

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1. La Evolución del Contexto Energético.....	1
1.2. Necesidades de los Modelos Energéticos	3
1.3. La Energía Eléctrica	4
1.4. Organización del Documento	4
1.5. Contribuciones.....	5
CAPÍTULO 2	7
2. Energía, Economía y Desarrollo.....	7
2.1. Conceptos Básicos	7
2.2. Energía y Economía	8
2.2.1. Base de Datos y Balance Energético	8
2.2.1.1. La Base de Datos	8
2.2.1.2. Los Diferentes Balances Energéticos	8
2.2.2. La Economía Energética.....	11
2.2.2.1. Algunos Parámetros de la Economía de Energía.....	11
2.2.2.2. El Producto Nacional Bruto.....	11
2.2.2.3. Elasticidad	12
2.2.3. Función “Producción” y Función “Coste”	14
2.2.3.1. La Función Producción.....	14
2.2.3.2. La Función “Coste”	15
2.3. Características Específicas de los Países en Vías de Desarrollo	16
2.3.1. Características Específicas de los Países en Vías de Desarrollo	16
2.3.1.1. Clasificación de los Países en Vías de Desarrollo.....	16
2.3.1.2. Algunos Elementos de Base en la Planificación Energética en Países en Vías de Desarrollo	17

2.3.1.2.1. La base de Datos.....	17
2.3.1.2.2. Demografía.....	17
2.3.1.3. Países en Vías de Desarrollo y Fuentes de Energía.....	17
2.3.1.4. La Tecnología Energética en los Países en Vías de Desarrollo.....	18
2.3.1.5. La cuestión de la Financiación.....	18
2.3.2. Estrategias Energéticas en los Países en Vías de Desarrollo.....	18
2.3.3.1. Disparidades en la Demanda Energética.....	18
2.3.3.2. Consumo Energético por Diferentes Sectores de Actividades.....	19
2.3.3. Fuentes de Energía Renovables en Países en Vías de Desarrollo.....	19
2.3.4. Financiación, Empleo, Precio: Algunas Exigencias Particulares en los Países en Vías de Desarrollo.....	20
2.4. Energía y Medioambiente.....	20
2.5. Dinámica de la Tecnología Energética.....	22
2.5.1. Contexto General.....	22
2.5.2. El Papel de la Tecnología en el Cambio Climático.....	23
2.5.3. Evolución de Algunas Tecnologías Energéticas.....	24
2.5.3.1. La Energía Eólica.....	24
2.5.3.2. La Energía Solar Fotovoltaica.....	25
2.5.3.3. Células de Combustible.....	25
2.5.3.4. Tecnologías Limpias del Carbón.....	26
2.5.3.5. Turbinas de Gas.....	28
2.5.3.6. Nuevas Centrales Nucleares.....	28
2.6. Conclusión.....	29
CAPITULO 3.....	31
3. Sistema Energético de la República Democrática del Congo.....	31
3.1. Presentación del País.....	31
3.1.1. Historia del Congo.....	31

3.1.2. Situación Geográfica	32
3.1.3. Situación Política.....	32
3.1.4. Situación Demográfica	33
3.1.5. Situación Económica de la República Democrática del Congo	33
3.1.5.1. Contexto	33
3.1.5.2. Los Subsectores de la Agricultura, Pesca y Ganadería	34
3.1.5.3. Los Subsectores de la Minería y de la Industria.....	35
3.1.5.4. Los Subsectores de la Energía.....	35
3.1.5.5. Los Subsectores de la Construcción	35
3.1.5.6. Los Subsectores de los Servicios.....	35
3.2. Sistema Energético del Congo.....	36
3.2.1. Concepto General de un Sistema Energético	36
3.2.2. Recursos de Energías Primarias	36
3.2.3. Producción Energética en Congo	45
3.2.3.1. Consideración General	45
3.2.3.2. Historia de la Producción de Energía Eléctrica.....	46
3.2.3.3. Evolución de la Producción de la Energía Eléctrica.....	48
3.2.3.3.1. Evolución de la Producción de la Electricidad de Origen Hidráulico.....	48
3.2.3.3.2. Evolución de la Producción de la Electricidad de Origen Térmico	52
3.2.3.3.3. Producción de la Electricidad a Partir de Otros Recursos.....	55
3.2.3.3.4. Evolución de los Picos de Potencia Eléctrica en las Redes Interconectadas.....	55
3.2.4. Consumo de la Energía en Congo	57
3.2.4.1. Consideración General	57
3.2.4.2. Subsector de la Leña.....	57
3.2.4.3. Subsector de la Electricidad	58
3.2.4.4. Subsector del Carbón.....	60
3.2.4.5. Subsector del Petróleo	60

3.3. Actividades Energéticas y Medioambiente	61
3.4. Fijación del Precio de Energía en Congo	61
3.5. Papel del Sistema Energético Congoleño en África. Vocación Africana del Proyecto Inga	62
3.5.1. Presentación del proyecto de Inga	62
3.5.2. Proyecto de demanda de energía eléctrica de Inga.....	64
3.5.3. Eventual Red eléctrica de Interconexión de Inga con Diversos Países Africanos y con Europa.....	64
3.6. Marco Institucional y Normativo del Sistema Energético Congoleño	65
3.7. Conclusión	65
CAPÍTULO 4	67
4. Planificación Energética. Situación Actual	67
4.1. Introducción.....	67
4.1.1. Consideraciones Generales.....	67
4.1.2. Condiciones de una Planificación Energética	68
4.1.3. Objetivos y Proceso de Planificación Energética	68
4.1.4. Necesidades en Modelos Energéticos	69
4.2. Algunos Modelos de Planificación Energética Existentes	70
4.2.1. Características Comunes a los Modelos de Planificación Energética	70
4.2.1.1. Objetivos Generales y Específicos de los Modelos Energéticos.....	71
4.2.1.1.1. Objetivos Generales.....	71
4.2.1.1.2. Objetivos Específicos	72
4.2.1.2. Estructura del Modelo. Hipótesis Internas e Hipótesis Externas.....	73
4.2.1.2.1. Hipótesis Internas	74
4.2.1.2.2. Parámetros Externos	75
4.2.1.3. Aproximación Analítica “Top-Down (Modelos Económicos) Versus Bottom-Up (Modelos Tecnológicos)”	75

4.2.1.4. Metodología Subyacente	77
4.2.1.5. Aproximación Matemática	81
4.2.1.6. Cobertura Geográfica	82
4.2.1.7. Cobertura Sectorial	82
4.2.1.8. Horizonte Temporal.....	82
4.2.1.9. Datos Exigidos.....	83
4.2.2. Clasificación de los Modelos Energéticos Existentes	83
4.2.2.1. EFOM-ENV (Energy Flow Optimisation Model-Environment).....	84
4.2.2.2. ENERPLAN (Energy planning)	84
4.2.2.3. ENPEP (Energy and Power Evaluation Program).....	85
4.2.2.4. LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning).....	86
4.2.2.5. MARKAL (Market Allocation).....	87
4.2.2.6. MARKAL-MACRO	87
4.2.2.7. MESAP (Modular Energy System Analysis and Planning).....	88
4.2.2.8. MESSAGE-III (Model for Energy Supply Strategy Alternative and their General Environmental Impacts)	89
4.2.2.9. MICRO-MELODIE.....	90
4.2.2.10. RETscreen (Renewable Energy Technology screen)	90
4.2.2.11. MAED (Model for Analysis of the Energy Demand)	91
4.2.2.12. FINPLAN (Financial Analysis of Electric Sector Expansion Plans)	92
4.2.2.13. SIMPACTS (Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation).....	92
4.2.2.14. WASP (Wien Automatic System Planning Package)	93
4.2.2.15. Otros Modelos de Planificación Energética	93
4.2.2.15.1. Modelos Tendenciales	94
4.2.2.15.2. Modelos Sectoriales.....	94
4.2.2.15.3. Consumos por Provincia: Modelo Regional.....	95

4.2.2.15.4. Modelos de Acoplamiento Mutuo Energía Economía	95
4.2.2.15.5. Modelos de Planificación Energética Rural	95
4.3. Algunas Oposiciones Tradicionales entre Modelos Energéticos	98
4.3.1. Estática versus Dinámica.....	98
4.3.2. Micro versus Macro.....	99
4.3.3. Bottom up versus Top down.....	99
4.3.4. Simulación versus Optimización.....	100
4.3.5. Equilibrio Parcial versus Equilibrio General.....	100
4.4. Limites de los Modelos Actuales de Planificación Energética	100
4.5. Elección de un Modelo para una Planificación Local	101
4.5.1. Demanda Energética.....	101
4.5.2. Sistemas de Suministro Energético	102
4.5.3. Estimación de los Impactos de las Actividades Energéticas sobre la Salud y sobre el Medioambiente	102
4.5.4. Evaluación	102
4.6. Conclusión.....	103
CAPÍTULO 5.....	105
5. Modelización del Sistema Energético de la República Democrática del Congo y Escenarios Prospectivos.....	105
5.1. Introducción.....	105
5.2. Arquitectura del Modelo.....	106
5.2.1. Cadena Energética en la RDC	107
5.2.2. Energía Propia de la RDC	108
5.2.3. Exportación de Energía	108
5.2.4. Importación de Energía	109
5.3. Modelización y Simulación del Sistema Energético de la RDC con el MAED.....	109
5.3.1. Metodología y Esquema del MAED	109

5.3.2. Definición del Modelado	111
5.3.3. Principales Factores Influyendo en la Evolución y la Demanda de Energía.....	111
5.3.4. Categorías de la Demanda de Energía e Hipótesis del Escenario de Referencia	112
5.3.4.1. Categorías de Demanda y Descripción Tecnológica del Sistema Energético de la RDC	113
5.3.4.2. Hipótesis del Escenario de Referencia del MAED para el Sistema Energético Congoleño	117
5.3.5. Resultados del MAED	119
5.4. Simulación del Sistema Energético de la RDC con el Software “RDCONGO” Desarrollado.....	119
5.4.1. Breve Presentación del Software	119
5.4.2. Esquema Funcional del Software	121
5.4.3. Metodología para el Análisis de Escenarios Energéticos y Determinación de su Sostenibilidad con el Software RDCONGO.....	122
5.4.3.1. Definición de Indicadores de Sostenibilidad Energética.....	122
5.4.3.2. Descripción Matemática del Software Desarrollado	122
5.4.3.3. Aplicación al Análisis de Escenarios Energéticos de la RDC.....	125
5.4.3.3.1. Escenario BAU	128
5.4.3.3.2. Escenario HIDROELÉCTRICO.....	132
5.4.3.3.3. Escenario HIDRÁULICO +DER (Recursos Energéticos Distribuidos)	134
5.4.3.3.4. Escenario EMISIÓN CONSTANTE.....	135
5.5. Estudio Económico de los Escenarios Desarrollados.....	142
5.5.1. Principio de Base	142
5.5.2. Descripción Matemática de los Aspectos Económicos de Producción Eléctrica.....	146
5.5.3. Introducción de Fuentes Energéticas a lo Largo del Periodo de Estudio y Costes Económicos	148
5.5.3.1. Hipótesis 1: Sustitución Total al Horizonte 2035.....	150

5.5.3.2. Hipótesis 2: Sustitución Parcial al Horizonte 2035	155
5.6. Conclusión	161
CAPÍTULO 6	163
6. Orientación de las Opciones de Política Energética Sostenible en la República Democrática del Congo.....	163
6.1. Introducción.....	163
6.2. Definición de las Opciones de Política Energética Sostenible para la RDC	164
6.2.1. Reforma del Mercado Energético.....	164
6.2.2. Diversificación de las Fuentes de Suministro Energético	164
6.2.3. Problemática de los centros de consumo rurales	164
6.2.4. Protección del Medioambiente, Alternativas Tecnológicas y Mejora de Eficacia Energética	168
6.2.5. Fiabilidad de Suministro de Energía	169
6.2.6. Cuestiones Financieras y Fijación de Tarifa.....	169
6.2.7. Gestión de Datos Energéticos.....	170
6.2.8. Desarrollo de Capacidades Humanas	170
6.2.9. Comprensión y Confianza del Público	170
6.2.10. Cooperación Internacional e Integración Regional	171
6.3. Conclusión.....	171
CAPÍTULO 7	173
7. Conclusiones Generales y Nuevos Trabajos de Investigación	173
7.1. Conclusiones.....	173
7.2 Nuevos Trabajos de Investigación.....	175
CAPÍTULO 8	177
8. Anexos	177
8.1. Unidades más Corrientes de Energía y sus Equivalencias	177
8.2. Resultados del MAED	180

8.3. Resultados detallados del Modelo RDCONGO	198
8.4. Factores de Cálculo de Costes de Inversión	215
BIBLIOGRAFÍA	217