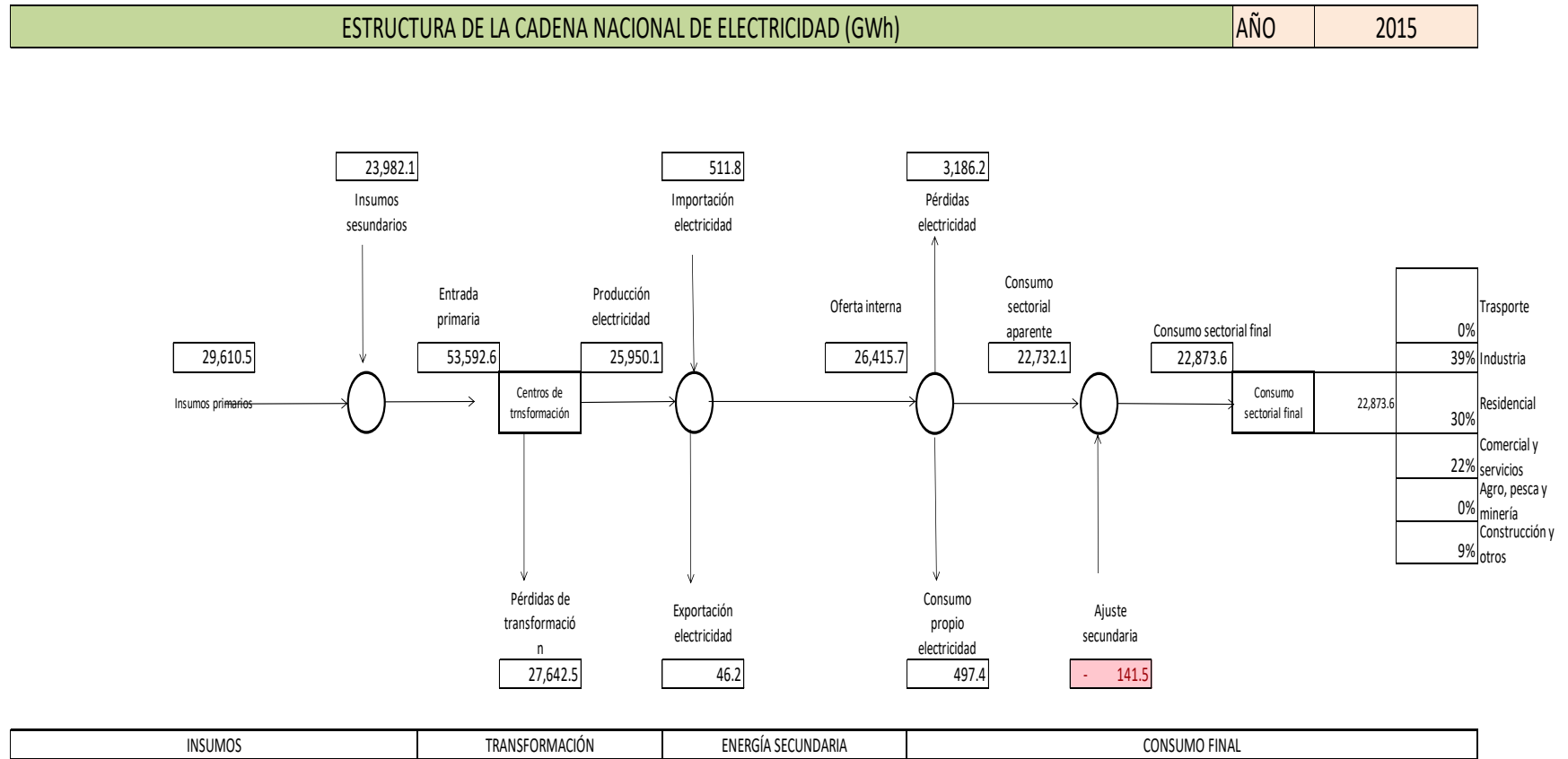


Figura 43. Estructura de la cadena energética nacional de electricidad. Año 2015 (kBEP)
 Elaboración. Autor

f.1.2 FASE 2.- Activación de la cadena energética de electricidad que interactuó en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2015.

Comprende la fase de selección de las variables energéticas de la cadena de electricidad que interactuaron en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2015. Como se señaló en el capítulo de métodos, a partir de las cadenas activas del Balance Energético Nacional 2015, se debe activar aquellas que se correspondan con el área geográfica de interés, en éste caso, el área de concesión de la EERSSA.

Para demostrar el cumplimiento de ésta fase, en la figura 44 se presenta nuevamente las cadenas activas del Balance Energético Nacional 2015. Por otro lado, en la figura 45 se muestra aquellas variables energéticas que interactuaron en el área de concesión de la EERSSA durante el mismo año. La selección de las variables activadas fue producto del análisis y consenso del grupo de investigación del proyecto: “Diagnóstico y prospectiva de las variables energéticas que interactúan en la Zona 7 del Ecuador”, que se desarrolla en la UNL, en la que participan como investigadores docentes de la carrera de ingeniería Electromecánica y asesores externos de la EERSSA.

La justificación de las variables seleccionadas se presenta en la tabla 10

Tabla 10. Justificación de las variables de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. A año 2015.

FUENTE	ACTIVIDAD	JUSTIFICACIÓN DE LA VARIABLE ENERGÉTICA
Hidroenergía	Producción	Producción de Hidroenergía en la central eléctrica Carlos Mora
	Centrales eléctricas	Producción de electricidad en la central eléctrica Carlos Mora
	Autoprodutores	Debido a que la presente tesis tiene como objeto principal de estudio la metodología, esta variable no se considera porque no se reporta información a la ARCONEL sobre mini o microcentrales hidroeléctricas existentes en el área geográfica de estudio. Para investigaciones más exhaustivas, se deberá diseñar nuevos métodos para la gestión de dato.
Productos de caña	Producción	No se considera porque no se reporta información a la ARCONEL. Esta variable debe ser investigada a detalle en otros proyectos de investigación.
	Autoprodutores	A pesar que la empresa azucarera Monterrey produce energía eléctrica no incorporada al SNI para consumo propio, no se considera ésta variable porque no se reporta los insumos (bagazo) y productos (electricidad) de la cogeneración a la ARCONEL.
Otras primarias (Eólica)	Producción	Energía eólica que interactúa con el parque eólico de la central eléctrica Villonaco ubicada en el cantón Loja. De acuerdo a la metodología de la OLADE, se asume que los insumos (energía eólica) que ingresa son iguales a la producción (electricidad) en la central.
	Centrales eléctricas	Energía eólica que interactúa con el parque eólico de la central eléctrica Villonaco. Este variable difiere del anterior cuando existen empresas

		autoproductoras que tengan centrales eólicas.
Otras primarias (solar)	Producción	Energía solar que interactúa con las centrales solares ubicadas en el área de concesión de la EERSSA. Para éste caso, se corresponde con las centrales solares ubicadas en los cantones de Catamayo, Gonzanamá y Macará. De acuerdo a la metodología de la OLADE, se asume que la energía solar que interactúa es igual a la producción de energía eléctrica en la central.
	Centrales eléctricas	Energía solar que interactúa con las centrales solares ubicadas en Catamayo, Gonzanamá y Macará. Este variable difiere del anterior cuando existen empresas autoproductoras que tengan centrales solares.
Electricidad	Producción	Total de electricidad en las centrales eólica, solar, térmica e hidráulica del área de concesión de la EERSSA.
	Importación	Compra de electricidad al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), Mercado Ocasional y Otros por la EERSSA.
	Exportación	Venta de energía al Mercado Eléctrico Mayorista por las centrales existentes en el área de concesión de la EERSSA.
	Centrales eléctricas	Generación de energía eléctrica en centrales de empresas generadoras y Distribuidora (EERSSA).
	Autoprodutores	No se considera la generación de energía eléctrica en el Ingenio Monterrey, porque no se reporta a la ARCONEL.
	Consumo propio	Consumo de electricidad por las unidades de transformación de las centrales eléctricas ubicadas en el área de concesión de la EERSSA
	Pérdidas	Pérdidas electricidad por distribución energía en el área de concesión de la EERSSA.
	Ajuste	Ajuste estadístico cuando el Balance Energético es diferente de cero.
	Industrial	Consumo de electricidad por el sector industrial del área de concesión de la EERSSA
	Residencial	Consumo de electricidad por el sector residencial del área de concesión de la EERSSA
	Comercial-servicios públicos	Consumo de electricidad por el sector comercial. Esta variable también abarca el consumo de energía por servicios públicos.
	Construcción y otros	Consumo de electricidad por el sector de la construcción y otras instituciones públicas y privadas: Asistencia social, beneficio público, bombeo de agua en comunidades campesinas, bombeo de agua con demanda, culto religioso, entidades oficiales, escenarios deportivos.
Diesel	Importación	Diésel comprado para consumo en la central térmica de Catamayo
	Centrales eléctricas	Diésel consumido en la central térmica de Catamayo
Se activan 6 variables energéticas de las actividades de oferta, 4 variables energéticas de transformación y 6 variables energéticas de consumo. El ajuste sale por diferencia contable. Total son 16 variables energéticas para la cadena de electricidad que interactuó en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2015		

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado GLP	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION																		
IMPORTACION/Compra																		
EXPORTACION/Venta																		
VARIACION DE INVENTARIO																		
NO APROVECHADO																		
OFERTA INTERNA TOTAL																		
REFINERIA																		
CENTRALES ELECTRICAS																		
AUTOPRODUCTORES																		
CENTRO DE GAS																		
CARBONERA																		
COQUERIA/A. HORNO																		
DESTILERIA																		
OTROS CENTROS																		
TRANSFORMACION TOTAL																		
CONSUMO PROPIO																		
PERDIDAS																		
AJUSTE																		
TRANSPORTE																		
INDUSTRIA																		
RESIDENCIAL																		
COMERCIAL,SER,PUB																		
AGRO,PESCA,MINER.																		
CONSTRUCCION,OTR.																		
CONSUMO ENERGETICO																		
NO ENERGETICO																		
CONSUMO FINAL																		

LEYENDA	COLOR	TOTAL	%
HIDROCARBUROS		88	69%
ELECTRICIDAD		28	22%
BIOENERGÍA		11	9%
TOTAL		127	

Figura 44. Cadenas energéticas activas nacionales. Año 2015

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado GLP	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION																		
IMPORTACION/Compra																		
EXPORTACION/Venta																		
VARIACION DE INVENTARIO																		
NO APROVECHADO																		
OFERTA INTERNA TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REFINERIA																		
CENTRALES ELECTRICAS																		
AUTOPRODUCTORES																		
CENTRO DE GAS																		
CARBONERA																		
COQUERIA/A. HORNO																		
DESTILERIA																		
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO PROPIO																		
PERDIDAS																		
AJUSTE																		
TRANSPORTE																		
INDUSTRIA																		
RESIDENCIAL																		
COMERCIAL,SER,PUB																		
AGRO,PESCA,MINER.																		
CONSTRUCCION,OTR.																		
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 45. Variables energéticas activas en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Año 2015

f.1.3 FASE TRES.- Gestión del dato de las variables que interactuaron en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015

Ficha metodológica

Para el desarrollo de la presente investigación se elaboraron las fichas metodológicas de las 16 variables que forman parte de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. No se elabora la ficha para el AJUSTE porque su valor se determina por diferencia aritmética entre la OFERTA INTERNA y la DEMANDA. Un ejemplo de ficha metodológica se presenta en el ANEXO 3 para la variable PRODUCCIÓN/HIDROENERGÍA. En el CD anexo a la presente tesis se presenta las fichas metodológicas de las 16 variables que interactuaron en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA durante el periodo 2011-2015, las mismas que fueron activadas en la FASE 2.

Matriz de ruteo del dato

En la tabla 11 se presenta la **matriz de ruteo de la cadena de electricidad** del área de concesión de la EERSSA, misma que contiene las variables activadas en la FASE DOS. Los valores se presentan en kBEP. Para la conversión de unidades se utilizó los factores de conversión energética de la OLADE (ver anexo 2) y la calculadora energética explicada en la sección de métodos (fase tres)

Los datos energéticos se obtuvieron de la página web de la ARCONEL, siguiendo la ruta estadísticas del sector eléctrico/reportes estadísticos. (<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/reportes-estadisticos/>).

Para asegurar datos de calidad, se debe seguir la ruta señalada en las columnas pertinentes de la Matriz de ruteo del dato. La información disponible en la ARCONEL tiene dos meses de desfase; así, los datos estadísticos de la cadena de electricidad del mes de junio, se reportan en agosto.

Tabla 11: Matriz de ruteo de las variables de la cadena de electricidad, del área de concesión de la EERSSA. Año 2015

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	METODOLOGÍA OBTENCIÓN DATO	ARCONE L (kBEP)	OBSERVACIONES
Producción/hidroenergía	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en la provincia las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar HIDRAULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar id de las centrales hidráulicas (en este caso solo aplica 165) para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar la central 165 de la variables ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP/Dividir el valor para 0.8 que es la eficiencia de la centrales hidroeléctricas porque se necesita el INSUMO que representa la HIDROENERGÍA.	10.7	
Producción/Otras primarias	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar EÓLICA y SOLAR de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar los códigos de las centrales:443, 484,485,486,487,488 y 489) para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar las centrales:443, 484,485,486,487,488 y 489 de la variable ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP	61.8	
Producción/Electricidad	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar TÉRMICA , EÓLICA y SOLAR de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar los códigos de las centrales:163, 165, 443, 484,485,486,487,488 y 489 para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar las centrales::163, 165, 443, 484,485,486,487,488 y 489de la variables ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP	76.3	
Importación/electricidad (COMPRA)	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Energía COMPRADA/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	rpConsolidadoEnerComr2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todos excepto E.E. Sur de la variable EMPRESA (columna b)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA COMPRADA (columna g) en MWh y luego convertir a kBEP	214.6	

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	METODOLOGÍA OBTENCIÓN DATO	ARCONE L (kBEP)	OBSERVACIONES
Importación/Diésel (COMPRA)	ARCONE L	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en la provincia Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar el código de la central de catamayo-163 para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar la central 163 de la variable ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable DIESEL2 en gal (columna r) y luego convertir a kBEP	18.20	
Exportación/Electricidad (VENTA)	ARCONE L	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Energía VENDIDA/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	rpConsolidadoEnerVen2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todos excepto:E.E. Sur, CELEC-Gensur, Gonzanergy, Lojaenergy, Renovaloja, Sabiangosolar, San Pedro y Surenergy de la variable EMPRESA (columna b)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA VENDIDA (columna j) en MWh y luego convertir a kBEP	75.2	
Centrales eléctricas/hidroenergía	ARCONE L	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en la provincia las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar HIDRAULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar id de las centrales hidráulicas (en este caso solo aplica 165) para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar la central 165 de la variable ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP/Dividir el valor para 0.8 que es la eficiencia de la centrales hidroeléctricas porque se necesita el INSUMO que representa la HIDROENERGÍA.	10.7	
Centrales eléctricas/otras primarias	ARCONE L	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en la provincia El Oro, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar EÓLICA y SOLAR de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar los códigos de las centrales:443, 484,485,486,487,488 y 489) para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar las centrales:443, 484,485,486,487,488 y 489 de la variables ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP	61.8	
Centrales eléctricas/electricidad	ARCONE L	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1)	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en la provincia El Oro, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar TÉRMICA , EÓLICA y	76.3	

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	METODOLOGÍA OBTENCIÓN DATO	ARCONEL (kBEP)	OBSERVACIONES
		Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	SOLAR de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar los códigos de las centrales:163, 165, 443, 484,485,486,487,488 y 489 para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar las centrales:163, 165, 443, 484,485,486,487,488 y 489 de la variables ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP		
Centrales eléctricas/diésel oil	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar el código de la central de catamayo-163 para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar la central 163 de la variable ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable DIESEL2 en gal (columna r) y luego convertir a kBEP	18.20	
Consumo propio/electricidad	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: (1) Infraestructura.rpCentralConsolidado//GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel (2) Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar HIDRÁULICA, EÓLICA, TÉRMICA Y SOLAR de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar los códigos de las centrales: 163, 165, 443, 484, 485, 486, 487, 488 y 489 para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar las centrales: 163, 165, 443, 484, 485, 486, 487, 488 y 489 de la variable ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable CONSUMO AUXILIARES UNIDADES en MWh (columna o) y luego convertir a kBEP	0.4	
Pérdidas/electricidad	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones.Pérdidas/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel.	Para el reporte de PERDIDAS año 2015 realizar los siguiente: rp.perdidas.2015/verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar E.E. Sur de la variable EMPRESA (columna a)/Seleccionar el valor total de la variable PERDIDAS SISTEMAS (columna o)/convertir a kBEP.Este valor representa las pérdidas por distribución.	23.9	
Industria/electricidad	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Facturación de energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar E.E. Sur de la variable EMPRESA (COLUMNA b)/Seleccionar INDUSTRIA de la variable GRUPO DE CONSUMO (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP.	11.6	
Residencial/electricidad	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del	rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén		

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	METODOLOGÍA OBTENCIÓN DATO	ARCONEL (kBEP)	OBSERVACIONES
ad	:	sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Facturación de energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	desactivados los filtros/Seleccionar E.E. Sur de la variable EMPRESA (COLUMNA b)/Seleccionar RESIDENCIAL de la variable GRUPO DE CONSUMO (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP.	99.2	
Comercial-serv. Público/electricidad	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Facturación de energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar E.E. Sur de la variable EMPRESA (COLUMNA b)/Seleccionar COMERCIAL y ALUMBRADO PÚBLICO de la variable GRUPO DE CONSUMO (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP.	58.9	
Construcción-otros/electricidad	ARCONEL	Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Facturación de energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar E.E. Sur de la variable EMPRESA (COLUMNA b)/Seleccionar OTROS de la variable GRUPO DE CONSUMO (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP.	21.0	

Elaboración: Autor

En el CD anexo a la presente tesis se presenta las Matrices de ruteo las 16 variables que interactuaron en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA, para los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015.

Para finalizar la FASE TRES, se debe elaborar la matriz de Evolución de las variables energéticas, cuyos datos se obtienen de las matrices de ruteo del periodo analizado, para éste caso: 2011-2015. En la Tabla 12 se presentan los resultados.

Tabla 12: Evolución de las variables de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2016

VARIABLE	FUENTE	kBEP					GWh				
		2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
Producción/hidroenergía	ARCONEL	13.0	7.7	11.0	14.3	10.7	21.1	12.4	17.8	23.1	17.3
Producción/Otras primarias	ARCONEL	0.0	0.0	33.0	47.5	61.8	0.0	0.0	53.3	76.6	99.7
Producción/Electricidad	ARCONEL	19.2	17.4	53.9	64.1	76.3	31.0	28.0	87.0	103.5	123.1
Importación/electricidad (COMPRA)	ARCONEL	167.4	178.1	189.6	202.9	215.2	270.1	287.4	306.0	327.5	347.3
Importación/Diésel (COMPRA)	ARCONEL	25.3	18.2	30.6	16.5	18.2	40.8	29.3	49.4	26.6	29.4
Exportación/Electricidad (VENTA)	ARCONEL	19.3	17.6	52.0	63.6	75.5	31.2	28.4	83.9	102.7	121.8
Centrales eléctricas/hidroenergía	ARCONEL	13.0	7.7	11.0	14.3	10.7	21.1	12.4	17.8	23.1	17.3
Centrales eléctricas/otras primarias	ARCONEL	0.0	0.0	33.0	47.5	61.8	0.0	0.0	53.3	76.6	99.7
Centrales eléctricas/electricidad	ARCONEL	19.2	17.4	53.9	64.1	76.3	31.0	28.0	87.0	103.5	123.1
Centrales eléctricas/diésel oil	ARCONEL	25.3	18.2	30.6	16.5	18.2	40.8	29.3	49.4	26.6	29.4
Consumo propio/electricidad	ARCONEL	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.6
Pérdidas/electricidad	ARCONEL	17.7	18.3	21.4	19.7	23.9	28.5	29.5	34.5	31.8	38.6
Industria/electricidad	ARCONEL	6.1	7.5	6.9	11.6	11.6	9.8	12.1	11.1	18.7	18.7
Residencial/electricidad	ARCONEL	78.7	84.0	88.2	94.3	99.2	127.1	135.6	142.4	152.2	160.2
Comercial-serv. Público/electricidad	ARCONEL	49.6	52.4	55.0	57.0	58.9	80.0	84.6	88.8	92.1	95.0
Construcción-otros/electricidad	ARCONEL	15.3	15.8	18.1	20.2	21.0	24.7	25.6	29.2	32.6	33.9

Elaboración: Autor

f.1.4 FASE CUATRO.- Balance energético de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Año 2015

Culminada la FASE 3 de GESTION DE DATOS, la información energética registrada en la Matriz de Ruteo debe ser incorporada a la matriz que se activó en la FASE 2, para elaborar el Balance Energético de cada fuente de energía y por tanto de la cadena energética de electricidad. Es necesario realizar la contabilidad energética de acuerdo a la metodología dispuesta por la OLADE, misma que se presentó en el acápite d.3.1.4 de cuentas del balance energético-OLADE.

En la figura 46 se presenta el Balance Energético de las variables energéticas eléctricas que interactúan en el área de concesión de la EERSSA. Nótese que el balance de todas las energías es igual a cero y que el ajuste de la fuente energética de electricidad en el año 2015 es igual a 0.7 kBEP. Este valor significa que en la ecuación energética Oferta Interna=Demanda, se sumó 0.7 kBEP a la demanda para igualar la ecuación. A ésta actividad se le denomina AJUSTE. Su valor se presenta por errores de lecturación o contabilidad en las actividades de oferta, transformación o consumo. De acuerdo a la metodología de la OLADE la ecuación de ajuste es:

$$\text{Oferta Interna} = \text{Consumo aparente} + \text{Ajuste estadístico} \quad (\text{ver ecuación 12})$$

La OLADE señala que el ajuste estadístico constituye uno de los parámetros para medir el grado de precisión y calidad de los datos del balance energético. También precisa que aunque es difícil generalizar, ya que para cada fuente se presentan diferentes dificultades en la recolección de datos, se podría tomar como criterio que el valor absoluto del ajuste estadístico, no debería sobrepasar el 5% del valor de la oferta interna. Matemáticamente se puede expresar lo señalado mediante la siguiente fórmula:

$$(\text{ajuste/oferta interna})\text{ABS} < 5\% \quad \text{Ecuación (25)}$$

Aplicando la ecuación (26) para determinar el % ajuste a nivel nacional y del área de concesión de la EERSSA de la fuente electricidad, se tiene:

Nacional

Fuente: electricidad

Año: 2015

Oferta interna: 16 376.2 kBEP.

Ajuste = -87.7

% ajuste = $\left| 87.7/16\ 376.2 \right| = 0.53\% < 5\%$, por lo tanto se acepta el ajuste.

Fuente: Figura 30

Área de concesión de la EERSSA

Fuente: electricidad

Año: 2015

Oferta interna: 215.7 kBEP.

Ajuste = 0.7

% ajuste = $\left| 0.7/215.7 \right| = 0.32\% < 5\%$, por lo tanto se acepta el ajuste.

Fuente: Figura 46

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolina	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION}			10.7			61.8	72.5	76.3									76.3	72.5
IMPORTACION							-	214.6				18.2					232.8	232.8
EXPORTACION							-	75.2									75.2	75.2
VARIACION DE INVENTARIO							-										-	-
NO APROVECHADO							-										-	-
OFERTA INTERNA TOTAL	-	-	10.7	-	-	61.8	72.5	215.7	-	-	-	18.2	-	-	-	-	233.9	230.1
REFINERIA							-										-	-
CENTRALES ELECTRICAS			- 10.7			- 61.8	- 72.5	76.3				- 18.2					76.3	- 14.4
AUTOPRODUCTORES							-										-	-
CENTRO DE GAS							-										-	-
CARBONERA							-										-	-
COQUERIA/A. HORNO							-										-	-
DESTILERIA							-										-	-
OTROS CENTROS							-										-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 10.7	-	-	- 61.8	- 72.5	-	-	-	-	- 18.2	-	-	-	-	- 18.2	- 14.4
CONSUMO PROPIO							-	0.4									0.4	0.4
PERDIDAS							-	23.9									23.9	23.9
AJUSTE							-	0.7									0.7	0.7
TRANSPORTE							-										-	-
INDUSTRIA							-	11.6									11.6	11.6
RESIDENCIAL							-	99.2									99.2	99.2
COMERCIAL,SER,PUB							-	58.9									58.9	58.9
AGRO,PESCA,MINER.							-										-	-
CONSTRUCCION,OTR.							-	21.0									21.0	21.0
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	190.7	-	-	-	-	-	-	-	-	190.7	190.7
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	190.7	-	-	-	-	-	-	-	-	190.7	190.7
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-

Figura 46: Balance Energético de las energías que interactúan en el área de concesión de la EERSSA (kBEP). Año 2015

f.1.5 FASE CINCO.- Estadística energética

SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTADÍSTICA

Es la fase de generación de reportes y gráficos energéticos. En el informe del MICSE 2016, año base 2015 se presentan las opciones de gráficos o tablas estadísticas, mismas que tienen relación con las variables activadas para el área de concesión de la EERSSA analizada en la FASE DOS (ver figura 45), donde se seleccionaron 16 variables energéticas. En la tabla 13 se presenta el listado de las estadísticas de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA para el periodo 2011-2015. También se detalla el número de figura o tabla del Balance Energético del MISCE, que se utilizó como referente.

Tabla 13: Listado del tipo de estadística energética a reportar según categoría

CATEGORÍA	Nombre de la estadística	Referencia Balance Energético MICSE. Año base 2015
Energía, sociedad, ambiente y economía	Figura 47. Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015	Figura 1-1
	Figura 48. Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2015	
	Figura 49. Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante). Periodo 2020-2040	Figura 1-2
	Figura 50. Evolución del Índice de suficiencia energética. Periodo 2011-2015	Figura 1-7
	Figura 51. Evolución del Índice de renovabilidad. Periodo 2011-2015	Figura 1-8
Producción de energía primaria	Figura 52. Evolución de la Oferta total de energía primaria. Periodo 2011-2015	Figura 1-12
	Figura 53. Estructura de la energía de energía primaria. Año 2015	Figura 1-13
Oferta de electricidad	Figura 54. Evolución de la estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015	Figura 1-48
	Figura 55. Estructura de la oferta total de electricidad. Año 2015	Figura 1-49
	Figura 56. Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2014-2015	Figura 1-50
	Figura 57. Evolución de la Importación de electricidad (compra). Periodo 2011-2015	Figura 1-51
	Figura 58. Evolución de la exportación de electricidad (ventas). Periodo 2011-2015	Figura 1-52
Demanda de electricidad	Figura 59. Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2011-2015	Figura 1-18
	Figura 60. Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2011-2015.	
	Figura 61. Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2015	Figura 1-24
	Figura 62. Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015	
Pérdidas de electricidad	Figura 63. Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2011-2015	Figura 1-53
Capacidad instalada para generación eléctrica	Figura 64. Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2011-2015	Figura 1-44
	Figura 65. Estructura de la capacidad instalada. Año 2015	Figura 1-45
Matrices y Diagramas	Figura 66: Balance Energético concesión EERSSA. 2011	Tabla 8-7
	Figura 67: Balance Energético concesión EERSSA. 2012	Tabla 8-8
	Figura 68: Balance Energético concesión EERSSA. 2013	Tabla 8-9
	Figura 69: Balance Energético concesión EERSSA. 2014	Tabla 8-10
	Figura 70: Balance Energético concesión EERSSA. 2015	Tabla 8-11
	Figura 71: Cadena energética eléctrica del área de concesión de la EERSSA	8.3 Cadena energética eléctrica

ENERGÍA, SOCIEDAD, AMBIENTE Y ECONOMÍA

Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015

Durante el periodo de análisis 2011-2015, en el área de concesión de la EERSSA, la electricidad ha contribuido al desarrollo de los sectores económicos, representados por la industria, residencial, comercial, servicios básicos, construcción y otros. El sector de transporte no reporta estadísticas sobre el uso de la electricidad, lo que sí será reflejado en las estadísticas del 2017, producto de la incorporación de taxis eléctricos en la ciudad de Loja.

En el ámbito demográfico, el número de habitantes registrados en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza, perteneciente a la provincia de Morona Santiago, creció con tasas de 1.1%, 2.5% y 1.1% respectivamente y una tasa de general del 1.4%. La población aumentó de 589 120 habitantes en el 2011 a 622 114 habitantes en el 2015. En la figura 47 se presenta el total de la población para los años respectivos y la estructura poblacional. Se observa que la estructura se mantiene constante durante el periodo de análisis. Las estadísticas fueron tomadas de los reportes de proyección de crecimiento poblacional proporcionadas por el INEC.

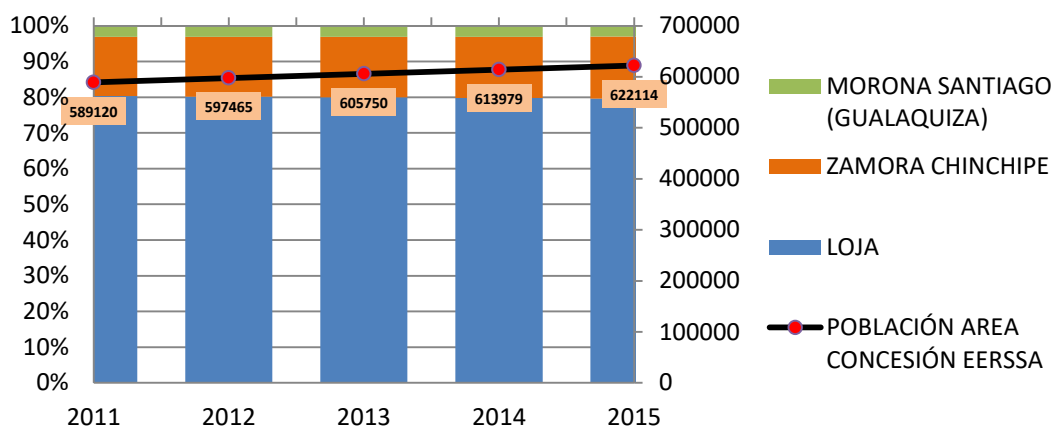


Figura 47. Evolución de la estructura y población en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015
Fuente: INEC. Población proyectada

Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2015

En la figura 48 se presenta la estructura porcentual de los residentes en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2015. Se observa que los habitantes de la provincia de Loja representan el 80%, los de la provincia de Zamora Chinchipe el 17% y los habitantes del cantón

Gualaquiza el 3%. Debido a que los datos son tomados de la proyección de la población elaborada por el INEC para el periodo 2010 - 2020, la relación porcentual se mantendrá hasta el 2020.

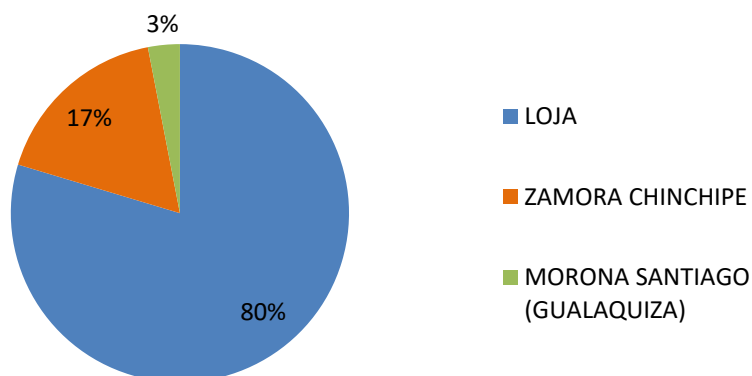


Figura 48. Estructura de la población en el área de CONCESIÓN de la EERSSA 2015
Fuente. INEC.

Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante)

El consumo per cápita de electricidad de los habitantes del área de concesión de la EERSSA aumentó de 412 KWh en el 2011 a 497 KWh en el 2015. Durante el periodo de análisis, la tasa de crecimiento fue del 4.8%, tres veces superior a la tasa de crecimiento de la población que fue del 1.4% (ver figura 49).

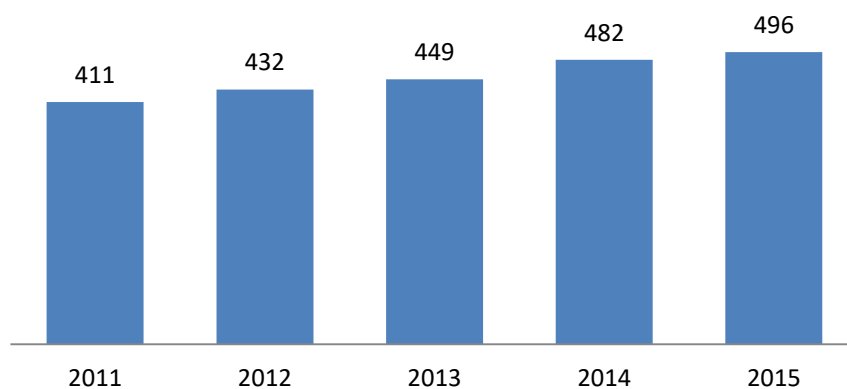


Figura 49. Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante)
Fuente: INEC y ARCONEL.

Evolución del índice de suficiencia energética. Periodo 2011-2015

La relación entre la producción de energía en el área geográfica de interés y la oferta interna total; es decir, la energía utilizada para las actividades de transformación y consumo, se mide a través del **Índice de suficiencia energética**. Tanto la producción como la oferta interna total se obtienen del Balance Energético. Cuando el valor es mayor a 1 significa que existe suficiencia energética. Como se observa en la figura 50, el área de concesión de la EERSSA no tiene autarquía energética puesto que el mayor índice alcanzado en el 2015 fue de 0.32; no obstante, tuvo un importe crecimiento durante periodo 2011-2015. Su incremento debió, en especial, a que en el 2013 entro en operación la central eléctrica Villonaco. Por otro lado, el índice de suficiencia energética del Ecuador durante el año 2015 fue de 1.94, con tendencia a la baja.

La Central Eólica Villonaco, recibió un reconocimiento de la empresa Goldwind, fabricante de los aerogeneradores implantados en esta central de generación eólica, como la de mayor ‘factor de planta’ a nivel mundial. El factor de planta, o factor de carga, de una central eléctrica es la relación entre la energía real generada durante un período dado y la energía máxima generada en condiciones ideales. La empresa Golwind señaló que durante el 2015, las turbinas eólicas ubicadas en este emplazamiento produjeron 5.604 horas al año, que equivalen a un factor de planta del 63.97%, siendo este el más alto de los 22.000 aerogeneradores instalados por esta marca alrededor del mundo (EL TELÉGRAFO, 2013).

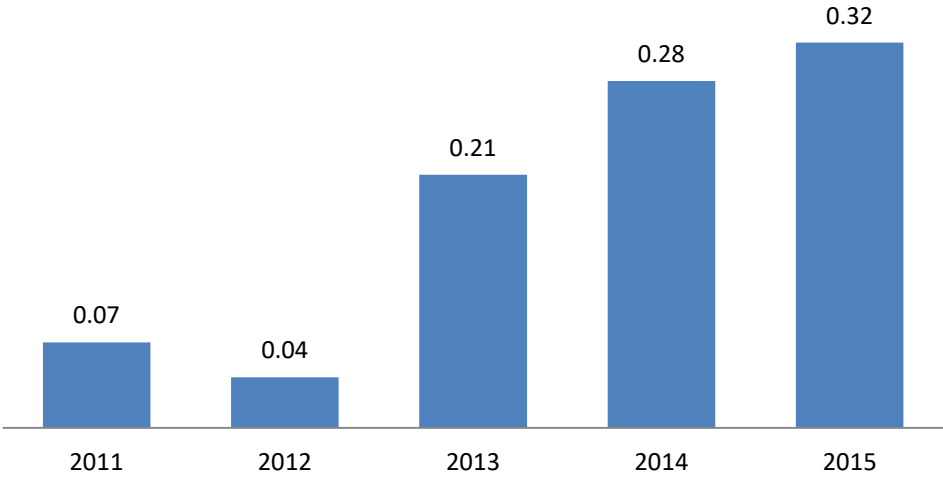


Figura 50. Evolución del índice de suficiencia energética. Periodo 2011-2015
Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

Evolución del índice de renovabilidad. período 2011-2015

Otro indicador importante es el **Índice de renovabilidad**, mismo que mide la relación entre la producción de energía renovable en el área geográfica de interés y la oferta interna total. En la figura 51 se presenta los resultados del análisis en el área de concesión de la EERSSA para el periodo 2011-2015. Se observa que el indicador experimentó una alza representativa, de 4% a 32%, valor superior al nacional que fue de 14.2% en el 2015.

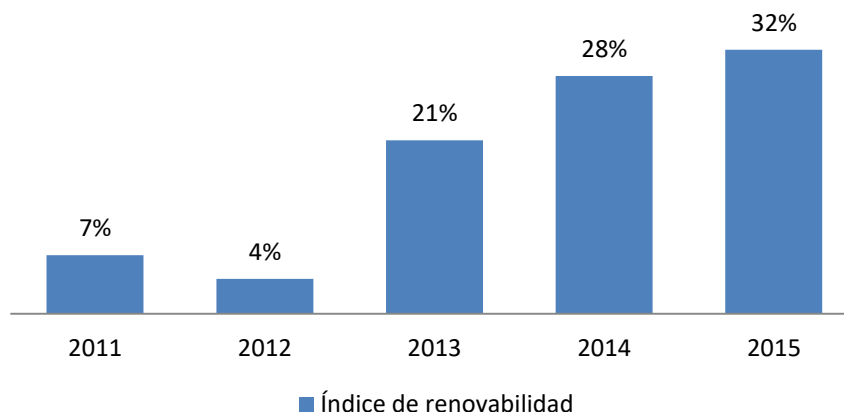


Figura51. Evolución del índice de renovabilidad. Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Reporte estadísticos periodo 2011-2015

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA

Evolución de la Oferta total de energía primaria. Periodo 2011-2015

La energía primaria es aquella que está en contacto con la naturaleza, para el caso de Ecuador, el MICSE en sus informes anuales ha señalado que existen 6 tipos de fuentes primarias de energía: Petróleo, gas natural, hidroenergía, leña, productos de caña, y, otras primarias, representadas por fuentes eólicas y solares. Para el caso del área de concesión de la EERSSA, las dos primeras no interactúan. Como la presente investigación tiene por objeto de estudio la cadena de electricidad, la fuente de leña tampoco actúa. Por tanto, las fuentes predominantes de energía en el área de estudio son: hidroenergía, solar y eólica. En este estudio no se considera la fuente Productos de caña, puesto que no se reportan datos estadísticos a la ARCONEL.

En la figura 52 se presenta la evolución de la oferta de energía primaria en el área de concesión de la EERSSA para el periodo 2011-2015. Se observa que hasta el año 2012, la hidroenergía fue la única fuente primaria. Durante el año 2013, aparece la energía eólica en la matriz energética, a través de la central Eólica Villonaco. En el 2014 se incorporan a la matriz 6

centrales fotovoltaicas con una potencia nominal y efectiva total de 5,99 y 5,12 MW respectivamente, mismas que están ubicadas en los cantones de Catamayo, Gozanamá y Macará.

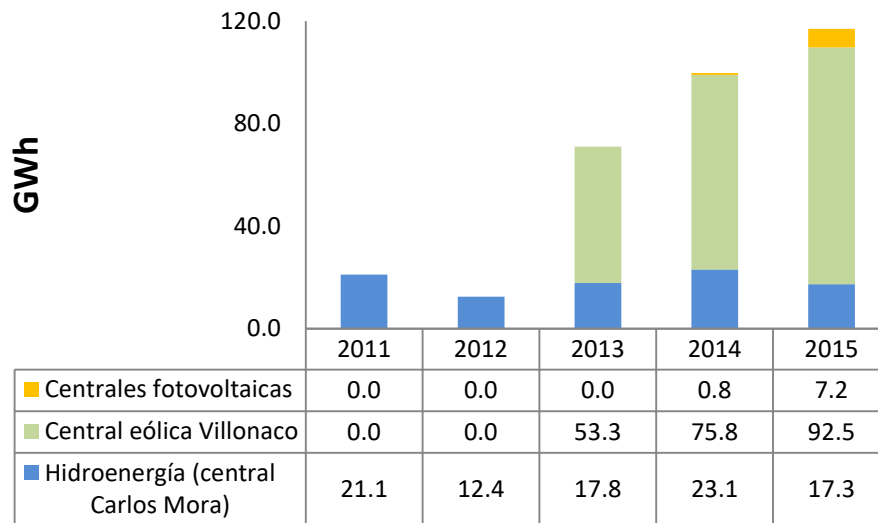


Figura 52. Evolución de la Oferta de energía de energía primaria. Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL, MICSE

Estructura de la energía primaria. Año 2015

En la figura 53 se presenta la estructura de energía primaria en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2015. Se observa que la energía eólica representó el 79%, la hidroenergía el 15% y la solar el 6%. El total de energía fue 117 GWh (72.5 kBEP)

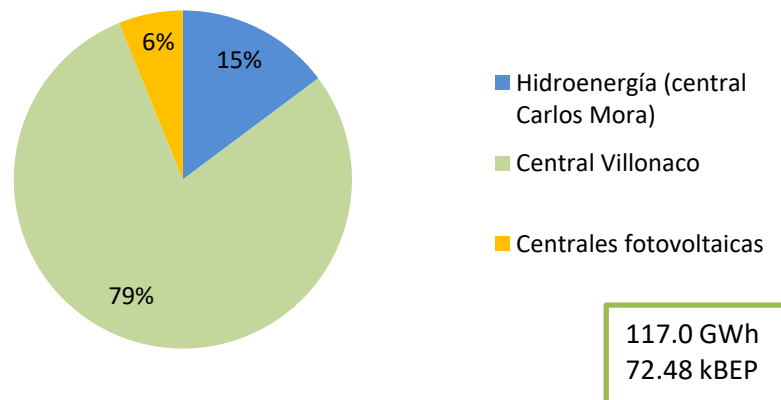


Figura 53. Estructura de la de energía primaria. Año 2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

OFERTA DE ELECTRICIDAD

Evolución de la Estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015

Durante el periodo de estudio, la Oferta total de electricidad provino de la central térmica Catamayo, central hidroeléctrica Carlos Mora, central eólica Villonaco, centrales fotovoltaicas ubicadas en la provincia de Loja y electricidad comprada al Mercado Eléctrico Mayorista-MEM por parte de la Empresa Eléctrica del Sur- EERSSA. Del total de electricidad ofertada, una parte se corresponde con la oferta interna de electricidad para el área de concesión de la EERSSA y la otra, las ventas al Mercado Eléctrico Mayorista. La electricidad consumida por la Demanda, es igual a la Oferta Interna.

En el 2011 la oferta total de electricidad fue de 301.1 GWh y en el 2015 de 469.5 GWh (línea celeste). Durante el periodo 2011-2015, la estructura porcentual de la Oferta total de electricidad varió, principalmente por el aporte de la central eólica Villonaco. Como se observa en la figura 54, durante los años 2011 y 2012, la estructura de la Oferta total estuvo conformada por electricidad comprada al MEM y energía eléctrica de las centrales Carlos Mora y Catamayo. Durante el año 2013 el aporte de la energía eléctrica que provino de la central eólica Villonaco cambió la estructura, misma que ha crecido, pese a la incorporación a partir del 2014, de electricidad proveniente de las centrales fotovoltaicas.

Por otro lado, la misma figura muestra la evolución de la oferta interna de electricidad para el periodo 2011-2015. Se observa en el 2011 fue de 270.2 GWh y 348.1 GWh en el 2015 (línea negra), con una tasa de crecimiento del 6.54%. La diferencia entre la Oferta total y la Oferta interna representa las ventas de electricidad de las empresas existentes en el área de concesión de la EERSSA, principalmente de la central eólica Villonaco.

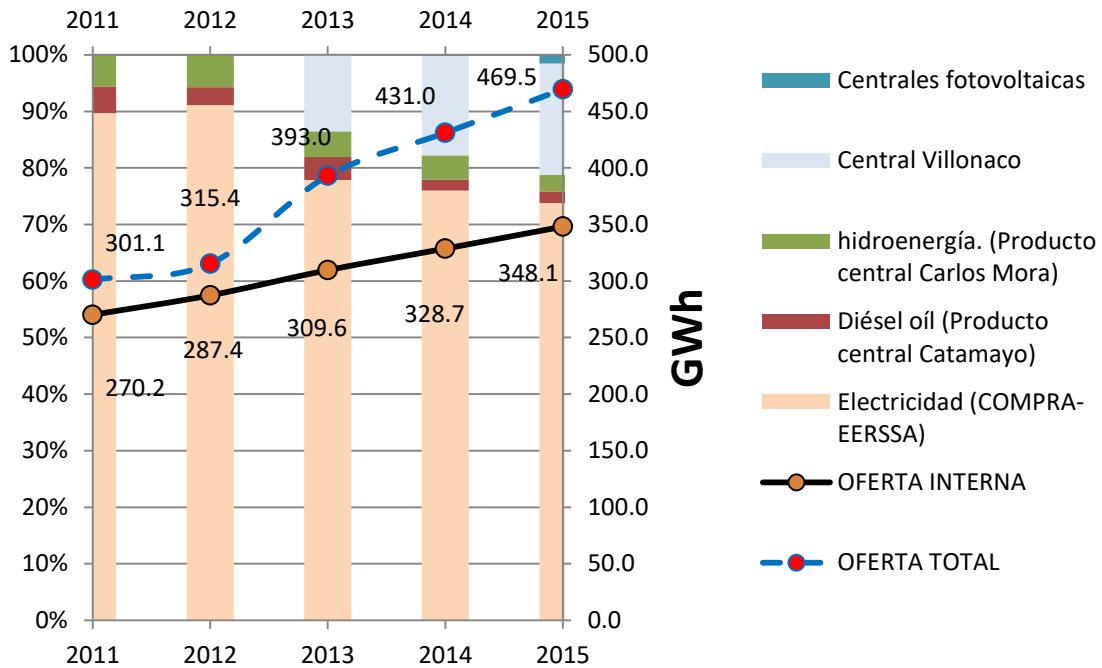


Figura 54. Evolución de la Estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de energía eléctrica del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

Estructura de la Oferta total de electricidad. Año 2015

Durante el año 2015 la **Oferta total** de electricidad en el área de concesión de la EERSSA fue de 469.5GWh. Su estructura representada en un 74% por electricidad comprada al MEM, 20% por electricidad producida en la central eólica Villonaco, 3% por electricidad producida en la central hidroeléctrica Carlos Mora, 2% por la central térmica de Catamayo y el 1% por las centrales fotovoltaicas (ver figura 55).



Figura 55. Estructura de la Oferta total de electricidad. Año 2015

Fuente: ARCONEL. Reporte estadístico 2015

Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2014-2015

En la figura 56 se muestra, para el área de estudio, la variación porcentual de la generación eléctrica por fuente de energía entre los años 2014 y 2015. Se observa un decremento del 25% en la producción de electricidad de la central hidroeléctrica Carlos Mora, que varió de 18.5 GWh en el 2014 a 13.8 GWh en el 2015. La central eólica incrementó la producción de electricidad en un 22% del 75.8 GWh a 99.7 GWh. La central térmica de Catamayo incrementó su producción en un 14% de 8.4 a 9.6 GWh. Finalmente, la EERSSA incrementó las compras de electricidad al MEM en un 6% de 327.5 a 346.4 GWh

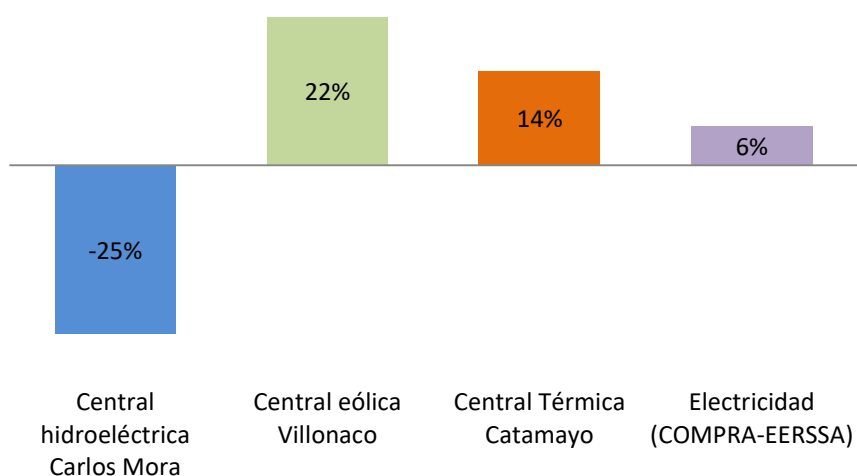


Figura 56. Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2014-2015

Fuente. ARCONEL. Reportes estadísticos 2015-2015

Importación de electricidad (compra)

En la figura 57 se muestra las estadísticas de compras de electricidad por la EERSSA al Mercado Eléctrico Mayorista. Durante el periodo de estudio las compras variaron de 270 GWh en el 2011 a 347.3 GWh durante el año 2015. La tasa de crecimiento fue del 6.48%, valor similar a la tasa de crecimiento del consumo eléctrico de todos los sectores económicos que fue del 6.25%. De igual manera, la tasa de crecimiento del sector residencial fue del 6%.



Figura 57. Evolución de la importación de electricidad (compra). Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

Exportación de electricidad (ventas)

Durante el periodo de estudio 2011-2015, las ventas de electricidad se incrementaron significativamente (ver figura 58). En el año 2011 las ventas fueron de 30.9 GWh y 28.0 en el 2012. En el año 2013 se dio un incremento del 195% con respecto al año 2012. Entre los años 2013-2014 el incremento fue del 22% y durante el periodo 2014- 2015 de 19%. Las ventas de electricidad al MEM durante el año 2015 fueron de 121.4 GWh.

Debido a que durante el año 2015 la central Villonaco alcanzó un factor de planta record, se espera que la producción futura no supere 100 GWh. La puesta en marcha de nuevas centrales hidroeléctricas durante los próximos años, producirá un cambio substancial en la matriz energética con la incorporación de 180 MW del proyecto Delsitanisagua previsto para el 2017, 4 MW del proyecto Chorrillos para el 2018, 30 MW de proyecto sabanilla para el 2019, y 133 MW de proyecto Santa Cruz previsto para el 2023. Todos ellos están ubicados en la provincia de Zamora Chinchipe y aportarán 2 592 GWh de electricidad.

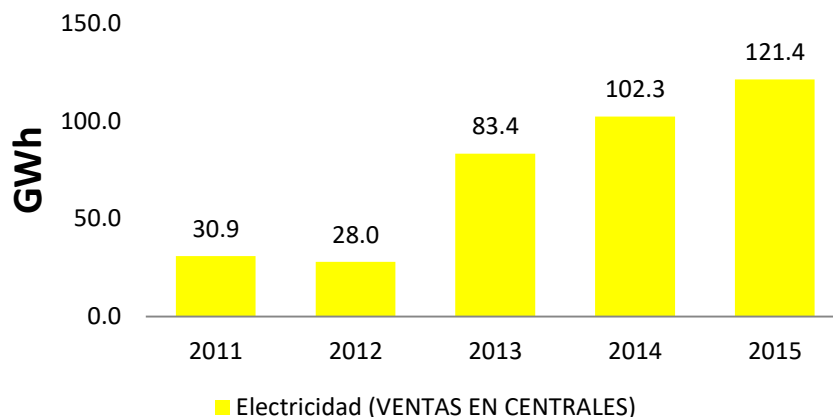


Figura 58. Evolución de la exportación de electricidad (Ventas). Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

DEMANDA DE ELECTRICIDAD

Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2011-2015

La demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA, durante el periodo 2011-2015, estuvo representada por los siguientes sectores económicos: Industria, residencial, comercial y servicios públicos, construcción y otros. En la figura 59 se detalla el consumo de energía de cada uno de ellos. El sector residencial fue el mayor demandante de electricidad, seguido por el sector de comercio y servicios públicos y luego el sector de construcción y otros. El sector industrial tuvo un consumo pequeño, lo que refleja el bajo nivel industrial existente en el área de estudio. Los proyectos futuros de minería a desarrollarse en la provincia de Zamora Chinchipe cambiarán la matriz productiva del área y por tanto la matriz energética. La central hidroeléctrica Santa Cruz prevista para el 2023 aportará con energía a la industria minera.

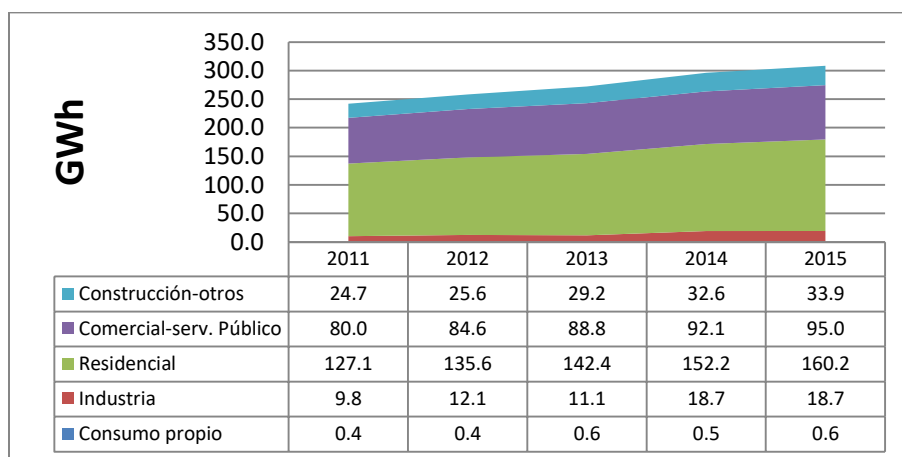


Figura 59. Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica. Año 2015

En la figura 60 se muestra la estructura porcentual de la evolución de la demanda de electricidad según sector económico. Como se aprecia, la estructura porcentual ha permanecido igual durante el periodo de estudio, lo que significa que el incremento de la demanda energética del sector industrial ha sido pequeño.

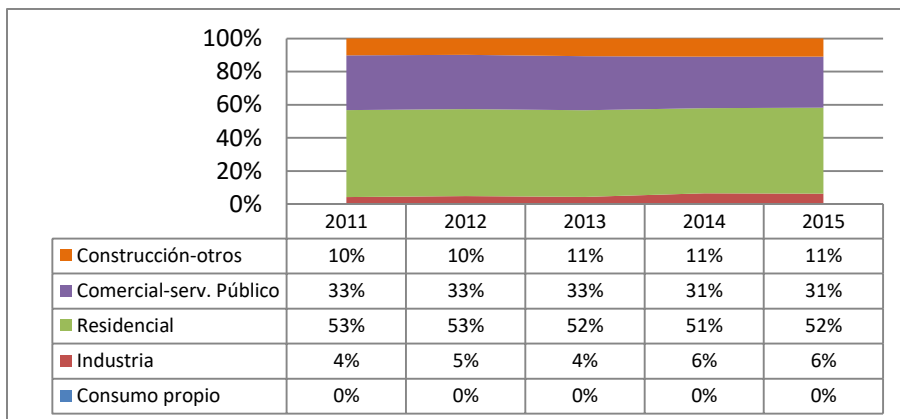


Figura 60. Estructura de la evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Año 2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2015

En la figura 61 se muestra la estructura de consumo de electricidad de los diferentes sectores económicos que pertenecen al área de concesión de la EERSSA. Durante el año 2015, el consumo total fue de 308.4 GWh. El sector residencial consumió el 52%, el sector comercial-servicios públicos el 31%, el sector construcción y otros el 11% y el industrial el 6%. El consumo propio fue de solo el 0.2%,

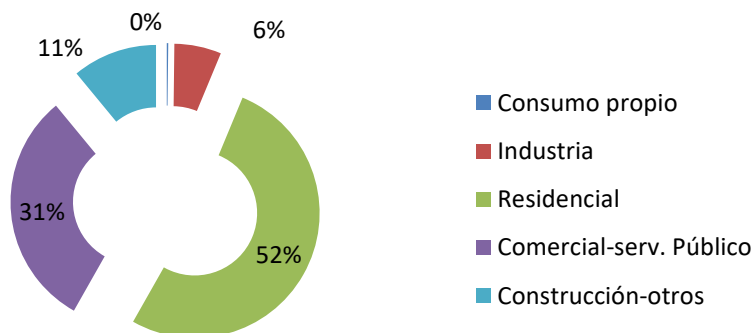


Figura 61. Consumo de energía eléctrica por sector. Año 2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2015

Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA.

Periodo 2011-2015

En el año 2011 la demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA fue de 270.2 GWh. Durante el año 2015, la demanda de electricidad fue de 348.1 GWh, misma que se cubrió con 346.4 GWh que la EERSSA compró al Mercado Eléctrico Mayorista y 1.7 GWh despachado desde las centrales de la EERSSA. La electricidad comprada al MEM por la EERSSA cubrió el 99.5% de la demanda y la despachada por las centrales de la EERSSA el 0.5%. La electricidad producida en la central eólica y las fotovoltaicas fueron vendidas al Mercado Eléctrico Mayorista-MEM. En la figura 62 se muestra el comportamiento de la oferta de electricidad en el área de concesión de la EERSSA (área en colores) y la demanda por el consumo de los sectores económicos (línea negra) y por ventas al Mercado Eléctrico Mayorista (línea color rojo)

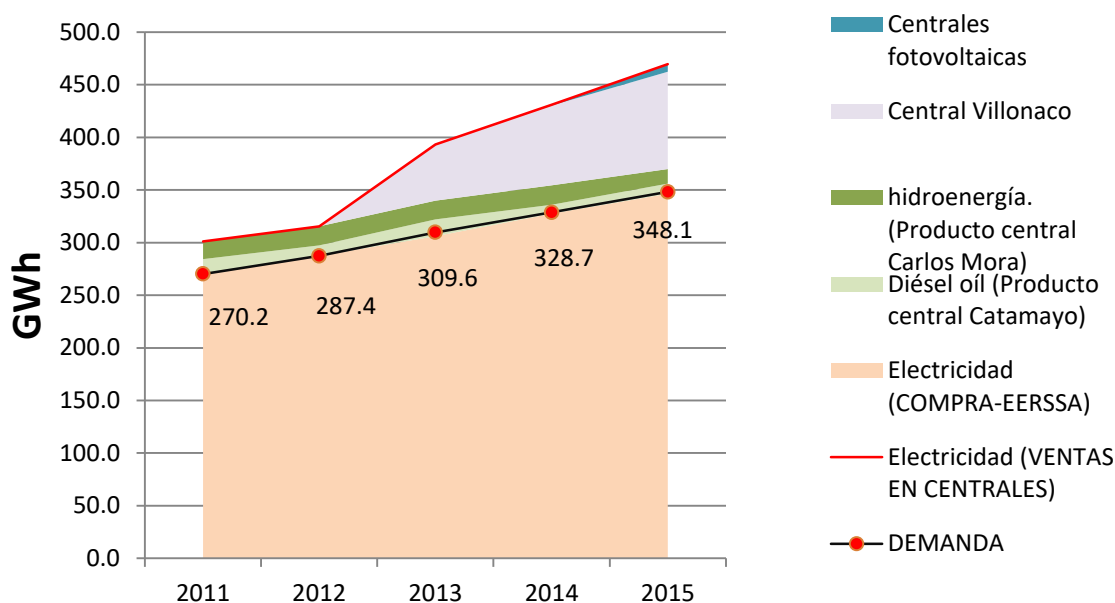


Figura 62. Relación Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

PÉRDIDAS DE ELECTRICIDAD

Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2011-2015

En la figura 63 se muestra las pérdidas de electricidad por distribución del área de concesión de la EERSSA, correspondientes a las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón

Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago. El valor representa la razón porcentual entre las pérdidas por distribución y la demanda de electricidad. Se observa un valor mínimo del 9.07% durante el año 2014 y máximo del 10.37% durante el 2015, valor inferior al 12.11% del nacional.

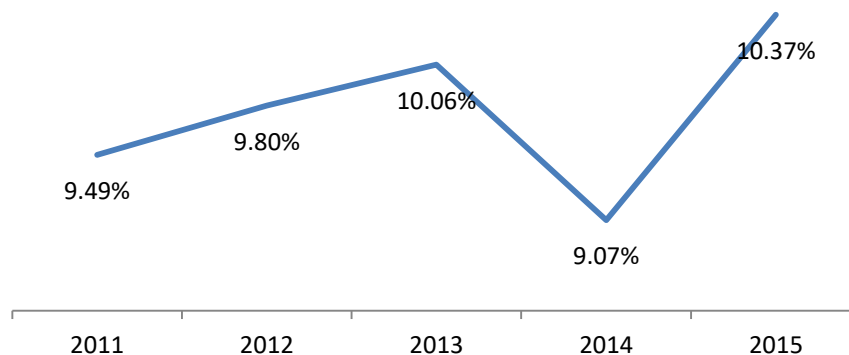


Figura 63. Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Estadísticas energéticas 2011-2015. MICSE 2015

CAPACIDAD INSTALADA PARA GENERACIÓN

Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2011-2015

Durante el periodo de análisis, la capacidad instalada estuvo representada por unidades de transformación pertenecientes a la central hidroeléctrica Carlos Mora ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, la central térmica Catamayo ubicada la provincia de Loja, centrales fotovoltaicas ubicada en los catones de Catamayo, Gonzanamá y Macará y, central eólica ubicada en el cantón de Loja (ver figura 64). Se observa que la capacidad instalada para fuentes hidráulicas y no renovables (diésel oil) ha permanecido constante durante el periodo de estudio. En tanto que las capacidades instaladas para las fuentes de energía eólica y solar se incrementaron durante el periodo de estudio. Al finalizar el 2015 las capacidades instaladas para las fuentes señaladas fueron: Hidráulica 2.4 MW, Térmica 17.25 MW, eólica 16.5 MW y solar 5.99 MW. A inicios del 2011 la capacidad instalada (nominal) fue de 19.25 MW y finales del 2015 de 42.09 MW lo que significa un incremento del 119%. Lo señalado se corrobora con el análisis anterior de generación de energía eléctrica.

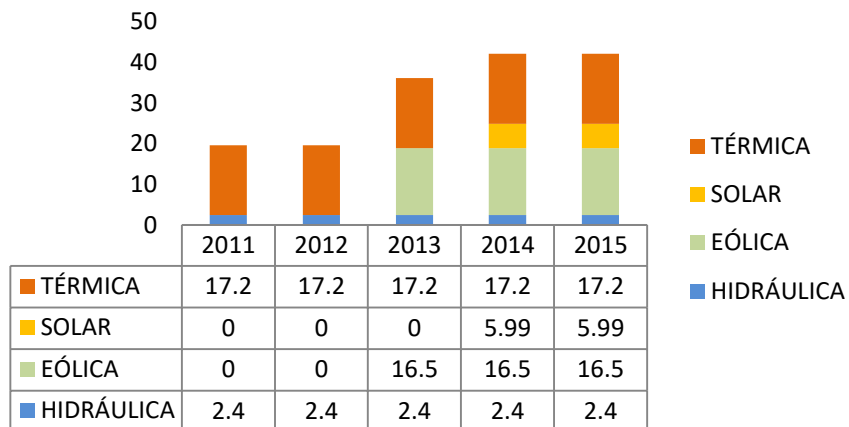


Figura 64. Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2011-2015

Fuente: ARCONEL. Reportes estadísticos 2011-2015

Estructura de la capacidad instalada. Año 2015

La capacidad instalada para el año 2015 fue del 42.09 MW. El 41% le corresponde a la central térmica Catamayo, el 39% a la central eólica Villonaco, el 14% a la las centrales solares y el 6% a la central hidroeléctrico Carlos Mora (ver figura 65).

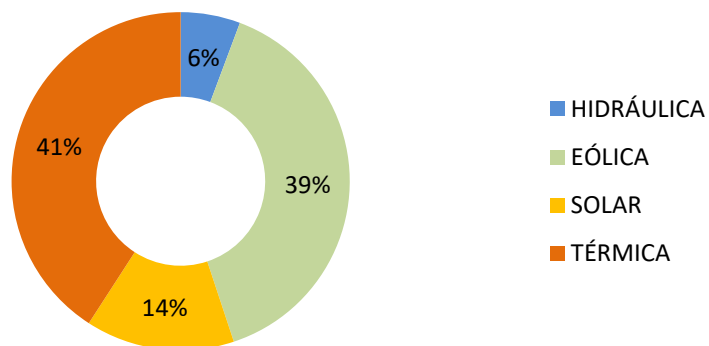


Figura 65. Estructura de la Capacidad instalada. Año 2015

Fuente: ARCONEL. Reporte estadístico 2015

MATRICES Y DIAGRAMAS

MATRICES

Para culminar el Balance Energético del área de concesión de la EERSSA, se presenta las matrices respectivas en las figuras 66, 67, 68, 69 y 70, correspondientes a los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015. Para su elaboración se siguió a cabalidad con la metodología propuesta en la presente tesis (ver sección de métodos), misma que guarda relación con la metodología de la Organización Latinoamericana de Energía OLADE, para elaborar Balances Energéticos Nacionales.

A pesar que el Balance Energético Nacional se realiza en unidades energéticas de kilo barriles equivalentes de petróleo (kBEP), los balances expuestos en las tablas señaladas, se presentan en unidades energéticas de GWh. Ello, porque en la presente tesis se pretende demostrar la solidez de la metodología propuesta en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. En el caso de requerir los Balances en unidades de kBEP, se debe utilizar el factor respectivo que se presenta en el ANEXO 2 de la tesis.

A manera de ejemplo se explica el Balance Energético de la cadena de electricidad del área de estudio para el año 2015, misma que consta en la figura 66.

De acuerdo con la OLADE, el balance energético es el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos de energía a través de una serie de eventos, desde su producción u origen, hasta su aprovechamiento final. Esta contabilización se la lleva a cabo generalmente para el ámbito territorial de un país y para un período determinado (generalmente un año) (OLADE 2011). En la figura 66 contabiliza los flujos de energía de la cadena de electricidad para el área de concesión de la EERSSA durante el año 2015, demostrando las relaciones de equilibrio energético. Las actividades que forman parte del Balance son: oferta, transformación y consumo.

Para la elaboración del balance se siguió las siguientes fases, mismas que forman parte de la metodología: Cadenas energéticas Nacionales, Activación de cadenas, Gestión del dato. En la tercera fase se obtuvieron los datos energéticos para elaborar el Balance Energético. Para una explicación a detalle, ver la sección de métodos.

Como se observa en la figura 66, la cadena energética de electricidad del área de estudio, contempla 5 fuentes de energía: Hidroenergía, solar, eólica, electricidad y diésel oil. Las fuentes de energía eólica y solar, se representan en OTRAS PRIMARIAS. En cada una de estas fuentes

se demuestra las relaciones de equilibrios de los flujos energéticos a través de las actividades de oferta, transformación y consumo.

Las actividades de OFERTA fueron: producción, compra (importación) y ventas (exportación). Como la metodología de la OLADE se aplica a países, contempla actividades de importación y exportación, para este caso, debido a que el área de estudio se corresponde con un área geográfica del Ecuador, la actividad de IMPORTACIÓN señalada en la metodología de la OLADE debe interpretarse como actividades de COMPRA. Lo propio para las actividades de EXPORTACIÓN que debe interpretarse como VENTAS.

Siguiendo con rigurosidad la Matriz de ruteo del dato explicado anteriormente para éste caso de estudio, se colocaron los datos en las variables respectivas. Como se puede observar al final de la matriz, el balance es CERO para todas las fuentes de energía activadas, lo que permite demostrar la veracidad de los datos.

DIAGRAMAS

En la figura 71, se presente el diagrama de energía de la cadena de electricidad del área de estudio para el año 2015. El diagrama en sí permite demostrar las relaciones de equilibrio termodinámico en cada fase de la cadena. Como se observa, en la cadena ingresaron 117 GWh de **energía primaria** a las centrales: Carlos Mora (17.3 GWh), central Villonaco (92.5 GWh) y centrales fotovoltaicas (7.2 GWh). Por otro lado, ingresó 29.4 GWh de energía en el diésel oíl que utilizó la central térmica de Catamayo. El diésel se constituye en una fuente de energía secundaria porque se produce en las refinerías. Sumando las energías primarias y secundarias que ingresan a los centros de transformación se tienen un total de 146.4 GWh. Durante la transformación energética de los insumos a electricidad, se pierden 23.2 GWh, en especial en la central térmica de Catamayo que tiene una eficiencia del 33%. El total de energía eléctrica producida en los centros de transformación es de 123.1 GWh. A éste valor se agrega 346.4 GWh que la EERSSA compró al Mercado Eléctrico Mayorista (Importación) y se resta 121.4 GWh de electricidad que las centrales vendieron al MEM. Por lo tanto la oferta interna de electricidad para el área de estudio durante el 2015 fue de 348.1, valor es igual a la DEMANDA porque la energía eléctrica no puede ser almacenada. Por el lado de la demanda se pierden 38.6 GWh en la distribución de la electricidad a los usuarios de las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón de Gualaquiza. Asimismo, el consumo interno de electricidad en las centrales eléctricas

durante el año de estudio fue de 0.6 GWh. Descontado ello se tiene que la energía eléctrica APARENTE para el consumo final de los sectores económicos fue de 308.9 GWh. Se resta 1.1 de GWh AJUSTE a la oferta Interna y se tiene un consumo final de 307.8 de los sectores económicos. Cuando se analiza el consumo de los sectores económicos, no siempre coincide la Oferta interna con la Demanda sectorial. Esta inconsistencia se puede deber a errores en la lecturación u otros. La OLADE señala que el error máximo debe ser el 5% de la oferta interna de la fuente de energía. Para éste caso el error en el ajuste fue de 0.32%, valor inferior al mínimo aceptado.

En lo referente al consumo sectorial, del total de 307.8 GWh demandado, el 52% perteneció con la demanda residencial, el 31% a la demanda comercial y servicios públicos, el 11% al sector de construcción y otros y, finalmente, el 11% al sector industrial. Lo señalado se corresponde con lo señalado en la “Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2015” (ver figura 60).

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolina	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION}			10.7			61.8	72.5	76.3									76.3	72.5
IMPORTACION							-	214.6				18.2					232.8	232.8
EXPORTACION							-	75.2									75.2	75.2
VARIACION DE INVENTARIO							-										-	-
NO APROVECHADO							-										-	-
OFERTA INTERNA TOTAL	-	-	10.7	-	-	61.8	72.5	215.7	-	-	-	18.2	-	-	-	-	233.9	230.1
REFINERIA							-										-	-
CENTRALES ELECTRICAS			- 10.7			- 61.8	- 72.5	76.3				- 18.2					76.3	- 14.4
AUTOPRODUCTORES							-										-	-
CENTRO DE GAS							-										-	-
CARBONERA							-										-	-
COQUERIA/A. HORNO							-										-	-
DESTILERIA							-										-	-
OTROS CENTROS							-										-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 10.7	-	-	- 61.8	- 72.5	-	-	-	-	- 18.2	-	-	-	-	- 18.2	- 14.4
CONSUMO PROPIO							-	0.4									0.4	0.4
PERDIDAS							-	23.9									23.9	23.9
AJUSTE							-	0.7									0.7	0.7
TRANSPORTE							-										-	-
INDUSTRIA							-	11.6									11.6	11.6
RESIDENCIAL							-	99.2									99.2	99.2
COMERCIAL,SER,PUB							-	58.9									58.9	58.9
AGRO,PESCA,MINER.							-										-	-
CONSTRUCCION,OTR.							-	21.0									21.0	21.0
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	190.7	-	-	-	-	-	-	-	-	190.7	190.7
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	190.7	-	-	-	-	-	-	-	-	190.7	190.7
BALANCE ENERGETICO DE LAS FUENTES DE ENERGIA	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-

Figura 66. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2015

Fuente: OLDAE. Estadísticas energéticas. Metodología para realizar Balances Energéticos Nacionales.

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION)			14.3			47.5	61.8	64.1									64.1	61.8
IMPORTACION							-	202.9				16.5					219.4	219.4
EXPORTACION							-	63.4									63.4	63.4
VARIACION DE INVENTARIO							-										-	-
NO APROVECHADO							-										-	-
OFERTA INTERNA TOTAL			14.3			47.5	61.8	203.6				16.5					220.1	217.7
REFINERIA																		
CENTRALES ELECTRICAS			- 14.3			- 47.5	- 61.8	64.1				- 16.5					64.1	- 14.1
AUTOPRODUCTORES							-										-	-
CENTRO DE GAS							-										-	-
CARBONERA							-										-	-
COQUERIA/A. HORNO							-										-	-
DESTILERIA							-										-	-
OTROS CENTROS							-										-	-
TRANSFORMACION TOTAL			- 14.3			- 47.5	- 61.8	-				- 16.5					- 16.5	- 14.1
CONSUMO PROPIO							-	0.3									0.3	0.3
PERDIDAS							-	19.7									19.7	19.7
AJUSTE							-	0.4									0.4	0.4
TRANSPORTE							-										-	-
INDUSTRIA							-	11.6									11.6	11.6
RESIDENCIAL							-	94.3									94.3	94.3
COMERCIAL,SER,PUB							-	57.0									57.0	57.0
AGRO,PESCA,MINER.							-										-	-
CONSTRUCCION,OTR.							-	20.2									20.2	20.2
CONSUMO ENERGETICO							-	183.2									183.2	183.2
NO ENERGETICO							-										-	-
CONSUMO FINAL							-	183.2									183.2	183.2
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA			0.0			0.0						0.0						

Figura 67. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2014

Fuente: OLDAE. Estadísticas energéticas. Metodología para realizar Balances Energéticos Nacionales.

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION)			11.0			33.0	44.0	53.9									53.9	44.0
IMPORTACION							-	189.6				30.64					220.2	220.2
EXPORTACION							-	51.7									51.7	51.7
VARIACION DE INVENTARIO							-										-	-
NO APROVECHADO							-										-	-
OFERTA INTERNA TOTAL	-	-	11.0	-	-	33.0	44.0	191.8	-	-	-	30.6	-	-	-	-	222.5	212.6
REFINERIA							-										-	-
CENTRALES ELECTRICAS			- 11.0			- 33.0	- 44.0	53.9				- 30.6					53.9	- 20.7
AUTOPRODUCTORES							-										-	-
CENTRO DE GAS							-										-	-
CARBONERA							-										-	-
COQUERIA/A. HORNO							-										-	-
DESTILERIA							-										-	-
OTROS CENTROS							-										-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 11.0	-	-	- 33.0	- 44.0	-	-	-	-	- 30.6	-	-	-	-	- 30.6	- 20.7
CONSUMO PROPIO							-	0.4									0.4	0.4
PERDIDAS							-	21.4									21.4	21.4
AJUSTE							-	1.8									1.8	1.8
TRANSPORTE							-										-	-
INDUSTRIA							-	6.9									6.9	6.9
RESIDENCIAL							-	88.2									88.2	88.2
COMERCIAL,SER,PUB							-	55.0									55.0	55.0
AGRO,PESCA,MINER.							-										-	-
CONSTRUCCION,OTR.							-	18.1									18.1	18.1
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	168.3	-	-	-	-	-	-	-	-	168.3	168.3
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-		
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	168.3	-	-	-	-	-	-	-	-	168.3	168.3
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	- 0.0	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-

Figura 68. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2013

Fuente: OLDAE. Estadísticas energéticas. Metodología para realizar Balances Energéticos Nacionales.

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION)			7.7			-	7.7	17.4									17.4	7.7
IMPORTACION							-	178.1				18.2					196.2	196.2
EXPORTACION							-	17.4									17.4	17.4
VARIACION DE INVENTARIO							-										-	-
NO APROVECHADO							-										-	-
OFERTA INTERNA TOTAL			7.7				7.7	178.0				18.2					196.2	186.5
REFINERIA																		
CENTRALES ELECTRICAS			- 7.7			-	7.7	17.4				- 18.2					17.4	- 8.5
AUTOPRODUCTORES							-										-	-
CENTRO DE GAS							-										-	-
CARBONERA							-										-	-
COQUERIA/A. HORNO							-										-	-
DESTILERIA							-										-	-
OTROS CENTROS							-										-	-
TRANSFORMACION TOTAL			- 7.7			-	7.7					- 18.2					- 18.2	- 8.5
CONSUMO PROPIO							-	0.2									0.2	0.2
PERDIDAS							-	18.3									18.3	18.3
AJUSTE							-	- 0.2									- 0.2	- 0.2
TRANSPORTE							-										-	-
INDUSTRIA							-	7.5									7.5	7.5
RESIDENCIAL							-	84.0									84.0	84.0
COMERCIAL,SER,PUB							-	52.4									52.4	52.4
AGRO,PESCA,MINER.							-										-	-
CONSTRUCCION,OTR.							-	15.8									15.8	15.8
CONSUMO ENERGETICO							-	159.8									159.8	159.8
NO ENERGETICO							-										-	-
CONSUMO FINAL							-	159.8									159.8	159.8
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA			- 0.0									- 0.0						

Figura 69. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2012

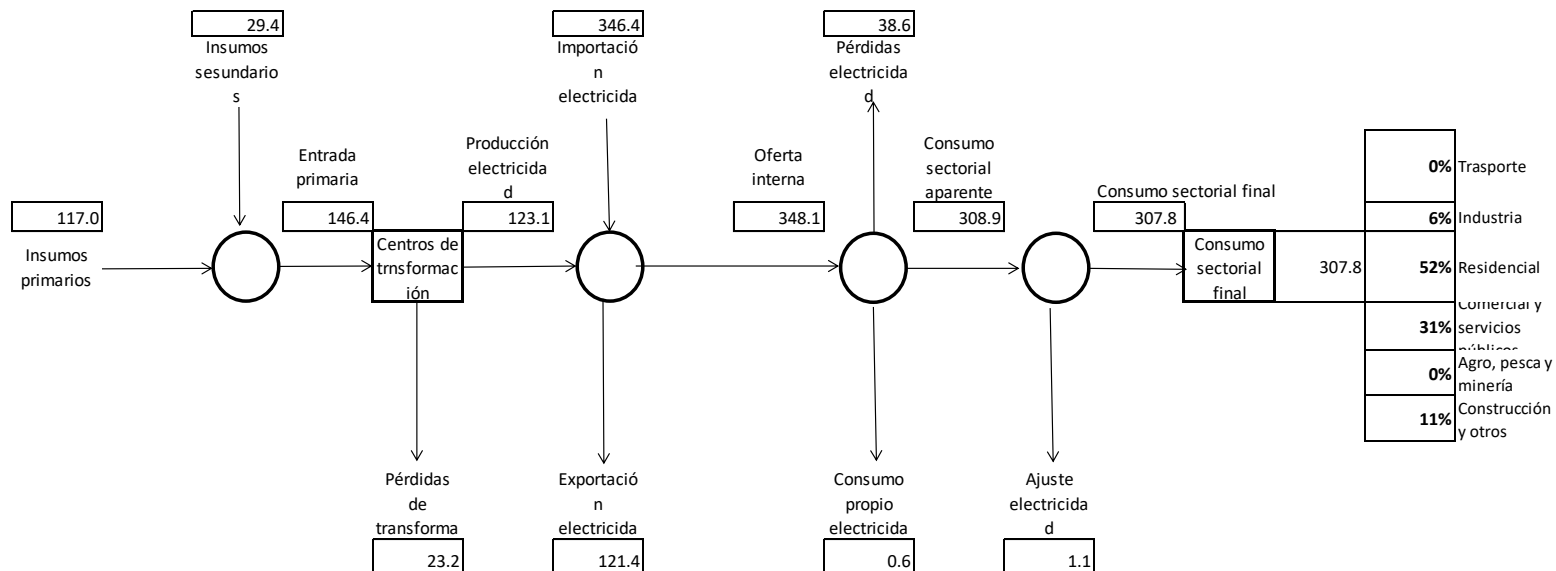
Fuente: OLDAE. Estadísticas energéticas. Metodología para realizar Balances Energéticos Nacionales.

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION)			13.0			-	13.0	19.2									19.2	13.0
IMPORTACION							-	167.4				25.3					192.7	192.7
EXPORTACION							-	19.1									19.1	19.1
VARIACION DE INVENTARIO							-										-	-
NO APROVECHADO							-										-	-
OFERTA INTERNA TOTAL	-	-	13.0	-	-	-	13.0	167.4	-	-	-	25.3	-	-	-	-	192.7	186.6
REFINERIA							-										-	-
CENTRALES ELECTRICAS			- 13.0				- 13.0	19.2				- 25.3					19.2	- 19.2
AUTOPRODUCTORES							-										-	-
CENTRO DE GAS							-										-	-
CARBONERA							-										-	-
COQUERIA/A. HORNO							-										-	-
DESTILERIA							-										-	-
OTROS CENTROS							-										-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 13.0	-	-	-	- 13.0	-	-	-	-	- 25.3	-	-	-	-	- 25.3	- 19.2
CONSUMO PROPIO							-	0.3									0.3	0.3
PERDIDAS							-	17.7									17.7	17.7
AJUSTE							-	- 0.2									- 0.2	- 0.2
TRANSPORTE							-										-	-
INDUSTRIA							-	6.1									6.1	6.1
RESIDENCIAL							-	78.7									78.7	78.7
COMERCIAL,SER,PUB							-	49.6									49.6	49.6
AGRO,PESCA,MINER.							-										-	-
CONSTRUCCION,OTR.							-	15.3									15.3	15.3
CONSUMO ENERGETICO							-	149.7	-	-	-	-	-	-	-	-	149.7	149.7
NO ENERGETICO							-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL							-	149.7	-	-	-	-	-	-	-	-	149.7	149.7
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-

Figura 70. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2011

Fuente: OLDAE. Estadísticas energéticas. Metodología para realizar Balances Energéticos Nacionales.

ESTRUCTURA DE LA CADENA ENERGÉTICA DE ELECTRICIDAD EERSSA (GWh) AÑO 2015



INSUMOS	TRANSFORMACIÓN	ENERGÍA SECUNDARIA	CONSUMO FINAL
---------	----------------	--------------------	---------------

Figura 71: Estructura de la cadena de electricidad del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2015

Fuente: OLDE, ARCONEL, MICSE, INER

f.2 PROSPECTIVA SIMPLIFICADA DE LA CADENA DE ELECTRICIDAD QUE INTERACTUARÁ EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EERSSA. HORIZONTE 2020-2040

Para iniciar los estudios de prospectiva energética se tiene que definir los escenarios de planificación (ver acápite d.4). La evolución o comportamiento que se atribuya como hipótesis a las diferentes variables, puede dar como resultado escenarios de continuidad, de ruptura o evolutivos.

De acuerdo a la propuesta metodológica para realizar prospectivas energéticas, explicada en la sección de métodos, se debe seguir tres fases para su elaboración: Estudio y gestión de la demanda, Simulación y análisis de la matriz energética y Estadísticas energéticas.

La presente tesis analizará dos hipótesis de comportamiento de las variables energéticas para el horizonte de estudio 2020-2040. La primera hipótesis a analizar será la tendencial, conocida como escenario BAU (business as usual) y una segunda hipótesis alternativa, que toma en consideración los nuevos proyectos a implementarse en el área de concesión de la EERSSA, las políticas energéticas señaladas en el Plan Nacional de Buen Vivir y la Agenda Nacional de Energía, y el informe de ARCONEL para el año 2016. Así mismo, las hipótesis se corresponden con el comportamiento de las variables energéticas que forman parte del Balance energético del año base, que para la presente tesis será el 2015. También considera las tasas de crecimiento tendenciales de las variables energéticas de consumo en el periodo de evolución (2011-2015) o tasas de crecimiento ajustadas de acuerdo al criterio de expertos, cuando sus valores exceden el 10% o se considere que los comportamientos futuros de las variables no serán tendenciales sino evolutivos o disruptivos.

Las hipótesis, balances energéticos y tasas de crecimiento de las variables de consumo forman parte de los ESCENARIOS de prospectiva energética, mismos que se constituyen en futuros posibles de la matriz energética. Para la presente tesis, la matriz energética se corresponde con la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA para el horizonte de estudio 2020-2040.

Finalmente es necesario señalar que ambos escenarios tienen el mismo año base, pero pueden tener diferente año raíz, dependiendo de la hipótesis de cada escenario. Para la presente tesis, ambos escenarios tienen el mismo año base (2015) y año raíz (2020).

f.2.1 Prospectiva del escenario tendencial (BAU)

f.2.1.1 FASE 1.- Estudio y gestión de la demanda. Escenario BAU

Hipótesis del comportamiento de las variables: La cadena de electricidad que interactúa en el área de concesión de la EERSSA tiene un comportamiento tendencial. Las tasas de crecimiento del consumo eléctrico de los sectores económicos se mantienen. No se incorporan nuevas centrales eléctricas. En el 2020 el porcentaje de pérdidas es del 11% y reduce quinquenalmente en 1% hasta alcanzar 7% en el 2040

Horizonte de estudio

2020-2040

Año base

2015

Año raíz

2020

Años de control

2020, 2025, 2030, 2035 y 2040

Como se señaló en la metodología, para elaborar la prospectiva simplificada se debe elaborar un balance energético ascendente con el siguiente esquema general:

CONSUMO FINAL

TRANSFORMACIÓN

OFERTA

De manera que el estudio de la demanda se realizará considerando la secuencia señalada

Consumo final

En la tabla 14 se presenta los datos de las variables energéticas de consumo que interactuarán en el área de concesión de la EERSSA para los años de control 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040, considerando la hipótesis BAU, el balance energético del 2015 (año base) y las tasas de crecimiento asumidas de las variables de consumo. Para las variables de los sectores residencial, Comercial y Construcción, se asumen las tasas tendenciales, en tanto que para los sectores de Consumo propio e Industria, se asumen las tasas ajustadas. En el caso de la variable Consumo propio, se ajusta la tasa tendencial del 8.69% al 2%, porque la hipótesis señala que no se implementarán nuevas centrales durante el horizonte de estudio. En el caso de la variable Industria, se ajusta la tasa del crecimiento tendencial del 17,64%, porque las recomendaciones de

la OLADE señalan que el valor no debe superar el 10% y por tanto se asume éste valor. Para el caso de las pérdidas por distribución, la hipótesis asume una reducción del 11% al 7% durante el horizonte de estudio.

La tasa de crecimiento se calculó con datos históricos del periodo 2011-2015, con la siguiente fórmula (16):

$$t = \left(\frac{Vf}{Vo}\right)^{1/n} - 1$$

Dónde:

t = tasa promedio de crecimiento anual

Vf = Valor en el año final del período histórico (2015)

Vo = valor en el año inicial del período histórico (2011)

n = año final + 1 – año inicial (2016 – 2011) = 5

Luego, para proyectar los valores de consumo para los años de control se despeja Vf en la fórmula señalada.

En este caso, Vo corresponde al valor en el año base (2015) y n a la diferencia entre el año de control proyectado (2020, 2025, 2030, 2035 y 2040) y el año base

$$Vf = Vo * (1 + t)^n$$

Tabla 14: Estudio de consumo de electricidad para el escenario BAU

ACTIVIDAD	FUENTE	2015	Tasa de crecimiento asumida	2020	2025	2030	2035	2040
Consumo propio	Electricidad	0.6	2.00%	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Industria	Electricidad	18.7	10.00%	30.2	48.6	78.3	126.1	203.1
Residencial	Electricidad	160.2	5.96%	213.9	285.6	381.5	509.4	680.3
Comercial-serv. Público	Electricidad	95.0	4.39%	117.8	146.1	181.1	224.5	278.4
Construcción-otros	Electricidad	33.9	8.19%	50.2	74.4	110.3	163.6	242.5
Consumo eléctrico	Electricidad	307.8	6.24%	412.1	554.8	751.2	1023.7	1404.3
Consumo eléctrico total	Electricidad	308.4	6.25%	412.7	555.5	752.0	1024.5	1405.3
Pérdidas	Electricidad	38.6		51.0	61.7	74.4	89.1	105.8
% Pérdidas	Distribución electricidad	1.1		11%	10%	9%	8%	7%

Elaboración: Autor

Para demostrar la validez del método de proyección de variables utilizando tasas de crecimiento, a continuación se presenta el % de variación de los datos de las variables COMPRAS-ELECTRICIDAD y RESIDENCIAL-ELECTRICIDAD para el periodo 2012-2016,

considerando al 2011 como año base. La información de los datos reales fueron tomados de los reportes estadísticos de la ARCONEL y la proyección se calculó de acuerdo con la fórmula $Vf = Vo * (1 + t)^n$. La tasa de crecimiento (t) se determinó con los datos históricos de las variables. Las unidades de energía se presentan en GWh

Como se aprecia en la tabla siguiente de la variable Importación-Electricidad, correspondiente a las compras de electricidad que realizó la EERSSA al Mercado Eléctrico Mayorista durante el periodo 2012-2016, los datos reales de compras son similares a los datos proyectados hasta el año 2015. Se observa que para el año 2016 los valores no coinciden aunque la variación es pequeña (3.6%). Ello se explica porque durante el 2016 bajó el consumo de electricidad en el sector industrial de 18.7 GWh a 16.7 GWh, periodo especial porque disminuyó el PIB industrial a nivel del país. La tasa de crecimiento fue de 6.41%

.VARIABLE: Importación (compra)-Electricidad	2012	2013	2014	2015	2016
Datos reales (ARCONEL)	287.4	306.0	327.5	347.3	355.8
Datos proyectados	287.4	305.9	325.5	346.4	368.6
VARIACIÓN	0.00%	-0.03%	-0.61%	-0.26%	3.60%

Si se realiza el mismo procedimiento para la variable Residencial-Electricidad, se demuestra que sus valores en el periodo 2012-2016 son similares, con una variación inferior al 1%. El comportamiento de esta variable fue lineal con una tasa de crecimiento del 5.96%. Esta variable tiene una relación directa con el crecimiento poblacional y no con el PIB.

VARIABLE: Residencia-Electricidad	2012	2013	2014	2015	2016
Datos reales (ARCONEL)	135.6	142.4	152.2	160.2	168.3
Datos proyectados	134.6	142.7	151.2	160.2	169.7
VARIACIÓN	-0.74%	0.21%	-0.66%	0.00%	0.83%

Transformación

De acuerdo a la hipótesis BAU planteada que señala que no se implementarán nuevas centrales eléctricas durante el horizonte de estudio, y al Balance energético 2015 que determina

las centrales eléctricas existentes en la tabla 15 se presenta las variables energéticas que se corresponden con las actividades de transformación, los datos respectivos del Balance energético 2015 y su proyección para los años de control 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040, donde se evidencia que la producción de electricidad será la misma que la del año base.

Tabla 15: Estudio de la transformación energética para el escenario BAU

ACTIVIDAD	FUENTE	2015	Tasa de crecimiento asumida	2020	2025	2030	2035	2040
Centrales eléctricas	Hidroenergía. (Insumo central Carlos Mora)	17.3	0.00%	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3
Centrales eléctricas (hidroeléctrica)	Central hidroeléctrica Carlos Mora	13.8	0.00%	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
Centrales eléctricas	Otras primarias	99.7	0.00%	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
Centrales eléctricas	Electricidad	123.1	0.00%	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1
Centrales eléctricas	Diésel oíl (Insumo central Catamayo)	29.4	0.00%	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
Centrales eléctricas (diésel)	Central Térmica Catamayo	9.6	0.00%	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6

Oferta

OFERTA TOTAL: La oferta total de electricidad para el horizonte de estudio está constituida por la producción de electricidad en las centrales eléctricas existentes en el área de concesión de la EERSSA y las compras de electricidad por parte de la EERSSA al Mercado Eléctrico Mayorista. De acuerdo a la hipótesis BAU la producción de electricidad no se incrementará, por tanto será la variable COMPRAS ELECTRICIDAD la que garantizará electricidad para el consumo de los sectores económicos. En la tabla 16 se observa que las compras de electricidad de la EERSSA al MEM en el 2020 será de 462.4 GWh y el 2040 de 1509.7 GWh. La tasa de crecimiento será del 6.09%, valor que coincide con la tasa de crecimiento del consumo residencial de electricidad.

OFERTA INTERNA: La oferta interna es la diferencia entre la Oferta total y las ventas de electricidad. De acuerdo a la hipótesis BAU planteada, las ventas de electricidad al MEM se mantendrán constantes durante el periodo de estudio, por lo tanto la Oferta interna también dependerá de las compras de electricidad.

Tabla 16 Estudio de la oferta de electricidad para el escenario BAU

ACTIVIDAD	FUENTE	2015	Tasa de crecimiento asumida	2020	2025	2030	2035	2040
Producción	Hidroenergía (central Carlos Mora)	17.3	0.00%	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3
Producción	Otras primarias	99.7	0.00%	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
Producción (eólico)	Central eólica Villonaco	92.5	0.00%	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5
Producción (solar)	Centrales fotovoltaicas	7.2	0.00%	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
PRODUCCIÓN TOTAL PRIMARIA	Primarias	117.0	0.00%	117.0	117.0	117.0	117.0	117.0
Producción	Electricidad (TOTAL DE CENTRALES)	123.1	0.00%	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1
Importación (compras)	Electricidad (COMPRA-EERSSA)	346.4	6.09%	462.4	615.9	825.0	1112.3	1509.7
Importación	Diésel (CENTRAL CATAMAYO)	29.4	0.00%	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
Exportación (ventas)	Electricidad (VENTAS EN CENTRALES)	121.4	0.00%	121.8	121.8	121.8	121.8	121.8
OFERTA TOTAL	Electricidad (COMPRAS + DESPACHO CENTRALES)	469.5		463.8	617.2	826.4	1113.6	1511.0
OFERTA INTERNA	Electricidad (PARA CONSUMO DE DEMANDA)	348.1		463.8	617.2	826.4	1113.6	1511.0
DEMANDA	Electricidad	348.1		463.8	617.2	826.4	1113.6	1511.0

Capacidad instalada

De acuerdo a la hipótesis BAU planteada, la capacidad instalada no variará y por tanto se mantiene la potencia de generación del año base 2015. En la tabla 17 se detalla las centrales que existirán durante el horizonte de estudio 2020-2040 así con sus potencias nominales.

Tabla 17: Capacidad instalada para el horizonte de estudio 2020-2040. Escenario BAU

POTENCIA (MW)						
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	TIPO DE CENTRAL	2020	2025	2030	2035	2040
Centrales eléctricas	HIDRÁULICA	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Centrales eléctricas	EÓLICA	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
Centrales eléctricas	SOLAR	5.99	5.99	5.99	5.99	5.99
Centrales eléctricas	TÉRMICA	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2
TOTAL		42.09	42.09	42.09	42.09	42.09

Crecimiento poblacional

Considerando los datos de proyección de la población del área de incidencia de la EERSSA para el periodo 2010-2020, el autor determinó la tasa de crecimiento y calculó la proyección de la población para los años de control 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040. Los resultados se presentan en la tabla 18

Tabla 18: proyección de la población según años de control.

POBLACIÓN (HABITANTES)							Tasa de crecimiento asumida
PROVINCIA	CANTÓN	2020	2025	2030	2035	2040	
LOJA	TODOS	524592	555432	588084	622657	659261	1.1%
ZAMORA CHINCHIPE	TODOS	121814	137715	155690	176012	198987	2.5%
MORONA SANTIAGO (GUALAQUIZA)	GUALAQUIZA	19935	21025	22175	23387	24665.6	1.1%
POBLACIÓN AREA CONCESIÓN EERSSA	TODOS	666342	714172	765949	822056	882914	1.4%

f.2.1.1 FASE 2.- Análisis y simulación de la matriz energética. Escenario BAU.

Esta fase se desarrolla mediante la configuración de un Software que permita realizar la prospectiva energética. Como se explicó en la metodología, la simulación de la cadena de electricidad también puede ser realizada mediante hojas de cálculo en Excel.

Cuando se necesite realizar estudios de prospectiva donde interactúan todas las cadenas energéticas (hidrocarburos, electricidad y bionenergía), es necesario recurrir a otros software especializados como el SAME que se explicó en el capítulo de métodos o el software LEAP que es utilizado por el INER.

Para el desarrollo de la presente tesis el autor utilizó hojas de cálculo en Excel, con el fin de presentar las estadísticas energéticas en similar formato al desarrollado en el acápite de resultados del balance energético. Las hojas de cálculo desarrolladas se incluyen en el CD que se adjunta a la presente Tesis. Su interpretación se explica a continuación.

ARCHIVO: Se generó una hoja de cálculo con el nombre: H0.EscenarioBAU-TESIS. El último elemento del nombre puede cambiar por el código del proyecto de investigación.

CONFIGURACIÓN: La primera hoja de cálculo tiene configurado las cadenas activas que formarán parte del estudio de prospectiva, mismas que se determinaron en base a la hipótesis BAU y al balance energético del año base, que en éste caso fue 2015. Además, se configuró las variables demográficas, que formará parte del estudio. El método de proyección de las variables de consumo se determinó en la FASE 1.

DATOS: En la primera hoja de cálculo del archivo Excel, se ubicaron los datos que forman parte del estudio. Sus valores fueron determinados en la FASE 1.

SIMULACIÓN: En la segunda hoja de cálculo se presenta la simulación del balance energético para los años de control: 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040. Para todos los años de control se determinó un AJUSTE igual a cero, lo que significa que existe balance energético; es decir, que la Oferta interna es igual a la demanda.

GRÁFICOS: Se generaron gráficas para el estudio de prospectiva, mismas que organizaron de acuerdo a las categorías presentadas en las estadísticas del balance energético. Su reporte se explica en la siguiente FASE.

f.2.1.3 FASE 3.- Estadísticas energéticas. Escenario BAU

ENERGÍA, SOCIEDAD, AMBIENTE Y ECONOMÍA

Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015

Considerando la hipótesis tendencial (BAU), durante el periodo de análisis 2020-2040, en el área de concesión de la EERSSA el número de habitantes registrados en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza, perteneciente a la provincia de Morona Santiago, crecerá con tasas de 1.1%, 2.5% y 1.1% respectivamente y una tasa de general del 1.4%. La población aumentará de 666 341 habitantes en el 2020 a 882 914 habitantes en el 2040. En la figura 72 se presenta el total de la población para los años respectivos y la estructura poblacional. Se observa que la estructura decrece para la provincia de Loja crece para la provincia de Zamora Chinchipe.

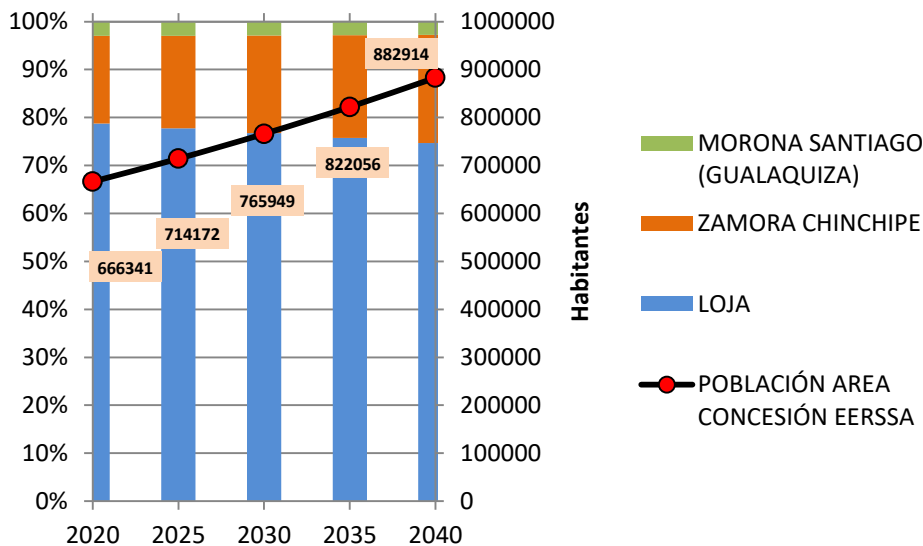


Figura 72. Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2040

En la figura 73 se presenta la estructura de los residentes en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2040. De un total de 882 914 habitantes, se observa que los habitantes de la provincia de Loja representarán el 75%, los de la provincia de Zamora Chinchipe el 22% y los habitantes del cantón Gualaquiza el 3%. Por lo tanto su estructura variará con respecto al año base 2015 con incremento para la provincia de Zamora Chinchipe y decrecimiento para la provincia de Loja.

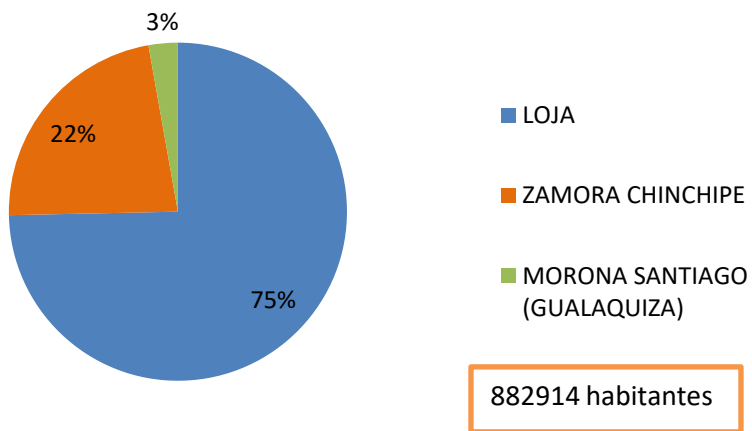


Figura73 Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2040

Elaboración: Autor

Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante). Periodo 2020-2040

Considerando el escenario BAU, el consumo per cápita de electricidad de los habitantes del área de concesión de la EERSSA aumentará de 619 KWh en el 2020 a 1592 KWh en el 2040. Durante el periodo de análisis, la tasa de crecimiento será del 4.8% (ver figura 74).

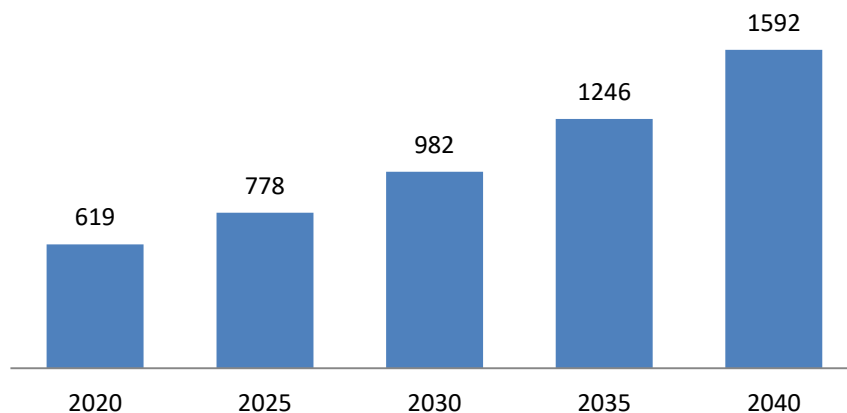


Figura 74. Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante). Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución del índice de suficiencia energética. Periodo 2020-2040

Como se observa en la figura 75 el **índice de suficiencia energética** en el área de concesión de la EERSSA decrecerá con respecto al año base 2015 para el escenario BAU. El mayor índice alcanzado será en el 2020 con un valor de 0.24 y 0.08 en el 2040.

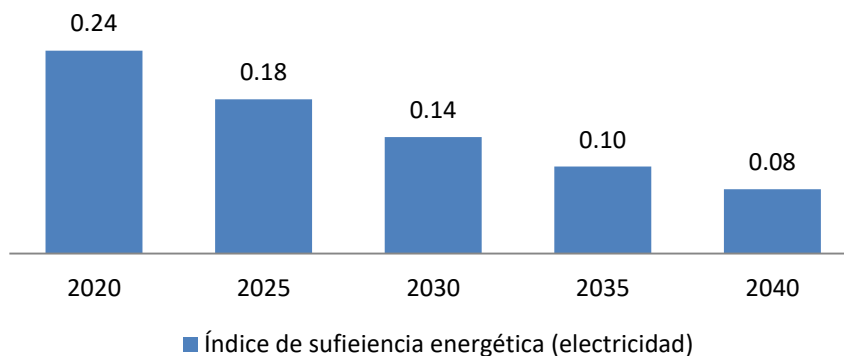


Figura 75. Evolución del Índice de suficiencia energética. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución del índice de renovabilidad. Periodo 2020-2040

Referente al **índice de renovabilidad**, en la figura 76 se presenta los resultados del análisis en el área de concesión de la EERSSA para el periodo 2020-2040 y el escenario BAU. Se observa, el indicador experimentará un decremento del 24% en el 2020 a 8% en el 2040.

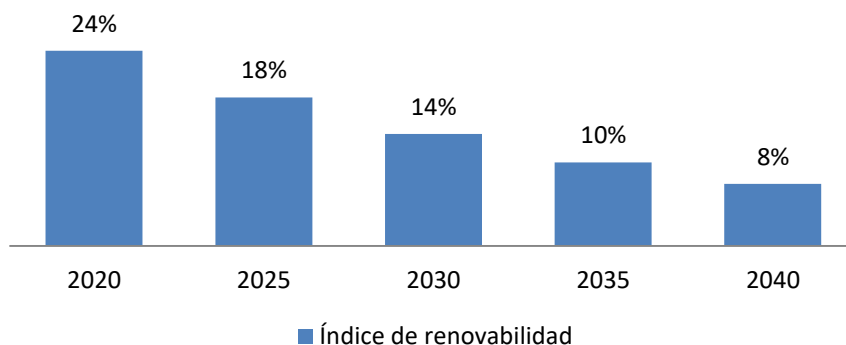


Figura 76. Evolución del Índice de renovabilidad. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA

Evolución de la Oferta de energía primaria. Periodo 2020-2040

Para el escenario BAU, la evolución de la oferta de energía primaria en el área de concesión de la EERSSA durante el periodo 2020-2040 permanecerá constante. La hidroenergía en la central Carlos Mora, la energía eólica en la central eólica Villonaco, y la energía solar en las centrales fotovoltaicas serán las únicas que interactuarán (ver figura 77).

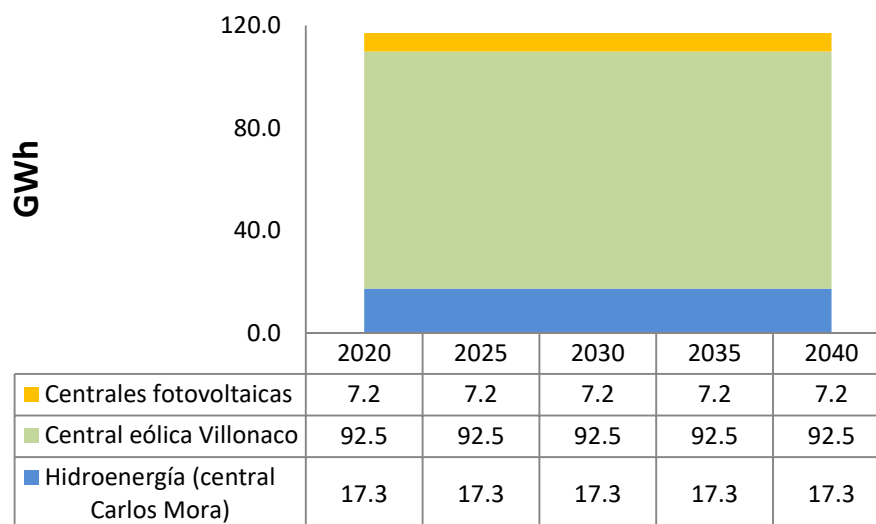


Figura 77. Evolución de la Oferta total de energía primaria. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Estructura de la energía primaria. Año 2040

En la figura 78 se presenta la estructura de la energía primaria en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2040. Se observa que para el escenario BAU, la energía eólica

representará el 79%, la hidroenergía el 15% y la solar el 6%. La oferta total de energía primaria será de 117 GWh (72.5 kBEP)

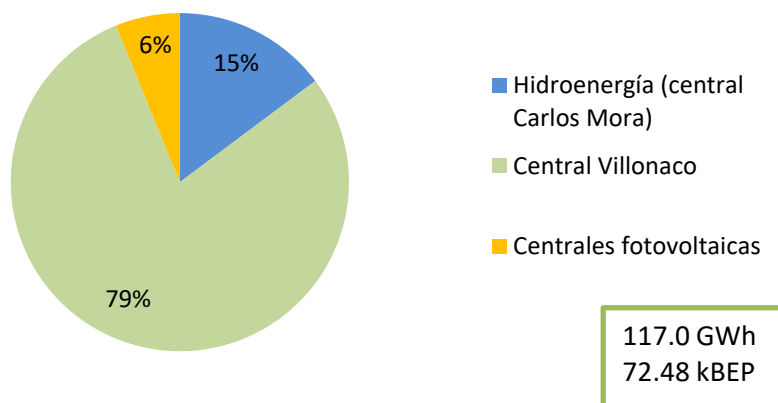


Figura 78. Estructura de la energía de energía primaria. Año 2040
Elaboración: Autor

OFERTA DE ELECTRICIDAD

Evolución de la estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

Si se cumple el escenario BAU, durante el periodo de estudio, la Oferta total de electricidad provendrá de la central térmica Catamayo, central hidroeléctrica Carlos Mora, central eólica Villonaco, centrales fotovoltaicas ubicadas en la provincia de Loja y electricidad comprada al Mercado Eléctrico Mayorista-MEM por parte de la Empresa Eléctrica del Sur- EERSSA.

En el 2020 la oferta total de electricidad será de 585.6 GWh y en el 2040 de 1632.8 GWh (línea azul segmentada). Durante el periodo 2020-2040, la estructura porcentual de la Oferta total de electricidad variará, principalmente por compras de electricidad al MEM por parte de la EERSSA. Como se observa en la figura 79, durante el periodo, la estructura de la Oferta total estará conformada por electricidad comprada al MEM, energía eléctrica de las centrales Carlos Mora, Catamayo, Villonaco centrales fotovoltaicas de la provincia de Loja.

Por otro lado, la misma figura muestra la evolución de la oferta interna de electricidad para el periodo 2020-2040. Se observa que en el 2020 será de 463.8 GWh y 1511 GWh en el 2040 (línea negra). La diferencia entre la Oferta total y la Oferta interna representa las ventas de electricidad de las empresas existentes en el área de concesión de la EERSSA, principalmente de la central eólica Villonaco.

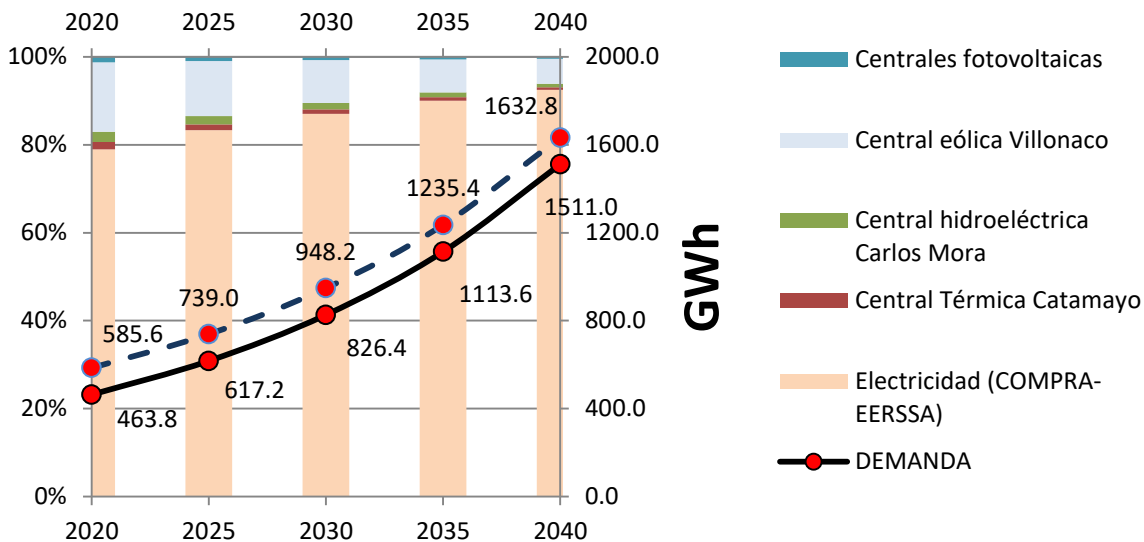


Figura 79. Evolución de la estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Estructura de la oferta total de electricidad. Año 2040

Para el escenario BAU, durante el año 2040 la **Oferta total** de electricidad en el área de concesión de la EERSSA será de 1632 GWh. Estará representada en un 92.46% por electricidad comprada al MEM, 5.66% de electricidad producida en la central eólica Villonaco, 0.85% de electricidad producida en la central hidroeléctrica Carlos Mora, 0.59 % de la central térmica de Catamayo y el 0.44% de centrales fotovoltaicas (ver figura 80).

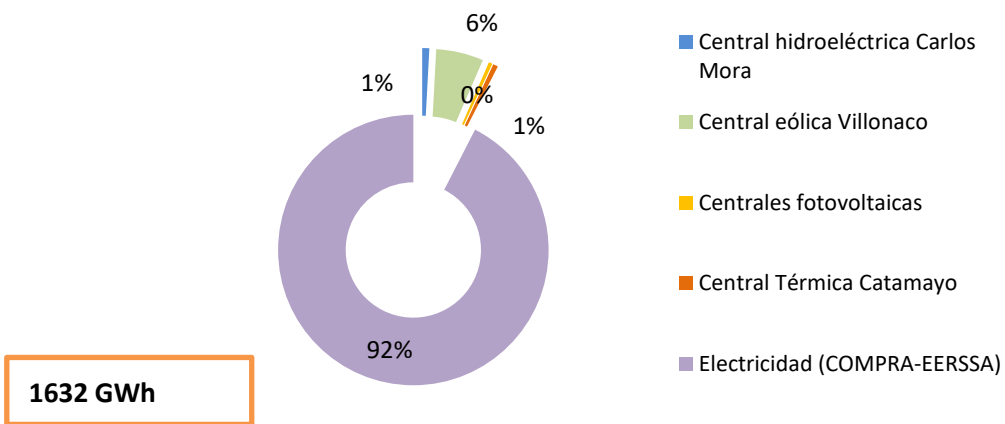


Figura 80. Estructura de la oferta total de electricidad. Año 2040

Elaboración: Autor

Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2035-2040

En la figura 81 se muestra, la variación porcentual de la generación eléctrica por fuente de energía entre los años 2035 y 2040 para el escenario BAU. Se observa que no hay variación en la generación para todas las centrales del área de estudio, pero existirá un 36% de variación en compras de electricidad al MEM por parte de la EERSSA.

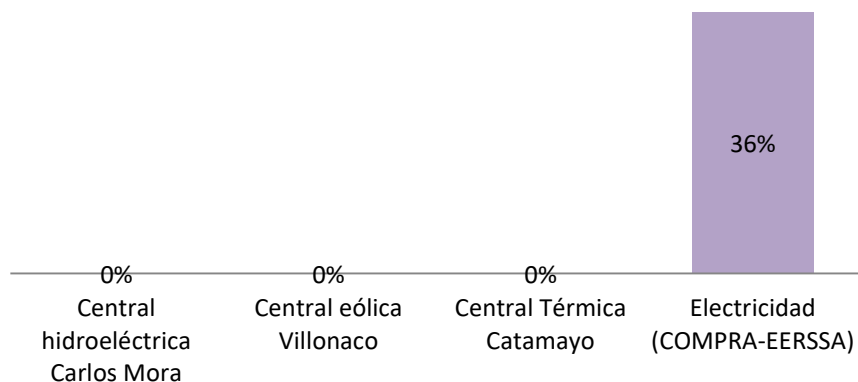


Figura 81. Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2035-2040

Elaboración: Autor

Evolución de la Importación de electricidad (compra). Periodo 2020-2040

En la figura 82 se muestra las estadísticas de compras de electricidad por la EERSSA al Mercado Eléctrico Mayorista para el escenario BA. Durante el periodo de estudio las compras variarán de 462.4 GWh GWh en el 2020 a 1509.7 GWh durante el año 2040. La tasa de crecimiento será del 6.09%.

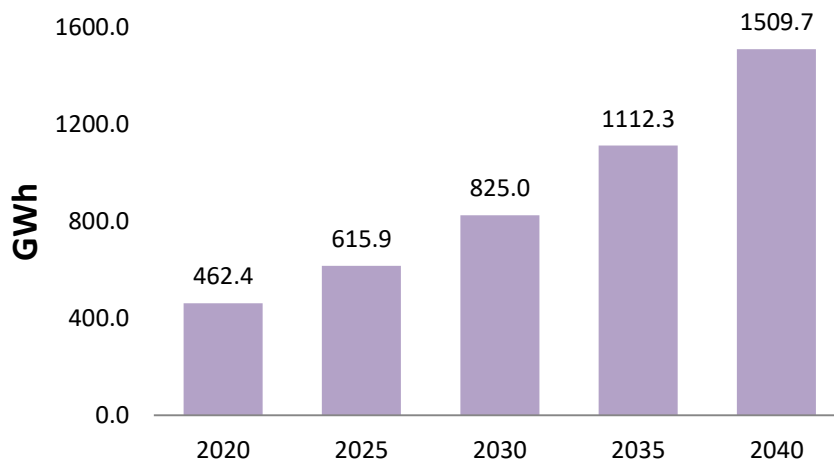


Figura 82 Evolución de la Importación de electricidad (compra). Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución de la exportación de electricidad (ventas). Periodo 2020-2040

Durante el periodo de estudio 2020-2040, las ventas de electricidad no se incrementarán, manteniendo un valor constante de 121.8 GWh, porque la hipótesis BAU sostiene que no se implementarán nuevas centrales eléctricas (ver figura 83).

Además, debido a que durante el año 2015 la central Villonaco alcanzó un factor de planta record, se espera que la producción futura no supere 100 GWh.

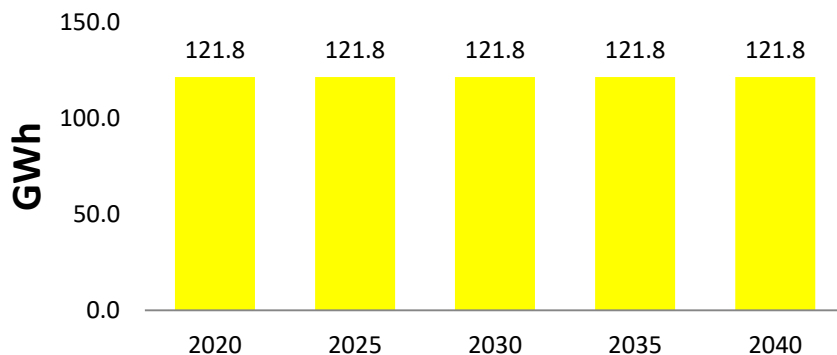


Figura 83. Evolución de la exportación de electricidad (ventas). Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

DEMANDA DE ELECTRICIDAD

Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

La demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA, durante el periodo 2020-2040 y el escenario BAU, estará representada por los siguientes sectores económicos: Industria, residencial, comercial y servicios públicos, construcción y otros. En la figura 84 se detalla el consumo de energía de cada uno de ellos. El sector residencial será el mayor demandante de electricidad, seguido del sector de comercio y servicios públicos y luego del sector de construcción y otros. El sector industrial será el de mayor crecimiento, acercando su consumo al sector comercial y construcción. Esta hipótesis no prevé la implementación de grandes industrias mineras

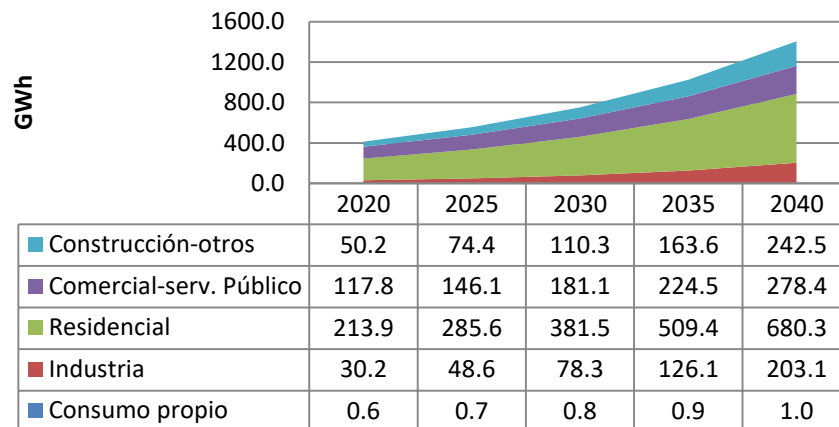


Figura 84. Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

En la figura 85 se muestra la evolución 2020-2040 de la estructura porcentual de la demanda de electricidad según sector económico, para un comportamiento tendencial (BAU). Como se aprecia, la estructura porcentual se incrementará para los sectores industrial y construcción y decrecerá para los sectores residenciales y comerciales.

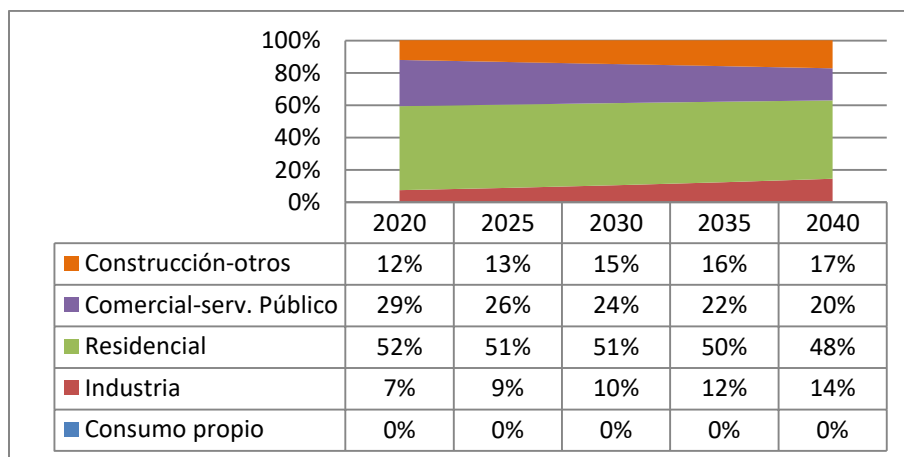


Figura 85. Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2040

Considerando el escenario BAU, en la figura 86 se muestra la estructura de consumo de electricidad de los diferentes sectores económicos que pertenecen al área de concesión de la EERSSA. Durante ese año, el consumo total será de 1405.3GWh. El sector residencial

consumirá el 48%, el sector comercial-servicios públicos el 20%, el sector construcción y otros el 17% y el industrial el 15%. El consumo propio será del 0.1%,

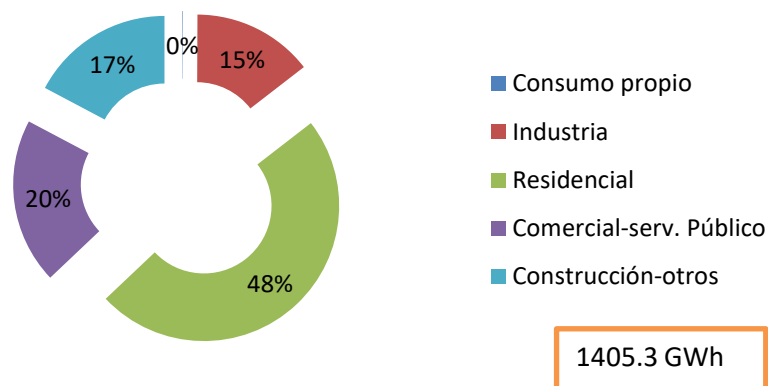


Figura 86. Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2040

Elaboración: Autor

Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

En la figura 87 se presenta el comportamiento de la relación Oferta-Demanda de electricidad, bajo el supuesto de la hipótesis BAU. Las áreas sombreadas representan la oferta de electricidad por centrales eléctricas y compras de electricidad al Mercado Eléctrico Mayorista-MEM por parte de la EERSSA. La línea color negro representa la demanda de consumo eléctrico de los sectores económicos existentes en el área de concesión de la EERSSA. La línea color rojo, las ventas de electricidad al MEM por las empresas existentes.

Se observa que durante el periodo 2020-2040, la oferta de electricidad principalmente vendrá de compras de electricidad al MEM por la EERSSA (área color rosado) y la producida en la central eólica Villonaco (área celeste). Las otras centrales aportarán muy poco a la Oferta.

En lo relacionado a la Demanda (línea negra), se aprecia que su valor será muy similar a la compras de electricidad de la EERSSA (área color rosado) y que las ventas de electricidad se corresponderán a la producción de las centrales eléctricas existentes en el área de concesión de la EERSSA (área color lila).

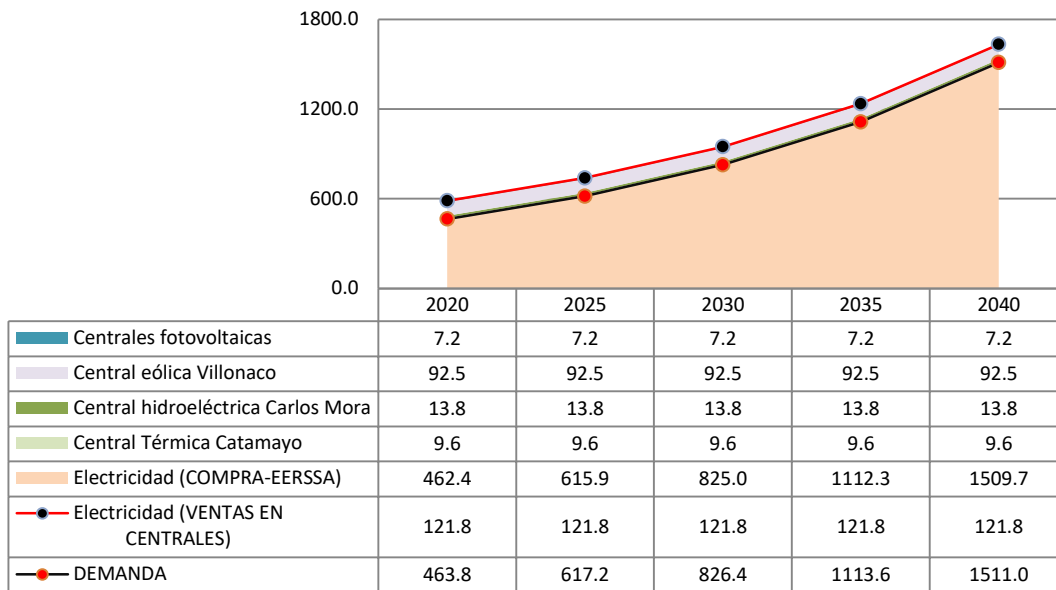


Figura 87. Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

PÉRDIDAS DE ELECTRICIDAD

Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2020-2040

En la figura 88 se muestra las pérdidas de electricidad por distribución en el área de concesión de la EERSSA, correspondientes a las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago. El valor representa la razón porcentual entre las pérdidas por distribución y la demanda de electricidad. Se observa que su comportamiento se ajusta a la hipótesis BAU que señala un valor del 11% para el año 2020 con decrecimiento quinquenal de 1% hasta llegar al 2040 a un valor del 7%.

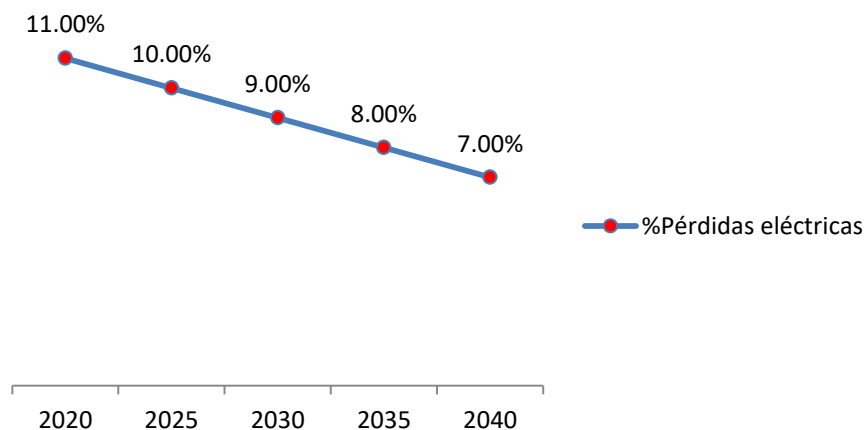


Figura 88. Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

CAPACIDAD INSTALADA PARA GENERACIÓN

Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2020-2040

Durante el periodo de análisis, la capacidad instalada estará conformada por la central hidroeléctrica Carlos Mora, la central térmica Catamayo, las centrales fotovoltaicas y central eólica Villonaco (ver figura 89). Se observa que la capacidad instalada de todas las centrales permanecerá igual durante el periodo de estudio.

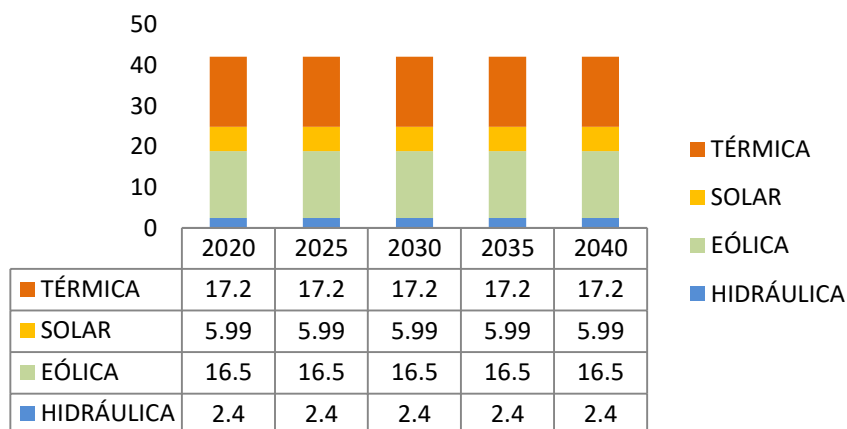


Figura 89. Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Estructura de la capacidad instalada. Año 2040

La capacidad instalada para el año 2040 será del 42.09 MW. El 41% le corresponde a la central térmica Catamayo, el 39% a la central eólica Villonaco, el 14% a la las centrales solares y el 6% a la central hidroeléctrico Carlos Mora (ver figura 90).

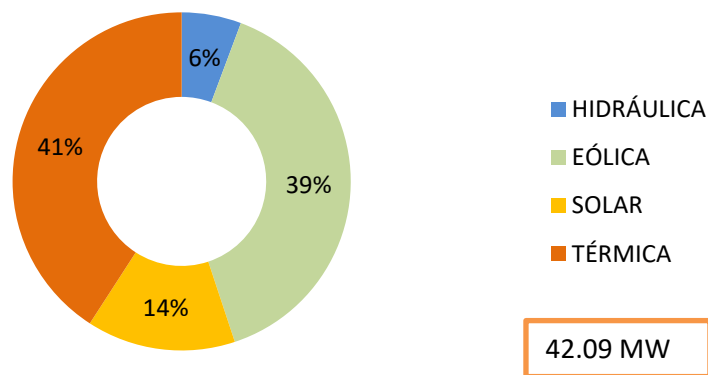


Figura 90. Estructura de la capacidad instalada. Año 2040

Elaboración: Autor

MATRICES Y DIAGRAMAS

MATRICES

En las figuras 91, 92, 93, 94 y 95, se presenta los Balances Energéticos, correspondientes a los años 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040.

A manera de ejemplo se explica el Balance Energético de la cadena de electricidad del área de estudio para el año 2040, misma que consta en la figura 92 donde se contabiliza los flujos de energía de la cadena de electricidad para el área de concesión de la EERSSA, demostrando las relaciones de equilibrio energético. Las actividades que forman parte del Balance son: oferta, transformación y consumo.

Como se observa en la figura 91, la cadena energética de electricidad del área de estudio, contemplará 5 fuentes de energía: Hidroenergía, solar, eólica, electricidad y diésel oil. Las fuentes de energía eólica y solar, se representan en OTRAS PRIMARIAS. En cada una de estas fuentes se demuestra las relaciones de equilibrios de los flujos energéticos a través de las actividades de oferta, transformación y consumo.

La OFERTA INTERNA será: producción + compra (importación) - ventas (exportación).

DIAGRAMAS

En la figura 96, se presente el diagrama de energía de la cadena de electricidad del área de estudio para el año 2040, bajo el supuesto de la hipótesis BAU. Como se observa, en la cadena ingresarán 117 GWh de **energía primaria** a las centrales: Carlos Mora (17.3 GWh), central Villonaco (92.5 GWh) y centrales fotovoltaicas (7.2 GWh). Por otro lado, 29.4 GWh de diésel oil para la central térmica de Catamayo. Sumando las energías primarias y secundarias que ingresan a los centros de transformación se tiene un total de 146.4 GWh. Durante la transformación energética de los insumos a electricidad, se perderán 23.2 GWh, en especial en la central térmica de Catamayo que tiene una eficiencia del 33%. El total de energía eléctrica producida en los centros de transformación será de 123.1 GWh. A éste valor se agrega 1509.7 GWh que la EERSSA compraría al Mercado Eléctrico Mayorista (Importación) y se restarán 121.8 GWh que las centrales venderían al MEM. Por lo tanto la oferta interna de electricidad para el área de estudio durante el 2040 será de 1511 GWh, valor igual a la DEMANDA. Por el lado de la demanda se perderá, 105.8 GWh en la distribución de electricidad y las centrales eléctricas consumirán 1 GWh. Finalmente se tiene que el consumo sectorial será de 1404.3 GWh

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolina	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	123.1	-	-	-	-	-	-	-	-	123.1	117.0
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,509.7	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,539.1	1,539.1
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	121.8	-	-	-	-	-	-	-	-	121.8	121.8
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	1,511.0	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,540.4	1,534.3
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	123.1	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	123.1	- 23.2
AUTOPRODUCTORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	-	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	- 29.4	- 23.2
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	105.8	-	-	-	-	-	-	-	-	105.8	105.8
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	203.1	-	-	-	-	-	-	-	-	203.1	203.1
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	680.3	-	-	-	-	-	-	-	-	680.3	680.3
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	278.4	-	-	-	-	-	-	-	-	278.4	278.4
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	242.5	-	-	-	-	-	-	-	-	242.5	242.5
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	1,404.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,404.3	1,404.3
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	1,404.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,404.3	1,404.3
BALANCE ENERGETICO DE LAS FUENTES DE ENERGIA	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 91. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2040

Elaboración Autor.

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolina	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	123.1	-	-	-	-	-	-	-	-	123.1	117.0
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,112.3	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,141.7	1,141.7
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	121.8	-	-	-	-	-	-	-	-	121.8	121.8
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	1,113.6	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,143.0	1,136.8
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	123.1	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	123.1	- 23.2
AUTOPRODUCTORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	-	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	- 29.4	- 23.2
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.9
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	89.1	-	-	-	-	-	-	-	-	89.1	89.1
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	126.1	-	-	-	-	-	-	-	-	126.1	126.1
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	509.4	-	-	-	-	-	-	-	-	509.4	509.4
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	224.5	-	-	-	-	-	-	-	-	224.5	224.5
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	163.6	-	-	-	-	-	-	-	-	163.6	163.6
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	1,023.7	-	-	-	-	-	-	-	-	1,023.7	1,023.7
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	1,023.7	-	-	-	-	-	-	-	-	1,023.7	1,023.7
BALANCE ENERGETICO DE LAS FUENTES DE ENERGIA	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 92. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2035

Elaboración Autor.

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	123.1	-	-	-	-	-	-	-	-	123.1	117.0
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	825.0	-	-	-	29.4	-	-	-	-	854.4	854.4
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	121.8	-	-	-	-	-	-	-	-	121.8	121.8
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	826.4	-	-	-	29.4	-	-	-	-	855.7	849.6
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	123.1	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	123.1	- 23.2
AUTOPRODUCTORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	-	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	- 29.4	- 23.2
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	0.8
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	74.4	-	-	-	-	-	-	-	-	74.4	74.4
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	78.3	-	-	-	-	-	-	-	-	78.3	78.3
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	381.5	-	-	-	-	-	-	-	-	381.5	381.5
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	181.1	-	-	-	-	-	-	-	-	181.1	181.1
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	110.3	-	-	-	-	-	-	-	-	110.3	110.3
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	751.2	-	-	-	-	-	-	-	-	751.2	751.2
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	751.2	-	-	-	-	-	-	-	-	751.2	751.2
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 93. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2030

Elaboración Autor

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	123.1	-	-	-	-	-	-	-	-	123.1	117.0
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	615.9	-	-	-	29.4	-	-	-	-	645.2	645.2
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	121.8	-	-	-	-	-	-	-	-	121.8	121.8
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	617.2	-	-	-	29.4	-	-	-	-	646.6	640.4
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	123.1	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	123.1	- 23.2
AUTOPRODUCTORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	-	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	- 29.4	- 23.2
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	0.7
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	61.7	-	-	-	-	-	-	-	-	61.7	61.7
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	48.6	-	-	-	-	-	-	-	-	48.6	48.6
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	285.6	-	-	-	-	-	-	-	-	285.6	285.6
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	146.1	-	-	-	-	-	-	-	-	146.1	146.1
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	74.4	-	-	-	-	-	-	-	-	74.4	74.4
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	554.8	-	-	-	-	-	-	-	-	554.8	554.8
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	554.8	-	-	-	-	-	-	-	-	554.8	554.8
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 94. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2025

Elaboración Autor.

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolina	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	123.1	-	-	-	-	-	-	-	-	123.1	117.0
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	462.4	-	-	-	29.4	-	-	-	-	491.8	491.8
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	121.8	-	-	-	-	-	-	-	-	121.8	121.8
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	17.3	-	-	99.7	117.0	463.8	-	-	-	29.4	-	-	-	-	493.1	487.0
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	123.1	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	123.1	- 23.2
AUTOPRODUCTORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	- 17.3	-	-	- 99.7	- 117.0	-	-	-	-	- 29.4	-	-	-	-	- 29.4	- 23.2
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.6
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	51.0	-	-	-	-	-	-	-	-	51.0	51.0
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	30.2	-	-	-	-	-	-	-	-	30.2	30.2
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	213.9	-	-	-	-	-	-	-	-	213.9	213.9
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	117.8	-	-	-	-	-	-	-	-	117.8	117.8
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	50.2	-	-	-	-	-	-	-	-	50.2	50.2
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	412.1	-	-	-	-	-	-	-	-	412.1	412.1
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	412.1	-	-	-	-	-	-	-	-	412.1	412.1
BALANCE ENERGETICO DE LAS FUENTES DE ENERGIA	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 95. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2020

Elaboración Autor

f.2.2 Prospectiva del escenario alternativo 1

f.2.2.1 FASE 1.- Estudio y gestión de la demanda. Escenario alternativo 1

Hipótesis del comportamiento de las variables: La cadena de electricidad que interactúa en el área de concesión de la EERSSA tiene un comportamiento evolutivo. La demanda eléctrica de los sectores económicos crece de manera tendencial a excepción del sector industrial que cambia su matriz productiva por la incorporación de grandes empresas mineras. En la oferta de electricidad se incorpora hasta el año 2020 el proyecto hidroeléctrico Delsitanisagua con una potencia de 180 MW y 1411 GWh de energía por año; el proyecto hidroeléctrico Chorrillos con una potencia de 4 MW y 23 GWh de energía y, el proyecto Sabanilla de 30 MW de potencia y 194 GWh de energía. A partir del año 2025 se incorpora el proyecto hidroeléctrico Santa Cruz de 133 MW y 964 GWh que suministra electricidad directamente a las grandes empresas mineras que operaran en la provincia de Zamora Chinchipe. En el 2020 el porcentaje de pérdidas es del 11% y reduce quinquenalmente en 1% hasta alcanzar 7% en el 2040

Horizonte de estudio

2020-2040

Año base

2015

Año raíz

2020

Años de control

2020, 2025, 2030, 2035 y 2040

Consumo final

En la tabla 19 se presenta los datos de las variables energéticas de consumo que interactuarán en el área de concesión de la EERSSA para los años de control 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040, considerando la hipótesis ALTERNATIVA 1, el balance energético del 2015 (año base) y las tasas de crecimiento asumidas de las variables de consumo. Para las variables de los sectores residencial, Comercial y Construcción, se asumen las tasas tendenciales, en tanto que para los sectores de Consumo propio e Industria, se calculan la proyección de los datos de acuerdo a la hipótesis planteada. Para el caso de las pérdidas por distribución, la hipótesis asume una reducción del 11% en el año 2020 al 7% en el año 2040

La tasa de crecimiento se calculó con datos históricos del periodo 2011-2015, con la siguiente fórmula:

$$t = \left(\frac{Vf}{Vo}\right)^{1/n} - 1$$

Luego, para proyectar los valores de consumo para los años de control se despeja Vf en la fórmula señalada. En este caso, Vo corresponde al valor en el año base (2015) y n a la diferencia entre el año de control proyectado (2020, 2025, 2030, 2035 y 2040) y el año base

$$Vf = Vo * (1 + t)^n$$

Para la variable CONSUMO PROPIO-ELECTRICIDAD, se asume un valor del 3.5% de la energía bruta para las centrales térmicas, 0.6% para centrales fotovoltaicas, 0.4% para centrales hidroeléctricas y 0.02% para centrales eólicas. Estos porcentajes se obtuvieron de referentes nacionales de energía bruta y consumo propio disponibles en los reportes estadísticos de la ARCONEL.

Para el caso de la variable INDUSTRIA-ELECTRICIDAD, al crecimiento tendencial determinado en el escenario BAU se le agrega los valores proyectados de consumo de electricidad de la empresa minera, que según la hipótesis alternativa 1 se desarrollaría en la provincia de Zamora Chinchipe a partir del año 2025

Tabla 19: Estudio de consumo de electricidad para el escenario ALTERNATIVA 1

ACTIVIDAD	FUENTE	2015	Tasa de crecimiento asumida	2020	2025	2030	2035	2040
Consumo propio	Electricidad	0.6		7.2	11.1	11.2	11.2	11.3
Industria	Electricidad	18.7		30.2	1012.6	1042.3	1090.1	1167.1
Residencial	Electricidad	160.2	5.96%	215.5	287.3	383.1	511.0	681.9
Comercial-serv. Público	Electricidad	95.0	4.39%	117.8	146.1	181.1	224.5	278.4
Construcción-otros	Electricidad	33.9	8.19%	50.2	74.4	110.3	163.6	242.5
Consumo eléctrico	Electricidad	307.8	6.24%	413.7	1520.4	1716.8	1989.3	2369.9
Consumo eléctrico total	Electricidad	308.4	6.25%	420.9	1531.5	1728.0	2000.5	2381.3
Pérdidas	Electricidad	38.6		52.0	170.2	170.9	174.0	179.2
% Pérdidas	Distribución electricidad	1.1		11%	10%	9%	8%	7%

Elaboración: Autor

Transformación

De acuerdo a la hipótesis ALTERNATIVA 1 planteada que señala: “en la oferta de electricidad se incorpora hasta el año 2020 el proyecto hidroeléctrico Delsitanisagua con una potencia de 180 MW y 1411 GWh de energía por año; el proyecto hidroeléctrico Chorrillos con una potencia de 4 MW y 23 GWh de energía y, el proyecto Sabanilla de 30 MW de potencia y 194 GWh de energía. A partir del año 2025 se incorpora el proyecto hidroeléctrico Santa Cruz de 133 MW y 964 GWh que suministra electricidad directamente a las grandes empresas mineras que operaran en la provincia de Zamora Chinchipe”, los resultados finales de las actividades de transformación se presentan en la tabla 20.

Tabla 20: Estudio de la transformación energética para el escenario ALTERNATIVA 1

ACTIVIDAD	FUENTE	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Centrales eléctricas	hidroenergía. (Insumo)	17.3	1891.9	1891.9	1891.9	1891.9	1891.9
Centrales eléctricas	hidroenergía. (Producto)	13.8	1641.8	1641.8	1641.8	1641.8	1641.8
Centrales eléctricas	Otras primarias	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
Centrales eléctricas	Electricidad	123.1	1751.1	1751.1	1751.1	1751.1	1751.1
Centrales eléctricas	Diésel oil (Insumo central Catamayo)	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
Centrales eléctricas	Central Térmica Catamayo	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
Autoproductores	Electricidad		0.0	964.0	964.0	964.0	964.0
Autoproductores	hidroenergía. (Insumo)		0.0	1165.0	1165.0	1165.0	1165.0
Autoproductores	Hidroeléctrica Santa Cruz		0.0	964.0	964.0	964.0	964.0

Oferta

OFERTA TOTAL: La oferta total de electricidad para el horizonte de estudio está constituida por la producción de electricidad en las centrales eléctricas existentes en el área de concesión de la EERSSA y las compras de electricidad por parte de la EERSSA al Mercado Eléctrico Mayorista. De acuerdo a la hipótesis ALTERNATIVA 1 la producción de electricidad se incrementará por la incorporación de las centrales hidroeléctricas y las compras de electricidad al

MEM por parte de la EERSSA. En la tabla 21 se presenta el comportamiento de las variables para el horizonte 2020-2040.

OFERTA INTERNA: La oferta interna es la diferencia entre la Oferta total y las ventas de electricidad al MEM. De acuerdo a la hipótesis ALTERNATIVA 1 planteada, las ventas de electricidad al Mercado Eléctrico Mayorista aumentarán sustancialmente en un valor de 1727.6 GWh a partir del año 2020.

Tabla 21: Estudio de la oferta de electricidad para el escenario ALTERNATIVA 1

ACTIVIDAD	FUENTE	2015	Tasa de crecimiento asumida	2020	2025	2030	2035	2040
Producción	Hidroenergía	17.3	0.00%	1891.9	3056.9	3056.9	3056.9	3056.9
Producción	Otras primarias	99.7	0.00%	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
Producción (eólico)	Otras primarias.Eólica	92.5	0.00%	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5
Producción (solar)	Otras primarias.Solar	7.2	0.00%	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
PRODUCCIÓN TOTAL PRIMARIA	Primarias	117.0	0.00%	1991.6	3156.6	3156.6	3156.6	3156.6
Producción	Electricidad (TOTAL DE CENTRALES)	123.1	0.00%	1751.1	2715.1	2715.1	2715.1	2715.1
Importación (compras)	Electricidad (COMPRA-EERSSA)	346.4	6.09%	449.4	714.1	911.4	1187.0	1573.0
Importación	Diésel (CENTRAL CATAMAYO)	29.4	0.00%	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
Exportación (ventas)	Electricidad (VENTAS EN CENTRALES)	121.4	0.00%	1727.6	1727.6	1727.6	1727.6	1727.6
OFERTA TOTAL	Electricidad (COMPRAS + DESPACHO CENTRALES)	469.5	0.00%	2200.5	3429.2	3626.5	3902.1	4288.1
OFERTA INTERNA	Electricidad (PARA CONSUMO DE DEMANDA)	348.1	0.00%	472.9	1701.6	1898.9	2174.5	2560.5
DEMANDA	Electricidad	348.1	0.00%	472.9	1701.6	1898.9	2174.5	2560.5

Capacidad instalada

De acuerdo a la hipótesis ALTERNATIVA 1 planteada, la capacidad instalada variará por la incorporación de centrales hidroeléctricas en la provincia de Zamora Chinchipe. En la tabla 22 se detalla las centrales que existirán durante el horizonte de estudio 2020-2040 así con sus potencias nominales.

Tabla 22: Capacidad instalada para el horizonte de estudio 2020-2040. Escenario ALTERNATIVA 1

POTENCIA (MW)						
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	TIPO DE CENTRAL	2020	2025	2030	2035	2040
Centrales eléctricas	HIDRÁULICA	216	349	349	349	349
Centrales eléctricas	EÓLICA	17	17	17	17	17
Centrales eléctricas	SOLAR	6	6	6	6	6
Centrales eléctricas	TÉRMICA	17	17	17	17	17
TOTAL		256	389	389	389	389

Crecimiento poblacional

En la tabla 23 se presenta la proyección de la población para el escenario alternativo 1, mismo que coincide con el señalado en la hipótesis BAU, porque se mantiene el crecimiento tendencial de la población

Tabla 23: proyección de la población según años de control.

POBLACIÓN (HABITANTES)							Tasa de crecimiento asumida
PROVINCIA	CANTÓN	2020	2025	2030	2035	2040	
LOJA	TODOS	524592	555432	588084	622657	659261	1.1%
ZAMORA CHINCHIPE	TODOS	121814	137715	155690	176012	198987	2.5%
MORONA SANTIAGO (GUALAQUIZA)	GUALAQUIZA	19935	21025	22175	23387	24665.6	1.1%
POBLACIÓN AREA CONCESIÓN EERSSA	TODOS	666342	714172	765949	822056	882914	1.4%

f.2.2.2 FASE 2.- Análisis y simulación de la matriz energética. Escenario alternativo 1

Esta fase se desarrolla mediante la configuración de un Software que permita realizar la prospectiva energética. Como se explicó en la metodología, la simulación de la cadena de electricidad también puede ser realizada mediante hojas de cálculo en Excel.

Cuando se necesite realizar estudios de prospectiva donde interactúan todas las cadenas energéticas (hidrocarburos, electricidad y bionenergía), es necesario recurrir a otro software especializados como el SAME que se explicó en el capítulo de métodos o el software LEAP que es utilizado por el INER.

Para el desarrollo de la presente tesis el autor utilizó hojas de cálculo en Excel, con el fin de presentar las estadísticas energéticas en similar formato al desarrollado en el acápite de resultados del balance energético. Las hojas de cálculo desarrolladas se incluyen en el CD que se adjunta a la presente Tesis. Su interpretación se explica a continuación.

ARCHIVO: Se generó una hoja de cálculo con el nombre: H1.EscenarioALT1-TESIS. El último elemento del nombre puede cambiar por el código del proyecto de investigación.

CONFIGURACIÓN: La primera hoja de cálculo tiene configurado las cadenas activas que formarán parte del estudio de prospectiva, mismas que se determinaron en base a la hipótesis ALTERNATIVA 1 y al balance energético del año base, que en éste caso fue 2015. Además, se configuró las variables demográficas, que formará parte del estudio. El método de proyección de las variables de consumo se determinó en la FASE 1.

DATOS: En la primera hoja de cálculo del archivo Excel, se ubicaron los datos que forman parte del estudio. Sus valores fueron determinados en la FASE 1.

SIMULACIÓN: En la segunda hoja de cálculo del CD adjunto a la tesis, se presenta la simulación del balance energético para los años de control: 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040. Para todos los años de control se determinó un AJUSTE igual a cero, lo que significa que existe balance energético; es decir, que la Oferta interna es igual a la demanda.

GRÁFICOS: Se generaron gráficas para el estudio de prospectiva, mismas que organizaron de acuerdo a las categorías presentadas en las estadísticas del balance energético. Su reporte se explica en la siguiente FASE.

f.2.2.3 FASE 3.- Estadísticas energéticas. Escenario alternativo 1

ENERGÍA, SOCIEDAD, AMBIENTE Y ECONOMÍA

Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2011-2015

Considerando la hipótesis alternativa 1, durante el periodo de análisis 2020-2040, en el área de concesión de la EERSSA el número de habitantes registrados en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza, perteneciente a la provincia de Morona Santiago, crecerá con tasas de 1.1%, 2.5% y 1.1% respectivamente y una tasa de general del 1.4%. La población aumentará de 666 341 habitantes en el 2020 a 882 914 habitantes en el 2040. En la figura 97 se presenta el total de la población para los años respectivos y la estructura poblacional.

Se observa que la estructura decrece para la provincia de Loja crece para la provincia de Zamora Chinchipe.

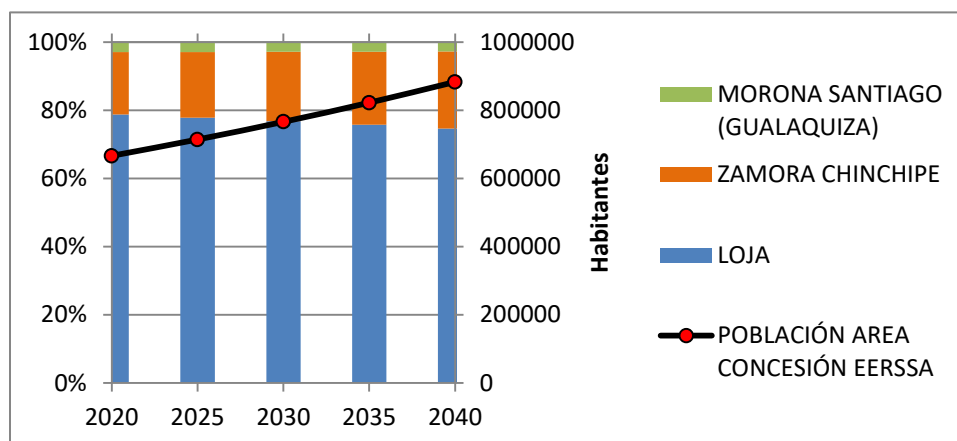


Figura 97. Evolución de la estructura y población del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040
Elaboración: Autor

Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2040

Para el escenario alternativo 1, en la figura 98 se presenta la estructura porcentual de los residentes en el área de concesión de la EERSSA durante el año 2040 que en total serán 882 914 habitantes. Se observa que los habitantes de la provincia de Loja representarán el 75%, los de la provincia de Zamora Chinchipe el 22% y los habitantes del cantón Gualaquiza el 3%. Esta estructura coincide con la señalada en el escenario BAU porque se plantea la misma tasa de crecimiento a partir del año base, que a la vez es común para los dos escenarios.

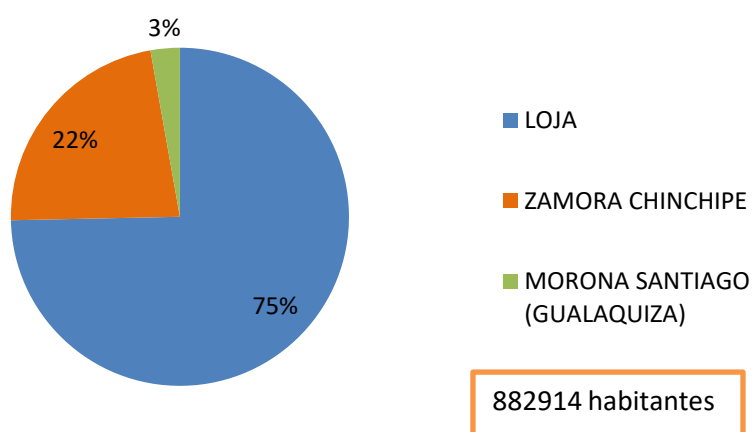


Figura 98. Estructura de la población del área de concesión de la EERSSA. Año 2040
Elaboración: Autor

Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante). Periodo 2020-2040

Si se considera el escenario alternativo 1, que considera entre otras cosas que la central Santa Cruz aportaría la producción eléctrica al desarrollo de la gran industria minera, se tendrá que el consumo per cápita de electricidad de los habitantes del área de concesión de la EERSSA aumentará de 632 KWh en el 2020 a 2 697 KWh en el 2040. Durante el periodo de análisis, la tasa de crecimiento será del 7.5% (ver figura 99).

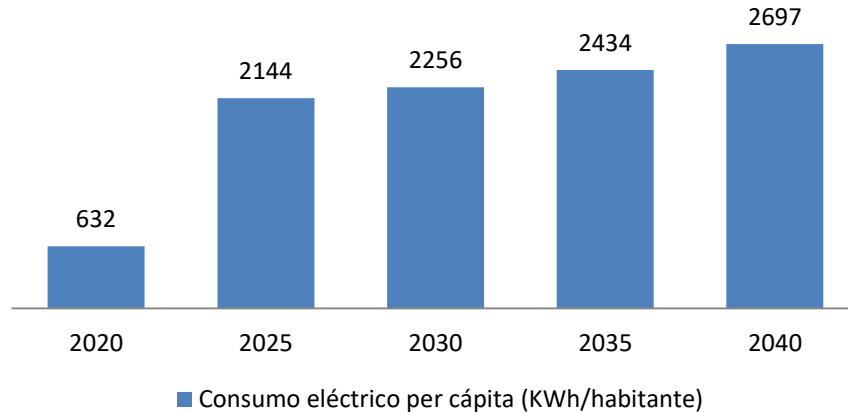


Figura 99. Evolución del consumo eléctrico per cápita (KWh/habitante). Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución del índice de suficiencia energética. Periodo 2020-2040

En la figura 100 se presenta la evolución del **Índice de suficiencia energética**, mismo que alcanzará un valor máximo de 2.68 en el año 2020. En el 2040 su valor decrecerá a un valor del 1.04, que aun así garantiza autarquía energética para el área geográfica porque ello significa que la producción de energía primaria será 1.04 veces superior a la oferta interna total.

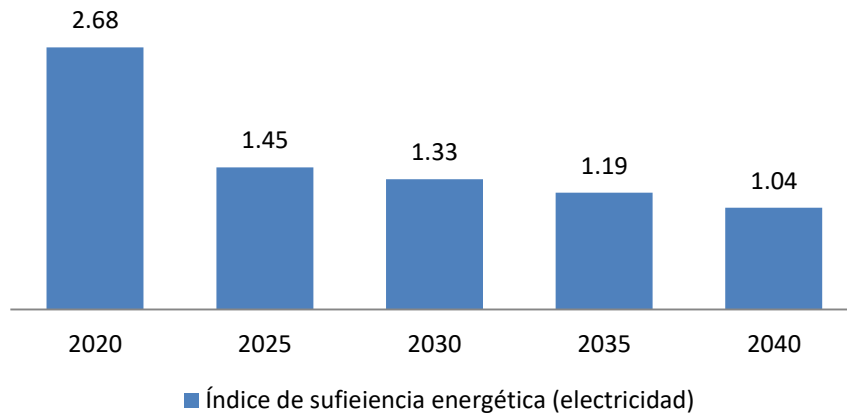


Figura 100. Evolución del Índice de suficiencia energética. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución del Índice de renovabilidad. Periodo 2020-2040

Referente al **Índice de renovabilidad**, en la figura 101 se presenta los resultados del análisis en el área de concesión de la EERSSA para el periodo 2020-2040. Si se concreta la hipótesis 1, en el 2020 su valor será de 268%, lo que significa que la producción de energía primaria renovables será 2.68 veces la Oferta interna total.

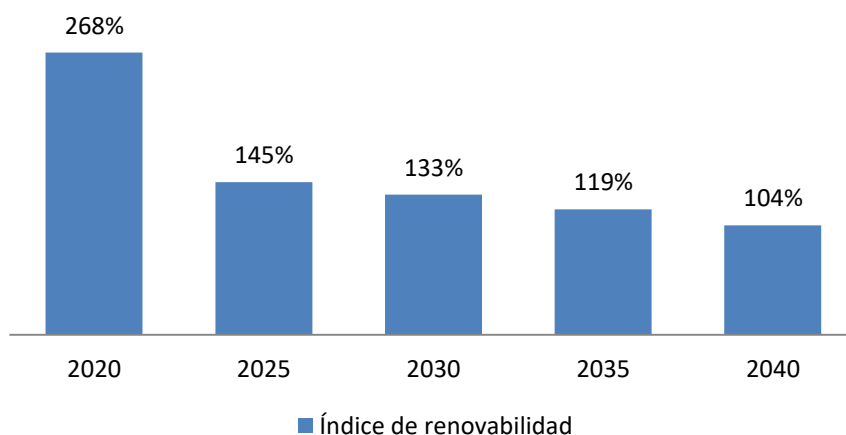


Figura 101. Evolución del Índice de renovabilidad. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA

Evolución de la Oferta de energía primaria. Periodo 2020-2040

En la figura 102 se presenta la evolución de la oferta de energía primaria en el área de concesión de la EERSSA para el periodo 2020-2040, bajo el supuesto de la hipótesis alternativa 1. Se observa que en el 2020 habría un incremento substancial de hidroenergía con la implementación del proyecto Delsitanisagua, Sabanilla y Chorrillos, que permitirá elevar su valor de 17.3 GWh a 1892 GWh. En el 2025 se incrementaría aún más la producción de hidroenergía a un total de 3057 GWh, misma que se mantendrá hasta el 2040. En cuanto a las energías solares y eólicas que interactúan con las centrales eléctricas, se mantendrán iguales al año base, es decir con valores de 7.2 y 92.5, respectivamente.

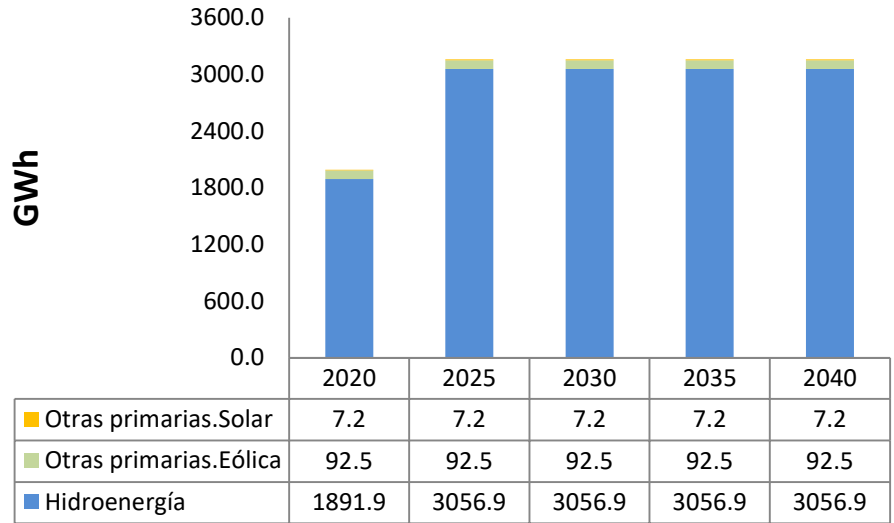


Figura 102. Evolución de la Oferta total de energía primaria. Periodo 2020-2040
 Elaboración: Autor

Estructura de la energía de energía primaria. Año 2040

En la figura 103 se presenta la estructura de energía primaria en el área de concesión de la EERSSA para el escenario alternativo 1. Durante el año 2040, la energía hidráulica representará el 97%, la eólica el 3% y la solar el 0.23%. El total de energía primaria será de 3157 GWh (1956 kBEP)

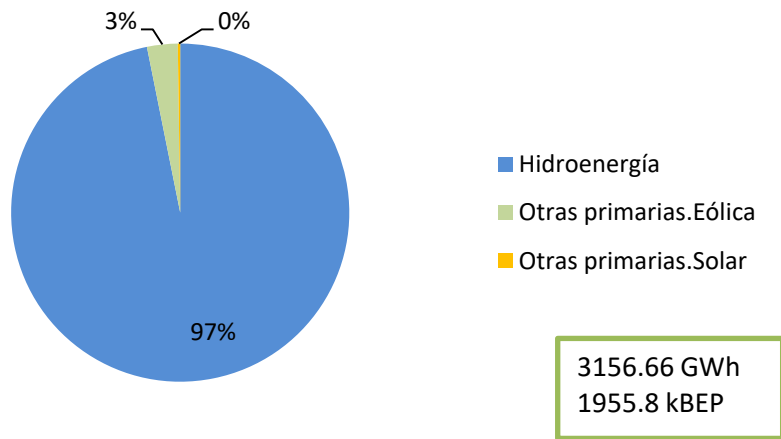


Figura 103. Estructura de la energía de energía primaria. Año 2040
 Elaboración: Autor

OFERTA DE ELECTRICIDAD

Evolución de la estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

Durante el periodo de estudio, bajo el supuesto de la hipótesis 1, la Oferta total de electricidad provendrá de la central térmica Catamayo; centrales hidroeléctricas Delsitanisagua, Sabanilla, Chorrilos y Carlos Mora; central eólica Villonaco; centrales fotovoltaicas de la provincia de Loja y electricidad comprada al Mercado Eléctrico Mayorista-MEM por parte de la Empresa Eléctrica del Sur- EERSSA.

En el año 2020 la oferta total de electricidad será de 2 200.5 GWh y en el año 2040 de 4 288.1 GWh (línea celeste segmentada). Durante el periodo 2020-2040, la estructura porcentual de la Oferta total de electricidad variará. En los años 2020 y 2025 principalmente por la implementación de nuevos proyectos hidroeléctricos, en tanto que las compras de electricidad al MEM por parte de la EERSSA seguirán incrementándose tendencialmente con tasa de crecimiento del 6.4% (ver figura 104)

En cuanto a la Oferta interna, la misma figura muestra su evolución para el periodo 2020-2040. Se observa que en el 2020 será de 472.9 GWh y 2560.5 GWh en el 2040 (línea negra). La diferencia entre la Oferta total y la Oferta interna representa las ventas de electricidad de las empresas existentes en el área de concesión de la EERSSA, principalmente del proyecto Delsitanisagua que venderá 1411 GWh por año al MEM

Un análisis aparte se corresponde con la implementación en el año 2025 del proyecto hidroeléctrico Santa Cruz que entregaría anualmente 964 GWh a la gran industria minera a desarrollarse en la provincia de Zamora Chinchipe, bajo el supuesto de la hipótesis alternativa 1.

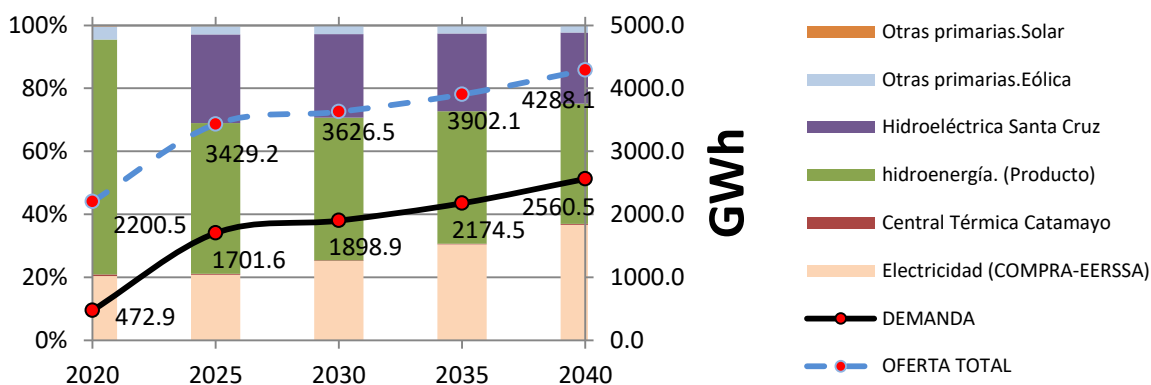


Figura 104. Evolución de la estructura de la oferta total, Oferta total y Oferta interna de electricidad del área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución de la Oferta total para las Hipótesis BAU y Alternativa 1. Periodo 2020-2040

La figura 105 compara la oferta total de energía bajo supuestos de las hipótesis BAU y Alternativa 1. Se observa que en el año 2020 la oferta total del escenario BAU será de 586 GWh misma que se incrementará con tasa de crecimiento del 5.26%, hasta llegar a un valor de 1633 GWh en el 2040 (ver línea color azul).

En cuanto al escenario alternativo 1, la oferta total tendrá un crecimiento evolutivo que incrementará su valor a 2 200 GWh en el año 2020 y 3 429 en el año 2025. A partir del 2025, el crecimiento de la oferta total será tendencial con tasa de crecimiento del 1.5% hasta llegar a 4288 GWh en el año 2040 (ver línea color rojo).

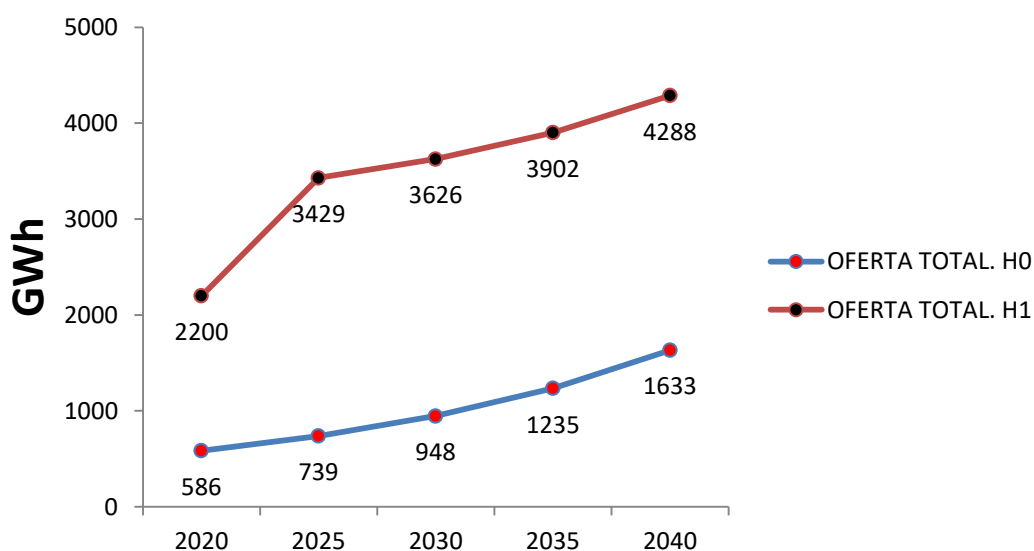


Figura 105. Evolución de la Oferta total para las Hipótesis BAU y Alternativa 1. Periodo 2020-2040

Evolución de la Demanda para las Hipótesis BAU y Alternativa 1. Periodo 2020-2040

La figura 106 compara la oferta interna de electricidad bajo supuestos de las hipótesis BAU y Alternativa 1. Se observa que en el año 2020 la oferta interna del escenario BAU será de 464 GWh (ver línea azul) misma que se incrementará con tasa de crecimiento del 6.08 %, hasta llegar a un valor de 1511 GWh en el 2040.

Para el escenario alternativo 1, la oferta interna tendrá un crecimiento evolutivo. En el año 2020 su valor será de 473 GWh y en el 2025 de 1702 GWh producto de la incorporación de la industria minera. A partir de ese año, el crecimiento será tendencial con tasa anual de 2.76%, llegando a un valor de 2 560 GWh en el año 2040 (ver línea color rojo).

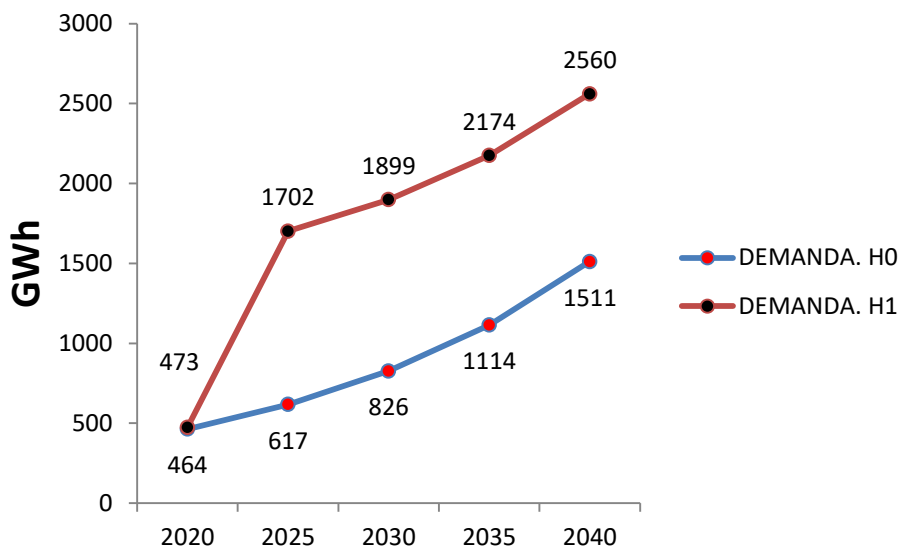


Figura 106. Evolución de la Demanda para las Hipótesis BAU y Alternativa 1. Periodo 2020-2040

Estructura de la oferta total de electricidad. Año 2040

Bajo el supuesto de la hipótesis 1, durante el año 2040 la **Oferta total** de electricidad en el área de concesión de la EERSSA será de 4288 GWh. Estará representada en un 37% por electricidad comprada al MEM por la EERSSA, en 38% de la electricidad producida en centrales hidroeléctricas, en 23% de autoprodutores para alimentar a la gran minería, 2% de electricidad producida en la central eólica Villonaco, 0.2 % de la central térmica de Catamayo y el 0.2% de centrales fotovoltaicas (ver figura 107).

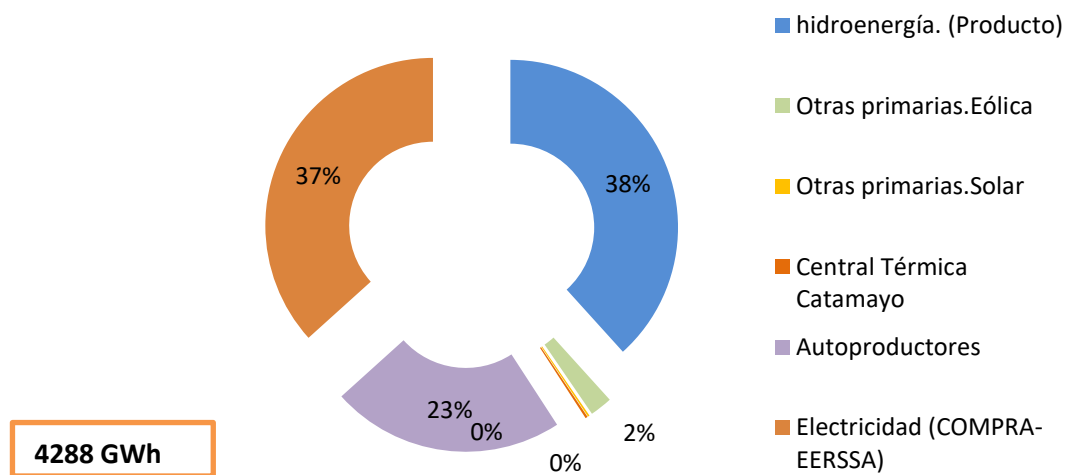


Figura 107. Estructura de la oferta total de electricidad. Año 2040

Elaboración: Autor

Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2035-2040

En la figura 108 se muestra, bajo la hipótesis alternativa 1, la variación porcentual de la generación eléctrica por fuente de energía entre los años 2035 y 2040. Se observa que no hay variación en la generación para todas las centrales del área de estudio, pero existirá un 36% de variación en compras de electricidad al MEM por parte de la EERSSA .

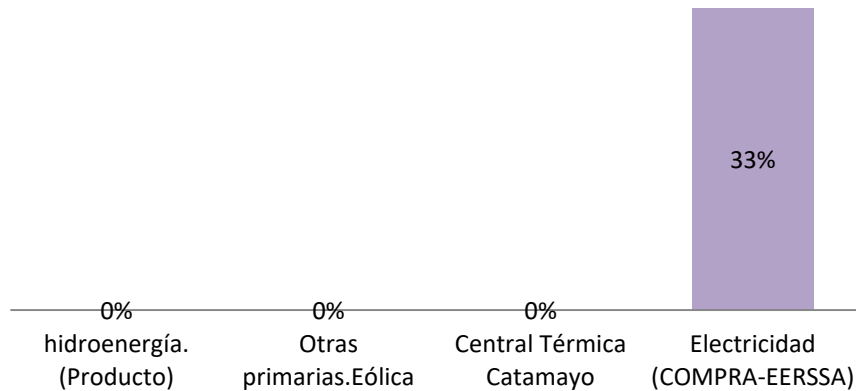


Figura 108. Variación porcentual de generación eléctrica. Periodo 2035-2040

Elaboración: Autor

Evolución de la Importación de electricidad (compra). Periodo 2020-2040

En la figura 109 se muestra las estadísticas de compras de electricidad por la EERSSA al Mercado Eléctrico Mayorista. Durante el periodo de estudio las compras variarán de 449.4 GWh en el 2020 a 1573 GWh durante el año 2040. La tasa de crecimiento será del 6.46%.

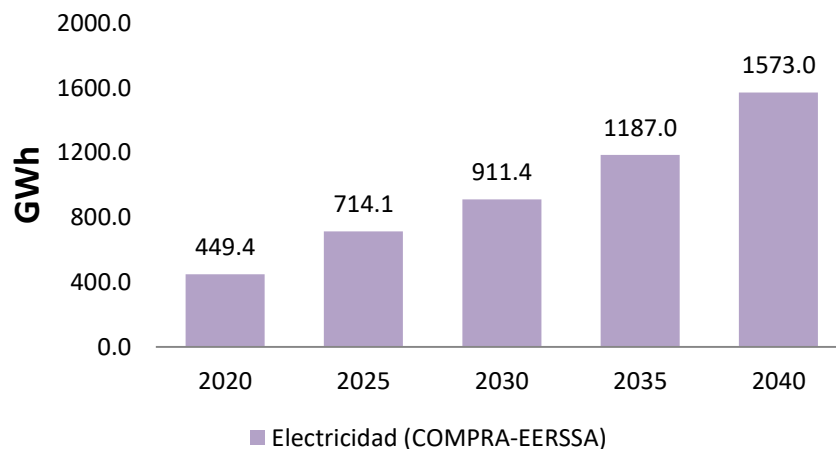


Figura 109 Evolución de la Importación de electricidad (compra). Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución de la exportación de electricidad (ventas). Periodo 2020-2040

Bajo el supuesto de la hipótesis alternativa 1, durante el periodo de estudio 2020-2040, las ventas de electricidad tendrán valor constante de 1728 GWh, principalmente por la participación de las centrales hidroeléctricas y la central eólica Villonaco. La producción de electricidad en la hidroeléctrica Santa Cruz no se venderá al MEN, servirá para abastecer la demanda de la gran industria minera a desarrollarse en a partir del 2025 en Zamora Chinchipe (ver figura 110)

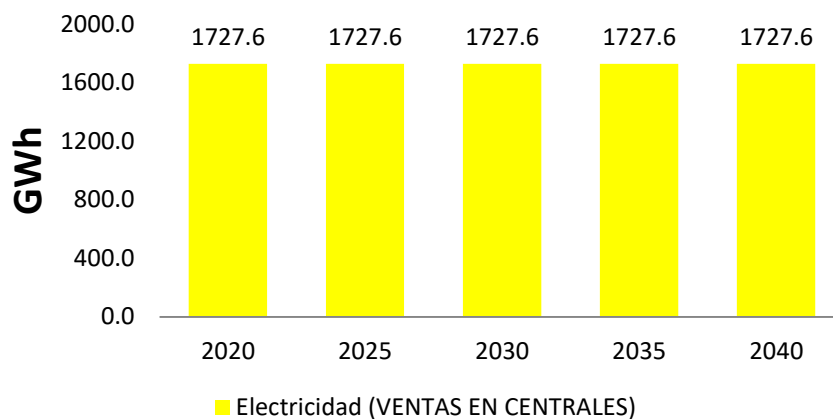


Figura 110. Evolución de la exportación de electricidad (ventas). Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

DEMANDA DE ELECTRICIDAD

Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

La demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA, durante el periodo 2020-2040, estará representada por los siguientes sectores económicos: Industria, residencial, comercial y servicios públicos, construcción y otros. En la figura 111 se detalla el consumo de energía de cada uno de ellos. Bajo el supuesto de la hipótesis alternativa 1, el sector industrial será el mayor demandante de electricidad, seguido del sector de residencial y luego del sector comercial y servicios públicos y servicios públicos y luego del sector de construcción y otros. El sector industrial será el de mayor crecimiento, con un salto de consumo de 30.2 GWh en el año 2020 a 1012.6 GWh en el año 2025. A partir del año 2015 su el crecimiento del sector industrial será tendencial con tasa del 0.95%.

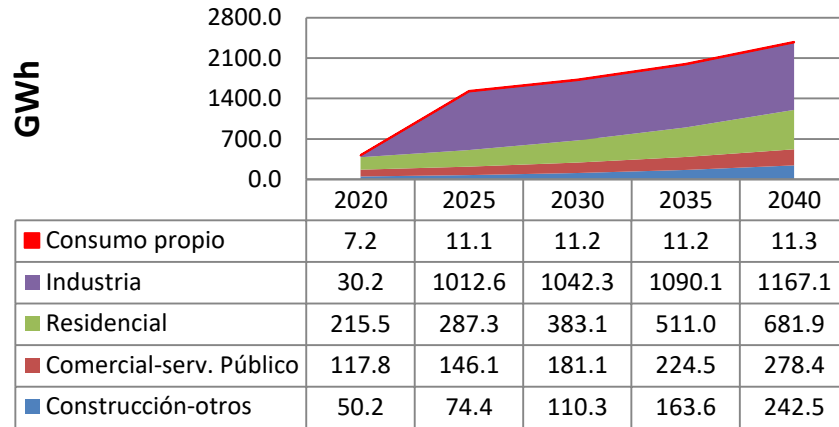


Figura 111. Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

En la figura 112 se muestra la evolución 2020-2040 de la estructura de la demanda de electricidad según los sectores económicos del área de concesión de la EERSSA, para un comportamiento de acuerdo a la hipótesis alternativa 1. Como se aprecia para el sector industrial, en el año 2020 su participación en el consumo de electricidad será del 7%. En el año 2025 su consumo da un gran salto llegando al 66% del total. A partir de ese año su participación decrece hasta llegar a 49% en el año 2040. La estructura de los demás sectores se ajusta a su crecimiento tendencial y a la demanda de electricidad de la gran industria minera.

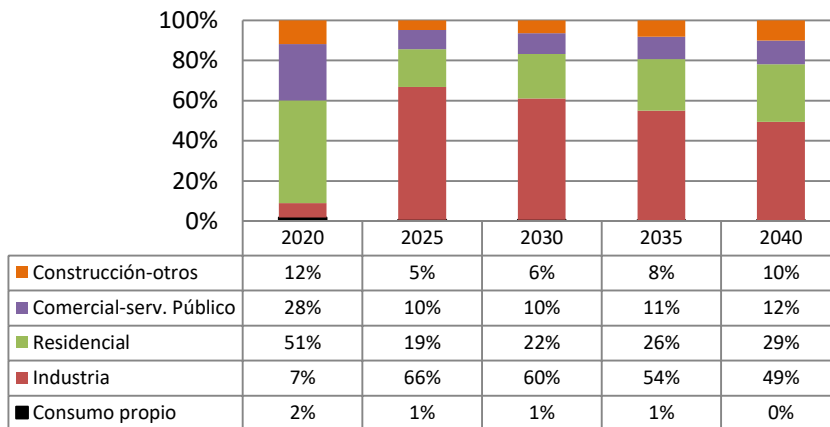


Figura 112. Evolución de la estructura de la demanda de energía eléctrica por sector. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2040

Considerando la hipótesis alternativa 1, en la figura 113 se muestra la estructura de consumo de electricidad de los diferentes sectores económicos que pertenecen al área de concesión de la EERSSA para el año 2040. Durante ese año, el consumo total será de 2381 GWh. El sector industrial consumirá el 49%, el sector residencial el 29%, el sector comercial-servicios públicos el 12%, el sector construcción y otros el 10%. El consumo propio será del 0.5 %.

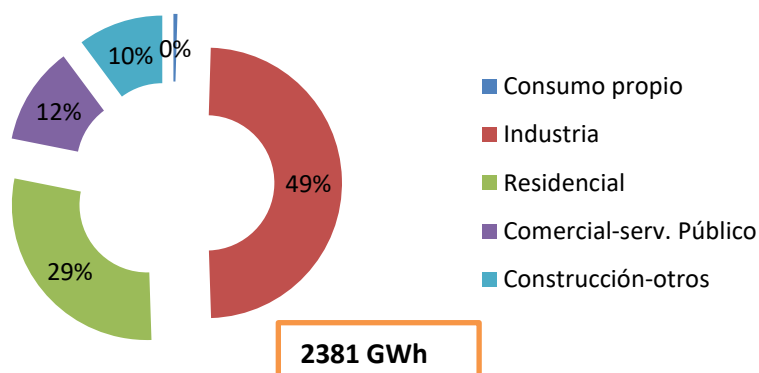


Figura 113. Estructura del consumo de energía eléctrica por sector. Año 2040

Elaboración: Autor

Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA.

Periodo 2020-2040

En la figura 114 se presenta el comportamiento de la relación Oferta-Demanda de electricidad, bajo el supuesto de la hipótesis alternativa 1. Las áreas sombreadas representan la oferta de electricidad por centrales eléctricas y compras de electricidad al Mercado Eléctrico Mayorista-MEM por parte de la EERSSA. La línea color negro representa la demanda de consumo eléctrico de los sectores económicos existentes en el área de concesión de la EERSSA. La línea color rojo, las ventas de electricidad al MEM por las empresas existentes.

Se observa que durante el periodo 2020-2040, la oferta de electricidad principalmente vendrá de las centrales hidroeléctricas (área color verde), autoproducción hidroeléctricas (área color morado) y compras de electricidad al MEM por la EERSSA (área color rosado). Las otras centrales aportarán poco a la Oferta.

En lo relacionado a la Demanda de electricidad (línea negra), se aprecia que su valor estará por debajo de la oferta total porque habrá un incremento sustancial en ventas (línea color rojo), principalmente por la central Delsitanisagua. En la gráfica, las ventas de electricidad se colocan en forma apilada sobre la demanda. El total de la demanda y ventas de electricidad representa la Oferta total

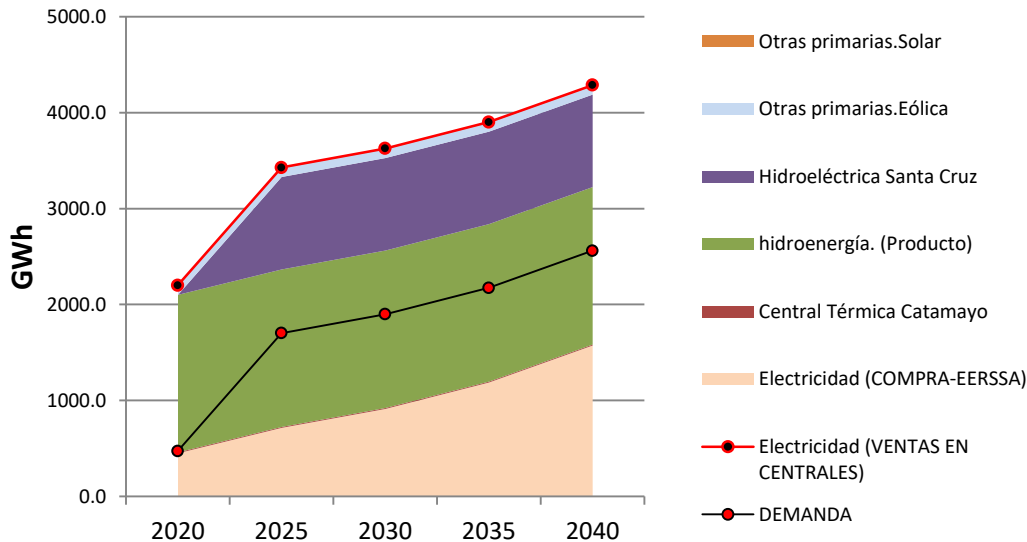


Figura 114. Evolución de la Oferta-Demanda de electricidad en el área de concesión de la EERSSA. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

PÉRDIDAS DE ELECTRICIDAD

Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2020-2040

En la figura 115 se muestra las pérdidas de electricidad por distribución en el área de concesión de la EERSSA, correspondientes a las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago, bajo el supuesto de la hipótesis alternativa 1. La gráfica representa la razón porcentual entre las pérdidas por distribución y la demanda de electricidad. Se observa que la misma tendrá valor del 11% para el año 2020 con decrecimiento 1% cada 5 años hasta llegar al 2040 a un valor del 7%.

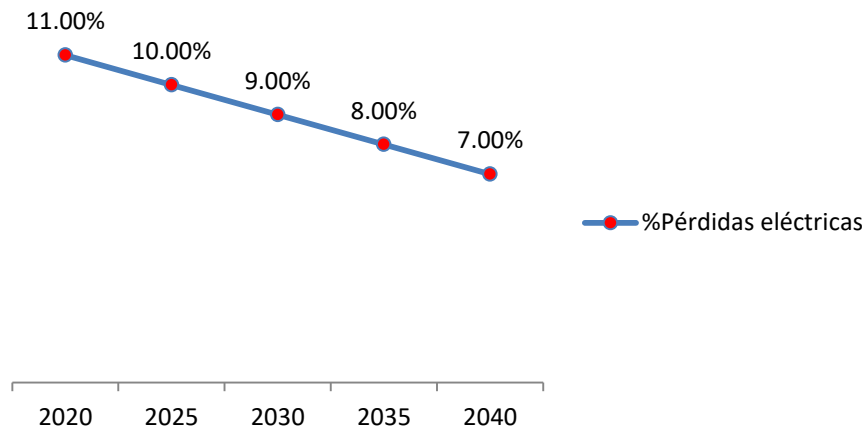


Figura 115. Evolución de las pérdidas de electricidad. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

CAPACIDAD INSTALADA PARA GENERACIÓN

Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2020-2040

Bajo el supuesto de la hipótesis 1, durante el periodo de análisis la capacidad instalada de las centrales eléctricas estará conformada principalmente por centrales hidroeléctricas (ver figura 116), mismas que incrementarán su potencia nominal de 2.4 MW correspondiente al año base 2015, a 216.4 MW para el año 2020. En el año 2025 la capacidad instalada será de 349 MW, manteniendo el valor hasta el año 2040. Las centrales eólica, fotovoltaica y térmica conservarán su capacidad instalada durante el periodo de estudio.

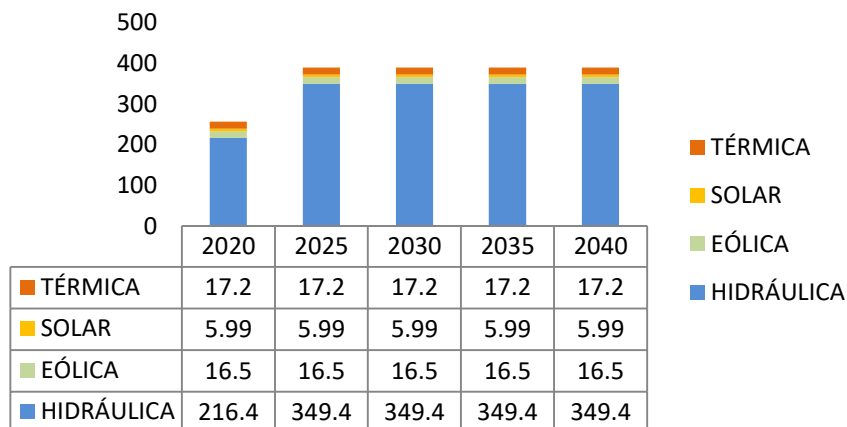


Figura 116. Evolución de la capacidad instalada. Periodo 2020-2040

Elaboración: Autor

Estructura de la capacidad instalada. Año 2040

La capacidad instalada para el año 2040 será del 389 MW. El 90% le corresponde a centrales hidroeléctricas, el 4% a la central eólica Villonaco, el 4 % a la central térmica de Catamayo y el 2% a centrales fotovoltaicas (ver figura 117).

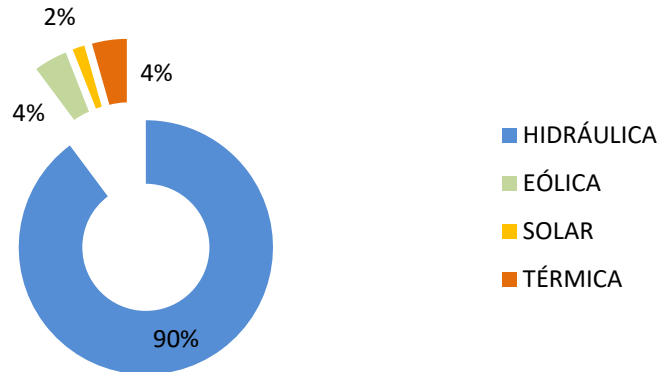


Figura 117. Estructura de la capacidad instalada. Año 2040

Elaboración: Autor

MATRICES Y DIAGRAMAS

MATRICES

En las figuras 118, 119, 120, 121 y 122, se presenta los Balances Energéticos, correspondientes a los años 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040, bajo los supuestos de la hipótesis alternativa 1.

A manera de ejemplo se explica el Balance Energético de la cadena de electricidad del área de estudio para el año 2040.

Como se observa en la figura 118, la cadena energética de electricidad del área de estudio, contemplará 5 fuentes de energía: Hidroenergía, solar, eólica, electricidad y diésel oil. Las fuentes de energía eólica y solar, se representan en OTRAS PRIMARIAS. En cada una de estas fuentes se demuestra las relaciones de equilibrios de los flujos energéticos a través de las actividades de oferta, transformación y consumo. El comportamiento de las variables se explicó en las estadísticas del escenario alternativo 1.

DIAGRAMAS

En la figura 123, se presente el diagrama de energía de la cadena de electricidad del área de estudio para el año 2040, bajo el supuesto de la hipótesis alternativa1. Como se observa, en la cadena ingresarán 3157 GWh de **energía primaria** a las centrales hidroeléctricas Delsitanisagua, Sabanilla, Chorrillo y Carlos Mora; central eólica Villonaco y centrales fotovoltaicas. Por otro lado, ingresarán 29.4 GWh de diésel oíl a la central térmica de Catamayo. Sumando las energías primarias y secundarias que ingresan a los centros de transformación se tiene un total de 3186 GWh. Durante la transformación energética de los insumos a electricidad, se perderán 470.9 GWh. El total de energía eléctrica producida en los centros de transformación será de 2715 GWh. A éste valor se agrega 1573 GWh que la EERSSA compraría al Mercado Eléctrico Mayorista (Importación) y se restarán 1727.6 GWh que las centrales venderían al MEM. Por lo tanto la oferta interna de electricidad para el año 2040 será de 2560.5 GWh, valor igual a la DEMANDA. Por el lado de la demanda se perderá, 179.2 GWh en la distribución de electricidad y las centrales eléctricas consumirán 11.3 GWh. Finalmente se tiene que el consumo sectorial será de 2370 GWh

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	2,715.1	-	-	-	-	-	-	-	-	2,715.1	3,156.6
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,573.0	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,602.4	1,602.4
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	1,727.6
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	2,560.5	-	-	-	29.4	-	-	-	-	2,589.9	3,031.4
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	-1,891.9	-	-	99.7	-1,991.6	1,751.1	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,751.1	-269.9
AUTOPRODUCTORES	-	-	-1,165.0	-	-	-	-1,165.0	964.0	-	-	-	-	-	-	-	-	964.0	-201.0
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	-3,056.9	-	-	99.7	-3,156.6	-	-	-	-	29.4	-	-	-	-	-29.4	-470.9
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	11.3	-	-	-	-	-	-	-	-	11.3	11.3
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	179.2	-	-	-	-	-	-	-	-	179.2	179.2
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	1,167.1	-	-	-	-	-	-	-	-	1,167.1	1,167.1
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	681.9	-	-	-	-	-	-	-	-	681.9	681.9
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	278.4	-	-	-	-	-	-	-	-	278.4	278.4
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	242.5	-	-	-	-	-	-	-	-	242.5	242.5
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	2,369.9	-	-	-	-	-	-	-	-	2,369.9	2,369.9
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	2,369.9	-	-	-	-	-	-	-	-	2,369.9	2,369.9
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	0.0	-	-	-	-	-0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 118. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2040

Elaboración: Autor

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	2,715.1	-	-	-	-	-	-	-	-	2,715.1	3,156.6
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,187.0	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,216.4	1,216.4
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	1,727.6
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	2,174.5	-	-	-	29.4	-	-	-	-	2,203.8	2,645.3
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	-1,891.9	-	-	99.7	-1,991.6	1,751.1	-	-	-	-29.4	-	-	-	-	1,751.1	-269.9
AUTOPRODUCTORES	-	-	-1,165.0	-	-	-	-1,165.0	964.0	-	-	-	-	-	-	-	-	964.0	-201.0
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	-3,056.9	-	-	99.7	-3,156.6	-	-	-	-	-29.4	-	-	-	-	-29.4	-470.9
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	11.2	11.2
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	174.0	-	-	-	-	-	-	-	-	174.0	174.0
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	1,090.1	-	-	-	-	-	-	-	-	1,090.1	1,090.1
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	511.0	-	-	-	-	-	-	-	-	511.0	511.0
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	224.5	-	-	-	-	-	-	-	-	224.5	224.5
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	163.6	-	-	-	-	-	-	-	-	163.6	163.6
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	1,989.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,989.3	1,989.3
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	1,989.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,989.3	1,989.3
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	0.0	-	-	-	-	-0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 119. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2035

Elaboración: Autor

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	2,715.1	-	-	-	-	-	-	-	-	2,715.1	3,156.6
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	911.4	-	-	-	29.4	-	-	-	-	940.8	940.8
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	1,727.6
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	1,898.9	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,928.3	2,369.8
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	-1,891.9	-	-	99.7	-1,991.6	1,751.1	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,751.1	- 269.9
AUTOPRODUCTORES	-	-	-1,165.0	-	-	-	-1,165.0	964.0	-	-	-	-	-	-	-	-	964.0	- 201.0
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	-3,056.9	-	-	99.7	-3,156.6	-	-	-	-	29.4	-	-	-	-	- 29.4	- 470.9
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	11.2	11.2
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	170.9	-	-	-	-	-	-	-	-	170.9	170.9
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	1,042.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,042.3	1,042.3
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	383.1	-	-	-	-	-	-	-	-	383.1	383.1
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	181.1	-	-	-	-	-	-	-	-	181.1	181.1
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	110.3	-	-	-	-	-	-	-	-	110.3	110.3
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	1,716.8	-	-	-	-	-	-	-	-	1,716.8	1,716.8
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	1,716.8	-	-	-	-	-	-	-	-	1,716.8	1,716.8
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	0.0	-	-	-	-	- 0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 120. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2030

Elaboración: Autor

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	2,715.1	-	-	-	-	-	-	-	-	2,715.1	3,156.6
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	714.1	-	-	-	29.4	-	-	-	-	743.5	743.5
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	1,727.6
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	3,056.9	-	-	99.7	3,156.6	1,701.6	-	-	-	29.4	-	-	-	-	1,731.0	2,172.5
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	-1,891.9	-	-	99.7	-1,991.6	1,751.1	-	-	-	-29.4	-	-	-	-	1,751.1	-269.9
AUTOPRODUCTORES	-	-	-1,165.0	-	-	-	-1,165.0	964.0	-	-	-	-	-	-	-	-	964.0	-201.0
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	-3,056.9	-	-	99.7	-3,156.6	-	-	-	-	-29.4	-	-	-	-	-29.4	-470.9
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	11.1	-	-	-	-	-	-	-	-	11.1	11.1
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	170.2	-	-	-	-	-	-	-	-	170.2	170.2
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	1,012.6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,012.6	1,012.6
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	287.3	-	-	-	-	-	-	-	-	287.3	287.3
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	146.1	-	-	-	-	-	-	-	-	146.1	146.1
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	74.4	-	-	-	-	-	-	-	-	74.4	74.4
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	1,520.4	-	-	-	-	-	-	-	-	1,520.4	1,520.4
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	1,520.4	-	-	-	-	-	-	-	-	1,520.4	1,520.4
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	0.0	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura121. Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2025

Elaboración: Autor

	Petróleo	Gas Natural	Hidroenergía	Leña	Productos de Caña	Otras primarias	Total Primarias	Electricidad	Gas Licuado	Gasolinas	Kerosene y Turbo	Diesel Oil	Fuel Oil	Crudo Reducido	Gases	No Energético	Total Secundarias	TOTAL
PRODUCCION	-	-	1,891.9	-	-	99.7	1,991.6	1,751.1	-	-	-	-	-	-	-	-	1,751.1	1,991.6
IMPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	449.4	-	-	-	29.4	-	-	-	-	478.8	478.8
EXPORTACION	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,727.6	1,727.6
VARIACION DE INVENTARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO APROVECHADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OFERTA INTERNA	-	-	1,891.9	-	-	99.7	1,991.6	472.9	-	-	-	29.4	-	-	-	-	502.3	742.8
REFINERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRALES ELECTRICAS	-	-	-1,891.9	-	-	-99.7	-1,991.6	1,751.1	-	-	-	-29.4	-	-	-	-	1,751.1	-269.9
AUTOPRODUCTORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENTRO DE GAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBONERA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COQUERIA/A. HORNO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTROS CENTROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSFORMACION TOTAL	-	-	-1,891.9	-	-	-99.7	-1,991.6	-	-	-	-	-29.4	-	-	-	-	-29.4	-269.9
CONSUMO PROPIO	-	-	-	-	-	-	-	7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	7.2	7.2
PERDIDAS	-	-	-	-	-	-	-	52.0	-	-	-	-	-	-	-	-	52.0	52.0
AJUSTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INDUSTRIA	-	-	-	-	-	-	-	30.2	-	-	-	-	-	-	-	-	30.2	30.2
RESIDENCIAL	-	-	-	-	-	-	-	215.5	-	-	-	-	-	-	-	-	215.5	215.5
COMERCIAL,SER,PUB	-	-	-	-	-	-	-	117.8	-	-	-	-	-	-	-	-	117.8	117.8
AGRO,PESCA,MINER.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSTRUCCION,OTR.	-	-	-	-	-	-	-	50.2	-	-	-	-	-	-	-	-	50.2	50.2
CONSUMO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	413.7	-	-	-	-	-	-	-	-	413.7	413.7
NO ENERGETICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSUMO FINAL	-	-	-	-	-	-	-	413.7	-	-	-	-	-	-	-	-	413.7	413.7
BALANCE ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 122 Matriz del balance energético del área de CONCESIÓN de la EERSSA. 2020

Elaboración: Autor

g. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

HIPÓTESIS 1: El análisis de la metodología de la OLADE para realizar balances energéticos, permitirá definir una metodología confiable para realizar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador.

La metodología planteada para realizar Balances Energéticos en áreas geográficas del Ecuador hace referencia a un modelo que, partiendo del análisis de las cadenas energéticas del país, finalmente genere un balance energético confiable que contabilice los flujos de energía de las diferentes fuentes existentes en el área de análisis, desde su oferta y transformación hasta el consumo final.

La Organización Latinoamericana de Energía-OLADE plantea una metodología para realizar estadísticas energéticas, donde define las variables que interactúan en las cadenas energéticas de América latina y el Caribe y las tecnologías para la transformación energética; además, señala las fórmulas de cálculo. Por otro lado, plantea un modelo para realizar balances energéticos, mismo que ha sido considerado por el Ex Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos-MICSE y el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables-INNER para la elaboración del Balance Energético Nacional, cuyas estadísticas se reportan en el Informe del MICSE 2016 para el año base 2015.

En el enunciado de la problemática de la presente tesis se señala que a pesar de que el Ecuador cuenta con el Balance Energético Nacional, no se cuenta con una metodología que permita realizar Balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador, con fines de planificación energética. A partir de ello, la tesis plantea una metodología que contempla 5 fases para contribuir a la solución de la problemática planteada. Las referidas fases son: Cadenas energéticas nacionales, Activación de cadenas, Gestión del dato, Balance energético y Estadísticas energéticas.

La primera fase referente a “Cadenas energéticas nacionales”, señala la importancia de entender e interpretar los informes del Balance Energético Nacional elaborados por el Ex Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos-MICSE con el fin de contextualizar al Balance energético de cualquier área geográfica del país. Además, prepara al investigador o planificador energético en la metodología para realizar la contabilidad energética de acuerdo los lineamientos de la OLADE y a presentar las estadísticas energéticas considerando los informes del Ex

MICSE, mismo que cuenta el apoyo metodológico del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables-INER. Esta fase permitió al autor detectar inconsistencias de valor en el informe del Balance Energético Nacional 2016, año base 2015, presentado por el Ex MICSE, específicamente en la actividad de AJUSTE TOTAL. Por ejemplo, en el Balance del año 2015 aparece el valor 961.1 kBEP cuando en realidad, según la metodología de la OLADE, debió constar el valor de 739.6 kBEP. Inconsistencias parecidas determinó el autor en los Balances Energéticos Nacionales de los años 2011, 2012, 2013 y 2014. En el CD que se adjunta a la tesis consta el archivo: FASE 1.CadenasEnergéticasNacionales.2011-2016, que dispone de una matriz Excel elaborada por el autor para realizar balances energéticos de acuerdo a la metodología de la OLADE.

La segunda fase referente a “Activación de cadenas” es importante, porque permite identificar las variables energéticas activas en el área geográfica de interés. Su determinación requiere del análisis y discusión por parte del equipo de investigación, en la que deberían participar asesores externos, responsables de la gestión energética del área de interés. La identificación correcta de las variables permitirá evitar esfuerzos y recursos para la gestión del dato de aquellas que no existan en el área geográfica, o evitar errores al omitir variables que existan. En el CD adjunto a la tesis consta el archivo: FASE 2.ActivaciónCadenasConcesiónEERSSA.2015, que detalla las cadenas activas, mismas que se explicó en la sección de métodos de la presente tesis.

La tercera fase se relaciona con la Gestión del dato, permite elaborar **fichas metodológicas** y la **matriz de ruteo** para la obtención del dato de las variables energéticas activas, asegurando calidad. Además, facilita que la gestión de dato pueda ser ejecutada por otros investigadores o planificadores energéticos obteniendo los mismos resultados. En el CD adjunto se presenta las fichas metodológicas de las 16 variables energéticas que forman parte de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA y en el archivo: FASE 3.2MatrizRuteoConcesiónEERSSA.2011-2016, se muestra la ruta a seguir, considerando los reportes estadísticos de la ARCONEL. Vale referir que el autor, con el fin de validar el método de la gestión del dato, cotejó los datos reportados por el EX-MICSE para la cadena nacional de electricidad durante el periodo 2011-2015 con los datos obtenidos a través de los reportes estadísticos de la ARCONEL, utilizando para ello la matriz de ruteo. En el archivo: FASE

3.1 Matriz Ruteo Nacional. Electricidad. 2011-2016 se puede verificar que los datos son iguales, en especial para el año base 2015.

La cuarta fase referente al Balance Energético, es la razón del ser del Balance. Además de demostrar consistencia en la contabilidad energética, se constituye en el documento básico para elaborar la prospectiva energética. En el CD adjunto se presenta los balances energéticos de los años 2011- 2012, 2013, 2014 y 2015 de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA. También se presenta el AJUSTE de la fuente de electricidad. La relación porcentual entre el ajuste y la oferta interna es el % AJUSTE que mide la confiabilidad de los datos. El % AJUSTE no debe superar el 5% de acuerdo a lo señalado por la OLADE.

El autor calculó el % AJUSTE de la cadena nacional de electricidad para los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 obteniendo los siguientes resultados: -0.28%, -0.068%, -0.014%, -0.93%, -0.536%. Igual procedimiento se realizó para determinar el % AJUSTE a nivel del área de concesión de la EERSSA, los resultados fueron: -0.123%, -0.123%, 0.958%, 0.215%, 0.3231%. Lo explicado demuestra la solidez del Balance energético porque el % de AJUSTE no supera el 1%, siendo muy inferior al mínimo señalado por la OLADE.

La quinta fase referente a las estadísticas energéticas, presenta los resultados del balance considerando los siguientes ámbitos: Energía, sociedad, ambiente y economía, Balance energético, Centros de transformación, Consumo por fuente y sector, Emisiones de gases de efecto invernadero, Indicadores económico-energéticos y, Matrices y diagramas. Las estadísticas a generar dependerán del área geográfica analizada y de las cadenas energéticas activadas: hidrocarburos, electricidad o bioenergía. Las estadísticas energéticas se pueden presentar en conjunto para las cadenas energéticas, o por separado

HIPÓTESIS 2: El análisis de la metodología de la OLADE para realizar prospectivas energéticas, permitirá definir una metodología simplificada para realizar prospectivas energéticas de áreas geográficas del Ecuador.

La OLADE ha participado en diferentes proyectos regionales y subregionales, relacionados principalmente con Sistemas de Información y Herramientas de Planificación Energética como el Sistema de Información Económica Energética - SIEE, el Sistema de Información Energética Nacional –SIEN, El Sistema Unificado de Planificación Eléctrica Regional – SUPER, El Modelo de Simulación y Análisis de la Matriz Energética – SAME, entre otros. Ha colaborado en la

elaboración de diversos estudios de prospectiva energética y de análisis de mercados energéticos regionales. En la actualidad, la OLADE ha diseñado una metodología simplificada para realizar prospectivas de los Balances Energéticos Nacionales. La OLADE también ha desarrollado una herramienta informática para apoyar los estudios de prospectiva energética llamada SAME, misma que permite realizar el ANALISIS Y SIMULACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA.

La metodología de la OLADE para elaborar prospectivas simplificadas, puede ser aplicada en ámbitos nacionales o regionales y por tanto, de acuerdo a los diseñadores de la metodología, a cualquier área geográfica del Ecuador. Se denomina **prospectiva del balance energético** a una prospectiva simplificada de la totalidad del sistema energético bajo estudio. Se indica que la misma consiste en proyectar durante el periodo de proyección a todas las variables del balance energético del año base, tanto del consumo como del abastecimiento. Esa prospectiva se realiza cuando se disponen de pocos recursos, así como de poco tiempo, o no se dispone de información más desagregada que la provista por el balance energético.

Un análisis a detalle de la metodología de la OLADE, descrita en la sección de métodos, evidencia que el punto de partida para el desarrollo de la prospectiva energética es el estudio y la gestión de la demanda. La OLADE presenta 5 métodos para realizar la proyección de la demanda. La proyección de la demanda requiere de información endógena y exógena. La información endógena se encuentra en los Balances Energéticos y en los ministerios adscritos al sector energético (ARCONEL, ARCH, PETROECUADOR) y las exógenas (PIB, estudios demográficos) están disponibles de forma oficial en las instituciones gubernamentales (Banco Central del Ecuador, INEC).

Luego de disponer del Balance Energético, las capacidades instaladas, reservas de capacidad, reservas probadas, potenciales, demanda de potencia eléctrica, costos unitarios, eficiencia relativa al consumo, emisiones de GEIs, se puede CONFIGURAR y CARGAR los DATOS al software SAME. Finalmente, utilizando uno de los métodos señalados anteriormente se puede proyectar la demanda de energía.

Si se dispone de la información señalada, el SAME calcula los COEFICIENTES TÉCNICOS que permiten proyectar la OFERTA DE ENERGÍA y la demanda de potencia. El SAME también calcula las reservas de capacidad de manera que se satisfaga la demanda futura de energía bajo distintos escenarios cuyas hipótesis guardan relación con el crecimiento tendencial, el

incremento de cargas especiales a futuro y los planes de eficiencia y ahorro energético que están contemplados en, el Plan Nacional del Buen Vivir las políticas energéticas nacionales

Por otro lado, al revisar el PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD 2012-2022, elaborado por el ARCONEL, se evidencia que la metodología para la elaboración del referido Plan, parte del ESTUDIO Y GESTIÓN DE LA DEMANDA. A partir de los resultados de la proyección de la demanda y de otras variables endógenas y exógenas, utilizan software de propositiva energética para calcular la expansión de la generación, transmisión, distribución y por último, el análisis económico de la expansión.

Al analizar metodologías de la OLADE y la ARCONEL, se evidencia que coinciden en la necesidad de realizar el ESTUDIO Y LA GESTIÓN DE LA DEMANDA como punto de partida. También, ambas metodologías calculan la expansión de la generación para satisfacer las demandas futuras de energía y potencia de acuerdo a las hipótesis planteadas. La metodología de la OLADE no calcula la expansión de transmisión ni distribución, porque su objetivo es la proyección de la matriz energética. Finalmente, y en lo pertinente, ambas metodologías realizan el análisis económico de la expansión de generación.

Considerando lo señalado el autor elaboró una aplicación en Excel que permite elaborar la prospectiva del balance energético de la cadena de electricidad para diferentes área geográficas del Ecuador. La misma contempla 3 fases: Estudio y gestión de la demanda, Simulación y análisis de la matriz energética y Reportes estadísticos. Su elaboración se realizó porque fue necesario generar estadísticas comunes para analizar la evolución tanto histórica como prospectiva de las variables. Además, de acuerdo a las orientaciones de la OLADE es posible realizar estudios de prospectiva energética utilizando Hojas de cálculo Excel, cuando se realiza por separados las cadenas energéticas. Cuando se realice estudios de prospectiva donde interactuaren las tres cadenas energéticas (hidrocarburos, electricidad y bioenergía) es necesario utilizar un software especializado (SAME, LEAP etc.)

La primera fase relacionada al Estudio y gestión de la demanda requiere:

- Definir las hipótesis del comportamiento de las variables energéticas para un determinado horizonte de estudio, año base, año raíz y años de control de la matriz energética simulada.
- El Balance energético para del año base

- Determinación del método de proyección de las variables de consumo, así como sus valores para los años de control.
- Proyección de las variables de consumo de acuerdo a las hipótesis y al método de proyección.
- La proyección de las variables de transformación y oferta de acuerdo a la hipótesis planteada
- Proyección de las variables endógenas: Población y PIB.

En el CD adjunto de la tesis, se presenta el Estudio de la demanda en la primera hoja de cálculo, denominada “EstudioDemanda” de los archivos:

H0.EERSSA.EscenarioBAU.2020-2040.TESIS

H1.EERSSA.EscenarioAlt.1.2020-2040.TESIS

La segunda fase se refiere al Análisis y simulación de la matriz energética y se utiliza un software especializado (SAME, LEAP, etc) u hoja Excel cuando se realiza estudios de prospectiva referentes a la cadena de electricidad. Para esta investigación, el autor desarrollo una aplicación en Excel porque el estudio de prospectiva simplificada abarcó la cadena de electricidad que interactúa en el área de concesión de la EERSSA. Además, como se explicó, se creyó conveniente contrastar las estadísticas generadas, con aquellas que se presentan en el informe del Balance Energético Nacional, elaborado por el MICSE para el año base 2015.

La tercera fase referente a las estadísticas energéticas, presenta los resultados de la prospectiva de balance energético considerando los mismos ámbitos reportados en el Balance energético. Las gráficas resultantes se presentan también en los archivos de prospectiva simplificadas, para los dos escenarios: El escenario tendencial conocido como escenario BAU y otro escenario alternativo. Ambos escenarios tiene el mismo horizonte de estudio, año base, año raíz y años de control. Se diferencia en las hipótesis del comportamiento de las variables energéticas.

HIPÓTESIS 3: La aplicación de la metodología propuesta permitirá elaborar el balance y la prospectiva energética simplificada para la cadena energética eléctrica del área de concesión de la EERSSA.

BALANCE ENERGÉTICO: El desarrollo riguroso de la metodología propuesta permitió obtener los datos de las variables energéticas que interactúan en la cadena de electricidad del

área de concesión de la EERSSA, para el periodo 2011-2015. Las estadísticas energéticas presentan los resultados de los principales indicadores energéticos como consumo per cápita de electricidad, suficiencia energética y renovabilidad. Además de ello, se presenta las fuentes de energía primaria que interactuaron como insumos en la central hidráulica, eólica y solar existente en el área de estudio. Por otro lado, se presentan las estadísticas sobre la relación entre la Oferta total y la Oferta interna de electricidad. También se presenta el consumo de los sectores económicos, actividades de compra de electricidad por parte de la EERSSA al Mercado Eléctrico Mayorista y las ventas realizadas por las centrales eléctricas al Mercado Eléctrico Mayorista. Se presenta las pérdidas por distribución en el área de concesión de la EERSSA y las capacidades instaladas en el periodo de estudio. Finalmente, se muestran las matrices de los balances energéticos para el periodo de estudio y el diagrama energético para la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA.

PROPECTIVA ENERGÉTICA: El estudio de prospectiva simplificada de la cadena de electricidad que interactuará en el área de concesión de la EERSSA para el horizonte de estudio 2020-2040 es presentado como parte de los resultados de investigación de la tesis. De acuerdo a la metodología propuesta, primero se realiza el estudio y gestión de la demanda, identificado para ello la hipótesis de comportamiento de las variables para los años de control: 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040. Se obtiene los datos respectivos de demanda, transformación y oferta para los años de control señalados, utilizando para ello el método de tasas de crecimiento para la proyección de las variables. Con la hipótesis, balance energético del año base y el método de proyección de las variables de consumo se realiza la configuración de una hoja de cálculo en Excel, misma que es llenada con los datos obtenidos en el estudio de la demanda. Se realiza la simulación del balance energético y, finalmente, se elaboran las estadísticas energéticas de acuerdo a las categorías determinadas en el informe del balance energético. Esta actividad se realiza para dos escenarios: Tendencial (BAU) y alternativo 1.

h. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

h.1 CONCLUSIONES

1. La metodología planteada para realizar Balances Energéticos en áreas geográficas del Ecuador hace referencia a un modelo que, partiendo del análisis de las cadenas energéticas del país, finalmente genere un balance energético confiable que contabilice los flujos de energía de las diferentes fuentes existentes en el área de análisis, desde su oferta y transformación hasta el consumo final.
2. La metodología para realizar balances energéticos contempla 5 fases: Cadenas energéticas, Cadenas activas, Gestión del dato, Balance energético y Estadísticas energéticas.
3. La primera fase permite interpretar las fuentes de energía que interactúan en el país, y sus respectivas actividades de oferta, transformación y consumo. La segunda fase permite activar las cadenas que interactúen en el área geográfica de interés. La tercera fase define un protocolo para asegurar calidad en la información del dato energético. La cuarta fase verifica la coherencia del balance energético y la quinta fase, elabora las estadísticas energéticas tomando en consideración los informes oficiales anuales de Balances Energéticos elaborados por organismos oficiales.
4. La metodología de la Organización Latinoamericana de Energía-OLADE permite realizar balances energéticos nacionales. La presente tesis interpreta la metodología de la OLADE y plantea una metodología para realizar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador.
5. El Ecuador, cuenta con el Balance Energético Nacional para el periodo 2005-2015, elaborado por el Ex Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE) con el apoyo metodológico del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). No se cuenta con balances energéticos de áreas zonales, provincias o ciudades. La metodología propuesta permite realizar Balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador, con fines de planificación energética.

6. Se plantea una metodología para realizar prospectivas energéticas simplificadas, en base a la proyección de la matriz energética. La metodología consta de tres fases: Estudio y gestión de la demanda, Análisis y simulación de la matriz energética y Estadísticas energéticas.
7. Se denomina prospectiva simplificada a la prospectiva del balance energético. Consiste en proyectar durante el periodo de proyección a todas las variables del balance energético del año base, tanto del consumo como del abastecimiento. Esa prospectiva se realiza cuando se disponen de pocos recursos, así como de poco tiempo, o no se dispone de información más desagregada que la provista por el balance energético.
8. La OLADE ha diseñado una metodología simplificada para realizar prospectivas de los Balances Energéticos Nacionales utilizando un software que permite realizar el análisis y simulación de la matriz energética. Su nombre es SAME. La OLADE también señala que es posible elaborar las estadísticas de la prospectiva energética simplificada, de la cadena de electricidad, utilizando hojas de cálculo Excel.
9. El punto de partida de la prospectiva energética es el estudio y la gestión de la demanda. Para su desarrollo es necesario contar con la hipótesis (supuestos) del comportamiento de las variables, el balance energético del año base y un método para la proyección de las variables de consumo. Además, el año raíz o año a partir de la cual se divide los escenarios de planificación de las hipótesis planteadas.
10. La OLADE presenta 5 métodos para realizar la proyección de la demanda. La proyección de la demanda requiere de información endógena y exógena. La información endógena se encuentra en los Balances Energéticos y en los ministerios adscritos al sector energético (ARCONEL, ARCH, PETROECUADOR) y las exógenas (PIB, estudios demográficos) está disponible de forma oficial en las instituciones gubernamentales (Banco Central del Ecuador, INEC)
11. Los estudios de prospectiva se deberán realizar al menos para dos escenarios: Tendencial (BAU) y alternativo (Alt). El escenario alternativo debe considerar las políticas energéticas del país y del área geográfica de análisis.

12. El desarrollo riguroso de la metodología propuesta permitió obtener los datos de las variables energéticas que interactúan en la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA, para el periodo 2011-2015.
13. Se realiza el estudio de prospectiva simplificada de la cadena de electricidad del área de concesión de la EERSSA para el horizonte 2020-2040. Esta actividad se realiza para dos escenarios: Tendencial (BAU) y alternativo 1.

h.2 RECOMENDACIONES

1. Seguir con rigurosidad la metodología propuesta para realizar balances energéticos en áreas geográficas del Ecuador, para minimizar los ajustes.
2. Considerar que, a pesar que la ARCONEL presenta los reportes estadísticos con 2 meses de desfase, la información se considera como preliminar hasta que la ARCONEL presente oficialmente la **Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano**, actividad realizada durante el primer semestre de cada año.
3. Utilizar una calculadora energética para la conversión rápida y confiable de unidades físicas a energéticas, misma que debe considerar los factores de conversión señalados por la OLADE.
4. Al plantear las hipótesis de trabajo se debe revisar las políticas del Plan Nacional de Buen Vivir, de los ministerios de Hidrocarburos y Electricidad y Energías Renovables y de las entidades adscritas a los mismos (ARCONEL, ARCH, PETROECUADOR, etc).
5. Seleccionar el método adecuado para la proyección de la demanda de consumo. Una proyección limitada implicaría un desabastecimiento futuro de energía. Una proyección exagerada implica el sobredimensionamiento de la capacidad instada por que conlleva inversiones innecesarias y problemas en la recuperación de la inversión y una infraestructura ociosa.
6. Asegurar que exista similitud entre las estadísticas del balance y la prospectiva energética, para comparar la evolución y estructura de las variables y sus principales indicadores energéticos.
7. Realizar nuevos estudios de prospectiva considerando otras hipótesis alternativas que involucren a sistemas autónomos de generación fotovoltaica, vehículos eléctricos, programa de cocina de inducción, programas nacionales de eficiencia energética y proyectos sobre “edificaciones con consumo energético casi nulo. Además, realizar el análisis de costos y estudios de emisión de gases de efecto invernadero
8. Realizar nuevos estudios de balances y prospectiva energética considerando la energía útil.
9. Fortalecer las relaciones interinstitucionales con al OLADE y el INER.

i. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2016). Atlas del sector eléctrico ecuatoriano 2016. Quito.
- Agencia Internacional de Energía. (2007). Manual de estadísticas energéticas. París.
- ARCONEL. (2015). Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano. 2015. Quito.
- ARCONEL. (2016). Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano. 2016. Quito.
- ASAMBLEA CONSTITUYENTE. (2008). Constitución del Ecuador. Montecristi, Manabí, Ecuador.
- CENACE. (2017). Plan estratégico institucional 2017. Quito.
- CONELEC. (2008). Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica. Quito.
- CONELEC. (2013). Plan maestro de electrificación 2013-2022. Quito.
- EERSSA. (2016). Plan Estratégico 2016 - 2017. Loja.
- EL TELÉGRAFO. (14 de Octubre de 2013). *www.eltelegrafo.com.ec*. Obtenido de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/masqmenos/1/en-que-consiste-la-estrategia-territorial-nacional>
- INEC. (2014). Instructivo para la elaboración de fichas metodológicas de indicadores. Quito.
- INEC. (2014). Instructivo para la elaboración de fichas metodológicas de indicadores . Quito.
- INEC. (2015). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Quito.
- INER. (5 de Junio de 2014). Evaluación e implementación de metodologías de elaboración de balance y prospectiva energética para la soberanía y la sostenibilidad nacional. Quito, Pichincha, Ecuador.
- International Recommendations for Energy Statistics (IRES) . (2016). Statistical Papers . New York.
- MEER. (2013). Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica. Quito.

- MINISTERIO COORDINADOR DE SECTORES ESTRATEGICOS. (29 de Abril de 2015). Agenda nacional de energía. Quito, Quito, Quito.
- Ministerio de Electricidad y Energía renovable. (2013). Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica. Quito.
- MIPRO-MEER. (2014). Atlas Bioenergético del Ecuador. Quito.
- Municipio de Loja. (2014). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial . Loja.
- OLADE. (2004). Metodología de conversión de unidades. Quito.
- OLADE. (2017). Manual de planificación energética. Quito.
- OLADE. (2017). Manual estadística energética. 2017. Quito.
- REN21. (2017). Renewables 2017. Global status report. París.
- SENPLADES. (2013). Plan nacional del buen vivir. Quito, Quito, Quito.
- SENPLADES. (2015). Agenda Zonal, Zonal 7-Sur. Quito.

j. ANEXOS

ANEXO 1

. Aplicación del instructivo para la elaboración de fichas metodológicas de datos energéticos del balance energético del área de concesión de la EERSSA

Nombre del Dato energético

Cada Dato energético debe tener un nombre único por el que es reconocido y por el que ha sido definido en base a conceptos y teoría, procurando que su redacción defina exactamente lo que muestra o mide dato. Su redacción debe evitar el uso de verbos, tendencias o valores, sin embargo, en los casos de que sea necesario se podrán utilizar parámetros específicos que delimiten el nombre del Dato energético.

Ejemplo³.

Producción-Hidroenergía

Producción-Hidroenergía

Definición del Dato energético

Descripción clara y detallada de lo que es el Dato energético. Define de manera única cada actividad de oferta, transformación o consumo de las fuentes de energía.

Ejemplo:

Es la energía cinética del agua que llega a las turbinas de las centrales hidroeléctricas de las empresas Generadoras, Distribuidoras y Autogeneradoras de la provincia de Loja, durante el periodo (t)

Fórmula de cálculo del Dato energético

Descripción algebraica utilizada para el cálculo del Dato. Se procurará utilizar la nomenclatura adoptada por el Ecuador en las diferentes publicaciones oficiales o en el caso de Datos de comparación internacional, aquella que se ha desarrollado para tal efecto, especificando el significado de la abreviatura utilizada. Se usará de preferencia la(s) primera(s) palabra(s) de cada actividad energética y luego, la fuente de energía a la que se corresponde la actividad, de acuerdo a la matriz del Balance Energético que forma parte de la metodología de la OLADE.⁴

Es necesario tener presente lo siguiente:

- El Dato energético se obtiene en base a una función matemática que relaciona variables de entrada con una variable de salida. La variable de salida se conoce como “variable energética” y las variables de entrada como “variables relacionadas”.
- El nombre de la “variable energética” es el mismo que el del “Dato energético” resultante de la fórmula de cálculo.

³ Para ejemplificar la elaboración de la ficha metodológica de los Datos energéticos, durante la descripción del proceso de elaboración se describirá la información en torno al Dato de la variable energética: “Producción-Hidroenergía”.

⁴ Ver el texto: “Manual de estadísticas energéticas 2017” elaborado por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), de descarga gratuita.

Ejemplo:

$$PH(t) = PH_G(t) + PH_D(t) + PH_A(t)$$

Dónde:

$PH_G(t)$ = Total de hidroenergía en empresas Generadoras de la provincia de Loja, en el periodo (t).

$PH_D(t)$ = Total de hidroenergía en empresas Distribuidoras de la provincia de Loja, en el periodo (t).

$PH_A(t)$ = Total de hidroenergía en empresas Auto generadoras de la provincia de Loja, en el periodo (t).

Definición de las variables relacionadas

Breve definición de las variables asociadas al cálculo del dato energético. En los casos que apliquen, es importante especificar el nombre de la institución de la cual se obtuvo el registro o la definición.

Es necesario que las definiciones de las variables relacionadas estén basadas en fuentes fiables y verificables, aceptándose como referencia trabajos de autores acreditados en la materia en cuestión. Se recomienda utilizar las definiciones energéticas señaladas en el Manual de estadísticas energéticas de la OLADE.

Ejemplo:

En el caso de “Producción-Hidroenergía” las variables relacionadas son:

Total de hidroenergía en empresas Generadoras: Es el valor total de la energía cinética de agua que llega a las turbinas de las centrales eléctricas de empresas Generadoras de la provincia de Loja, en el periodo t.

Total de hidroenergía en empresas Distribuidoras: Es el valor total de la energía cinética de agua que llega a las turbinas de las centrales eléctricas de empresas Distribuidoras de la provincia de Loja, en el periodo t.

Total de hidroenergía en empresas Autogeneradoras: Es el valor total de la energía cinética de agua que llega a las turbinas de las centrales eléctricas de empresas Autogeneradoras de la provincia de Loja, en el periodo t.

Metodología de cálculo

Se incluye una descripción conceptual, precisa y objetiva de cómo se obtiene el Dato energético, aquí se detalla el procedimiento a seguir de la “fórmula de cálculo”.

La metodología de cálculo debe tener una especificación técnica de las variables y su relación aritmética, siendo aplicable en todas las operaciones estadísticas (censos, encuestas o registros administrativos que puedan ser fuente de información), es decir que debe ser una metodología genérica permitiendo la construcción del dato en todas en las investigaciones que dispongan de la información necesaria para su cálculo.

La descripción de la metodología depende del tipo de Dato energético, existen Dato energéticos que requieren de un mayor grado de especificación debido a que parten de la construcción de variables agregadas para obtenerlo, mientras que para otros Datos su metodología es directa, no existiendo inconvenientes en la identificación de variables. Por lo que, para estos casos se debe describir en una forma específica la “fórmula de cálculo” descrita en secciones anteriores.

Para los datos de seguimiento de los instrumentos de planificación (Plan Nacional de Desarrollo, Agendas Zonales, Agendas Sectoriales, etc.) es indispensable describir la metodología operativa. Es decir, especificar cada paso, para el procesamiento del dato, de acuerdo a la operación estadística correspondiente (reportes estadísticos, boletines, encuestas, censos, etc).

Ejemplo:

En el caso de “Producción-Hidroenergía” su metodología de cálculo es la siguiente:
 Los valores totales de Hidroenergía de la provincia de Loja se obtienen de los reportes estadísticos elaborados por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), disponible en su página web:
<http://www.regulacionelectricita.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/reportes-estadisticos/>
 Luego de acceder a la página web se debe descargar la información considerando la siguiente secuencia:

TIPO DE REPORTE: Transacciones. ENERGÍA PRODUCIDA

PERIODO: (t)

GRUPO DE EMPRESA: Todos

Generar reporte/Descargar Excel

Después de descargar el reporte estadístico se determina el valor total, para ello se debe incorporar a la matriz Excel descargada los siguientes elementos:

- 1.- Filtros en los encabezados de las columnas
- 2.- Ajustar la separación de decimales por punto o coma, según la configuración de la computadora.
- 3.- Obtener el total de hidroenergía de la provincia de Loja de las empresas Generadoras, Distribuidoras y Autogeneradoras en el periodo (t), de acuerdo a la fórmula de cálculo señalada:

$$PH(t) = PH_G(t) + PH_D(t) + PH_A(t)$$

En el caso que el Dato energético sea parte de reportes o boletines estadísticos, con el objetivo de realizar el respectivo seguimiento, se deberá añadir la siguiente descripción:

Ejemplo:

En el caso del Dato energético a partir de los reportes estadísticos de ARCONEL se realiza los siguientes pasos:

Total de hidroenergía en empresas Generadoras:

rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Activar GENERADORA de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Activar HIDRAULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar el nombre de las centrales que existen en la provincia de Loja (columna g)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n)/Dividir el valor obtenido para 0.8 que se corresponde con la eficiencia de las centrales hidroeléctricas del país. El valor total se presenta en MWh, pero se debe convertir a kBEP para su incorporación en el Balance Energético Nacional, para ello se multiplica el valor obtenido por el factor 0.00061960 kBEP/MWh

Total de hidroenergía en empresas Distribuidoras

rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Activar DISTRIBUIDORA de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Activar HIDRAULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/ Seleccionar el nombre de las centrales que existen en la provincia de Loja (columna g)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n)/Dividir el valor obtenido para 0.8 que se corresponde con la eficiencia de las centrales hidroeléctricas del país. El valor total se presenta en MWh pero se debe convertir a kBEP para su incorporación en el Balance Energético Nacional, para ello se multiplica el valor obtenido por el factor 0.00061960 kBEP/MWh

Total de hidroenergía en empresas Autogeneradoras:

rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Activar AUTOGENERADORA de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Activar HIDRAULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/ Seleccionar el nombre de las centrales que existen en la provincia de Loja (columna g) /Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n)/Dividir el valor obtenido para 0.8 que se corresponde con la eficiencia de las centrales hidroeléctricas del país. El valor total se presenta en MWh pero se debe convertir a kBEP para su incorporación en el Balance Energético Nacional, para ello se multiplica el valor obtenido por el factor 0.00061960 kBEP/MWh.

Limitaciones técnicas ¿qué no mide el Dato energético?

Se debe aclarar las otras dimensiones y dinámicas que no pueden ser capturadas o percibidas en el Dato energético. Se especifican contenidos tales como: coberturas espaciales, series de tiempo, comparabilidad de los datos, cambios de año base, entre otros.

Ejemplo:

En el caso de "Producción-Hidroenergía", la limitación que presenta el Dato energético es el siguiente:

Se toma en consideración la información estadística que reporta ARCONEL, por lo tanto no se considera la producción de electricidad de micro centrales para consumo propio, disponibles en la provincia de Loja.

Unidad de medida de las variables

Unidad que usa el Dato energético como medida estándar para expresar sus resultados (Físicas: gal, t, kg, etc. Energéticas: kBEP, GWh, MWh, etc).

Ejemplo:

MWh (Reporte estadístico ARCONEL)
kBEP (Balance Energético de la provincia de Loja)

Interpretación del dato energético

Descripción que da cuenta de los resultados del Dato energético y de la realidad que trata medir.

Ejemplo:

La interpretación del Dato “**Producción-Hidroenergía**” es:
Este dato energético representa el valor total de energía cinética que ingresa a las centrales hidroeléctricas de empresas Generadoras, Distribuidoras y Autogeneradoras de la provincia de Loja, para un periodo (t)

Fuente de datos

Operaciones estadísticas y estudios que dan origen a los datos (reportes, boletines, censos, encuestas, registros administrativos con fines estadísticos y operaciones estadísticas de síntesis). Las fuentes de datos deben estar asociadas a las entidades responsables de las investigaciones o de la aplicación de las operaciones estadísticas y/o a los sistemas de información de pertenencia. La forma como se debe presentar este campo es: nombre de la operación (encuesta, censo o registro), Institución responsable del instrumento, y año de levantamiento.

Ejemplo

Considerando el Dato “**Producción-Hidroenergía**”, su fuente de datos es:
Reporte estadístico de electricidad-Agencia de Regulación y Control de Electricidad.2015

Periodicidad del dato energético

Intervalos de tiempo en el que se presenta el Dato energético, estos pueden ser: anual, semestral, trimestral, bimensual, mensual, quincenal, diario, etc. Para los Datos o variables que no tengan una periodicidad definida, se debe incluir la palabra “indeterminada”.

Ejemplo:

La periodicidad del Dato energético que reporta ARCONEL es mensual con tres meses de desfase.

Disponibilidad de los datos

En este apartado se debe especificar las fechas en las cuales se dispone del Datos energéticos. Esta información está relacionada con el apartado anterior, periodicidad del Dato.

Estos dos campos deben ser consistentes; es decir, si la periodicidad es trimestral, en la disponibilidad debe aparecer el trimestre del cual el Dato energético está disponible hasta la última fecha de publicación. Además, si la periodicidad fuese diaria, en la disponibilidad debe constar el día, mes y año a partir del cual se presenta la información.

Ejemplo:

ARCONEL: 1998 – 2017 (se actualiza cada tres meses meses)

Nivel de desagregación

Son los posibles segmentos en los que se puede presentar la información. Los Datos pueden ser desagregados en base a diversas dimensiones como áreas geográficas, sectores económicos, centros de transformación etc.

Geográfico:

Son las categorías de desagregación político administrativa para las cuales el Dato energético se encuentra disponible, estas son: nacional, rural/urbano, provincial, cantonal, parroquial, regiones de planificación, ciudades, distritos o circuitos.

General:

Desagregación relacionada a grupos temáticos definidos: Tipo de empresa, tipo de central, tipo de servicio, tipo de sistema, etc.

Otros ámbitos:

Corresponde a otros tipos de desagregación sobre los cuales el Dato energético dispone de información, por ejemplo: empresa, fuente de energía, central, unidades de transformación etc.

Ejemplo:

Considerando el Dato "**Producción-Hidroenergía**", su nivel de desagregación es:

Geográfico	Nacional, áreas de prestación de servicios de empresas eléctricas
General	Tipo de empresa (generadoras, distribuidoras, auto generadoras), tipo de servicio (público y no público), tipo de sistema (incorporado y no incorporado al Sistema Nacional Interconectado)
Otros ámbitos	Empresas, central, unidad de producción

Información geo-referenciada

Permite representar y localizar espacialmente estadísticas y Datos energéticos, estudiar su evolución, así como localizar zonas o áreas sujetas a riesgos dados por fenómenos naturales o de carácter antrópico.

Este campo debe registrar la siguiente información:

Escala.- Relación matemática que existe entre las dimensiones reales y la representación en un mapa o plano.

Sistema de referencia.- Sistema de coordenadas en el que se encuentra la información geo-referenciada.

Formato de la información geo-referenciada.- Formato o extensión de la información y el software en que es posible dar lectura al Dato energético.

No todos los Datos se encuentran geo – referenciados, razón por la cual este campo no es obligatorio describirlo. Cuando este fuera el caso se debe escribir la expresión “No aplica”.

Ejemplo:

Para el Dato energético “Producción – Hidroenergía, el campo llena de acuerdo a lo siguiente:
 Dispone en ARCONEL a través del link:
<http://geoportal.regulacionelectrica.gob.ec/visor/index.html>

Relación con instrumentos de planificación nacional o acuerdos, iniciativas internacionales

Debe indicar el objetivo, la política y metas propuestas a los cuales responde el Dato energético, por ejemplo, al Plan Nacional de Desarrollo (PND), los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), Resoluciones de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), o específicamente, al seguimiento de políticas públicas sectoriales.

En el caso de no estar asociado a estos lineamientos se debe escribir la expresión "No aplica".

Considerando el Dato “**Producción-Hidroenergía**”:

Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2017.

Objetivo 11: *Asegurar la soberanía y de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica*

Meta 11.1. *Alcanzar el 60,0% de potencia instalada renovable*

Agenda nacional de Energía

Acción 2.1 *Consolidar una matriz de generación eléctrica basada principalmente en hidroenergía.*

Meta 2.11: *mantener al menos un 70% de participación de la hidroenergía del total de electricidad producida anualmente en el Sistema Nacional Interconectado en el periodo de tiempo hasta el 2040, siempre que las condicionantes técnicas, económicas y ambientales lo permitan.*

Referencias bibliográficas de la construcción del dato energético

Reseña la fuente bibliográfica utilizada para la construcción de la metodología o conceptos asociados al Dato energético. La forma cómo se debe presentar este campo es: Institución responsable del diseño metodológico, nombre del instrumento y, año de generación.

Para el Dato energético “Producción – Hidroenergía, el campo llena de acuerdo a lo siguiente:
 ARCONEL. Reportes estadísticos, 2015

Fecha de elaboración de la ficha metodológica

Día, mes y año en que se elabora por primera vez la ficha metodológica

Para el Dato energético “Producción – Hidroenergía, el campo llena de acuerdo a lo siguiente:
 17/07/2017

Fecha de la última actualización de la ficha

Día, mes y año en que se actualiza la ficha metodológica

Para el dato energético /Producción-Hidroenergía”, la próxima fecha de actualización será después de la revisión por parte del INER

Clasificador temático estadístico

Ámbito temático estadístico al que está vinculado el Dato energético. El clasificador se planteará en base a la clasificación presentada en el Anexo II.

Par el dato energético /Producción-Hidroenergía”, el clasificador temático es el numeral 2.4.2 correspondiente al sector afín a ENERGÍA.

Elaborado por

Nombre de la institución y unidad responsable de la información de la ficha metodológica.

Par el dato energético /Producción-Hidroenergía” le corresponde:
Elaborado por la Universidad nacional de Loja (UNL), Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables (FEIRNNR)

ANEXOS 2

Factores de conversión utilizados en la tesis

FACTORES DE CONVERSIÓN UTILIZADOS EN LA TESIS CONSIDERANDO INFORMACIÓN DE LA OLADE Y EL MICSE					
1	bbl	petróleo	=	1.0015	BEP
1	kpc	gas natural	=	0.169351733	BEP
1	k m3	gas natural	=	5.9806	BEP
1	MWh	hidro/geo electricidad	=	0.6196	BEP
1	ton	leña	=	2.5935	BEP
1	ton	bagazo	=	1.3114	BEP
1	ton	jugo de caña	=	0.4453	BEP
1	ton	Melaza	=	1.297	BEP
1	M pc	Biogas	=	112.2196631	BEP
1	kpc	Biogas	=	0.112219663	BEP
1	k m3	Biogas	=	3.963	BEP
1	bbl	GLP	=	0.6701	BEP
1	gal	GLP	=	0.015954762	BEP
1	m3	GLP	=	4.214995597	BEP
1	kg	GLP	=	0.007663628	BEP
1	bbl	gasolina/nafta	=	0.8934	BEP
1	gal	gasolina/nafta	=	0.021271429	BEP
1	bbl	alcohol	=	0.598	BEP
2	gal	alcohol	=	0.014238095	BEP
1	bbl	kerosene	=	0.9583	BEP
2	gal	kerosene	=	0.022816667	BEP
1	bbl	diesel	=	1.0015	BEP
2	gal	diesel	=	0.023845238	BEP
1	bbl	fuel oil	=	1.0304	BEP
2	gal	fuel oil	=	0.024533333	BEP
1	bbl	crudo reducido	=	1.0304	BEP
1	gal	crudo reducido	=	0.024533333	BEP
1	bbl	no energético	=	1.0304	BEP
1	gal	no energético	=	0.024533333	BEP

- Los factores de conversión de la melaza y el jugo de caña se obtuvieron del informe del Balance Energético Nacional 2016 del MICSE

kBEP	kTEP	GWh		
1	0.13878	1.6139445		
BARRIL DE PETRÓLEO (bbl)	Pie cúbico (pc)	Galones (gl)	Litro (lt)	Metro cúbico (m3)
1	5.614583	42	158.98	0.15898
METRO CÚBICO (m3)	Pie cúbico (pc)	Galones (gl)	Litro (lt)	Barril de petróleo (bbl)
1	35.31466671	264.172	1000	6.2898
ton	kg	lb	ton cortas	ton largas
1	1000	2204.62	1.10231	0.98421
Densidades de referencia ton/m3				
GLP	gasolina	Kerosene	Diesel oil	Fuel oil
0.55	0.75	0.82	0.88	0.94

ANEXO 3

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE PRODUCCIÓN/HIDROENERGÍA, DE LA CADENA ENERGÉTICA DE ELECTRICIDAD, DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EERSSA

Nombre del Dato energético

Producción-Hidroenergía

Definición del Dato energético

Es la energía cinética del agua turbinada en la central Carlos Mora de la empresa EERSSA, durante 2015

Fórmula de cálculo del Dato energético

$$PH(t) = PH_D(t)$$

Dónde:

PH(t)= Producción hidroenergía en el Área de CONCESIÓN de la EERSSA

PH_D(t)= Total de hidroenergía en la central Carlos Mora de la EERSSA, durante el año 2015

Definición de las variables relacionadas

Total de hidroenergía en la central Carlos Mora de la EERSSA: Es el valor total de la energía cinética de agua turbinada en la central durante el año 2015.

Metodología de cálculo

Los valores totales de Hidroenergía del área de CONCESIÓN de la EERSSA se obtienen de los reportes estadísticos elaborados por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), disponible en su página web: <http://www.regulacioneolica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/reportes-estadisticos/> Luego de acceder a la página web se debe descargar la información considerando la siguiente secuencia:

TIPO DE REPORTE: Transacciones. ENERGÍA PRODUCIDA

PERIODO: 2015

GRUPO DE EMPRESA: Todos

Generar reporte/Descargar Excel

Después de descargar el reporte estadístico se determina el valor total, para ello se debe incorporar a la matriz Excel descargada los siguientes elementos:

- 1.- Filtros en los encabezados de las columnas
- 2.- Ajustar la separación de decimales por punto o coma, según la configuración de la computadora.
- 3.- Obtener el total de hidroenergía en la central Carlos Mora de la EERSSA para el año 2015, de acuerdo a la fórmula de cálculo señalada:

$$PH(t) = PH_D(t)$$

Total de hidroenergía en la central Carlos Mora de la EERSSA

- (1) rpCentralConsolidado.2015/Seleccionar las centrales que existen en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, de la variable PROVINCIA (columna r)/Seleccionar HIDRAULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna H)/Tomar id de las centrales hidráulicas (en este caso solo aplica 165) para su posterior análisis en el reporte: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015
- (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar la central 165 de la variables ID CENTRAL (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP/Dividir el valor para 0.8 que es la eficiencia de las centrales hidroeléctricas porque se necesita el INSUMO que representa la HIDROENERGÍA

Limitaciones técnicas ¿qué no mide el Dato energético?

Se toma en consideración la información estadística que reporta ARCONEL, por lo tanto no se considera la producción de electricidad de micro centrales para consumo propio, disponibles en el área de CONCESIÓN de la EERSSA.

Unidad de medida de las variables

MWh (Reporte estadístico ARCONEL)
kBEP (Balance Energético de la provincia de Loja)

Interpretación del dato energético

Este dato energético representa el valor total de energía cinética turbinada en la central Carlos Mora de la EERSSA

Fuente de datos

Reporte estadístico de electricidad-Agencia de Regulación y Control de Electricidad.2015

Periodicidad del dato energético

La periodicidad del Dato energético que reporta ARCONEL es mensual con dos meses de desfase.

Disponibilidad de los datos

ARCONEL: 1998 – 2017 (se actualiza cada dos meses meses)

Nivel de desagregación

Considerando el Dato “**Producción-Hidroenergía**”, su nivel de desagregación es:

Geográfico	Nacional, áreas de prestación de servicios de empresas eléctricas
General	Tipo de empresa (generadoras, distribuidoras, auto generadoras), tipo de servicio (público y no público), tipo de sistema (incorporado y no incorporado al Sistema Nacional Interconectado)
Otros ámbitos	Empresas, central, unidad de producción

Información geo-referenciada

Dispone en ARCONEL a través del link:
<http://geoportal.regulacionelectrica.gob.ec/visor/index.html>

Relación con instrumentos de planificación nacional o acuerdos, iniciativas internacionales

Considerando el Dato “**Producción-Hidroenergía**”:

Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2017.

Objetivo 11: *Asegurar la soberanía y de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica*

Meta 11.1. *Alcanzar el 60,0% de potencia instalada renovable*

Agenda nacional de Energía

Acción 2.1 *Consolidar una matriz de generación eléctrica basada principalmente en hidroenergía.*

Meta 2.11: *mantener al menos un 70% de participación de la hidroenergía del total de electricidad producida anualmente en el Sistema Nacional Interconectado en el periodo de tiempo hasta el 2040, siempre que las condicionantes técnicas, económicas y ambientales lo permitan.*

Referencias bibliográficas de la construcción del dato energético

ARCONEL. Reportes estadísticos, 2015

Fecha de elaboración de la ficha metodológica

17/07/2017

Fecha de la última actualización de la ficha

Para el dato energético /Producción-Hidroenergía”, la próxima fecha de actualización será después de la revisión por parte del INER

Clasificador temático estadístico

Par el dato energético /Producción-Hidroenergía”, el clasificador temático es el numeral 2.4.2 correspondiente al sector afín a ENERGÍA.

Elaborado por

Elaborado por la Universidad nacional de Loja (UNL), Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables (FEIRNNR)

ANEXO 4

MATRIZ DE RUTEO DE DATOS DE LA CADENA NACIONAL DE ELECTRICIDAD.

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)-	ERROR
Producción/Electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar INTERCONEXION de la variable TIPO DE CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n)/ Convertir a kBEP	16,078.7	16,078.7	0.00%
Importación/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Energía VENDIDA/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnerVen2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todos excepto COLOMBIA y PERU de la variable EMPRESA (columna b)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA VENDIDA en MWh (columna j) en MWh y luego convertir a kBEP	317.1	317.1	0.00%
Exportación/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Energía comprada/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnerCompr2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todos excepto COLOMBIA y PERU de la variable EMPRESA (columna b)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA COMPRADA en MWh (columna g) y luego convertir a kBEP	28.6	28.6	0.00%
Centrales eléctricas/gas natural	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar AUTOGENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto	2,812.1	2,812.1	0.00%

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)-L	ERROR
		energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de la variable GAS NATURAL en kpc (columna t)/Convertir a kBEP			
Centrales eléctricas/hidroenergía	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel.	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar AUTOGENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto HIDRÁULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP/Dividir el valor para 0.8 que es la eficiencia de la centrales hidroeléctricas porque se necesita el INSUMO que representa la HIDROENERGÍA .	9,602.9	9,602.9	0.00%
Centrales eléctricas/otras primarias	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar AUTOGENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto BIOGAS, EOLICA Y SOLAR de la variable TIPO CENTRAL (columna I)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP	83.6	83.6	0.00%
Centrales eléctricas/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar AUTOGENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar INTERCONEXIÓN de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/ Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n)/Convertir a kBEP3)	13,480.3	13,480.3	0.00%
Centrales eléctricas/diesel oil	(1) MICSE: Balance general 2015	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE)	3,124.2	3,124.2	0.00%

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)	ERROR
	(2) ARCONEL	(2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar AUTOGENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de la variable DIESEL2 en gal (columna r)/Convertir a kBEP			
Centrales eléctricas/fuel oil	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar AUTOGENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de la variable FUEL OIL en gal (columna q)/Convertir a kBEP	8,237.0	8,237.0	0.00%
Centrales eléctricas/crudo reducido	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar AUTOGENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de la variable RESIDUO en gal (columna w)/Convertir a kBEP	1,203.9	1,203.9	0.00%
Autoprodutores/petroleo	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar GENERADORAS Y DISTRIBUIDORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Deseleccionar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total CRUDO en gal (columna v)/Convertir a kBEP	1,791.4	1,791.4	0.00%
Autoprodutores/gas	(1) MICSE:	(1) Página WEB Balance	(1) Dato energético de la variable	1,543.5	1,543.5	0.00%

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)-L	ERROR
natural	Balance general 2015 (2) ARCONEL	Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar GENERADORAS Y DISTRIBUIDORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Deseleccionar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total GAS NATUAL en kpc (columna t)/Convertir a kBEP			
Autoproductores/hidroenergía	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar DISTRIBUIDORAS Y GENERADOREAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto HIDRÁULICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n) y luego convertir a kBEP/Dividir el valor para 0.8 que es la eficiencia de la centrales hidroeléctricas porque se necesita el INSUMO que representa la HIDROENERGÍA .	540.2	540.2	0.00%
Autoproductores/productos de caña	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar GENERADORAS Y DISTRIBUIDORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todas excepto BIOMASA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de energía BAGAZO en t (columna x)/Convertir a kBEP	1,972.9	1,972.9	0.00%
Autoproductores/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar DISTRIBUIDORAS Y GENERADORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/ Seleccionar valor total de la variable	2,598.4	2,598.4	0.00%

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)-L	ERROR
		energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n)/Convertir a kBEP			
Autoproductores/GLP	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar GENERADORAS Y DISTRIBUIDORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de GLP en gal (columna y)/Convertir a kBEP	116.3	116.3	0.00%
Autoproductores/diesel oil	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL:	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar GENERADORAS Y DISTRIBUIDORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total de DIESEL2 en gal (columna r)/Convertir a kBEP	1,940.0	1,940.0	0.00%
Autoproductores/crudo reducido	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar GENERADORAS Y DISTRIBUIDORAS de la variable TIPO EMPRESA (columna e)/Desactivar todos excepto TÉRMICA de la variable TIPO CENTRAL (columna i)/Seleccionar valor total del INSUMO de energía RESIDUO en gal (columna w)/Convertir a kBEP	237.9	237.9	0.00%
Consumo propio/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año:	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar valor total de la	308.2	308.2	0.00%

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)-L	ERROR
		2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	variable CONSUMO AUXILIARES UNIDADES en MWh (columna o)/ convertir a kBEP			
Pérdidas/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones.Pérdidas/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel. Aparte se debe generar y descargar el TIPO REPORTE: Balance del transmisor para el mismo año.	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2)Para el reporte de PERDIDAS año 2015 realizar los siguiente: rp.perdidas.2015/verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar valor total de PERDIDAS SISTEMAS en MWh(columna o)/convertir a kBEP. Este valor representa las pérdidas por distribución. Para el reporte BALANCE DEL TRANSMISOR 2015 realizar lo siguiente: rpTnasBal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Seleccionar año 2015 (columna c)/sumar total CONSUMO AUXILIARES en MWh (columna e) más PÉRDIDAS en MWh (columna h)/convertir a kBEP/Este valor representa las pérdidas por transmisión. Finalmente, sumar el total de pérdidas por distribución más pérdidas por transmisión en KWh/convertir a kBEP	1,974.2	1,974.2	0.00%
Transporte/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) El valor de consumo de energía debe ser consultado directamente a la empresa METRO QUITO. Su valor es 6.2 kBEP (10 GWh).	6.2	6.2	0.00%
Industria/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones.	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2)Para obtener el dato de consumo del sector industrial se debe descargar dos archivos: FACTURACIÓN TOTAL Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	5,516.8	5,516.8	0.00%

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)-L	ERROR
		Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	<p>Para el primer reporte se debe realizar lo siguiente: rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todas las variables excepto INDUSTRIA de la variable GRUPO DE CONSUMO (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP. Este valor representa el total de energía eléctrica consumida al sector industrial que está incorporado al Sistema Nacional Interconectado, facturado por las empresas distribuidoras de energía eléctrica.</p> <p>Por otro lado, del reporte ENERGÍA PRODUCIDA se debe realizar lo siguiente: rpConsolidadoEnergiaProducida.2015 /Verificar que estén desactivados los filtros/desactivar PUBLICO de la variable TIPO DE SERVICIO (columna L) de manera que solo quede NO PUBLICO./Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA BRUTA en MWh (columna n)/convertir a kBEP. Este valor representa el total de energía consumida por el sector industrial de servicio NO PÚBLICO.</p> <p>El total de la variable Industria/electricidad se calcula por la suma de la energía facturada al sector industrial conectado al S.N.I más el total de energía eléctrica del sector industrial que no está incorporado (no inc.)</p>			
Residencial/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todas las variables excepto RESIDENCIAL de la variable GRUPO DE CONSUMO (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP	4,292.4	4,292.4	0.00%
Comercial-serv. Público/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año:	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todas las variables excepto ALUMBRADO PUBLICO y	3,136.6	3,136.6	0.00%

VARIABLE	FUENTE:	Ruta WEB	Ruta obtención del dato en reporte ARCONEL	INFORMANTES DE CALIDAD		
				MICSE (kBEP) (informe 2015)	ARCONEL (kBEP)-L	ERROR
		2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	COMERCIAL de la variable GRUPO DE CONSUMO (columna f)/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP			
Construcción-otros/electricidad	(1) MICSE: Balance general 2015 (2) ARCONEL	(1) Página WEB Balance Energético Nacional MICSE (2) Página Web ARCONEL/ Estadísticas del sector eléctrico/ Reportes estadísticos/ Año: 2015/ TIPO DE REPORTE: Transacciones. Producción energía/GRUPO DE EMPRESA:Todos/ Generar reporte/Descargar Excel	(1) Dato energético de la variable obtenido del Balance Energético Nacional (ExMICSE) (2) rpFacturacionTotal.2015/Verificar que estén desactivados los filtros/Desactivar todas las variables excepto OTROS de la variable GRUPO DE CONSUMO/Seleccionar valor total de la variable ENERGÍA FACTURADA en MWh (columna i)/ convertir a kBEP/Restar el valor del consumo señalado en la variable Transporte/electricidad porque el reporte de ARCONEL la incluye en el total de OTROS	1,220.5	1,220.5	0.00%

ANEXO 5

Registro fotográficos

**Parque eólico Villonaco**

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías renovables

**Central fotovoltaica LOJAENERGY. San Pedro de la Bendita**

Fuente: Autor